

# Aristée préformes

Organo-céramique  
architecturée biocompatible  
pour CFAO Dentaire-Système DURET

## PRINCIPE

• A chaque époque, les réalisations techniques ont été limitées par les caractéristiques des matériaux dont on disposait. L'art dentaire n'échappe pas à cette règle. Au cours des siècles, des matériaux très divers ont été utilisés pour la fabrication de prothèses.

Aujourd'hui, **trois grandes catégories de matériaux sont utilisés pour la réalisation de prothèses fixes :**

- les métaux : acier, alliage précieux et semi-précieux
- les céramiques
- les résines plastiques généralement renforcées par des charges minérales et appelées improprement composites.

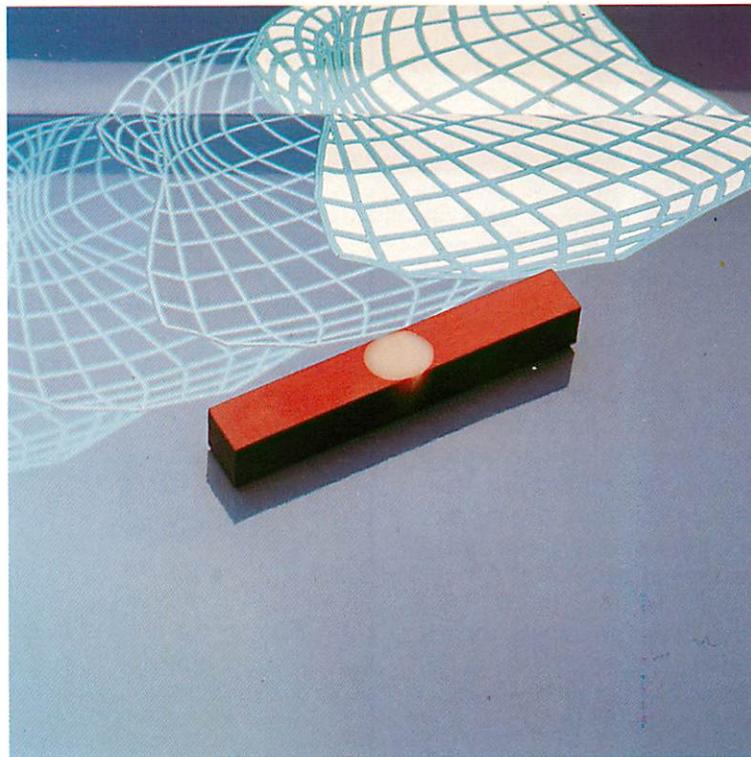
Mais aucun de ces matériaux n'est pleinement satisfaisant.

Le matériau idéal doit répondre à de nombreuses exigences, compte-tenu de la complexité d'une dent.

• La création et le développement de la CFAO ont été l'occasion pour notre Laboratoire de concevoir et de mettre au point ARISTEE avec les Docteurs François DURET et Bernard DURET.

ARISTEE, fruit de notre recherche, est né de la **collaboration multidisciplinaire** entre chirurgiens-dentistes, pharmaciens, spécialistes des polymères, ingénieurs en matériaux composites, analystes, toxicologues et spécialistes de l'usinage.

ARISTEE, organo-céramique architecturée biocompatible est le **premier et l'unique matériau de structure composite** destiné à la réalisation de prothèses conjointes, par usinage.



## La C.F.A.O.

L'adaptation de la C.F.A.O. à la conception et la fabrication de prothèses dentaires associe une méthode de prise d'empreinte optique à un système complet de C.F.A.O. asservissant une micro-fraiseuse d'usinage automatique de la prothèse.

- La sonde optique relève en bouche le relief des préparations dentaires dans leur environnement clinique.

- Les informations numériques sont traitées par un logiciel qui permet de créer et de visualiser à l'écran l'élément prothétique en situation, à partir de formes préalablement mémorisées. L'ordinateur pilote ensuite une micro-fraiseuse à commande numérique qui sculpte la prothèse.

- Ce procédé offre de nombreux avantages :

- suppression de l'utilisation des pâtes à empreintes et des incertitudes liées aux multiples transferts indispensables à la réalisation des prothèses
- prothèse réalisée en une seule séance
- intégration optimisée des éléments prothétiques.

La réalisation de la prothèse par usinage à partir d'une préforme n'ayant à subir aucun traitement physique ou chimique a permis le développement d'un matériau original de conception nouvelle.

Une étude approfondie des paramètres de l'usinage d'ARISTEE permet d'en assurer la sculpture malgré des caractéristiques mécaniques élevées. Ces paramètres ont été intégrés dans le programme pour optimiser l'usinage.

## UN MATERIAU DE HAUTE TECHNOLOGIE

Les exigences technologiques des matériaux du futur ne peuvent être satisfaites à partir des produits existants.

Le caractère antagoniste de certaines propriétés mécaniques et les impératifs esthétiques et biologiques **nous ont orientés vers la mise au point d'un matériau composite**, conscients qu'il serait impossible de trouver un produit qui réponde à nos exigences.

Notons d'abord que **le terme composite** prête à confusion car **jusqu'à présent en art dentaire, il a été utilisé improprement** pour désigner des résines organiques chargées, destinées à des restaurations esthétiques.

Nous entendons ici par composite un matériau comportant une architecture fibreuse interne noyée dans un solide homogène contenant éventuellement en suspension des charges. **Nous l'appellerons composite de structure.**

La principale originalité, mais non la seule, de ce composite est la **présence d'une architecture fibreuse à la fois tridimensionnelle et multidirectionnelle.**

Dans les matériaux composites fabriqués jusqu'à présent, même pour les industries de pointe comme l'aéronautique ou l'armement, qui ont des exigences élevées, les fibres sont orientées soit unidirectionnellement, soit bidirectionnellement sous forme d'un tissé, soit multidirectionnellement, mais dans un seul plan sous forme d'un mat.

