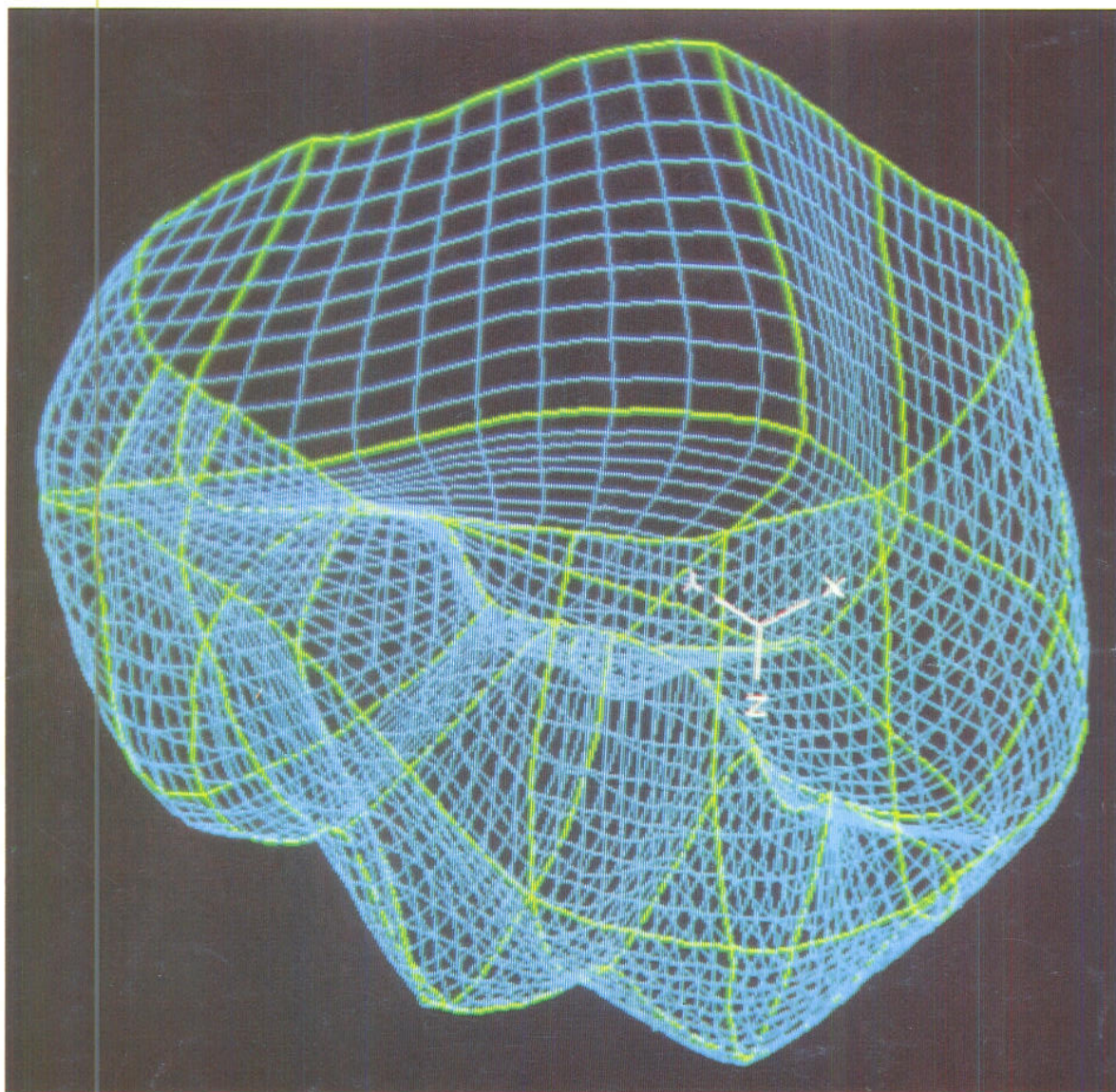


LE CHIRURGIEN DENTISTE DE FRANCE

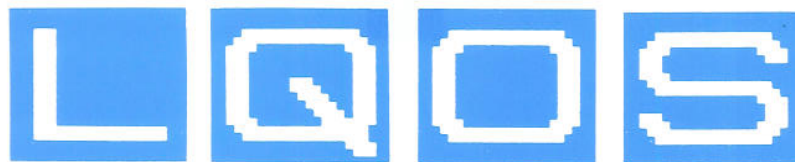
cdlf
hebdo

58^e année - n° 438 - du 15 septembre 1988



TECHNOLOGIES NOUVELLES

LQOS



NUMERO SPECIAL REALISE
PAR LES QUESTIONS D'ODONTO-STOMATOLOGIE

TECHNOLOGIES NOUVELLES

O n n'arrête pas le progrès. A chaque instant, chercheurs et inventeurs proposent à la science, et tout particulièrement dans le domaine médical, des innovations techniques qui modifient nos conceptions et améliorent nos possibilités thérapeutiques. C'est sur ce sujet que les L.Q.O.S. nous présentent aujourd'hui ce numéro spécial qui fait le point sur les « technologies nouvelles » en odonto-stomatologie. Nous tenons à remercier tous les auteurs qui ont participé à ce travail, et tout particulièrement le « coordinateur », François Duret.

La Rédaction Scientifique du C.D.F.

SOMMAIRE

- 21** — DURET F., TOUBOL J.P., JORDAN F., GEORGET CH.
La lecture des mouvements mandibulaires par un système opto-électronique : étude du Visitrainer 3.
- 33** — BOUCHER G., LHUISSET F.
Un nouvel instrument à action thermique en odontologie, la microtorche à plasma impulsionnelle.
- 39** — LONCA Ph., EDMOND J.P.
Evolution et perspectives de l'implantologie orale.
- 57** — MARIANI P.
Assistance informatique lors du choix des dents antérieures en prothèse complète.
- 65** — SOULIER J.P.
L'équipement à instrument unique.
- 71** — VULCAIN J.M., ROBERT J.C., BONNAURE-MALLET M.
Etude en microscopie électronique à balayage des états de surface obtenus après traitement chimio-mécanique.
- 79** — ZAHAR K.
L'impact des nouvelles technologies dans la profession dentaire

COMITE DE LECTURE LQOS

J. Albouy, J.L. Brouillet, S. Clergeau-Guérithault, F. Duret, J. Exbrayat, A. Faucher, J. Fourel, J.C. Franquin, G. Koubi, P. Mariani, J.P. Martin, F. Roth, R. Sangiulolo, G. Susini, J.P. Toubol, H. Zattara.

Préambule

Connaissez-vous à Lyon, au sein de sa faculté, le musée de la dentisterie qui abrite tant de souvenirs de la lente et longue évolution de notre métier ? Avez-vous remarqué avec quel acharnement nos chercheurs se sont accrochés autrefois à des techniques hypothétiques aujourd'hui défuntées ? Cet immense hommage à la ténacité et au travail de nos confrères reste jalousement décoré par les détenteurs de ce passé, et nous rappelle inlassablement l'immuable influence de la science sur nos actes quotidiens.

De tout temps, les nouvelles méthodes, qu'elles soient fantaisistes ou traditionnelles, ont apporté l'indiscutable de notre geste quotidien. Dans la nonchalante évolution technologique de l'odontologie, aucune idée issue de la créativité du chirurgien-dentiste n'a été oubliée et même si certains travaux ont été temporairement éclipsés, ils ont su, très vite, être réinventés pour le bien de chacun.

