

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international



(10) Numéro de publication internationale
WO 2018/154252 A1

(43) Date de la publication internationale
30 août 2018 (30.08.2018)

(51) Classification internationale des brevets :

<i>A61C 13/00</i> (2006.01)	<i>B22F 1/00</i> (2006.01)
<i>C04B 35/653</i> (2006.01)	<i>B22F 3/00</i> (2006.01)
<i>A61C 8/00</i> (2006.01)	<i>A61C 13/225</i> (2006.01)
<i>B29C 64/112</i> (2017.01)	<i>A61C 1/08</i> (2006.01)
<i>B29C 64/165</i> (2017.01)	<i>A61C 13/267</i> (2006.01)
<i>B29C 64/40</i> (2017.01)	<i>C04B 35/622</i> (2006.01)

(71) **Déposant : MOJITO** [FR/FR] ; Chemin de Peyranne, La Condamine, 83570 COTIGNAC (FR).

(72) **Inventeur : FOREST, Alexandre** ; 139 rue de la Tour, 30127 BELLEGARDE (FR).

(74) **Mandataire : SANTARELLI** ; 49 avenue des Champs-Elysées, 75008 PARIS (FR).

(21) Numéro de la demande internationale :

PCT/FR2018/050437

(22) Date de dépôt international :

23 février 2018 (23.02.2018)

(25) Langue de dépôt :

français

(26) Langue de publication :

français

(30) Données relatives à la priorité :

1751495 24 février 2017 (24.02.2017) FR

(81) **États désignés** (*sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible*) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC,

(54) **Title:** PROCESS FOR MANUFACTURING A DENTAL ARTICLE USING 3D PRINTING

(54) **Titre :** PROCÉDÉ DE FABRICATION D'UN ÉLÉMENT DENTAIRE PAR IMPRESSION TRIDIMENSIONNELLE

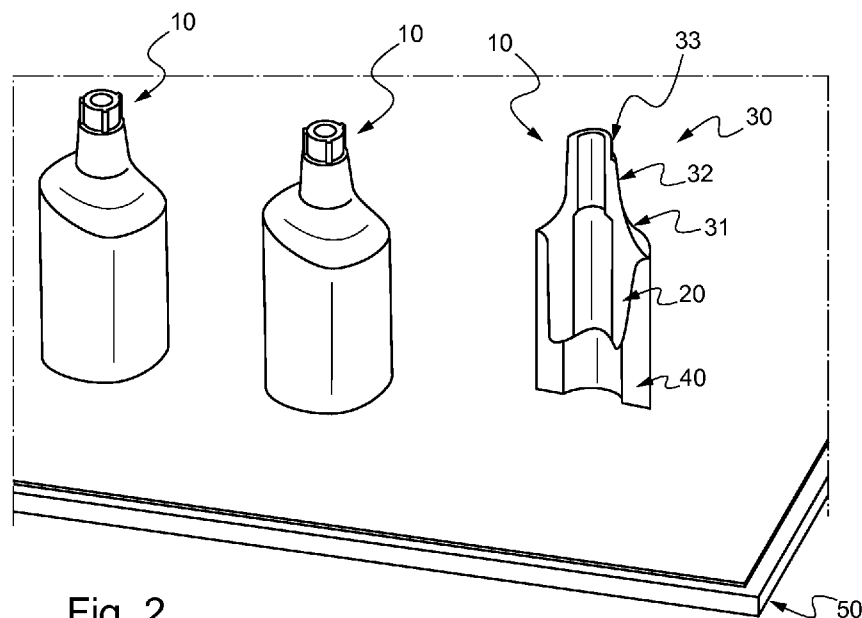


Fig. 2

(57) **Abstract:** The application relates to a process for manufacturing a dental article, said process involving a step of 3D printing at least one portion of the dental article by consecutively depositing layers using NanoParticle Jetting, and a step of sintering at least the portion of the dental article obtained by the NanoParticle Jetting operation.

(57) **Abstrégé :** La présente demande concerne un procédé de fabrication d'un élément dentaire comportant une étape d'impression tridimensionnelle d'au moins une partie de l'élément dentaire par un dépôt successif de couches par jets de nanoparticules (« NanoParticle Jetting ») et une étape de frittage d'au moins la partie de l'élément dentaire imprimée par jets de nanoparticules.

[Suite sur la page suivante]



WO 2018/154252 A1

SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR,
TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) **États désignés** (*sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible*) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasién (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée:

— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

Procédé de fabrication d'un élément dentaire
par impression tridimensionnelle

5 La présente demande concerne la fabrication d'un élément dentaire, par exemple un élément prothétique dentaire, un élément implanto-porté ou une prothèse dento-portée, ou amovible, ou encore des guides chirurgicaux, par un procédé d'impression tridimensionnelle, en particulier par un procédé d'impression appelé « NanoParticle Jetting » (« NPJ » - on parle aussi, parfois, de technique d'impression par jet de nanoparticules, voire d'impression par jets d'encre métallique).

