

Montauban, le 20 novembre 1982

Docteur DURET (Lyon)

"EMPREINTE OPTIQUE"

Mon Cher Sociétaire,

La revue "Le Ligament", se propose de publier dans un de ses prochains numéros, la totalité des communications des 5e Journées Scientifiques de la Société Odontologique Française de Radiologie et de Biophysique, qui se sont tenues à Toulouse en mars dernier.

Je vous demande d'avoir l'amabilité de m'adresser le manuscrit de votre article d'ici le 20 décembre, dans les conditions mentionnées sur la feuille jointe.

Dans cette attente veuillez agréer, Mon Cher Sociétaire, mes meilleurs sentiments.

Le Président,

L. DAUDIBERTIERES

Reçu le 4.12.83

RECOMMANDATIONS POUR LA RÉDACTION DES ARTICLES

- Les articles seront dactylographiés sur papier format commercial, sur le recto, en double interligne, les pages seront numérotées.
- Le titre du travail figurera en-tête du manuscrit.
- Sur une feuille, à part, nom du ou des auteurs, prénoms, titres universitaires, adresse, n° de téléphone.
- Résumé d'une vingtaine de lignes.

ICONOGRAPHIE

- Tous les documents seront sous forme de photographies, au dos le numéro du document et le sens haut, bas, seront marqués.
- Les légendes iconographiques seront, sous forme de liste, numérotées dans leur ordre d'insertion dans le texte.

BIBLIOGRAPHIE

- Chaque référence placée par ordre alphabétique est numérotée.
- Libellé d'une référence : Auteur - Titre - Provenance - Année - Tome - Volume - n° de fascicule - 1ère et dernière page de l'article.

DOCUMENT A ADRESSER au Pr L. DAUDIBERTIERES
106, rue Lacapelle
82000 MONTAUBAN

EMPREINTE OPTIQUE

François DUPET

Christian TERNON (+)

P. MEYERUELS , M. GROSJEAN (++) J.P. DUPREZ , J. DUCOS (+++)

Depuis près de deux siècles , la seule méthode utilisée pour la reconnaissance des formes d'une dent en vue de l'établissement d'une prothèse est le moulage par des pâtes modelables suivi de la coulée d'~~un~~^e matériaux complémentaires^S.

L'intérêt porté aux techniques utilisant la lumière en industrie nous ~~ont~~^a poussé à concevoir une nouvelle méthodologie d'analyse des formes.

En utilisant les possibilités conjointes de la lumière et des ordinateurs , il est plausible de faire la mesure de la pièce avec une précision de dix fois supérieure aux analyses actuelles et ce en temps réel. L'utilisation des franges de l'OPE nous permet la prise de caractéristiques directionnelles de la dent dans un espace à trois dimensions.

En traitant les valeurs de l'analyse , nous pouvons concevoir un système de fabrication automatique de la pièce prothétique.

(+) Ch. dentistes , CEFNORIF

(++) G.P.F.P.A. , STRASBOURG

(+++) Faculté dentaire , LYON

EMPREINTE OPTIQUE

Depuis près de deux siècles, la seule méthode utilisée pour la reconnaissance des formes d'une dent en vue de l'établissement d'une prothèse, est le moulage par des pâtes modelables suivi de la coulée d'un matériau complémentaire. L'intérêt porté aux techniques utilisant la lumière en industrie, nous ont poussé à concevoir une nouvelle méthodologie d'analyse des formes.

En utilisant les possibilités conjointes de la lumière et des ordinateurs, il est plausible de faire la mesure de la pièce avec une précision dix fois supérieure aux analyses actuelles et ce, en temps pratiquement réel. L'utilisation de l'interférométrie holographique nous permet la prise de caractéristiques dimensionnelles de la dent dans un espace à 3 dimensions.

Jean
SOFREBAout 82
Toulon

Introduction

La seule méthode d'empreinte, c'est à dire de saisie de forme dentaire en 3 dimensions, est celle qui utilise des pâtes plus ou moins élastiques. Il s'agit donc d'un moulage associé à un changement d'état du système opérationnel. C'est à ce niveau que se situe la brèche irréparable de notre technique en prothèse dentaire. Le véritable problème de la précision (de la variation dimensionnelle) des côtes dentaires ne vient pas du mode opératoire mais de l'axe fondamental suivi depuis 300 ans.