La grande révolution technologique du XIX^e siècle, entre 1830 et 1880, a provoqué une énorme explosion dans notre mode d'exercice, et ce n'est pas une gageure de dire qu'au début du XX^e siècle tout dentiste en exercice avait déjà connaissance de ce qui représentera la plus grande partie de l'activité de notre métier en 1950. Une seconde étape semble se dessiner depuis cette date. La chose n'est pas surprenante si l'on voit la montée spectaculaire de la qualité de l'enseignement et la rivalité d'exercice dans nos provinces. D'un métier assez philosophique nous sommes devenus les acteurs d'une science de plus en plus exacte et, même si certains n'hésitent pas à parler des bienfaits du « quotidien », Dieu merci, d'autres se battent pour que le spectaculaire devienne une action simple comprise et assimilée après un minimum d'éducation.

Dans cet esprit, nous avons cherché à réunir quelques unes des recherches appliquées et des réflexions générales les plus novatrices de notre fin de siècle.

Bien sûr nous sommes conscients qu'un certain nombre de travaux importants n'ont pas été exposés, mais ils ne l'ont pas été par pudeur ou par respect d'autrui. L'essentiel pour nous a été de donner la parole à un certain nombre de nos chercheurs qui passent plus de temps à agir et travailler qu'à juger et critiquer.

Soyez comme eux : écoutez, lisez et travaillez. La vie est courte lorsqu'elle a un but et ce but vous le sentirez peut-être au travers de ces lignes tracées sur des sujets très variés.

Docteur François Duret.

La lecture des mouvements mandibulaires par un système opto-électronique : étude du Visitrainer 3

Par les Docteurs FRANCOIS DURET, JEAN-PIERRE TOUBOL,
FABIENNE JORDAN et CHARLES GEORGET

Laboratoire du GBM de CFAO, CH. DE MALISSOL, Vienne (France), Société HENNSON International
et section de CFAO prothétique de la Faculté d'Odontologie de Marseille

Résumé :

L'étude des mouvements mandibulaires et du cycle masticatoire est un élément capital de l'analyse diagnostique du patient et d'aide à la reconstitution prothétique. Il existe aujourd'hui un certain nombre d'appareils opto-électroniques faciles d'emploi nous permettant d'affiner ce travail. Le Saphon Visitrainer 3 est l'un d'entre eux. Après avoir rappelé l'historique de développement de cet appareil, les auteurs se sont attachés à expliquer ses caractéristiques optiques et électroniques ainsi que sa méthode et sa manipulation. En particulier ils ont observé la richesse des informations fournies par l'analyse. Par contre le fait de ne pas faire d'analyse tridimensionnelle et d'avoir une précision de 2,5 mm paraît aujourd'hui insuffisant. Ceci les a conduits à présenter un nouveau système électronique d'analyse nommé « access articulators ».

Summary :

Mandibular movement and masticating cycle analysis is a fundamental element of diagnosis, and a major help in prosthetic reconstruction.

A few easy-to-use opto-electronic systems are here today to help refine this work. Saphon Visitrainer 3 is one of those. Following a brief recall of the development history of this apparatus, the authors describe its optical and electronic features, as well as the method used, and its handling. The authors particularly point out the wealth of information available for analysis. On the contrary, the impossibility of a three dimensional analysis, as well as the 2,5 mm precision, appear insufficient to them. It is the reason why the authors present today a new prototype « the access articulator ».



FORMATION CONTINUE



Abréviations :

LED : Diode Electro-Luminescente

CCD : Dispositif à Transfert de Charge

SVT : Saphon VisiTrainer

Mots Clés :

Prothèse dentaire — articulateur — ordinateur — opto-électronique.

INTRODUCTION

Les diverses méthodes d'analyse de la cinématique mandibulaire qui ont prévalu jusqu'aux années 1985 étaient basées sur l'utilisation d'instruments mécaniques tous plus ou moins dérivés des mandibulographes dont l'apparition commerciale datait des années 50.

Ces appareils permettaient d'enregistrer une expression relativement restreinte de cette cinématique puisque limitée aux mouvements dits de bordure de la mandibule. De surcroît l'interprétation des tracés obtenus par ces méthodes a donné lieu à un certain nombre d'erreurs dues à la méconnaissance du cycle fonctionnel et à l'intervention de procédés mécaniques qui entraînaient l'existence d'artéfacts dans les tracés.

Un autre de leur aspect négatif résidait dans l'encombrement important pour la cavité buccale de procédés de fixation lourds et volumineux avec lesquels il était impossible d'envisager l'enregistrement d'une physiologie normale de ladite cinématique.

L'emploi d'appareils utilisant un système d'enregistrement peu encombrant dans l'espace buccal et n'intervenant d'aucune manière sur le cycle masticatoire permet aujourd'hui d'enregistrer aisément la cinématique fonctionnelle jusqu'à maintenant écartée de nos préoccupations quotidiennes.

Les travaux de Lundeen et Gibbs (1-2) en avaient donné déjà une première expression avec le « Gnathic replicator ». Ces études ont été largement complétées par de nombreux auteurs qui ont mis en évidence l'aspect plus aléatoire des cycles masticatoires et ont permis une approche plus

précise des phénomènes qui interviennent sur l'aspect des cycles : neuro-musculature, qualité des aliments broyés, posture de l'individu, etc...

L'étude de ces cycles permet également de rapprocher l'anatomie occlusale d'un individu du type de cycle qui le caractérise. De ce fait les angles de chasse de la mandibule en glissement sur le maxillaire permettent de mettre en évidence une information capitale, véritable identité occlusale de chacun, à savoir l'angle de désengrènement et de réengrènement mandibulaires tant au cours de la fonction que de la para-fonction.

La connaissance de ces informations nous apparaît comme un élément essentiel dans la réalisation d'une surface occlusale cohérente avec le système dans lequel elle doit être intégrée. En effet l'aboutissement de la démarche diagnostique en matière de reconstruction occlusale doit permettre la réalisation la plus adaptée à l'appareil manducateur dans lequel celle-ci doit s'insérer et ces appareils permettent par leurs enregistrements et leur exploitation par ordinateur de parvenir à ce but : être à la fois en harmonie avec les structures maxillo-mandibulaires et avec la neuro-musculature. C'est là l'aboutissement du concept que nous avons appelé « neuro-musculo-compatible : NMC ».

L'optique de cette conception est, a contrario de ce qui a été fait jusqu'à présent, la recherche d'une individualisation du concept appliqué.

Le Saphon Visi-Trainer III/3 (SVT) permet l'analyse d'un cycle masticatoire dans les différents plans de l'espace ; en effet, une fois l'appareil mis en ordre de marche, une première approche va permettre de visualiser les cycles sur l'écran de l'oscilloscope, le patient va pouvoir ainsi dans un premier temps se familiariser avec l'enregistrement de ses propres cycles et engendrer ainsi un effet bio-feed back permettant un bon contrôle lors des enregistrements terminaux.

Un certain nombre d'autres appareils ont cherché à représenter le plus clairement possible les données essentiellement caractéristiques de l'appareil manducateur. Nous ne pouvons ignorer en particulier les récents travaux de Lewin (3) qui ont permis la réalisation du sirognathographe de Siemens,

le Nex K6 diagnostic Système (4) de Myotronics inc, le LR Candylograph de Dentron, le Stereo gnathograph du Dr. Burchhardt ou l'excellent Cyberhoby computer pantograph de Denar, largement présenté par notre ami P. Simonet.