10 Un « élément dentaire » désigne ici principalement, mais non exclusivement, une prothèse dentaire du type dento-portées (comme par exemple une chape, une couronne céramo-métallique, un bridge céramo-métallique, ou encore un inlay-core) ou par exemple un élément prothétique du type implanto-porté (comme par exemple un pilier unitaire (pour couronne scellée par exemple), une infrastructure unitaire (pour couronne céramique cuite par exemple), un bridge implanto-porté transvissé, une barre implantaire pour prothèse adjointe (que ce soit transvissées sur pilier conique ou encore en direct-implant, mais encore du type Ackermann, Dolder, Hader, RE bourke 20 barres pour attachement type Locator, barre avec pilier boule, ou autre), ou encore une prothèse sur pilotis (par exemple de type Montréal, Wrap-around, Lock'n'release ou autres)). Un « élément dentaire » désigne un élément prothétique dentaire ou aussi possiblement ici un châssis de stellite ou encore 25 un guide chirurgical.

 Un élément dentaire, en particulier une prothèse dento-portée, est traditionnellement fabriqué par un prothésiste.

 Un procédé très couramment utilisé est la technique de cire coulée.

30 Or, depuis peu de temps, l'impression tridimensionnelle par fusion laser supplante progressivement la technique de la cire coulée.

 Cependant, il s'avère que l'impression tridimensionnelle par fusion laser a quelques lacunes, dans certains cas, comme par exemple :

- Il est souvent nécessaire de générer des supports destinés à supporter des zones en contre-dépouille de l'élément à fabriquer et/ou à rattacher l'élément dentaire à un plateau d'impression tridimensionnelle sur lequel l'élément dentaire est généré. Ces supports représentent de la matière
5 perdue, et par conséquent ont un coût. De plus, ces supports requièrent un temps de tir du faisceau laser, accroissant ainsi le temps nécessaire à la fabrication de l'élément dentaire. En outre ces supports doivent ensuite être retirés, souvent manuellement et individuellement, de l'élément dentaire. Après
10 quoi, des points d'attaches de ces supports laissant des traces conséquentes en surface de l'élément dentaire doivent être polis, par exemple à la turbine ou à la meuleuse, séparément. Une telle phase est donc chronophage et couteuse.

- Lorsqu'un élément dentaire est fabriqué par impression tridimensionnelle par fusion laser classique, il présente occasionnellement une
15 surface relativement rugueuse qui requiert une étape de finition, laquelle comporte une étape de polissage, dans laquelle au moins une partie de la surface de l'élément dentaire est polie.

- Certains éléments dentaires peuvent nécessiter une précision de fabrication qui dépasse les capacités de précision d'un procédé d'impression
20 tridimensionnelle par fusion laser classique.

Selon d'autres exemples, un élément dentaire, en particulier implanto-porté, est traditionnellement fabriqué par exemple selon l'un des procédés suivants :

- Selon un procédé de sur-coulés avec des gaines calcinables pour
25 des parties représentant des connectiques. Les caractéristiques dimensionnelles et ajustements mécaniques peuvent alors être très mauvais.

- Selon un procédé de sur-coulées mais avec des connectiques rapportées et collées. Cependant, un tel ajout de colle peut engendrer des risques d'anfractuosité génératrice de prolifération bactérienne.

30 - Par usinage uniquement, ce qui engendre un coût de revient important.

- Selon un procédé d'impression tridimensionnelle d'un corps et reprise par usinage de zones fonctionnelles aux caractéristiques dimensionnelles précises, ce qui peut induire un certain coût.

Enfin, l'utilisation d'un guide chirurgical en implantologie dentaire a
5 connu un vaste développement avec l'arrivée du « cone-beam », par les guides
qui en dérivent. Cette technologie permet de positionner des implants de
manière optimale, tant pour la prothèse que pour le support osseux. L'essentiel
de ces guides est actuellement réalisé par impression 3D en résine et non pas
en métal, par commodité. En effet les machines pour de l'impression en résine
10 sont plus faciles d'utilisation et moins chères. Cependant, cette technologie
présente aussi des limites en terme de précision et surtout, en lien avec les
faibles résistances mécaniques d'une résine, ce qui oblige à dimensionner le
guide d'une manière conséquente, ce qui se fait au détriment de l'accessibilité,
par exemple pour l'irrigation lors du forage du support osseux, et du visuel du
15 site implantaire pour, par exemple, s'assurer du bon déroulement de
l'intervention. De plus, il n'est alors pas possible de stériliser à chaud la plupart
de ces guides car les résines utilisées présentent souvent un point de fusion
inférieur aux températures de stérilisation voulues. Il est toutefois possible de
réaliser ces guides en impression 3D de métal mais une limite à cette
20 technologie est par exemple de générer des supports en métal très fastidieux et
délicats à retirer. La précision d'un guide en métal est aussi tributaire de l'état
de surface qui dépend de la présence ou non de ces supports, et de la marque
de la machine d'impression tridimensionnelle utilisée.