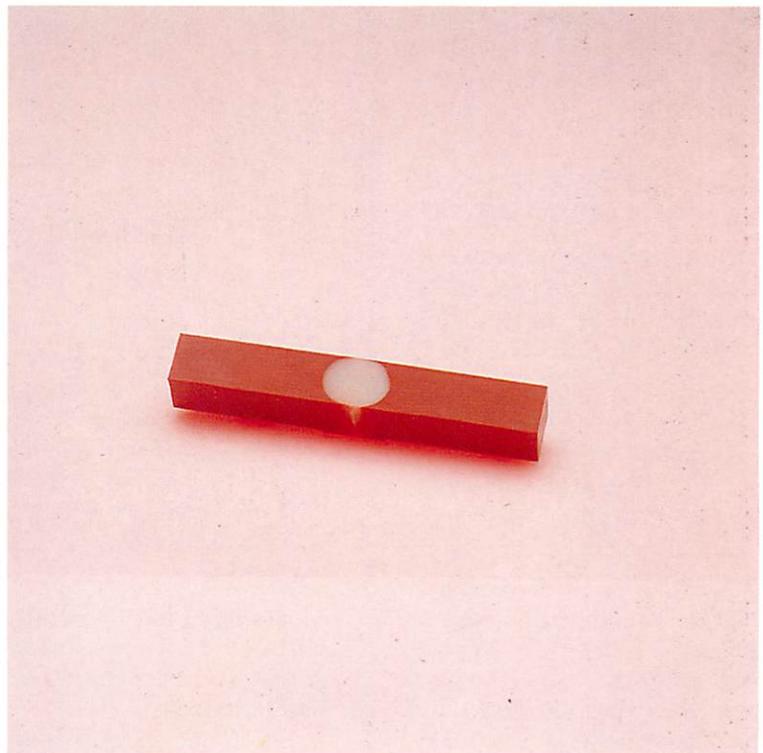
On utilise parfois un empilement de plusieurs nappes de fibres, mais cela ne correspond pas à une véritable architecture tridimensionnelle, ce n'est que la juxtaposition d'architectures bidimensionnelles, les fibres étant simplement orientées dans des plans parallèles successifs, éventuellement plus ou moins déformés selon le produit final à obtenir. Aucune fibre n'est orientée suivant un axe traversant ces divers plans parallèles. Aucune fibre n'assure la liaison entre les différents plans.

La réalisation d'une structure composite étant plus complexe que la mise en œuvre des matériaux traditionnels, **elle doit intégrer les paramètres spécifiques des composants** pour assurer la cohésion maximum qui garantit l'optimisation des propriétés d'un composite.

**ARISTEE est la première application industrielle d'un brevet français permettant la fabrication de composites à architecture fibreuse tridimensionnelle.**

## COMPOSITION

- **Résine thermodurcissable** de type :
  - polyuréthane modifié acrylique, purifié
  - taux de réticulation très élevé
  - indice de réfraction voisin de celui du verre.
- **Architecture fibreuse multidirectionnelle**
  - Fibres de verre de diamètre 8 microns
  - Translucide et incolore
- **Charges minérales**
  - Billes de verre
  - Silice
  - Quartz.



**DES QUALITES  
ESTHETIQUES  
ESSENTIELLES**

En chirurgie dentaire, la notion d'esthétique n'est pas uniquement liée à la perfection des formes et des teintes **mais à la capacité d'intégration dans l'ensemble harmonique que constituent les dents.**

Le matériau idéal n'est pas le plus lisse, ni le plus blanc, mais **celui qui reproduit parfaitement ce que la nature a élaboré avec toutes ses particularités.**

L'esthétique ne saurait être limitée à la seule notion de teinte ; **elle intègre les formes, les nuances de caractérisation et la translucidité.**

**Seul un matériau composite pouvait recréer la structure complexe de la dent.**

La résine polymérisée présente un indice de réfraction voisin de celui du verre, ce qui permet d'obtenir un produit final ayant une translucidité intermédiaire entre celle de l'émail et celle de la dentine.

Grâce à cette translucidité, **il est possible par une coloration adéquate du ciment de scellement, de conférer à la prothèse la teinte de base souhaitée.**

La prothèse réalisée avec ARISTEE fait l'objet d'une caractérisation esthétique de surface.

Un coffret de caractérisation, conçu à partir de produits photopolymérisables spécialement adaptés, a été développé pour permettre au praticien d'exprimer son art.

**UNE BIOCOMPATIBILITE  
PARFAITE**

La résine purifiée, entrant dans la fabrication d'ARISTEE, présente l'avantage d'avoir subi une polymérisation complète dans des conditions industrielles parfaitement contrôlées.

Cette polymérisation industrielle permet d'éviter la présence de monomères dont l'action sur les tissus est irritante, ce que confirme le contrôle chimique du matériau avant sa commercialisation.



**CONCEPT  
ARCHITECTURE  
OU  
BIONIQUE**

La purification poussée de la résine a pour but d'obtenir un matériau ne présentant pas de risque toxicologique.

Les essais réalisés sur diverses espèces animales et sur culture cellulaire ont montré la non-toxicité d'ARISTEE, sa bonne tolérance locale ainsi que son absence de propriétés allergisantes. Le test de mutagénicité sur Salmonella typhimurium his a montré son absence de propriétés mutagènes.

**Présentation :**

Boîte de 20 préformes  
unitaires  
pour système CFAO-DURET

Bien que ce soit des exigences mécaniques et esthétiques qui aient conduit à l'élaboration d'ARISTEE et non la bionique, il est amusant de constater que, **comme la dentine, il est constitué de l'association intime entre la matière organique et la matière minérale** avec toutefois une répartition géométrique **presque inversée**, les structures fibreuses étant de nature minérale dans le composite et de nature organique dans la dentine. **Mais dans les deux cas, les structures minérales jouent un rôle prépondérant dans la résistance du matériau.**

LABORATOIRE S.P.A.D.

B.P. 7

21800 QUETIGNY

Tél. 80.63.62.05



## LES FIBRES DE VERRE

Les fibres de verre ont été retenues pour l'élaboration de l'architecture fibreuse du composite car :

- elles présentent des performances mécaniques spécifiques intéressantes
- elles offrent une grande souplesse d'emploi, toutes les techniques de mise en œuvre habituellement utilisées pour les matériaux composites leur étant applicables.
- elles sont translucides et incolores, permettant l'obtention d'un matériau final esthétique, ce qui ne peut être obtenu avec les fibres d'aramide qui ont une couleur jaune, et à plus forte raison, avec les fibres noires de carbone

• elles possèdent une bonne stabilité au cours du temps, résistant à l'humidité, à la corrosion et à la plupart des agents chimiques.

Les bonnes propriétés diélectriques et la conductibilité thermique relativement faible du verre sont des atouts supplémentaires.

**Le faible diamètre des fibres unitaires (8 $\mu$ ), leur nombre et leur répartition régulière, donnent une grande homogénéité à ARISTEE** ce qui est impératif compte-tenu des dimensions limitées des contours prothétiques, qu'il s'agisse d'une cuspside ou du collet d'une couronne qui, malgré sa faible épaisseur, doit posséder une résistance mécanique élevée. **Cette homogénéité assure un état de surface parfaitement lisse.**

## LES CHARGES MINÉRALES

Les charges minérales renforcent le matériau, augmentent sa dureté et sa résistance à l'abrasion.

## LA RESINE

La matrice est une résine thermodurcissable de type polyuréthane modifiée acrylique. Son taux de réticulation élevé lui confère de bonnes propriétés mécaniques et une bonne stabilité au cours du temps. Les polyuréthanes sont particulièrement intéressants car ils présentent une résistance à l'abrasion exceptionnelle, ainsi que des modules d'élasticité en compression, traction et cisaillement très élevés.

Contrairement aux "composites" utilisés jusqu'à présent qui sont polymérisés in situ dans la bouche du patient après leur mise en forme, la résine d'ARISTEE présente l'avantage d'avoir subi une polymérisation dans des conditions industrielles parfaitement contrôlées notamment en ce qui concerne les gradients de pression et de température régulés avec précision, compte-tenu de l'exothermie de la réaction de polymérisation. Elle est commercialisée sous la forme d'une préforme prête à être usinée.