Il nous a paru pourtant intéressant de décrire un nouvel appareil nous arrivant de l'équipe du Prof. Hobo (Tokyo), ayant d'indiscutables avantages sur les méthodes souvent archaïques utilisées aujourd'hui. Pour expliquer ce qu'est cet appareil, nous avons décidé de le décrire dans sa fonctionnalité et d'en donner quelques applications cliniques.

Cela ne nous empêche pas, quoique nous ayons acquis ce visitrainer, d'en faire la critique et de présenter notre propre matériel développé par le laboratoire G.B.M. (contrat G.B.M. n° 508702/03) et la société Hennson.

HISTORIQUE

Il existe une importante quantité d'informations relatives à l'utilisation d'un système opto-électronique dans l'analyse des mouvements mandibulaires. Il ne nous appartient pas de chercher à les décrire tous mais de comprendre la démarche historique qui a permis l'apparition du visitrainer dans notre pratique courante.

C'est en 1981 (5) que fut décrit pour la première fois au Japon un système de reconnaissance des mouvements mandibulaires dans l'équipe du professeur Mori F. (6), utilisant une LED (Diode électroluminescente) fixée sur les incisives mandibulaires. A la même époque l'équipe du Professeur Hobo (7-8) fait état d'un système utilisant un dispositif à transfert de charges (CCD) comme moyen de lecture ; le tout relié à différents éléments de calcul (ordinateur) et leurs périphériques associés.

Nous retrouvons dans ces travaux les principes développés par Barrie en 1967 (9) et son « photo-électrique mandibulography ». C'est en 1984 qu'apparaît le premier « Saphon visitrainer modèle 1 ». Ce dernier sera bientôt suivi du modèle C2 puis du modèle 3 (SVT) sur lequel nous avons travaillé. Ces modèles ont été développés par la firme Tokyo Shizaisma C.O. Ltd. (5-20 Yanaka 2-Chome, Taito-Ku, Tokyo 110, Japan) et

diffèrent surtout par leur approche ergonomique (poids, nombre de points analysés par seconde, etc...).

Quelques publications ont été consacrées à la précision (10-11-12) ou à l'ergonomie du système. Mais il nous a paru plus intéressant d'effectuer nous-mêmes les tests en question et de les exposer en même temps que la présentation de ce système de mesure.

III. LE SAPHON VISITRAINER C3

(Fig. 1 et 2)

III.1. Principe général

Tout point dans un espace cartésien (orthonormé) peut être situé avec précision par la connaissance de trois vecteurs à l'origine D (Dx, Dy et Dz). Tout mouvement de ce point dans cet espace se traduira par une modification possible des valeurs d'au moins un de ces trois vecteurs.

La sommation de ces points dans l'un des trois plans sera le reflet du trajet suivi par le point dans ce plan et la qualité de ce tracé sera d'autant plus importante que le nombre de points utilisés sera élevé.

III.2. Le matériel

Il s'agit du visitrainer C III/3 que nous avons présenté en 1987 aux journées S.O.F.R.E.B. (13). Les mouvements mandibulaires sont enregistrés par un capteur péricrânien situé à 10 mm d'une LED fixée sur les incisives mandibulaires. Tous les déplacements de la LED (diode électro-luminescente) se traduisent par un déplacement d'un point lumineux sur le plan du capteur de la caméra.

L'enregistrement s'effectuera selon les trois plans de l'espace en fonction du positionnement de la diode ou de la caméra.

III.2.1. Le capteur

Situé dans une micro-caméra (15 x 30 x 30 mm), il est de type S 1800 Hamamatsu. Il s'agit d'une photo diode céramique dont la sensibilité spectrale s'échelonne entre 300 et 1 100 nm avec un maximum à 900 nm (Fig. 3).

III.2.2. Un support péricrânien

Très léger qui assure une rapide et bonne mise en place de l'unité d'analyse (la caméra). Il se compose d'une bride circulaire et d'une bride transversale empêchant l'enfoncement de l'ensemble (fig. 3).

Présentation du Saphon Visitrainer III

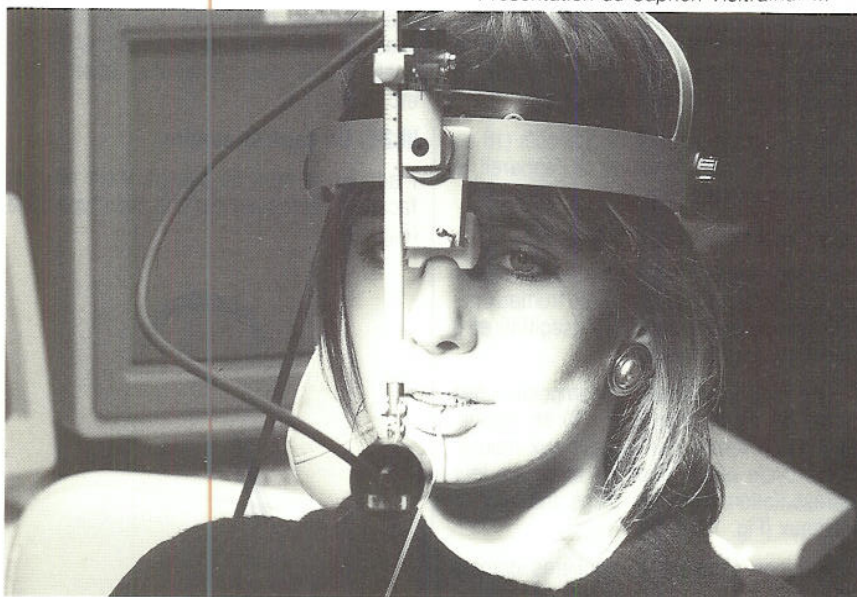


Fig. 1 : Patient en cours de mesure

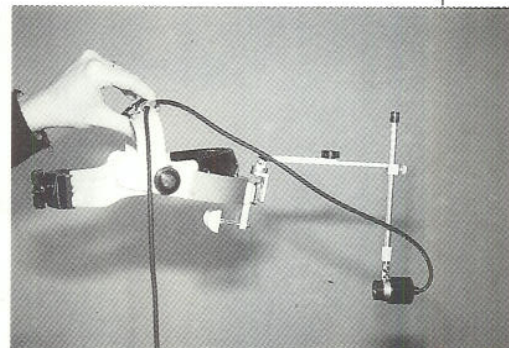


Fig. 3 : Le casque du Visitrainer et caméra en place

III.2.3. La diode électro-luminescente

Fixée sur les dents à l'aide de résine photopolymérisable, elle a une puissance qui est d'environ 600 mW à 880 nm (Fig. 4 et 5).

III.2.4. Le système informatique

De présentation compacte, il se compose d'un module de conversion analogique numérique, d'un circuit électronique et d'un micro-processeur propre à enregistrer, analyser et visualiser les mouvements occlusaux.