Au moins un des objectifs de la présente demande est ainsi
25 d'améliorer au moins en partie les inconvénients précités, menant en outre à
d'autres avantages.

A cet effet, est proposé selon un premier aspect, un procédé de
fabrication d'un élément dentaire comportant :

- une étape d'impression tridimensionnelle d'au moins une partie de
30 l'élément dentaire par un dépôt successif de couches par jets de
nanoparticules, pour chaque couche l'étape d'impression tridimensionnelle
comportant une sous-étape de formation de la couche de la partie de l'élément

dentaire par projection de gouttelettes d'au moins un matériau effectif dans une enceinte de confinement d'un dispositif d'impression et une sous-étape de chauffage de ladite couche dans laquelle des nanoparticules du matériau effectif s'agglomèrent et un liant formant un milieu suspensif pour les nanoparticules du matériau effectif est sublimé, dans l'enceinte de confinement, et

5 - une étape de frittage d'au moins la partie de l'élément dentaire imprimée par jets de nanoparticules dans une enceinte, l'étape de frittage étant configurée pour consolider les liens entre les nanoparticules du matériau effectif agglomérées.

10 Cette étape peut se faire selon divers paliers de températures correspondant à des étapes de sublimation des différents composés de la pièce imprimée. Par exemple, un palier pour sublimer tous les composants organiques puis une élévation progressive de la température avant de finir à la température de frittage du matériau imprimé.

15 Cette étape peut se réaliser dans une enceinte sous vide ou inversement sous pression, ou encore sous atmosphère inerte, comme de l'argon par exemple, afin de faciliter la diffusion des atomes.

20 En effet, il s'est avéré qu'un procédé d'impression « NPJ » est particulièrement avantageux pour réaliser des éléments dentaires.

Lorsque le liant se sublime, les nanoparticules se lient ; dans la suite, les notions de liant et de milieu suspensif sont équivalentes puisque le liant a, à la fois, un rôle de maintien des nanoparticules mais aussi de milieu dans lequel ces nanoparticules sont réparties.

25 Ainsi que cela est mentionné ci-dessus, un procédé d'impression « NPJ », pour « NanoParticule Jetting », est un procédé d'impression tridimensionnelle par jets de nanoparticules, de métal, voire de céramique.

30 Un tel procédé consiste ainsi principalement à déposer successivement des couches de matériau par projection de fines gouttelettes d'au moins un matériau dit « effectif », par exemple par une ou plusieurs têtes d'impression piézo-électriques (à l'instar d'un procédé d'impression « poly-jet » classique).

Par exemple, une couche a une épaisseur caractéristique de l'ordre de 2 μm (micromètres), c'est-à-dire entre 1 et 3 micromètres voire entre 1.5 et 2.5 micromètres, voire même entre 1.9 et 2.1 micromètres.

Par exemple, le matériau effectif comporte des nanoparticules et un
5 liant dans lequel les nanoparticules sont en suspension.

Le liant peut par exemple comporter au moins certains des éléments et/ou composés suivants :

- Composé de transport, transportant, en suspension, les nano particules du matériau à imprimer. Des exemples de composés sont : Solsperce 6100 ou
10 6300, par exemple de la marque Lubrizol ; ou encore Dysperbyk 163 de la marque BYK Chemie GMBH.
- Composé dissolvant permettant de d'adjoindre des particules du matériau à imprimer dans la matrice du liant. Ce composé permettant une meilleure diffusion des atomes dudit matériau lors du frittage au four.
- 15 • Composé dispersant évitant aux molécules du matériau final de s'agglomérer entre elles ou sur les parois des réservoirs ou canaux.

Les nanoparticules présentent par exemple un diamètre compris entre environ 10 nm (nanomètres) et environ 40 nm.

Selon un exemple privilégié, les nanoparticules du matériau effectif
20 comportent un matériau biocompatible.

Par exemple, le matériau biocompatible comporte du métal biocompatible, par exemple du titane et/ou du chrome et/ou un alliage chrome-cobalt, ou un matériau céramique biocompatible.

Par exemple, les nanoparticules peuvent comporter au moins l'un
25 des matériaux suivants :

- Des céramiques feldspathiques
- Des vitrocéramiques :
 - Céramique renforcée aux cristaux de leucite : Empress
 - Céramique renforcée aux cristaux de disilicate de lithium : IPS
30 eMAX
- Des céramiques poly-cristallines : alumine
- Des céramiques infiltrées :

- Verre infiltré dans des cristaux d'alumine pure : InCeram Alumina
- Verre infiltré dans des cristaux d'alumine et de magnésium : InCeram Spinell
- Verre infiltré dans des cristaux d'alumine et de zircone : InCeram Zirconia

5

Par exemple, le matériau effectif comporte une suspension colloïdale.