## LA LIAISON DES FIBRES DE VERRE ET DES CHARGES A LA RESINE

Celle-ci a fait l'objet d'une étude approfondie afin :

- d'optimiser la transmission des forces dans le matériau
- d'éviter que le matériau présente des discontinuités défavorables à ses propriétés optiques
- d'assurer une bonne conservation
- d'éviter des ruptures dans les zones de contact entre la fibre et la matrice, ces hiatus étant la porte ouverte aux micro-organismes.

## UNE RESISTANCE ADAPTEE

Les contraintes auxquelles sont soumis les éléments prothétiques lors de la mastication sont très variées.

**La face occlusale doit offrir une bonne résistance à la compression et le bord cervical doit se montrer particulièrement résistant au cisaillement, tout en possédant un module d'élasticité élevé.**

Seul un matériau composite répond à un cahier des charges aussi précis qu'exigeant.

**ARISTEE possède une dureté Shore proche de celle de l'émail, préservant ainsi les dents antagonistes.**

La résistance à la compression et au cisaillement d'ARISTEE, associée à un module de flexion élevé lui confère une intégration optimale dans la dynamique masticatoire.

### Propriétés mécaniques :

- Résistance au cisaillement : 29,8 N/mm<sup>2</sup>
- Résistance à la flexion : 207 M Pa
- Résistance à la traction : 213 M Pa
- Résistance à la compression : 201 M Pa
- Densité : 2,3

**La résistance à l'usure et au vieillissement d'un matériau prothétique est essentielle.**

**La résistance d'ARISTEE a été éprouvée depuis plusieurs années dans les technologies du futur où elle a vu le jour.**

Le comportement rhéologique de la matrice d'ARISTEE réduit les arrachements abrasifs en constituant un film élastolubrifiant.

La caractérisation de surface renforce le film protecteur visco-élastique et réduit fortement l'abrasion.

RESPONSABLES TECHNIQUES DU MAITRE D'OEUVRE

- Monsieur François DURET  
Chef de Laboratoire du GBM de CFAO dentaire
  
- Monsieur Bernard DURET  
Responsable de la section bio-matériaux du GBM de CFAO dentaire.

RESPONSABLE TECHNIQUE DU LABORATOIRE SPAD

- Monsieur Marc CARVIN  
Pharmacien Galéniste  
Directeur Technique du Projet

3 - PROJET PRESENTEa - caractéristiques et performancesCOMPOSITE DE BOUCHE

CARACTERISTIQUES PRIORITAIRES	VAL MINI	VAL MAXI	COMPARAISON PAR RAPPORT AUX PRODUITS EXISTANTS (*)
COMPRESSION.....	400 MPa	500 MPa	=
MODULE D'ELASTICITE.....	70 GPa	90 GPa	+
FLEXION.....	400 MPa	500 MPa	+
DURETE.....	300 KNH	300 KNH	+
ADHERENCE.....	20 MPa	30 MPa	+
COEFFICIENT DE FROTTEMENT.....	0,3-0,5 <sub>1</sub>	0,3-0,5 <sub>1</sub>	+
DILATATION LINEIQUE.....	11,4°C <sup>-1</sup>	11,4°C <sup>-1</sup>	+
ESTHETIQUE.....	COLORATION SELON PALETTE DE TEINTES		=
MIMETISME OPTIQUE.....	PAR TRANSPARENCE		=
ABSORPTION D'EAU.....	<0,9	<0,9	+
PROPRIETES ELECTRIQUES.....	ISOLANT	ISOLANT	+
<b>CARACTERISTIQUES SECONDAIRES</b>			
RESISTANCE AUX CHOCS.....	RESILIANCE (machine de Scharpy)		
RX RADIO OPACITE.....	IDENTIQUE A LA DENT PAR DENSITE		+
DIFFUSIVITE THERMIQUE.....	0,5 W/(m°C)	0,9 W/(m°C)	=
TEMPERATURES CRITIQUES.....	- 10° C	+ 80° C	=
PROPRIETES CHIMIQUES.....	RESISTANT AUX ACIDES ET BASES FORTS		=
STABILITE DE TEINTE.....	STABLE AUX UV		

(\*) Nous avons noté les caractéristiques qui apparaissent comme étant égales ou supérieures par rapport aux mêmes caractéristiques des produits existant actuellement sur le marché.

C.F.A.O. PREFORMES DENTAIRES

CARACTERISTIQUES PRIORITAIRES	VAL MINI	VAL MAXI	NORMES
USINABILITE.....	DEFINIR LES CARACTERISTIQUES D'USINAGES		
OPTIQUE.....	TRANSLUCIDE 80 % ANISOTROPE		
ESTHETIQUE.....	MIMETISME OPTIQUE ET MAQUILLAGE		
COMPRESSION.....	400 MPa	500 MPa	
MODULE.....	70 GPa	90 GPa	
FLEXION.....	400 MPa	500 MPa	ADA
DURETE.....	300 KNH	300 KNH	
USURE.....	IDENTIQUE A LA DENT		
COEFFICIENT DE FROTTEMENT.....	0,2	0,5	ISO
ADHERENCE.....	COHESIVE 20 à 30		AFNOR
	PAR COLLAGE		
DILATATION LINEIQUE.....	11,4°C <sup>-1</sup>	11,4°C <sup>-1</sup>	
ABSORPTION D'EAU.....	0 %		
ELECTRIQUE.....	ISOLANT	ISOLANT	
DIFFUSIVITE THERMIQUE.....	0,5 W/(m°C)		
DENSITE.....	2,2	3	
RESISTANCE AUX CHOCS.....	RESILIANCE (MACHINE SCHARPY)		
RX RADIO OPACITE.....	IDENTIQUE A LA DENT PAR DENSITE		
CHIMIE.....	RESISTANT AUX ACIDES ET BASES FORTS		
STABILITE DE TEINTE.....	STABLE AUX UV		

b - comparaison par rapport aux produits existants

**COMPOSITE**

Les valeurs globales sont mieux adaptées. En effet, les composites actuels présentent une bonne résistance à la compression, mais sont très faibles en flexion par exemple (50 MPa), leur stabilité ou leur manque de stabilité dans le temps pose également de gros problèmes (entre autres, problèmes d'esthétiques)

**CFAO**

Les produits existants sont en général métalliques ou métalliques revêtus de produits cosmétiques.

c - prix de vente

Sensiblement le prix des composites actuels (FILLISPAD 2 SERINGUES 400.05 TTC) pour un matériau de qualité et de performances nettement supérieures.

d - originalité du produit

Nouvelle formation de la matrice support de charges. En effet, la charge technique de polymérisation autorisant un seul dépôt du composite dans la cavité à restaurer, obtention d'un produit polymérisant stable.