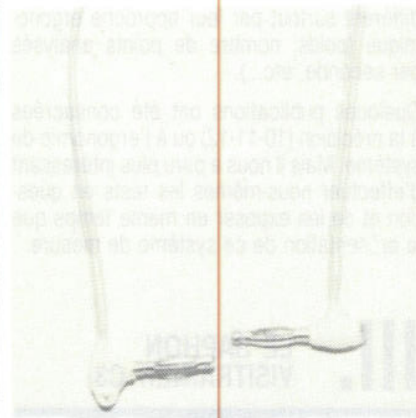
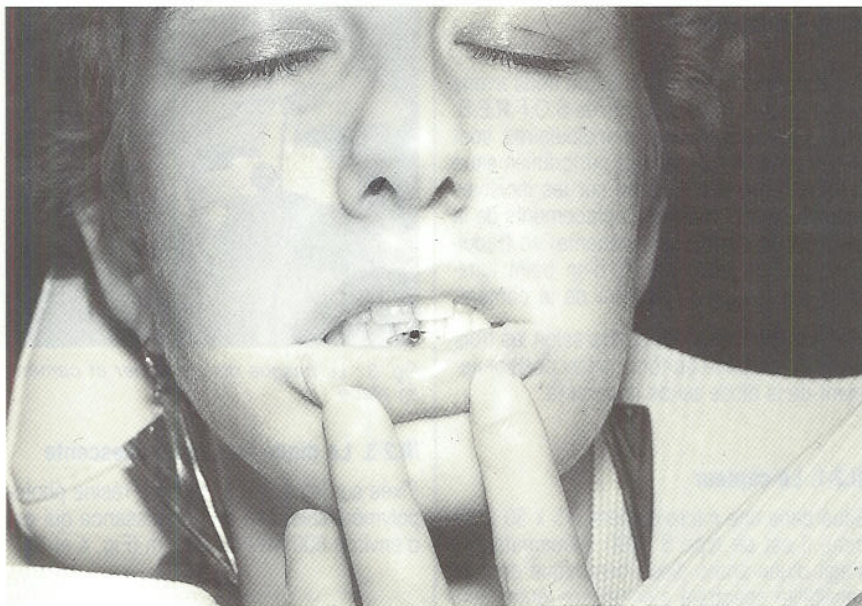
On y trouve en particulier :

- la source énergétique pour la LED,



Fig. 2 : L'unité de dépouillement et de présentation des résultats

FORMATION CONTINUE



Les diodes électro-luminescentes et leur support fixé sur les incisives inférieures



— le circuit d'analyse des données issues du capteur par transmission des lectures de chaque impulsion de la LED. Ce cycle est de 200 points par seconde,

— le circuit recevant le micro-processeur coordonnant les différentes données et une zone de stockage pouvant recevoir 20 secondes d'analyse. Il est à noter que l'on peut connecter une unité de stockage sur disquette ayant elle-même 800 secondes de mémorisation interne (connexion RS 232 c),

— un moniteur (Fig. 2) permettant de visualiser les positions de la mandibule mais aussi les trajets sommés lors des déplacements (trajectoires). Suivant le choix fait par l'opérateur, il s'affichera à l'écran les projections horizontales, sagittales ou frontales ainsi que la répétition de la succession de mouvements de mastication. Par ailleurs, sur ce moniteur (type oscilloscope) se trouve l'ensemble des indications relatives à l'analyse en cours, à savoir, le temps écoulé, le nombre de points enregistrés, le choix du plan de projection représenté, etc...,

— un ensemble de boutons sélectifs (16 au total) permettant d'indiquer à l'appareil la fonction souhaitée (Fig. 6).

Cet ensemble de sélection permet :

* une représentation à l'écran et sur papier des mouvements mandibulaires frontaux horizontaux et sagittaux (Fig. 7 (sagittal) et 8 (frontal) et 9 (horizontal))

* une représentation décomposée des cycles de mastication (Fig. 10) en mouvement et en temps par rapport aux mouvements cycle global (Fig. 11) ainsi que leur représentation dans les plans frontaux et sagittaux (Fig. 12 et 13)

* certaines analyses particulières comme les temps de contacts dentaires par rapport au temps, la position de certains points

représentatifs (intercuspidien...) en regard du point de référence de départ, les valeurs d'ouverture et de latéralité maximale, etc...

— un système d'intégration aux données graphiques des chocs de contacts dentaires dont le gain est réglable en façade de l'appareil (sensibilité 1/1 à 1/50),

— une imprimante représentant l'ensemble des données observées sur le moniteur avec, en plus, quelques informations spécifiques (calcul des déviations, écart type, etc...) (Fig. 14).

III.2-5. Un capteur sonore

Placé sur le front du patient, il est relié en façade du computer par une prise type dyne (Fig. 15).

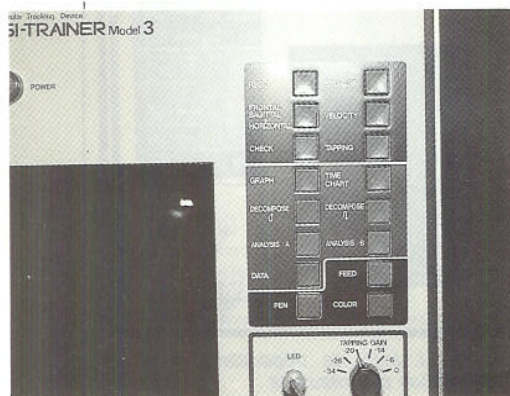


Fig. 6 : Ensemble des boutons « tout ou rien » permettant la sélection et le réglage des informations reçues et transmises par la caméra

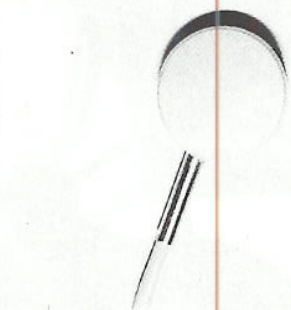


Fig. 15 : Le récepteur sonore

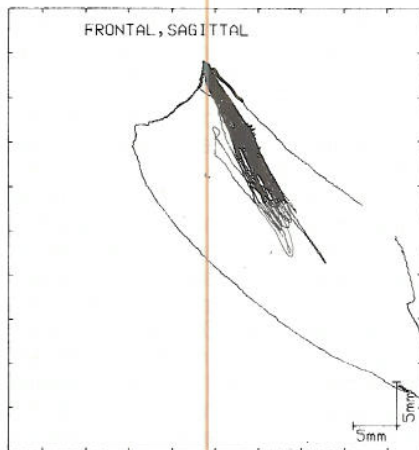


Fig. 7 : Plan sagittal médian, schéma de Posselt avec le cycle masticaire à l'intérieur

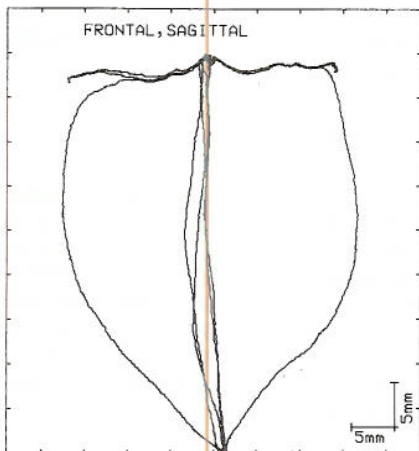
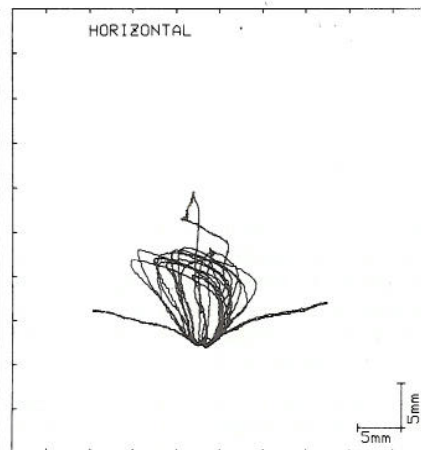