Selon un exemple particulier, la suspension colloïdale comporte des nanoparticules métalliques stochastiques, c'est à dire qui sont réparties d'une manière aléatoire, c'est-à-dire non alignées ou rangées d'une manière ordonnée.

10

Les couches sont déposées sur un plateau de fabrication d'un dispositif d'impression, dans une enceinte de confinement du dispositif, selon un principe analogue à celui d'un procédé d'impression poly-jet.

15

Les couches déposées sont dites « ultra-minces », c'est-à-dire qu'elles ont une épaisseur de l'ordre de 2 μm (micromètres).

Lorsqu'une section correspondant à une couche atteint une température de l'enceinte de confinement d'au moins 250°C, voire 280°C, voire davantage, le liant, par exemple de la solution colloïdale du matériau effectif, est sublimé et, alors, les nanoparticules s'agglomèrent, selon un phénomène de coalescence, pour former une partie solide formant la partie de l'élément dentaire.

20

Ainsi, typiquement, c'est quand la solution colloïdale est projetée dans l'enceinte chauffée que le liant se sublime une fois déposé.

25

L'empilement de ces couches forme, au final, un volume correspondant à la partie de l'élément dentaire souhaité.

30

Dans un exemple de mise en œuvre, l'étape d'impression tridimensionnelle comporte au moins une sous-étape de réalisation d'un support par projection d'un matériau de support configuré pour combler, pendant au moins une partie du procédé, au moins une zone en contredépouille de la partie de l'élément dentaire en cours de réalisation.

Autrement dit, si cela semble utile, lors de la même phase, un matériau dit « de support » est déposé. Le rôle du matériau de support est de maintenir le matériau projeté initialement sur des zones qui sont susceptibles d'être en contredépouilles et/ou en porte-à-faux, et ceci jusqu'à solidification de
5 celles-ci.

Ainsi, pour une même couche, le matériau effectif est déposé quand il s'agit d'une section de la pièce à réaliser, tandis que le matériau de support est déposé s'il faut combler un vide et/ou soutenir une partie ultérieure en porte-à-faux.

10 Le matériau de support est par exemple de la cire.

Par exemple, le matériau de support est projeté par une buse différente d'une même tête que la buse par laquelle le matériau effectif est projeté.

Par exemple, le matériau de support a une température de fusion
15 égale ou supérieure à une température d'agglomération des nanoparticules du matériau effectif.

On peut penser que la cire n'a qu'un intérêt temporaire, fugace, à savoir pendant la phase de dépose de la suspension colloïdale par exemple. Après la sublimation du fluide de transport, c'est-à-dire du liant, les
20 nanoparticules sont censées se maintenir grâce à leurs frottements interarticulaires.

Lorsque l'impression de la partie de l'élément dentaire est terminée, ladite partie de l'élément dentaire est frittée, dans une enceinte, possiblement différente de l'enceinte de confinement du dispositif d'impression, par exemple
25 un four ou une étuve, afin de consolider les liens entre les nanoparticules agglomérées. La cohésion de la pièce est alors assurée.

Lors de cette phase, d'éventuels supports sont fondus, donnant alors à la pièce sa forme finale.

Autrement dit, le procédé comporte par exemple une étape de fusion
30 du support.

Un résultat métallurgique est pratiquement identique à du métal issu de fabrication traditionnelle, par exemple par fonderie.

Dans un exemple de mise en œuvre, le procédé comporte ensuite
possiblement une étape de surfusion d'une partie de l'élément dentaire sur la
partie de l'élément dentaire obtenue en sortie de l'étape de frittage, c'est-à-dire
qu'on forme une première partie de l'élément par jets de nanoparticules, puis
5 une seconde partie sur cette première partie.

Au préalable, la pièce à réaliser, l'élément dentaire, est modélisée
numériquement puis le modèle numérique correspondant est sectionné en
tranches dont chaque tranche correspond à une couche qui sera déposée par
le dispositif d'impression, au moins pour la partie de la pièce qui est à réaliser
10 par impression tridimensionnelle. Le modèle numérique est par exemple fourni
sous la forme d'un fichier STL ou autre. Chaque tranche représente donc par
exemple une épaisseur de l'ordre de 2 μm .

Un tel procédé d'impression NPJ présente par exemple les
avantages suivants par rapport à une technologie de fabrication additive
classique, c'est-à-dire par exemple un procédé d'impression tridimensionnelle
15 par fusion laser :

- Le niveau de résolution des pièces est plus précis du fait des fines
épaisseurs employées, ce qui permet de meilleures précisions dimensionnelles
et géométriques, approchant celles obtenues par de l'usinage. Par exemple, il
20 est ainsi possible d'obtenir un très bon rendu de précision d'une ligne marginale
de l'élément dentaire.