Stabilité dans le temps, esthétique, excellentes propriétés mécaniques, produit dont l'architecture interne reproduit la structure de la dent.

e - existence et conformité

Conformité aux normes AFNOR, ISO et ADA.

f - brevets

Le CFAO dentaire a déjà été soutenu par l'ANVAR. Les produits, objet du présent dossier, sont les prolongements directs de CFAO dentaire.

g - recherche documentation

**COMPOSITE**

L'entreprise a effectué des recherches bibliographiques auprès de l'INPI, aucune antériorité n'a été relevée, SPAD a toute liberté d'exploitation de ce produit, tant COMPOSITE DE BOUCHE que CFAO.

**CFAO**

h - intérêt du produit pour la clientèle

Ce produit remplacera avantageusement toutes les prothèses métalliques en apportant une très nette amélioration sur le plan esthétique et à l'échéance une diminution du coût.

Ce projet est exclusivement français, et il n'existe à ce jour aucun autre projet concurrent à l'étranger.

La diffusion des deux produits : COMPOSITE DE BOUCHE et COMPOSITE CFAO, se fera à l'échelle mondiale, le marché américain s'avère important et très prometteur.

1 - ORIGINE DE L'INOVATIONa - demande de la clientèle

COMPOSITE

CFAO

les chirurgiens dentistes sont toujours à la recherche d'un matériau performant et bio compatible en raison de la grande complexité du tissu dentaire.

b - marché constaté

COMPOSITE

CFAO

CFAO dentaire rencontre un très vif intérêt de la profession comme en témoignent les réactions des chirurgiens dentistes aux différentes démonstrations ADF 1985. Les prévisions de vente des pré-formes sont directement liées aux prévisions de vente des "machines" permettant cette technique. En 1987, 400 machines seront construites, en 1988, il y aura sur le marché 1900 machines en fonctionnement. Chaque machine usinera entre 1100 et 1600 pré-formes par an, ce qui revient à dire qu'en 1988 les prévisions de vente se situent entre 2 000 000 et 3 000 000 de pré-formes.

c - importation du produit

COMPOSITE

CFAO

produit exclusivement français, sauf matériaux pétroliers nécessaires à l'architecture interne du matériau.

2 - ETAT ACTUEL DE LA TECHNIQUE

COMPOSITE

CFAO

Le produit diffusé existant chez SPAD, diffusé par nos soins, est le FILLISPAD (matériau composite de restauration esthétique).

a - nom des principaux concurrents

COMPOSITE

CFAO

Pierre ROLLAN, SCINTILLUX, ADAPTIC, 3M, KULZER ....

Il n'y a pas de produits concurrents en raison de l'innovation totale de la technique.

b - analyse critique

avantages esthétiques

c - inconvénients

la technique mise en oeuvre est compliquée et délicate (dépôts multiples nécessaires), matériau peu stable dans le temps dû à une polymérisation incertaine et de toute façon incomplète.

Problèmes d'adhérences sur les dents mal  
maîtrisés, bio-compatibilité et problèmes  
mécaniques perfectibles.

d - performances

COMPOSITE

Technique en évolution qui vise à remplacer  
les amalgames dentaires inlays et onlays.

CFAO

CRITIQUE DES MATIERES ET METHODES

Traditionnellement, les technologies de fabrication des prothèses dentaires utilisent comme mode de reproduction des formes de procédés de moulages (matières plastiques) ou de coulé (procédé de la cire perdue).

Ces méthodes ont en commun, outre leurs imprécisions, l'inconvénient majeur de limiter considérablement le choix parmi les biomatériaux susceptibles de résorber la perte de substance engendrée par la carie et le traitement associé à sa guérison.

Il résulte que les matériaux après avoir subi ces contraintes technologiques de mise en forme présentent des caractéristiques éloignées des exigences de la perte de substance à réparer.

Ils sont en gros de trois types :

- les métaux qui ont des caractéristiques mécaniques suffisantes, mais ils sont inesthétiques et d'un module d'élasticité très différent de celui de la dentine, en outre, ils donnent naissance à des phénomènes de corrosion très préjudiciables à une bonne biocompatibilité,

- les silicones sont esthétiques, mais ils exigent un support métallique ; ils sont durs et s'usent moins vite que les dents naturelles, ce qui entraîne souvent de destructions parodontales. Enfin, leur prix de revient est très élevé,

- les résines composites sont, elles aussi, esthétiques mais elles présentent une polymérisation toujours incomplète en raison de performances modestes de nos Laboratoires, ce qui leur confère un taux d'absorption d'eau suffisant pour leur faire perdre leurs qualités esthétiques de départ et surtout de les transformer encore.

Il semble que le plein de résultats ait été fait et que ces technologies ne pourront que très faiblement s'améliorer. Ces faibles améliorations se traduisant toujours par une augmentation en flèche du prix de revient (équipement de plus en plus spécifique et très onéreux).

C F A O DENTAIRE

C'est dans ce contexte qu'est né le procédé du docteur F. DURET des conditions de fabrication des prothèses dentaires assistées par ordinateur (CFAO).

Le lecteur optique tridimensionnel associé à la mémorisation d'un volume prothétique idéal pour chaque sujet définit à un degré de précision jamais atteint la forme et le volume de la perte de substance à restaurer, cette forme et ce volume ne seront donc plus reproduits par moulage ou procédé de cire perdue, mais par une image de haute précision dans une préforme de biomatériau dont les caractéristiques générales seront le plus proche possible de la perte de substance évaluée dans sa fonction. C'est la réalisation de cette préforme qui est l'objet de la présente recherche.

LES DEMARCHES DE RECHERCHE

Nous avons défini 4 objectifs qui doivent eux-mêmes définir notre biomatériau :

- définir les caractéristiques générales de la dent par une étude bibliographique fouillée parmi les documents les plus récents (un cahier des charges a été rédigé),

- évaluation fonctionnelle des contraintes qui peuvent s'exercer sur la perte de substance concernée. Quatre cas de figures typiques ont été sélectionnés lors de la mastication ou du stress psychique : occlusion inverse, bout à bout, retour en centrée, inter cuspidation maximale.

Les états intermédiaires correspondant aux classements qui s'établissent entre ces différentes positions ont été également pris en compte.

- créer le site receveur en diminuant au maximum les pertes de substance engendrées par la seule nécessité d'insérer un corps hétérogène dans l'organe lésé, ceci implique une étude conjointe et approfondie des formes de préparation, des performances mécaniques des biomatériaux et de leurs moyens de fixation,

- modes de fixation : nous avons choisi d'utiliser le coulage par colle biocompatible avec adhérence cohésive (rupture à l'intérieur du joint), pour quelle raison ? : Le lecteur optique et l'usinage par commande numérique est la seule méthode qui nous autorise à l'heure actuelle la réalisation d'un interface dento-prothétique d'épaisseur constante et connue. Le joint de colle aura donc les caractéristiques connues, telles qu'elles auront été définies et vérifiées au cours des essais de laboratoire.