Fig. 8 : Enregistrement frontal (Mouvement de Posselt)



Plan transversal mouvements et cycle

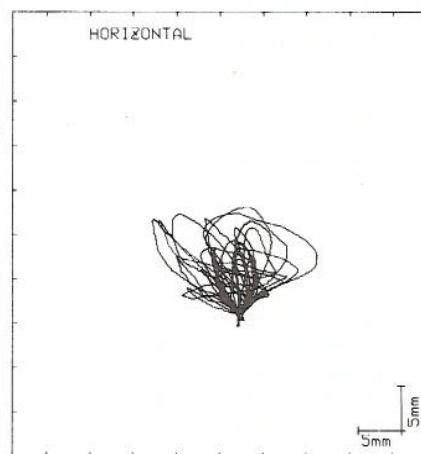


Fig. 9 : Deux types d'enregistrement dans le plan horizontal (avec Gothique) (mouvement et cycle)

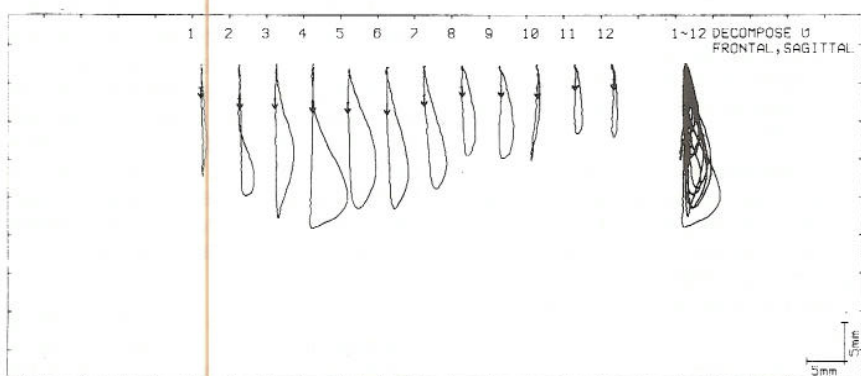


Fig. 10 : Décomposition du cycle d'ouverture (aliment type pain)

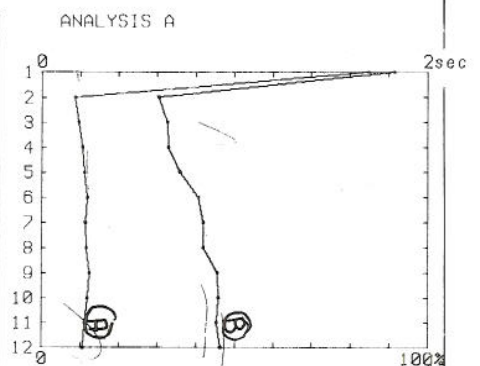


Fig. 11 : Décomposition du cycle à la fermeture masticaire d'un aliment typique (pain)
Courbe A : Temps du cycle masticaire
Courbe B : Temps de contact occlusal

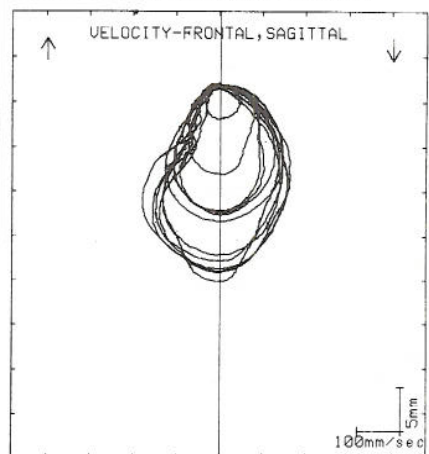


Fig. 12 : Analyse de la vitesse masticaire dans le plan frontal : à gauche : ouverture, à droite : fermeture, transversalement : amplitude

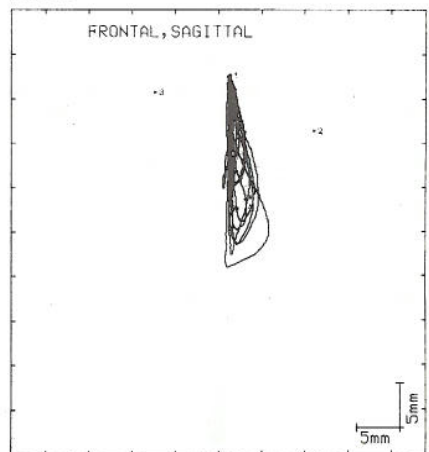


Fig. 13 : Analyse de la vitesse masticaire dans le plan sagittal : à gauche : ouverture, à droite : fermeture, transversalement : amplitude

FORMATION CONTINUE

ANALYSIS B 10 cycle

OPEN	average	15.81mm
	standard deviation	3.97mm
WIDTH	average	2.57mm
	standard deviation	1.15mm
WIDTH/OPEN	average	0.158
	standard deviation	0.041
ANGLE	average	2.1deg
	standard deviation	2.5deg

START	X=	1.15mm	Y=	17.50mm
STOP	X=	1.35mm	Y=	17.50mm
START~STOP		8.97sec		

MAXIMUM DEVIATION				
	X=	5.25mm	Y=	21.65mm

OPENING VELOCITY				
	MAXIMUM	163mm/sec		
	AVERAGE	45mm/sec		

CLOSING VELOCITY				
	MAXIMUM	153mm/sec		
	AVERAGE	48mm/sec		

CHECK	1	X=	1.35mm	Y=	17.70mm
	2	X=	11.15mm	Y=	11.45mm
	3	X=	-2.25mm	Y=	15.85mm

CP 1~CP 2	11.62mm	57.5Jdeg
	~CP 3	8.80mm -27.93deg

TAPPING POINT 12				
AVERAGE	X=	1.46mm	Y=	16.43mm
STD. DEV.	X=	0.27mm	Y=	0.51mm
CP1~AVERAGE		1.27mm		5.0deg

TAPPING POINT VELOCITY 12				
MAXIMUM		91mm/sec		
AVERAGE		71mm/sec		

Fig. 14 : Récapitulatif d'une partie des informations fournies par le Visitrainer C3



Fig. 16 : Bras de fixation pour les LED



III.3. La méthode d'utilisation du visitrainer

Après avoir pris les précautions d'usage, le capteur (micro-caméra) est fixé sur la tête du patient. A l'aide d'un bras réglable il est positionné à une distance étalon de 10 cm de la LED préalablement fixée sur les incisives inférieures (Fig. 1).

La fixation de la LED sur les incisives inférieures est possible par l'intermédiaire d'un support (Fig. 16) lui-même solidarisé aux incisives par de la résine autopolymérisante et n'interférant d'aucune manière sur les cycles masticatoires.

Il existe deux types de LED (Fig. 5), l'une droite et l'autre faisant un angle à 90° par rapport au plan frontal (pour l'analyse des mouvements horizontaux et sagittaux).

Les mouvements dans les plans horizontaux, frontaux et sagittaux sont réalisés séparément à l'aide d'une des deux LED correspondantes et d'un déplacement très simple et approprié de la caméra. Les points spécifiques ainsi que les points de contacts sonores peuvent être enregistrés après l'analyse des mouvements mandibulaires. Il est courant en général d'effectuer les cycles masticatoires à la fin de l'analyse des mouvements mandibulaires.