L'imprécision de la mesure de l'empreinte a une cause physique immuable. Pour réduire l'imprécision, il faudrait diminuer les échanges énergétiques entre le système négatif (la pâte), le système positif (la dent) et les autres systèmes environnants, tout en diminuant les modifications d'énergie interne du système négatif en cours de prise! Ceci revient à essayer de conserver l'enthalpie de l'ensemble considéré à une valeur fixe. Une telle situation n'est pas réalisable selon les méthodes d'empreintes actuellement utilisées (le moulage), car l'énergie libre est modifiée lors de la mise en contact du produit de prise d'empreinte avec les autres systèmes. L'entropie du système négatif, d'autre part, est modifiée lors de la fixation du moulage (réaction de prise) et de nombreux échanges ont lieu entre la coulée du modèle et la réalisation de la maquette prothétique. Il faut donc, pour éviter de modifier l'enthalpie d'un tel système, utiliser une méthode ayant peu ou pas d'échanges avec les systèmes environnants et ne subissant pas de modifications de structure. Plus un système est simple, c'est à dire cohérent, et moins il est sensible aux variations d'énergie libre et

109

de l'entropie. C'est pour ces raisons que nous avons choisi le quantum énergétique comme recherche de l'information, sa valeur interférométrique comme critère de référence et le support mathématique qui véhicule les données. C'est ce procédé que nous avons inventé en 1972 et que nous mettons au point aujourd'hui.

Le principe

Le principe de l'empreinte optique consiste à faire une reconnaissance tridimensionnelle de la dent destinée à recevoir la prothèse, à réaliser une conversion analogique numérique immédiate de l'information obtenue par l'interférométrie, à effectuer un traitement des données tenant compte des caractéristiques de la prothèse à obtenir et déterminant la forme de celle-ci, qui est obtenue par sculpture à l'aide d'une machine outil à commande numérique. Ce procédé est protégé par un brevet industriel officiel.

La méthode

Selon un mode de mise en oeuvre, ce procédé consiste à réaliser la prise d'empreinte par la technique de l'holographie. On utilise une source d'onde, présentée ici cohérente (source Laser), afin d'obtenir l'empreinte sous forme d'interférence d'onde. Or, une interférence d'onde portant en elle-même la notion de distance, en effectuant un hologramme, on réalise une empreinte indéformable.

Dans la méthode présentée ici, et c'est ce qui fait son originalité, l'information est reçue directement sur un convertisseur analogique numérique. Un convertisseur analogique numérique est un appareil qui, utilisant des données analogiques, par exemple l'intensité

.../...

des franges d'interférence, les transforme en valeur binaire.

Un tel rayonnement doit être constitué de rayons rigoureusement parallèles, et les ondes le constituant doivent être en phase.

D'autre part, le faisceau doit être suffisamment large pour saisir la totalité de la forme dentaire (face visible et invisible).

L'hologramme comportera la totalité du volume de la dent, et sa conversion, à l'aide d'un convertisseur ayant 60 000 points élémentaires, assurera une précision d'environ 5μ . La qualité de cette analyse est fonction du niveau d'éclairement qui doit être adapté à la sensibilité du détecteur, de même que la longueur d'onde utilisée doit être adaptée à la sensibilité spécifique, tout en restant biologiquement acceptable, et que les parasites soient supprimés par l'adjonction de filtre ou de traitement mathématique approprié. La conversion analogique numérique exclue toute imprécision car les chiffres ont une valeur absolue, et c'est sur eux que les différents programmes agiront. Un système de multiplexage est couplé au convertisseur qui transmet des informations en code binaire. Ces informations sont transmises par un convertisseur analogique numérique à une machine outil à commande numérique. A ce stade, la transmission peut être effectuée sous diverses formes connues en informatique, telles que bandes perforées...

L'appareil assurant le traitement des données possède une zone de stockage d'informations théoriques, un programme étant prévu qui assure la détermination de la forme de la prothèse en adaptant les données holographiées aux informations théoriques stockées, et tenant compte d'un certain nombre de paramètres, tels que la nature des matériaux utilisés, l'environnement de la prothèse et les conditions de celle-ci.