#### Définition du biomatériau :

Il aura comme caractéristiques de départ obligatoires de se rapprocher au maximum des caractéristiques de la dent, et ce dans chacune des propriétés suivantes :

- propriétés mécaniques : dureté, usure, coefficient de frottement, résistance à la contraction, résistance à l'attraction, résistance à la flexion, aux cisaillements,

- propriétés physiques : dilatation linéique, densité, absorption d'eau en pourcentage, isolant électrique, diffusivité thermique,

- propriétés optiques : anisotropie spécifique selon la topographie, transparence,

- propriétés esthétiques : couleur, maquillage et mimétisme optique.

#### Biocompatibilité :

- fixation par coulage

Le biomatériau CFAO devra en plus adapter ses valeurs aux exigences fonctionnelles définies au paragraphe 2 des objectifs, ceci implique la création d'une architecture interne fibreuse ( $\emptyset$  7 microns m.) à orientation multiple et adaptée aux différents cas de figure définis précédemment.

Cette architecture interne sera garante de la résistance mécanique dynamique d'autres biomatériaux. Entre les éléments de cette architecture fibreuse dont le pourcentage variera en fonction des contraintes de la matrice support sera totalement polymérisé et parfaitement adhérent au réseau de fibres contenues en raison des conditions optimales de mise en oeuvre industrielle, elle renfermera en outre les micro-charges minérales de 0,001 micro m.

Il a donc été défini dans la préforme des zones communes de contraintes. Chaque valeur étant prise en compte pour les contraintes individuelles maximales.

Exemple : l'angle cuspidien d'une molaire sera aussi résistant que la pointe de la canine.

Ces valeurs ne tiennent pas compte de l'effet optimisant du joint de colle qui fixera la prothèse à la dent, pas plus d'ailleurs que des propriétés mécaniques de la dent . L'orientation des fibres créera à l'intérieur de la préforme des propriétés optiques proches de celles de l'émail humain.

La nature chimique du biomatériau autorisera une liaison ionique avec le joint de colle. La technique de CFAO peut calculer automatiquement avec grande précision la forme, le volume de la pièce prothétique à partir d'une lecture optique tridimensionnelle. Si le logiciel de CFAO sait concevoir des formes, cela veut dire aussi qu'il sait définir avec une même précision les trajets d'outils pour l'usinage des dites formes, la réalisation de la prothèse sera obtenue par usinage de la préforme à l'aide d'une machine à commande numérique trois axes, elle-même pilotée par le logiciel de CFAO. Différents types d'usinage ont été envisagés et c'est finalement l'usinage conventionnel par fraisage qui a été retenu pour les raisons suivantes : rapidité, coût, méthode optimisée par des spécificités du matériau. D'autres éléments ont été apportés telle la vérification de la précision de l'outil par boucle fermée.

L'origine de l'usinage est défini par micro palpage pour déterminer le trajet de l'outil . Chaque biomatériau aura son propre cahier des charges d'usinage et une définition exacte de son état de surface, la mise au point d'un tel matériau nécessite bien évidemment tous les tests habituels de laboratoire sur éprouvettes ou échantillons. Ces tests seront réalisés selon les normes ISO, AFNOR et ADA.

Cette nouvelle formation du biomatériau dentaire a ses caractéristiques originales :

- matériau composite à architecture fibreuse microscopique multi directionnel : l'orientation et le taux des fibres, leurs caractéristiques mécaniques associées aux propriétés intrinsèques de la maîtrise répondront aux contraintes spécifiques de la mastication. Cette structure reproduit en outre la structure de l'émail et de la dentine,

- matériau aux propriétés optiques très voisines de celles de la dent : reflets spectaculaires, transparence et mimétisme optique, indice de réfraction variable selon les points d'incidence,

- matériau esthétique par sa couleur et ses propriétés optiques,

- matériau aux propriétés mécaniques élevées permettant d'éliminer de la bouche toutes les structures métalliques et du même coup les phénomènes de corrosion quasiment inévitables avec les méthodes actuelles,

- matériau évolutif : son composant et sa structure pouvant évoluer au fur et à mesure des différentes découvertes,

- matériau mis en oeuvre en milieu industriel spécialisé hautement performant, d'où une grande stabilité,

- matériau biocompatible en raison du choix de ses composants, de la qualité de l'interface dento-prothétique et de sa stabilité,

- le faible coût de la préforme conjugué au gain de temps de la CFAO entraînera à terme une chute du coût de prothèse et une forte diffusion des prothèses esthétiques qui remplaceront les éléments mécaniques inesthétiques et les couronnes céramo-métalliques trop coûteuses.



LABORATOIRE SPAD  
Spécialités pour l'Art Dentaire

B.P. 7 - 21801 QUETIGNY Cedex  
Tél. 80.46.02.13 - Télex : 350 831  
Société anonyme au capital de 525 000 F  
R.C. Dijon 015 950 827 B - CCP Dijon 1376-80 R

NOUVEAU NUMERO DE TELEPHONE  
80.63.62.09

Quetigny, le 26 mai 1988

FD → DB-

Docteur François DURET  
HENNISON  
Château de Malissol

38200 VIENNE

JG/CB - 88/1101

Docteur,

Suite à un contact récent que nous avons eu avec Madame PERROT, Attachée de Direction auprès de la SOCIETE ETIM DENTAIRE, **nous avons obtenu de cette société une citation gratuite où le matériel et le matériau de C.F.A.O. seraient présentés à l'intérieur d'une rubrique créée spécifiquement pour vous dans ce dictionnaire.**

Notre situation d'annonceur nous permettait, compte-tenu de l'importance de notre participation, de solliciter cet avantage.

Il ne pourra bien sûr, en aucun cas, s'agir d'une présentation complète du système mais **cette insertion permettrait aux chirurgiens-dentistes de trouver facilement les coordonnées de la Société HENNISON en regard du procédé de C.F.A.O.**

Nous vous serions reconnaissants de bien vouloir adresser, **soit directement à la Société ETIM :**

56 rue de Vouillé  
75015 PARIS

**soit au Laboratoire SPAD qui transmettra, une description sommaire du procédé de C.F.A.O. ainsi que les coordonnées de votre Société.**



GROUPE MONOT

CONDITIONS GÉNÉRALES DE VENTES  
Nos factures sont payables à QUETIGNY - Les échéances fixées sur nos factures sont de rigueur : tout retard dans les paiements entraîne de plein droit et sans mise en demeure, le paiement d'intérêts de retard au taux légal majoré de 1 %. En cas de retard de paiement, nous nous réservons la faculté de suspendre ou d'annuler les ordres en cours sans préjudice de tous autres recours.  
En ne sera procédé à l'expédition qu'après réception de votre règlement sous huitaine, à réception des dites factures.  
Il ne sera procédé à l'expédition qu'après un délai de 15 jours après réception des marchandises.  
Nos produits sont au moment de l'expédition strictement conformes aux normes annoncées ; les effets d'un stockage trop prolongé ou effectué dans de mauvaises conditions de température ou d'humidité par exemple, ne peuvent nous être imputables.  
Si le client renonce à sa commande ou si il ne vient pas la retirer dans le délai prévu, le contrat se trouvera résolu de plein droit et l'acompte nous restera acquis à titre d'indemnité. (Nous nous réservons la possibilité de disposer des produits).  
Participation au frais d'expédition et de facturation : 30 F par commande.