Chacun de ces mouvements est visualisé sur le moniteur (oscilloscope) et peut être imprimé sur le micro-traceur.

III.4. Présentation des résultats

Plusieurs types de résultats sont présentés par l'appareil avec des traitements plus ou moins élaborés quant à leur interprétation. Nous noterons :

- la représentation (à l'écran comme sur le papier) de l'ensemble des mouvements mandibulaires ramenés selon les plans horizontaux, frontaux et sagittaux ainsi que (seulement sur papier) la finition, dans ces cycles du premier et du dernier point d'analyse,

- la représentation (à l'écran comme sur le papier) du cycle masticatoire en frontal-sagittal avec la possibilité sur traceur de

décomposer chaque cycle, et de connaître le pourcentage de contact dentaire par rapport au temps des mouvements,

— par ailleurs et pour connaître les caractéristiques numériques des mouvements mandibulaires et du cycle masticatoire, il est possible d'extraire un certain nombre de caractéristiques essentielles des graphismes comme la décomposition des mouvements dans les plans sagittaux ou frontaux ou comme une décomposition ramenée sur l'échelle des temps. De même un certain nombre de résultats numériques peuvent grandement simplifier l'analyse du système masticatoire du patient. Nous signalerons le calcul des écarts de déviation maximum dans le sens vertical et le sens horizontal (avec calcul d'angle) ainsi que la valeur moyenne de certains points définis a priori comparés aux points de référence de départ et permettant, entre autres, de savoir la meilleure distance en position d'occlusion (Fig. 7 à 14).

III.5. Précision de la mesure

Si nous étudions la précision de ce système il faut admettre d'entrée qu'il s'agit d'un capteur analogique et, à ce titre, plus le mouvement sera rapide et moins le nombre de points d'analyse sera élevé. Les 200 points par seconde sélectionnés par les fabricants suffisent largement à décrire un cycle masticatoire (1 seconde) avec une bonne précision.

Chacun de ces points est défini en terme de résolution (et non de précision) ramenée à la surface analysée. On estime qu'un capteur Hamamatsu possède une résolution de 1%. Ramené à l'ensemble des imprécisions dues aux circuits électriques et aux conversions analogiques digitales, les constructeurs parlent d'une résolution finale de 5%. Cette résolution a été confirmée par des essais effectués dans notre laboratoire par J.P. Toubol et J. Dufournet. Ils ont montré que le système d'analyse est aussi précis, sinon mieux, que le Stuart, compte tenu du pouvoir séparateur de l'œil.

Une résolution de 5% ramenée au champ d'analyse (50 mm x 50 mm) lorsque le capteur est à 100 mm de la LED nous fait espérer une connaissance de positionnement d'un point dans un espace de + ou

— 2,5 mm. Ce chiffre relativement élevé ne doit pas nous faire oublier que des résultats donnés aux 1/100° seraient d'une précision inutile. CLARC (9) a confirmé la précision linéaire de 5% avec un visitrainer CII/2.

Par ailleurs et sans aucun doute beaucoup plus dangereuse est la corrélation des trois courbes dans des analyses séparées. En effet, les trois analyses sont faites en temps différé et séparément. Il nous semble sujet à caution d'admettre qu'un patient effectuera ces trois mouvements suivant un même comportement neuro-musculaire.

IV. MATERIEL ET METHODE (access articulator)

Nous nous sommes très rapidement rendu compte que tout nouvel articulateur électronique se devait d'effectuer son analyse des mouvements mandibulaires dans les 3 dimensions de l'espace et ce en temps réel et simultané. Nous avons lancé dans la laboratoire G.B.M. de C.F.A.O. et avec l'aide de la Société Hennson International à Vienne des travaux d'analyse théoriques (14-15) essentiellement basés sur les observations de Jemt et Karlson (16) et la validation d'une maquette de faisabilité (Fig. 17) d'un nouvel articulateur « l'access articulator » sur le concept proposé par le Dr. F. Duret à Nice en 1985 (17).

IV.1. Principe général

De prime abord, il paraît logique d'analyser un mouvement mandibulaire en utilisant 3 points lumineux fixés sur la mandibule et 3 plans d'analyse solidaires du maxillaire supérieur et de suivre les mouvements de l'ensemble en temps réel (Lewin) ou en temps différé (visitrainer). Cette méthode, quoique parfaite, cache une autre réalité : la limitation des mouvements naturels. Leur enveloppe nous permet une réduction substantielle du système d'analyse. En plaçant judicieusement 3 diodes émettrices face à 2 caméras, nous répondons aux exigences minimum requises pour l'enregistrement simultané du mouvement d'un point de la mandibule dans l'espace défini par 3 plans

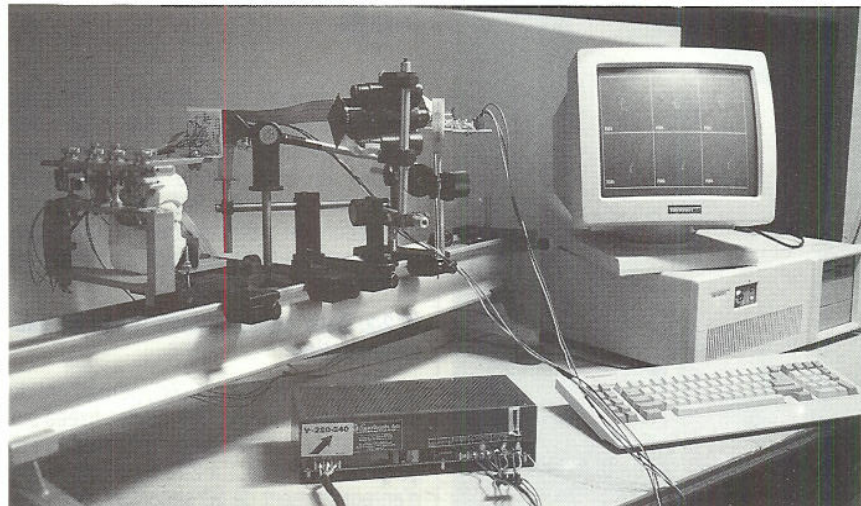


Fig. 17 : Vue générale de la maquette de faisabilité de l'Access Articulator

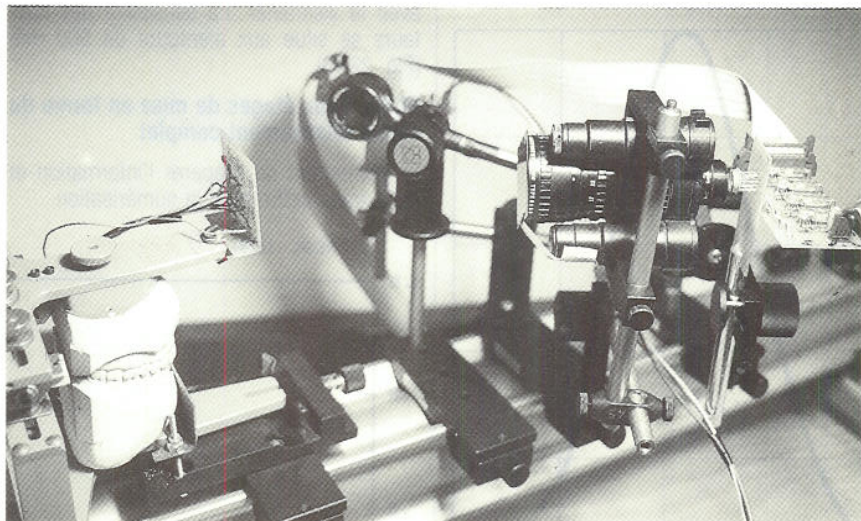


Fig. 18 : Maquette de faisabilité de l'Access Articulator, les plans définis par les 2 caméras

solidaires de la tête. Certes nous sommes loin du « Selspot system » de JEMT car nous n'utilisons qu'une caméra pour 3 LED en mouvement mais ces auteurs restent à l'origine de nos réflexions (comme d'ailleurs les travaux de Salomon ou Tajan).