- Le niveau de contraintes résiduelles est négligeable de par le fait
que le matériau constitutif d'au moins la partie de l'élément dentaire réalisée via
ce procédé n'est pas intégralement chauffé jusqu'à son point de fusion ; il n'y
25 pas de déformations ou de contraintes liées à des amas de matériau ou à des
traitements thermiques de détentionnement contraignants pour la matière, par
exemple réalisés juste avant de détacher les pièces du plateau sur lequel elles
sont construites ; cela évite que celles-ci ne s'expriment et donc se déforment
lors de cette opération ou lors de la phase de découpage.

- L'état de surface obtenu est meilleur, ainsi que la précision,
30 comparativement aux technologies par fusion laser ou par faisceau d'électron,
par exemple proche d'un usinage par enlèvement de copeau, c'est-à-dire que la

rugosité moyenne Ra obtenue pour la surface est par exemple comprise entre environ 0,2 μm et environ 1 μm .

- Le taux de porosité du matériau constituant la pièce finie est bien plus constant car l'imbrication de nanoparticules ne laisse pas de lacunes ou de porosité macroscopique. A titre purement illustratif, en fabrication additive traditionnelle, le taux communément admis est typiquement inférieur à 1 %
5 alors qu'il peut être inférieur à 0,1 % avec un procédé NPJ.

- Il est possible de se dispenser d'utiliser un lit de poudre, qui implique un emploi de poudre conséquent dans l'enceinte de fabrication, et un
10 surcout lié au stockage de celle-ci.

- La NPJ n'utilise que le volume de matière correspondant à celui des pièces à imprimer.

- Les matériaux utilisés sont plus faciles à manipuler car ils se présentent sous forme de cartouches, de manière similaire aux cartouches
15 d'encre dans les procédés de jet d'encre, et présentent ainsi bien moins de danger que lorsqu'il s'agit de manipuler des poudres métalliques libres. Non seulement il est ainsi possible de s'affranchir du caractère dangereux de l'utilisation de produits pulvérulents pour la santé, mais aussi pour l'environnement.

- L'enceinte du dispositif utilisé n'est pas nécessairement sous
20 atmosphère inerte d'azote ou d'argon, car le procédé utilise le matériau à l'état liquide ce qui permet de réduire des risques inhérents à l'utilisation de poudre.

- Les supports destinés à soutenir les zones en contredépouille des pièces réalisées sont faciles à retirer et ne présentent pas, de ce fait, de
25 contrainte générant des restrictions géométriques.

- Le temps d'impression est plus rapide (par exemple jusqu'à 5 fois plus productif) que le temps nécessaire pour réaliser le même élément au moyen d'un procédé d'impression par fusion laser ou par faisceau d'électron (grossièrement estimé entre 2 et 8 mm^3/s en fonction du type de matière). Il est
30 aussi possible de réaliser plusieurs éléments en une même fournée, c'est-à-dire simultanément. La productivité en est ainsi améliorée. Il est ainsi possible d'être plus réactif à toute demande.

- Il n'y a pas de perte de matériau effectif liée à la réalisation de support, ce qui permet de réduire les coûts de production.

En effet, par exemple, il est possible de se dispenser d'une étape de polissage de points d'attache de supports qui est souvent chronophage et coûteuse et susceptible d'altérer la pièce imprimée car dans un procédé NPJ les supports sont réalisés avec un matériau d'origine différente du matériau effectif utilisé pour la partie d'élément dentaire réalisée et il n'y a pas de jonction physique préalable, et de là, pas de marques résiduelles qu'il faudrait polir. Ainsi, un tel procédé permet de retirer ces supports d'une manière aisée et autonome, par sublimation du matériau les constituant, par exemple lors de la phase de frittage de la partie de l'élément dentaire réalisée.

Ainsi, dans certains cas, les éléments dentaires peuvent sortir directement prêts à l'emploi d'un tel procédé, ou alors avec seulement un minimum d'étapes de post-traitement, par exemple pour obtenir un aspect poli-miroir sur certaines surfaces de l'élément dentaire.

En d'autres termes, un intérêt majeur d'un tel procédé est que le niveau de finition et de précision en sortie permet de s'affranchir d'une étape de reprise en usinage, actuellement couramment utilisée, pour les parties destinées à être assemblées avec d'autres pièces (implants, « multi-units »).

Néanmoins, il peut s'avérer quand même pertinent et/ou nécessaire de pratiquer un usinage dans des cas où la précision requise est importante et dépasse la résolution du procédé de NPJ.

Un autre des intérêts majeurs de ce procédé réside ainsi dans le fait qu'il est possible de pallier aux problèmes de supports, tout en permettant d'utiliser du métal ou de la céramique qui présentent des propriétés mécaniques plus intéressantes.

Dans le cas de guides obtenus par ce procédé, ceux-ci présentent alors les avantages suivants par exemple :

- ils peuvent être stérilisés dans un autoclave,
- ils peuvent être minces et évidés afin de pouvoir accéder visuellement et physiquement aux sites implantaires, et de pouvoir irriguer ceux-ci sans qu'ils soient masqués par un amas géométrique,

- ils présentent une bonne précision géométrique par rapport à l'impression tridimensionnelle de métal traditionnelle, malgré un rapport de la section par rapport à la longueur un peu moins favorable,

- ils présentent une bonne rugosité, ce qui permet de gagner du temps sur le post-traitement de finition, voire de s'en affranchir.