La mise en place définitive de cette revue devant s'effectuer au cours du mois de juin, il serait regrettable que nous échappions à cette référence.

Dans l'attente de vous lire à ce sujet, nous vous prions d'agréer, Docteur, l'expression de nos sentiments distingués.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'J. Granier', with a stylized flourish extending to the right.

**Jacques GRANIER**  
Chef du Service Marketing - France

LICENCE EXCLUSIVE DE DISTRIBUTION

LES SOUSSIGNES :

- La Société Civile d'Inventeurs S.P.M.L.  
société civile au capital de 8.000 F, dont le siège est  
29, avenue du Général Leclerc - 33110 LE BOUSCAT  
représentée par son gérant, Monsieur Didier MELEC,

ci-après désignée Le Concédant,

- Les Laboratoires SPAD,  
dont le siège est à 21800 QUETIGNY  
représentés par Monsieur Michel MEZI  
en sa qualité de Président Directeur Général,

ci-après désigné Le Licencié,

APRES AVOIR EXPOSE :

- que le concédant a conçu une architecture composite susceptible de recevoir des applications particulièrement adaptées aux industries dentaires et qu'il a déposé le brevet correspondant, la demande d'enregistrement ayant été faite à l'Institut National de la Propriété Industrielle, le 22 Novembre 85 sous le n° 8517423
- que le licencié s'intéresse à la distribution de l'ensemble des applications du brevet susvisé dans le secteur dentaire et que le concédant est désireux de céder ses droits de distribution,
- que, d'autre part, la S.A. COMPOSITES DEVELOPPEMENT, dont le siège est Place du 11 novembre - 33160 SAINT MEDARD EN JALLES, s'étant intéressée à la fabrication des produits mettant en oeuvre le brevet susvisé, le concédant a consenti ce jour à ladite société une licence exclusive d'exploitation dudit brevet, limitée à la fabrication, avec obligation de vendre au distributeur exclusif.

./...

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

①1 N° de publication :  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

**2 590 518**

②1 N° d'enregistrement national :

**85 17423**

⑤1 Int Cl<sup>4</sup> : B 29 C 67/14, 45/14; D 04 B 1/00 // B 29 K  
105:08.

⑫

## DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 22 novembre 1985.

③0 Priorité :

④3 Date de la mise à disposition du public de la  
demande : BOPI « Brevets » n° 22 du 29 mai 1987.

⑥0 Références à d'autres documents nationaux appa-  
rentés :

⑦1 Demandeur(s) : SOCIETE CIVILE D'INVENTEURS SPML  
— FR.

⑦2 Inventeur(s) : Claudine You, Geneviève Lefere, Claudine  
Peres et Didier Melec.

⑦3 Titulaire(s) :

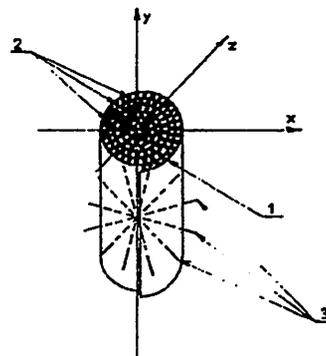
⑦4 Mandataire(s) : Jean-Louis Thébault.

⑤4 Nouveau produit composite à base d'armature de fils ou fibres notamment tissés ou tricotés enroulée sur elle-même.

⑤7 L'invention concerne un nouveau produit composite à base d'armature de fils ou fibres, notamment tissés ou tricotés, enroulée sur elle-même.

L'objet de l'invention est un nouveau produit composite caractérisé en ce qu'il est constitué d'une armature ou étoffe comprenant au moins une nappe 1 de fils ou fibres tissés, non-tissés ou tricotés, enroulée sur elle-même et moulée dans une matrice de liaison.

Application à l'obtention de pièces à hautes résistances mécaniques.



FR 2 590 518 - A1

D

**NOUVEAU PRODUIT COMPOSITE A BASE D'ARMATURE  
DE FILS OU FIBRES NOTAMMENT TISSES OU  
TRICOTES ENROULEE SUR ELLE-MEME**

La présente invention a trait à un nouveau produit composite constitué à partir d'une armature ou étoffe de fils ou fibres, notamment tissés ou tricotés, et enroulée sur elle-même.

5 Le but de l'invention est de proposer un nouveau produit composite présentant d'excellentes propriétés multidirectionnelles, notamment de résistance mécanique, alliées à une grande légèreté, et susceptibles d'un très grand nombre d'applications.

10 A cet effet, l'invention a pour objet un nouveau produit composite caractérisé en ce qu'il est constitué d'une armature ou étoffe comprenant au moins une nappe de fils ou fibres tissés, non-tissés ou tricotés, enroulée sur elle-même et moulée dans une matrice de liaison.

15 Les matériaux et dimensions des fils ou fibres, la confection de l'armature, ou étoffe, et la nature de la résine de la matrice de liaison, peuvent varier dans de très larges mesures, en fonction des applications envisagées, de la morphologie de la pièce à réaliser dans le matériau et des  
20 sollicitations ou contraintes particulières auxquelles cette pièce doit faire face.

Le produit se présente sous la forme d'un bloc plus ou moins rigide selon la nature de la matrice et peut être usiné par tous moyens appropriés pour obtenir une pièce  
25 monobloc.

Dans des applications nécessitant des performances mécaniques plus élevées, ladite armature, ou étoffe, est renforcée avant, pendant, ou après son enroulage sur elle-même, à l'aide de fibres ou fils de renfort dont le  
5 nombre, la nature, les caractéristiques physiques et la disposition sont déterminées en fonction de l'application envisagée et des diverses sollicitations et contraintes auxquelles devra faire face la pièce qui sera réalisée à partir de ce produit.

10 D'autres caractéristiques et avantages ressortiront de la description qui va suivre d'exemples de mise en oeuvre de l'invention, en référence, notamment, aux dessins annexés sur lesquels :

- 15 - Figure 1 illustre une technique spéciale de tricotage particulièrement apte à la réalisation de structures conformes à l'invention,
- Figure 2 représente schématiquement un ensemble multidirectionnel selon l'invention, et
- 20 - Figure 3 est une vue en coupe perpendiculaire à l'axe y de la structure de la figure 2.

Le produit selon l'invention comprend une ou plusieurs nappes 1 superposées de fils ou fibres, tissés, non-tissés ou tricotés. Le matériau de chaque fil ou fibre peut être quelconque. On peut utiliser, selon les  
25 applications, des fibres végétales à base de cellulose, comme le lin ou le jute, des fibres animales, comme la laine, le crin, des fibres minérales, comme l'amiante, l'alumine, des fibres synthétiques, par exemple polyesters, polyamides, acryliques, fluorocarbonées ou dérivées de la cellulose  
30 (acétate, rayonne, viscose, etc...). Il peut s'agir aussi de fibres dites à hautes performances telles que fibres de verre, de carbone, des fibres aramides. Chaque fil peut être homogène ou hétérogène, c'est-à-dire constitué de fibres de différentes natures.