Les 2 récepteurs (caméra) (Fig. 19) définissant chacun un plan, eux-mêmes formant une trièdre permettant de connaître la position de chaque émetteur dans l'espace (par exemple R1, définira les plans XY et le récepteur R2 le plan YZ). Il est à noter, à la différence des auteurs précédents, que notre montage permet, grâce à l'utilisation de 3 diodes (Fig. 19) de détecter tous

mouvements y compris les rotations autour de l'axe des émetteurs (Brevet).

IV.2. Le matériel

Il se subdivise en 5 :

IV.2.1. Un ensemble de trois diodes électro-luminescentes (Fig. 19).

Ils émettent à une longueur d'onde de 900 nm avec puissance de 30 mW environ. Solidaires de la mandibule par l'intermédiaire d'un bracket spécialisé fixé sur les incisives



FORMATION CONTINUE

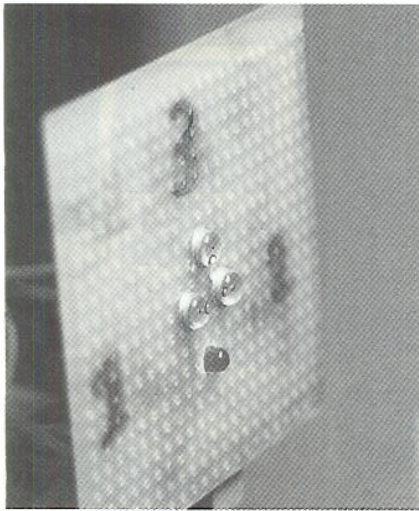


Fig. 19 : Maquette de faisabilité, les 3 diodes fixées sur le Stuart

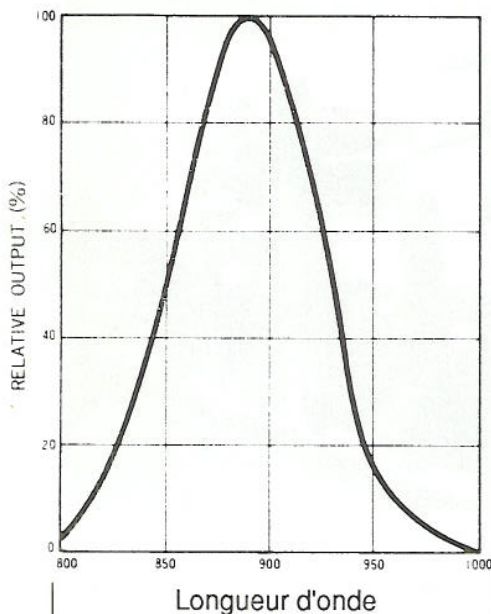


Fig. 20 : Zone d'émission de la LED

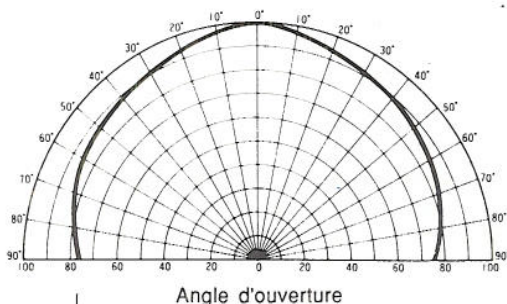


Fig. 21 : Angle d'émission de la diode



ves (ou ailleurs) ces éléments émettant dans l'infrarouge auront l'intérêt d'avoir une certaine immunité par rapport à l'éclairage ambiant et la possibilité d'être détectés lèvres fermées (18). Par ailleurs, l'angle d'émission de 180° permet le suivi des mouvements aux niveaux des 2 caméras en simultané (Fig. 20 et 21).

IV.2.2. Deux capteurs infra-rouge de haute résolution

(Linéarité de 1/100 à 1/1 000) permettent de suivre le déplacement des diodes fixées sur l'articulateur. La fréquence d'échantillonnage global, étant de 1 à 2 KHz sur une durée d'enregistrement de 20 secondes, nous obtenons avec maquettes de faisabilité de meilleures résolutions que celles observées avec le visitrainer. La sensibilité des capteurs se situe aux alentours de 900 nm (Fig. 22-23).

IV.2.3. Deux étages de mise en forme du signal relativement complet

Ils permettent de préparer l'information et de la transmettre pour la numérisation.

IV.2.4. Un étage de numérisation

Assurant la conversion analogique numérique du signal, il transmettra à l'ordinateur des valeurs chiffrées. Cet étage est comme les 3 diodes sous le contrôle de l'ensemble de synchronisation.

IV.2.5. Il existe un étage de stockage

(Mémoire central d'un IBM PC) permettant de conserver les informations mais aussi de les visualiser sur un moniteur graphique (Fig. 24).

Il est à noter qu'un bus de communication externe de type RS 232 XON/XOFF nous permet de transmettre l'ensemble de ces informations aux systèmes de CFAO.

IV.3. Présentation des résultats

Les études effectuées à l'aide de la maquette de faisabilité sont très prometteuses en terme de précision puisque sur 20 secondes d'analyse avec une fréquence d'échantillonnage de 1KHz nous avons obtenu 240 000 coordonnées par échantillon secondaire (480 000 octets). Le numériseur 12 bits utilisés s'est avéré très largement suffisant.

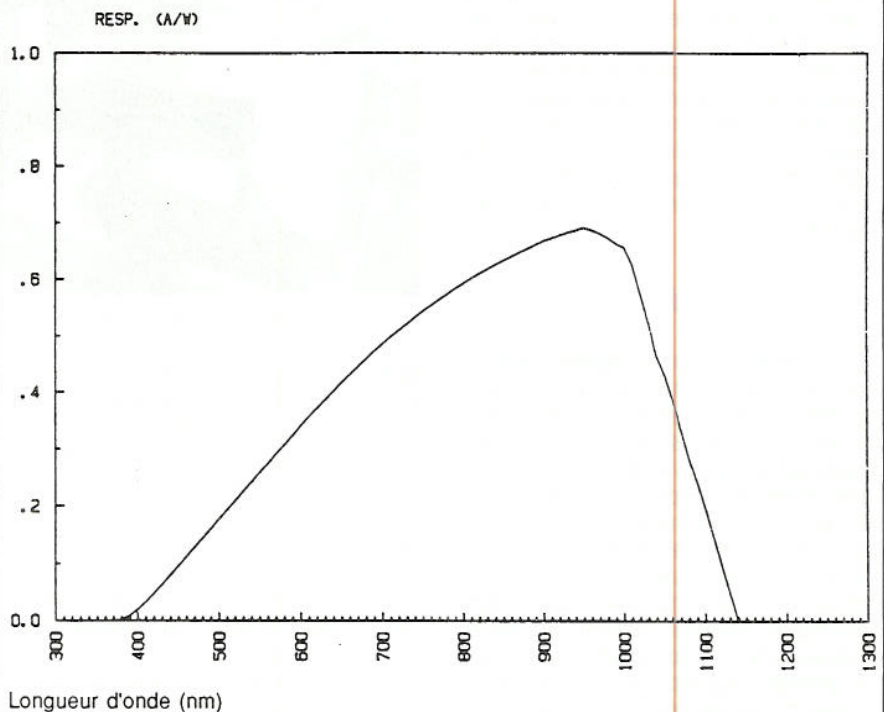


Fig. 22 : Diagramme de sensibilité du capteur

Etant au stade de la maquette nous ne sommes pas encore en mesure de transmettre les courbes définitives d'analyse. Des mouvements occlusaux sur patient feront l'objet de deux exposés au congrès de l'A.D.F. 1988 à Paris.