Pour mettre en œuvre un tel procédé, un dispositif d'impression NPJ comporte principalement une enceinte de confinement et un plateau de fabrication, positionné dans l'enceinte de confinement et de laquelle il est possible de l'extraire si nécessaire.

Un tel dispositif comporte aussi un bras, lequel peut comporter une ou plusieurs têtes d'impression, la ou les têtes débouchant dans l'enceinte de confinement, par exemple au moins dix, voire vingt têtes, par exemple vingt-quatre (24) têtes (nombre mentionné par certains fabricants dans le domaine de la NPJ), voire davantage.

Parallèlement, chaque tête peut possiblement comprendre une ou plusieurs buses, par exemple au moins dix, voire cinquante, voire cent, voire plusieurs centaines de buses, par exemple cinq cent douze (512) buses. Un tel dispositif permet alors par exemple de projeter plusieurs milliers de gouttelettes par seconde, par exemple environ 18 000 gouttelettes par seconde selon les valeurs précitées à titre illustratif.

Est également proposée, selon un autre aspect, une utilisation d'un procédé d'impression tridimensionnelle par jets de nanoparticules pour fabriquer au moins une partie d'un élément dentaire.

Il s'agit par exemple d'utiliser un procédé d'impression tridimensionnelle de « NanoParticle Jetting » comportant au moins une partie des caractéristiques décrites précédemment, pour fabriquer au moins une partie d'un élément dentaire.

L'utilisation d'un tel procédé présente ainsi des avantages analogues à ceux décrits ci-dessus.

L'invention, selon un exemple de réalisation, sera bien comprise et ses avantages apparaîtront mieux à la lecture de la description détaillée qui

suit, donnée à titre indicatif et nullement limitatif, en référence aux dessins annexés dans lesquels :

La figure 1 montre des piliers implantaires avec leur support sous forme de baguettes en réseau, selon un mode de réalisation par impression
5 tridimensionnelle de l'art antérieur,

La figure 2 montre des piliers implantaires, analogues à ceux de la figure 1, avec leur support, tels qu'obtenus par un procédé selon un mode de réalisation de la présente invention,

La figure 3 montre les piliers implantaires de la figure 2 dépourvus de leur support, tels qu'obtenus par le procédé selon un mode de réalisation de la
10 présente invention,

La figure 4 montre un exemple d'élément dento-porté avec son support, tel qu'obtenu par un procédé selon un mode de réalisation de la présente invention,

La figure 5 montre un châssis de stellite avec son support, tel qu'obtenu par un procédé selon un mode de réalisation de la présente invention,
15

La figure 6 montre le châssis de stellite de la figure 5 dépourvu de son support, tel qu'obtenu par le procédé selon un mode de réalisation de la
20 présente invention,

La figure 7 montre un guide tel qu'obtenu par un procédé de réalisation traditionnellement utilisé, et

La figure 8 montre un guide tel qu'obtenu par un procédé selon un mode de réalisation de la présente invention.

Les éléments identiques ou analogues représentés sur les figures précitées sont identifiés par des références numériques identiques ou analogues.
25

Une prothèse dentaire unitaire, dite « implanto-portée », que ce soit pilier ou infrastructure unitaire, comporte traditionnellement trois éléments
30 principaux : une couronne (non représentée), un pilier 10 et un implant (non représenté).

L'implant, fabriqué de manière traditionnelle par usinage se comporte comme une fondation venant prendre ancrage dans l'os. Il s'agit généralement d'un élément monobloc. Pour être ancré dans l'os, il comporte souvent un pas de vis extérieur formé sur au moins un secteur inférieur. Dans un secteur
5 supérieur et hors enfouissement intra-osseux, l'implant est souvent nanti d'une cavité permettant typiquement à un insert 30 du pilier 10 de venir s'y connecter. Pour cela, la cavité débouche donc à une extrémité supérieure de l'implant, c'est-à-dire une extrémité libre du secteur supérieur. La cavité permet les fonctions classiques d'une connectique traditionnelle qui sont, notamment, un
10 bridage et une indexation angulaire grâce à des géométries de repositionnement. Enfin, l'implant comporte en outre généralement un moyen d'attache d'au moins le pilier dans l'implant, comme par exemple un alésage fileté dans la cavité configuré pour recevoir une vis.

Un pilier 10 forme une interface entre l'implant et la couronne. Le
15 pilier, qualifié de dentaire ou implantaire, a un rôle prépondérant dans la réussite du cas implantaire de par le fait qu'il assure à la fois une transmission des efforts occlusaux et une composante esthétique par la cicatrisation des tissus gingivaux en garantissant le respect de l'espace biologique. Par conséquent, chaque pilier est propre à un implant et une couronne, laquelle est
20 réalisée au cas par cas. Pour que le positionnement du pilier soit bon, il faut conformer précisément une partie basse du pilier, appelée insert 30, en fonction de l'implant, et une partie haute du pilier, appelée corps 20, en fonction de la couronne qui représente la dent à remplacer.