35 Des fils de différentes caractéristiques (nature du matériau, structure, diamètre, etc...) peuvent être agencés dans une même nappe. Les nappes superposées peuvent être également de nature et caractéristiques différentes.

Les fibres, par exemple dans le cas de nappe

non-tissée, sont mono- ou multi-filament.

La ou les nappe(s) peuvent être des tissages, d'armure quelconque, identiques ou non, des nappes non-tissées, d'épaisseur variable ou des tricotages à mailles 5 quelconques, cueillies ou jetées.

La figure 1 illustre un mode d'obtention d'un tricot spécial particulièrement adapté à l'obtention d'un produit conforme à l'invention et remarquable par ses excellentes qualités de résistance mécanique.

10 Sur la figure 1, on a symbolisé en P et C, respectivement, les rangées d'aiguilles de deux fontures, de plateau et de cylindre, d'un métier à tricoter circulaire, huit chutes numérotées 1 à 8 étant illustrées sur cette figure.

15 La contexture de ce tricot est formée d'un ensemble de mailles jetées se composant d'un piqué, de deux revers cylindre et d'une trame plateau avec répétition toutes les huit chutes.

La contexture de ce tricot permet l'utilisation de 20 fibres de polyaramide, plus connues sous la dénomination commerciale "KEVLAR", par exemple des fibres de numéro métrique 1/56.

Bien entendu, le choix du matériau, de la structure et des dimensions des fils ou fibres, de la contexture de la 25 nappe 1 ou des nappes superposées, n'est pas arbitraire, il découle notamment de la nature, de la morphologie et des contraintes ou sollicitations auxquelles devront faire face la ou les pièces monoblocs réalisées dans ledit produit, ce choix étant laissé à l'appréciation de l'homme de l'art qui est 30 parfaitement en mesure, en fonction de ses connaissances et des diverses propriétés des fils ou fibres utilisables, de déterminer les divers paramètres de la structure selon l'invention.

Il en est de même de la résine utilisable comme 35 matrice de liaison. Comme résines on peut citer les résines thermodurcissables, notamment phénoplastes, aminoplastes, éthoxylines (époxydes), polyesters insaturées, polyuréthanes réticulées, alkydes, les résines thermoplastiques, notamment polyvinyliques, polyoléfines, cellulosiques, polyamides, les

polymères spéciaux tels que polyesters saturés, polyuréthanes linéaires, polycarbonates, ou les élastomères tels que le silicone, les caoutchoucs naturels et synthétiques et leurs dérivés.

5 Avant la mise en place de la résine, la ou les nappes 1 sont enroulées sur elles-mêmes, manuellement ou mécaniquement, en un nombre quelconque de couches plus ou moins serrées selon les applications.

10 La matrice est ensuite réalisée par différentes techniques telles que le trempage, ou l'injection sous pression dans un moule dans lequel est mise en place, au préalable, la nappe enroulée.

15 Les figures 2 et 3 illustrent une structure composite selon l'invention comprenant, outre la nappe 1 enroulée sur elle-même, des fils ou fibres de renfort 2 disposés parallèlement à l'axe y de l'enroulement entre les différentes couches de l'enroulement spiralé, et des fils ou fibres de renfort 3 disposés radialement dans l'enroulement.

20 L'ensemble 1, 2, 3 est noyé dans une matrice de liaison, non représentée sur les figures 2 et 3. La résine utilisée est évidemment choisie de manière à être compatible avec la nature des fils et fibres de la nappe 1 et de renfort 2,3. La résine peut être, éventuellement, renforcée par une charge pulvérulente ou micronisée, comme cela se fait  
25 couramment dans la technique des matériaux composites.

Les fibres 2,3 peuvent être en l'un quelconque des matériaux utilisés pour la nappe 1, en fonction des applications.

30 Dans le mode de réalisation des figures 2 et 3, on obtient, après mise en place de la matrice de liaison, un bloc rigide ou semi-rigide selon la nature de la résine et qui présente d'excellentes caractéristiques de résistance mécanique, en particulier en flexion, flambage, compression, traction, cisaillement et à l'usure, dans les trois directions  
35 x,y et z du fait de la conjugaison, modulée à volonté, de la nappe 1 enroulée, des fibres de renfort 2 parallèles à l'axe y et des fibres de renfort 3 radiales.

Les fils 2 sont, par exemple, des fibres polyaramides, jointives ou non, en une ou plusieurs couches

entre chaque tour de l'enroulement.

Les fils 3 (également des fibres polyaramides, par exemple) partent de l'axe y et rayonnent vers l'extérieur en étant régulièrement distribuées ou non, sur toute l'épaisseur 5 ou non de l'enroulement, en fonction d'éventuels renforcements locaux dans l'ensemble enroulé.

Les fils 3 peuvent traverser ledit ensemble diamétralement, ou suivant une corde, ou suivant tout autre trajet.

10 Le nombre, la nature, la disposition et l'orientation des fils ou fibres 2 et 3 dépendent de la nécessité de renforcer plus ou moins les propriétés de résistance mécanique suivant l'un des axes x,y,z, ou certains de ceux-ci, toujours en fonction de la nature, de la morphologie et de la 15 destination de la ou des pièces qui seront usinées dans le bloc matriciel ainsi obtenu.

Les parois du moule dans lequel est placé l'enroulement pour la mise en place de la matrice injectée peuvent être conformées en fonction de la pièce définitive à 20 obtenir.

Avec un produit composite tel que celui des figures 2 et 3, on obtiendra une pièce qui conservera, même si sa morphologie est complexe et si elle comporte une cavité par exemple, en tout point de sa masse, d'excellentes qualités de 25 résistance mécanique dans les trois directions x,y,z, la cavité, en particulier, n'introduisant aucune zone de faiblesse dans la pièce, du fait de la distribution spatiale des fils et fibres 2 et 3 et de ceux de la nappe 1.

L'usinage peut se faire par toute technique 30 appropriée.

La mise en place des fils ou fibres 2, 3 se fait à la main ou à la machine.

Les fils ou fibres 2 peuvent être mis en place avant ou pendant le roulage sur elle-même de la nappe 1.

35 Les fils ou fibres 3 sont de préférence mis en place après le roulage. Ces fils 3 peuvent être des fils de couture distribués suivant des lignes quelconques, rectilignes ou non, traversant tout ou partie de la masse enroulée, répartis de manière plus ou moins dense, localement seulement ou sur toute

la périphérie de l'enroulement.

Dans le cas de nappe(s) 1 tricotée(s), les fils ou fibres de renfort 3 peuvent même être constitués par des mailles d'une nappe étirée radialement par crochetage ou 5 aiguilletage.