IV.4. Précision de la mesure

Au niveau de la maquette de faisabilité nous obtenons entre 2 000 et 4 000 valeurs par cycle (1 seconde), ce qui représente une précision de 10 à 20 fois supérieure à celle du visitrainer. En admettant une perte de 200% au niveau des circuits électroniques, cela assure une précision de 200 m sur un champ de 50 mm x 50 mm, soit moins de 100 m sur un cycle niveau molaire. Ces résultats nous laissent assez optimistes pour l'avenir.

V. CONCLUSIONS

L'enregistrement opto-électronique de la cinématique mandibulaire par des appareillages peu encombrants permet à ce jour d'espérer individualiser de manière précise les reconstructions occlusales par une analyse affinée des résultats obtenus. Si le visitrainer III ne semble pas présenter une précision suffisante à l'heure actuelle, gagnons que son constructeur ou d'autres vont améliorer ce point particulier.

La maquette de « l'access articulator » nous offre la possibilité d'accéder à un enregistrement aisé et simultané dans les 3 plans de l'espace avec un minimum de manipulation. L'association de cet appareil avec la CFAO Dentaire risque de faire évoluer sensiblement l'analyse occlusale et sa restitution prothétique. En effet, son utilisation directe sur la morphologie occlusale créée en CAO nous permettra d'avoir en pratique courante les données tellement riches de nos chercheurs en ce domaine (19).

C'est dans cette voie qu'il nous faut maintenant œuvrer pour parvenir à la résolution de ce problème relativement complexe de l'intégration physiologique des éléments prothétiques agrégés sur denture naturelle et a fortiori sur les implants...

BIBLIOGRAPHIE

1. LUNDEEN M.C., SHRYOCK E.F., GIBBS C.H.
An evaluation of mandibular border movements ; their character and significance.
J. Prosth. Dent., 61 : 442-452, 1978.
2. LUNDEEN M.C., GIBBS C.H.
The mandibular movements
Annales CNO Toulouse, 1984.
3. LEWIN A.
Electrognathographics.
Quintessence Books Tokyo Editeur, Graph. III. : 173 pages, 1985.
4. GEORGE J., BOONE M.
A clinical Study of rest. position using the Kinesigraph and Myo-monitor.
J. Prosth. Dent., 41 (4) : 7, 1979.
5. SHIOZAWA X. AND COLL. (7)
A system for Analysis of Mandibular Movements at the Required Points.
J. Japan. Prosth. Soc., 25 (3) : 499-508, 1983.
6. MORI T.
Studies on the path of masticatory movements.
J. Japan Prosth. Soc. 26 (2) : 274-97, 1982.
7. HOBOS S., MOCHIZUKI S.
Study of mandibular movement by means of electronic measuring system (Part I et II).
J. Japan Prosth. Soc. 26 (3) : 619-634, 1982 et 635-653, 1982.
8. HOBOS S., HAYAKAWA H., TAKAYAMA H., IWATA T., HAWAZU H.
An experimental electronic recording system for the motion of condyle in three dimensions.
J. Of Gnatology, 2 (N°1) : 87, 1983.
9. BARRIE R.D., GILLINGS
Photoelectric mandibulography.
J. Prosth. Dent., 17, 109-121, 1967.
10. CLARK G.T., LYNN P.
Horizontal plane jaw movements in controls and clinic patients with temporomandibular dysfunction.
J. Prosth. Dent., 55, 6 : 730-735, 1986.
11. CHOU T.M., PAMEIJER C.M.
An investigation of the reproductibility of articulators
J. Prosth. Dent., 58 : 443-448, 1987.
12. CLARK G.T., MOODY D.
A comparison of the accuracy of two jaw tracking methods.
J. Dent. Res. 64 : 340, 1985.
13. CHAPUIS R., JORDAN F., PRADO J.L. et DURET F.
Etude théorique et clinique du Visitrainer CIII.
10^{es} Journées Sofreb, Brest (1987).
14. DURET F.
Quand l'ordinateur se fait prothésiste.
Tonus D., 16 : 13-15, 1983.
15. DURET F.
L'empreinte optique dans l'exercice de cabinet.
Cah. Prothèse, 50 : 73-109, 1985.
16. JEMT and KARLSON.
Computer analysed movements in three dimensions recorded by light emitting diodes.
J. Oral. Rehab., 9 : 317-326, 1982.
17. DURET F.
Empreintes optiques : étude de la dynamique mandibulaire et utilisation de la CFAO.
8^e Journées Sofreb, Nice, 1985.
18. LEVY-LOZATA D.
Contribution à l'informatique à l'enregistrement et à la reproduction automatique des rapports inter-maxillaires.
Thèse 2^e Cycle Aix-Marseille, Graph. III., 189 pages, 1985.
19. GASPARD M.
Troubles de l'occlusion dentaire et SADAM
Procodif Sèvre Editeur, Graph. III., 265 pages, 1985.

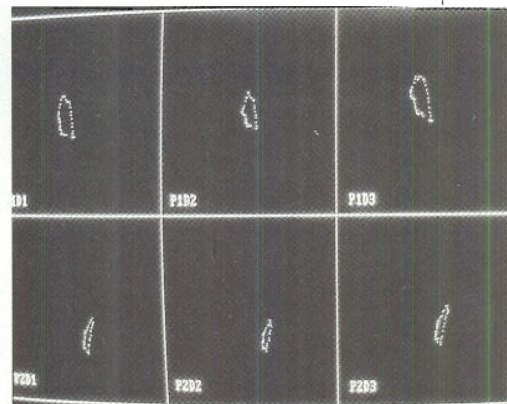


Fig. 23 : Maquette de faisabilité. Le capteur face à son optique d'analyse

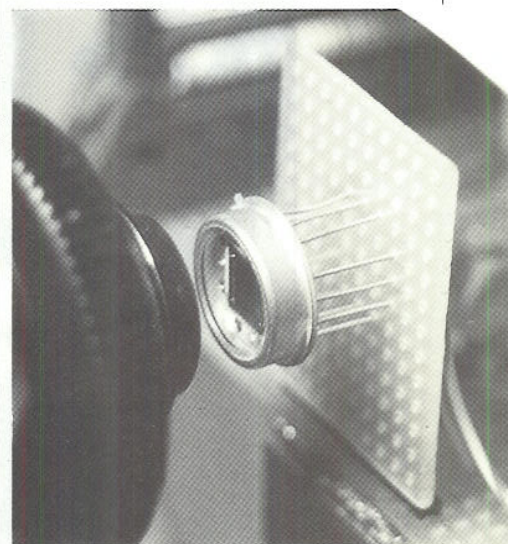


Fig. 24 : Maquette de faisabilité. Visualisation des résultats sur les moniteurs vidéo-graphiques.