La prothèse est donc utilisée à la fois à partir de données théoriques, tout en étant adaptée au cas précis étudié. C'est ainsi notamment que la sculpture d'une couronne dentaire tient compte non seulement de la forme du moignon donnée par l'empreinte, de la dimension de l'espace à occuper, mais aussi de la forme des dents antagonistes et adjacentes, et de l'usure des dents symétriques.

Ces données permettent la commande d'une machine outil à commande numérique. 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 (l'ordre est délivré en coordonnées numériques, cartésiennes ou polaires).

Une bande programme supporte la traduction en langage machine. Les côtes chiffrées de l'hologramme donnent des ordres auxquels sont associés des ordres d'usinage.

Discussion

Aucune méthode n'a été proposée à l'exception des travaux de Swinson (USA) et de Hetlinger (PFA). Les travaux de Swinson, postérieurs aux nôtres, proposent de faire une première saisie du moignon, puis une deuxième après reconstitution de la partie manquante à l'aide de cire. Malheureusement, cet auteur ne précise pas son mode de saisie 3D, ce qui fait que nous étions très en avance sur lui en 1974. Hetlinger, pour sa part, utilise la M.C. à C.N., non pas pour l'usinage direct de la pièce prothétique (à quelques exceptions près), mais pour l'usinage du modèle de travail du prothésiste. S'il propose un mode de saisie 3D (photogramétrie), il reste vague quant à sa manière

112

de procéder. Il faut dire que sa méthode de reconnaissance des formes est très complexe, donc coûteuse (très coûteuse), ce qui la rend inutilisable en pratique courante.

Nous voyons que notre méthodologie s'applique à un champ beaucoup plus vaste et permet d'automatiser totalement la chaîne de fabrication des prothèses (textes écrits le 20 Novembre 1982).