Le pilier 10 comporte donc ici par définition deux parties principales :
25 un insert 30, en partie basse, et un corps 20, en partie haute.

L'insert 30 et le corps 20 sont possiblement en tout type de matériau métallique biocompatible, par exemple du titane ou un alliage chrome-cobalt.

Afin de fixer le pilier 10 à l'implant dentaire, l'insert 30 peut avoir différentes formes et différents profils. La gamme d'inserts permet ainsi de
30 couvrir les différents cas cliniques rencontrés. Cependant, il peut avoir une forme générique, standard, c'est-à-dire être identique pour plusieurs piliers différents en fonction du type d'implant auquel il est destiné.

L'insert 30 comporte, par définition, une partie supérieure 31, dans un prolongement du corps 20, et une partie inférieure 32, dans un prolongement de la partie supérieure 31, qui comporte une connectique 33 configurée pour relier l'insert 30 à l'implant, au moins axialement. Autrement dit, la partie supérieure 31 est située entre la partie inférieure 32 et le corps 20.

L'insert 30 est par exemple principalement axisymétrique, hormis la connectique 33 et, généralement, présente une forme évasée depuis la connectique en direction du corps, comme l'illustre la figure 1.

Le corps 20 et la partie supérieure 31 peuvent présenter tout type de forme.

Les corps sont réalisés sur mesure, au cas par cas, en fonction de la morphologie de la dent à remplacer, c'est-à-dire de la couronne à laquelle il est destiné à être relié, ainsi que du profil de la crête osseuse et de la gencive.

Ainsi, le corps 20 nécessite généralement d'être réalisé sur mesure tandis que l'insert 30 peut être standard, mais l'insert comporte une connectique qui doit être réalisée précisément en vue de son assemblage avec un implant.

Pour cela, il s'était par exemple avéré particulièrement intéressant de combiner un procédé de fabrication additive, en particulier par fusion laser, avec un procédé d'électroérosion. Un tel procédé a par exemple été décrit dans la demande de brevet français n°1655629 déposée le 16 juin 2016.

La figure 1 présente des piliers 10 obtenus par un exemple de mise en œuvre d'un tel procédé.

Les piliers implantaires sont alors formés « la tête en bas » sur un plateau 50 de fabrication. Ainsi, les connectiques 33 sont alors une partie libre orientée vers le haut par rapport au plateau 50 de fabrication.

Cependant, dans un tel procédé, un pilier 10, avant finitions, comporte en outre un support 40, par exemple une armature permettant un maintien et une amorce à la fabrication du pilier correspondant. Dans un exemple de réalisation particulièrement intéressant qui est ici représenté, le support 40 comporte des baguettes, par exemple disposées en réseau. De telles baguettes sont ensuite par exemple facilement sécables pour les

détacher du pilier. Toutefois, un tel procédé requiert alors un retrait ultérieur du support 40 qui engendre généralement une étape de reprise en finition, par exemple un polissage.

De même, il est également possible de reprendre en usinage le
5 corps 20 et la partie supérieure 31.

Or, il est intéressant de pouvoir se dispenser d'une telle étape dans certains cas.

Un procédé de fabrication comportant au moins une étape de dépôt
10 successif de couches par NanoParticle Jetting (NPJ) s'est alors révélé particulièrement intéressant.

Un tel procédé permet aussi de réaliser simultanément, c'est-à-dire
au cours d'une même fournée sur un même plateau, une pluralité d'éléments
dentaires, étant entendu que « pluralité » signifie ici au moins deux ; mais, dans
le présent contexte, il est possible de réaliser par exemple au moins cinq, voire
15 dix, voire vingt éléments dentaires simultanément, voire davantage.

En particulier, pour chaque couche, l'étape d'impression
tridimensionnelle comporte alors notamment une sous-étape de formation de la
couche de la partie de l'élément dentaire par projection de gouttelettes d'au
moins un matériau effectif, par exemple dans une enceinte de confinement d'un
20 dispositif d'impression, et une sous-étape de chauffage de ladite couche dans
laquelle des nanoparticules du matériau effectif s'agglomèrent et un liant du
matériau effectif est sublimé, dans l'enceinte de confinement.

Dans un exemple de mise en œuvre, l'étape d'impression
tridimensionnelle comporte aussi au moins une sous-étape de réalisation d'un
25 support par projection d'un matériau de support configuré pour combler,
pendant au moins une partie du procédé, au moins une zone en contredépouille
de la partie de l'élément dentaire en cours de réalisation.

La figure 2 présente des éléments dentaires qui sont des piliers 10
obtenus à l'issue de telles étapes.