D'une manière générale, quelle que soit la nappe 1 (tissée, non-tissée, tricotée), les fils ou fibres de renfort tels que 2 et 3 peuvent être de nature quelconque, à l'état individuel, amalgamé, agglutiné ou filé et être orientés de 10 manière quelconque par rapport à la nappe, en fonction des applications.

Dans le cas d'une nappe 1 tissée, ces fils ou fibres sont disposés dans le sens de la trame, ou de la chaîne, ou suivant toute autre direction.

15 Le diamètre des fils et fibres est également variable.

Le taux ou proportion des fils ou fibres par rapport à la ou les nappes de base, dépend des efforts demandés au produit dans son application spécifique.

20 Dans le cas d'une nappe munie de coutures de renfort, l'ensemble peut éventuellement être utilisé "à sec", c'est-à-dire sans ladite résine de liaison.

Enfin, l'invention n'est évidemment pas limitée aux modes de réalisations représentés et décrits ci-dessus mais en 25 couvre au contraire toutes les variantes.



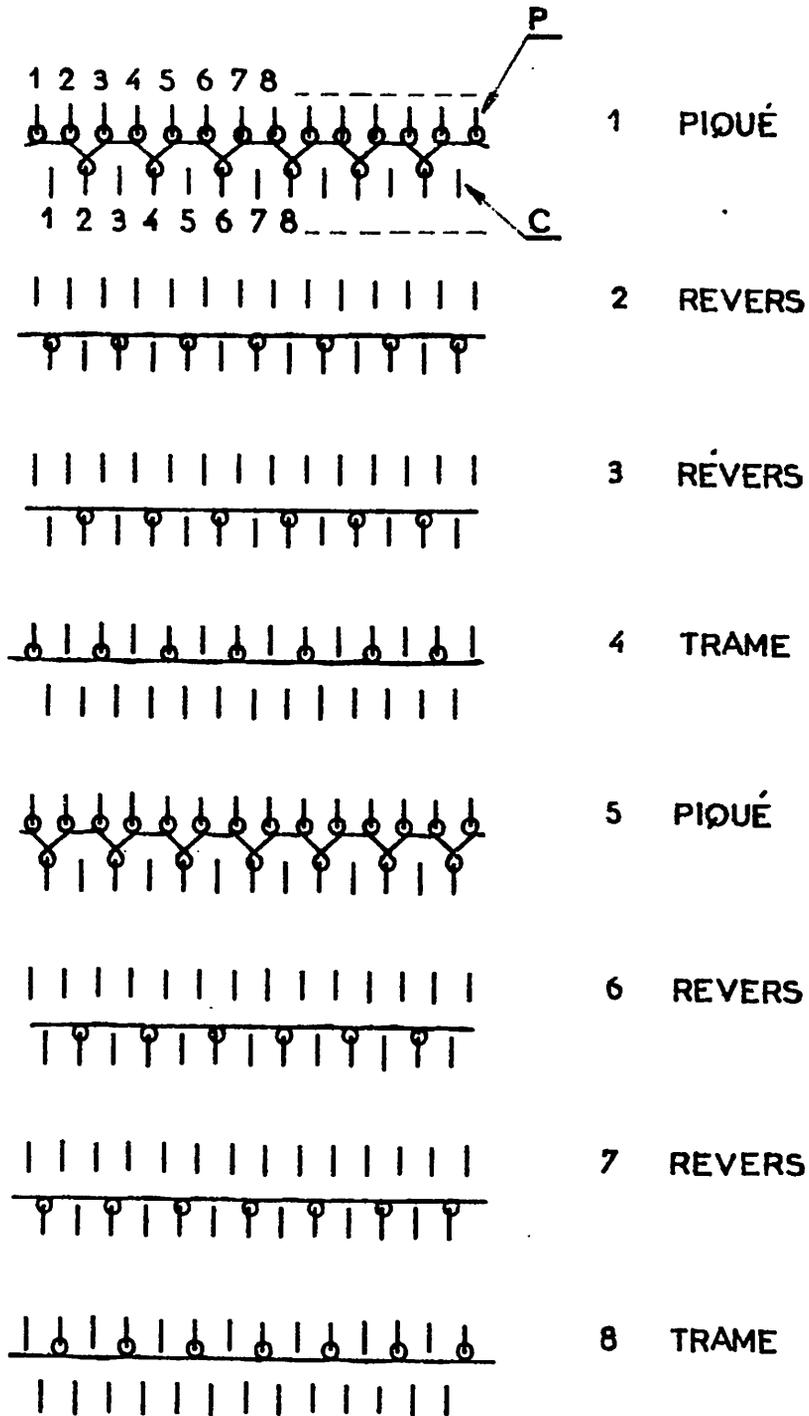


FIG.1.

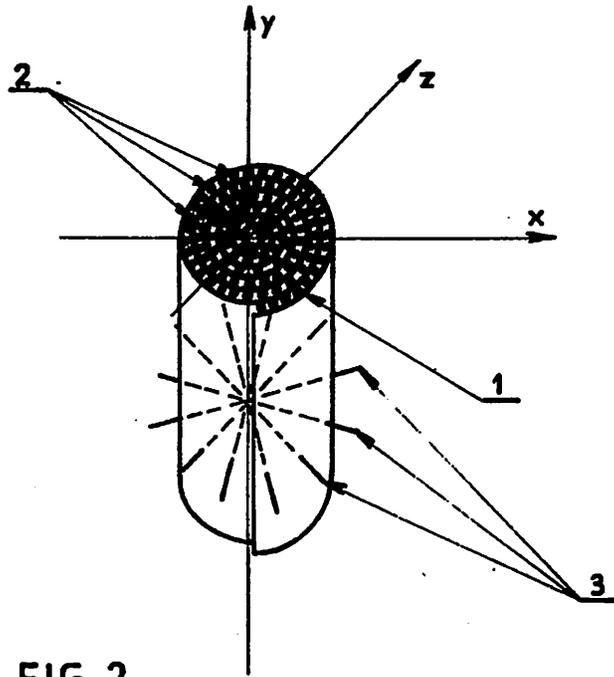


FIG. 2.

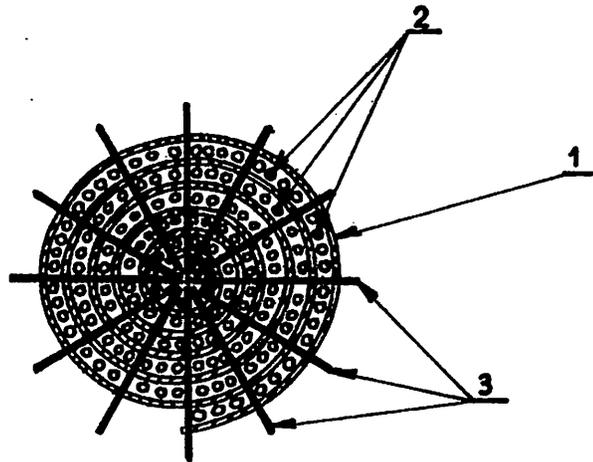


FIG. 3.