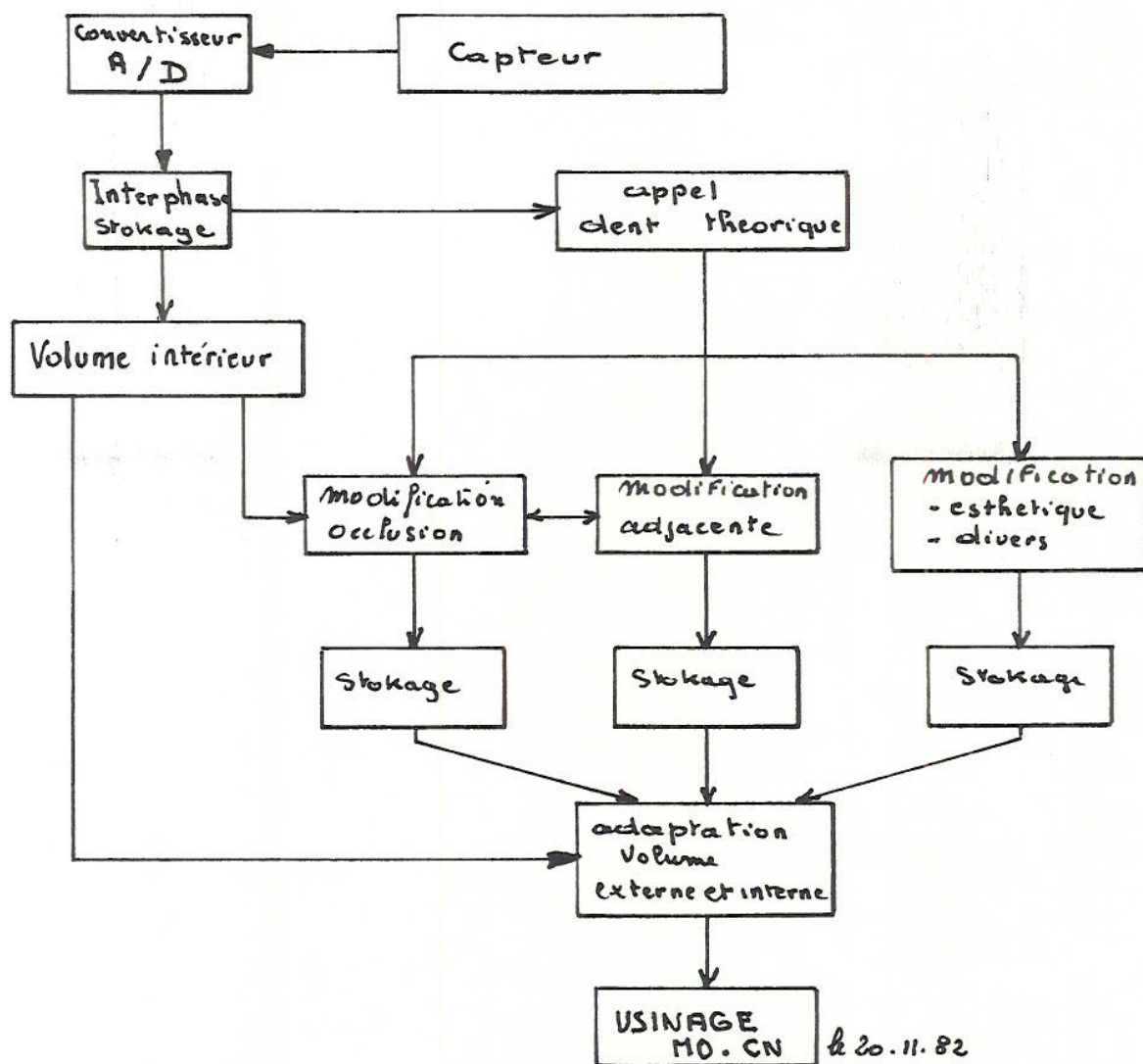
Conclusion

Nous avons présenté une méthode, ou plutôt un procédé de réalisation de prothèses dentaires, de façon entièrement automatique. La première caractéristique de ce procédé original est d'être complètement différent de la méthodologie traditionnelle dentiste-prothésiste, la deuxième est d'être totalement automatisée depuis la prise d'empreinte jusqu'à la réalisation de la prothèse (ce qui nous différencie de Swinson et Hettinger). La troisième est d'être d'une précision absolue (reconnaissance ondulatoire et stockage numérique). Si l'on sait que le coût d'un tel appareillage ne dépassera pas en cabinet le coût de 2 à 3 années de prix de vente de la prothèse par un prothésiste à ce cabinet, il est fort probable que beaucoup de choses vont changer dans les années qui viennent.

Résumé

La technique de "l'empreinte optique" consiste à réaliser une saisie de forme par des moyens optiques, à faire une détermination des volumes par une méthode numérique et à usiner la prothèse ainsi reconstituée par une machine outil à commande numérique.

.../...



schema général

- empreinte optique
- holographie
- conversion analogique - digitale
- usinage
- machine outil à commande numérique

Bibliographie

Il n'y a pas de bibliographie, cette diffusion étant originale dans sa présentation au 20 - 11 - 1982.

1 - DUPET François

DCD - DSO - DEPRE - ex assistant BMT

Rue Paul Claudel

38690 Le Grand-Lemps

(76) 55-81-95

2 - TEPPOZ Christian

DCD

2 place Victor Hugo

38000 Grenoble

(76) 46-20-88

3 - DUCOS Jacques

DCD - ex assistant Prothèse

Faculté dentaire

69007 LYON

(78) 72-95-09

4 - DUPPEZ Jean-Pierre

DCD - DSO - Chef de travaux D.O.

Faculté dentaire

69007 LYON

(78) 72-95-09

Toulouse, le 4 décembre 1981

5^E JOURNÉES SCIENTIFIQUES

TOULOUSE, 19-20-21 MARS 1982

Mon Cher Ami,

J'ai le plaisir de vous informer que le bureau de la S.O.F.R.E.B., dans sa séance du 27 novembre, a accepté de voir votre communication figurer au programme de ses 5^{èmes} Journées Scientifiques à Toulouse en mars 1982 :

- Auteurs : *Duret-Tennoz-Ducos-Dupont (Hyon)*
- Le titre retenu est le suivant :

Empreinte Optique.

Afin de pouvoir établir un programme scientifique cohérent, je vous demande de m'adresser, avant le 20 décembre, un résumé (15 à 20 lignes dactylographiées) de votre communication.

La durée des communications sera de 20 minutes (discussion comprise).

Je vous prie de croire, Mon Cher Ami, en mes meilleurs sentiments.

Le Président,

L. DAUDIBERTIERES