30 Le pilier 10 représenté à droite de la figure 2 est représenté en coupe
de sorte à mieux illustrer la présence du support 40, qui est alors ici massif,
formé autour du corps 20.

Ensuite, par exemple, le procédé comporte une étape de frittage du pilier 10 imprimé par NPJ dans une enceinte, l'étape de frittage étant configurée pour consolider les liens entre les nanoparticules du matériau effectif agglomérées.

5 Une telle étape peut avoir lieu dans une enceinte différente ou dans une même enceinte.

Pendant cette étape par exemple, le procédé comporte alors une étape de fusion du support.

10 Le cas échéant, il est alors préférable que le matériau constituant le support ait une température de fusion égale ou supérieure à une température d'agglomération des nanoparticules du matériau effectif.

La figure 3 présente des piliers 10 obtenus à l'issue d'une telle étape, c'est-à-dire qu'ils sont désormais dépourvus de leur support 40.

15 La figure 4 illustre le procédé selon un exemple de mise en œuvre appliqué à un élément dento-porté 10' avec son support 40'.

20 La figure 5 illustre le procédé selon un exemple de mise en œuvre appliqué un châssis de stellite 10'' avec son support 40'' et la figure 6 montre le châssis de stellite 10'' de la figure 5 dépourvu de son support 40'', tel qu'obtenu par le procédé selon un mode de mise en œuvre de la présente invention après une étape de fusion du support 40''.

Ces figures 5 et 6 permettent de mieux illustrer l'intérêt de la présence d'un support réalisé dans un mode de mise en œuvre de la présente invention lorsque l'élément dentaire à réaliser comporte diverses parties très complexes ou en porte-à-faux.

25 Les figures 7 et 8 permettent de comparer deux guides : l'un obtenu par un procédé de réalisation traditionnellement utilisé (figure 7) par impression 3D et l'autre obtenu par un procédé selon un mode de mise en œuvre de la présente invention (figure 8).

30 Le guide de la figure 7 est par exemple massif et intégralement en résine. Des inserts métalliques peuvent être rajoutés dans les parties actives pour le guidage des outils ancillaires.

Le guide 10''' de la figure 8 est alors réalisable en métal, ce qui permet de le stériliser à chaud et d'avoir un guide mécaniquement plus résistant, plus solide. En outre, il peut présenter une structure plus aérée et/ou plus complexe – c'est-à-dire aussi plus adaptable à tout type de morphologie – et permet parallèlement une meilleure accessibilité au site implantaire.

Ainsi, un tel procédé permet de réaliser au cours d'une même fournée plusieurs éléments dentaires, quels qu'ils soient (par exemple à la fois un ou plusieurs pilier(s) 10 et/ou un ou plusieurs élément(s) dento-porté(s) 10' et/ou un ou plusieurs châssis de stellite 10'' et/ou un ou plusieurs guide(s) 10''' etc.), par exemple sur un même plateau 50.

* * *

REVENDICATIONS

- 5 1. Procédé de fabrication d'un élément dentaire (10, 10', 10'', 10''')
comportant :
- une étape d'impression tridimensionnelle d'au moins une partie de
l'élément dentaire (10, 10', 10'', 10''') par un dépôt successif de couches par
jets de nanoparticules, pour chaque couche l'étape d'impression
10 tridimensionnelle comportant une sous-étape de formation de la couche de la
partie de l'élément dentaire (10, 10', 10'', 10''') par projection de gouttelettes
d'au moins un matériau effectif dans une enceinte de confinement d'un
dispositif d'impression et une sous-étape de chauffage de ladite couche dans
laquelle des nanoparticules du matériau effectif s'agglomèrent et un liant
15 formant un milieu suspensif pour ces nanoparticules du matériau effectif est
sublimé, dans l'enceinte de confinement, et
 - une étape de frittage d'au moins la partie de l'élément dentaire
(10, 10', 10'', 10''') imprimée par jets de nanoparticules dans une enceinte,
l'étape de frittage étant configurée pour consolider les liens entre les
20 nanoparticules du matériau effectif agglomérées.
2. Procédé selon la revendication 1 dans lequel les nanoparticules
du matériau effectif comportent un matériau biocompatible qui comporte du
métal biocompatible ou un matériau céramique biocompatible.
3. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 ou 2 dans
25 lequel l'étape d'impression tridimensionnelle comporte au moins une sous-
étape de réalisation d'un support (40, 40', 40'') par projection d'un matériau de
support configuré pour combler, pendant au moins une partie du procédé, au
moins une zone en contredépouille de la partie de l'élément dentaire (10, 10',
10'', 10''') en cours de réalisation.

4. Procédé selon la revendication 3, comportant une étape de fusion du support (40, 40', 40'').

5. Utilisation d'un procédé d'impression tridimensionnelle par jets de nanoparticules pour fabriquer au moins une partie d'un élément dentaire (10, 5 10', 10'', 10''').

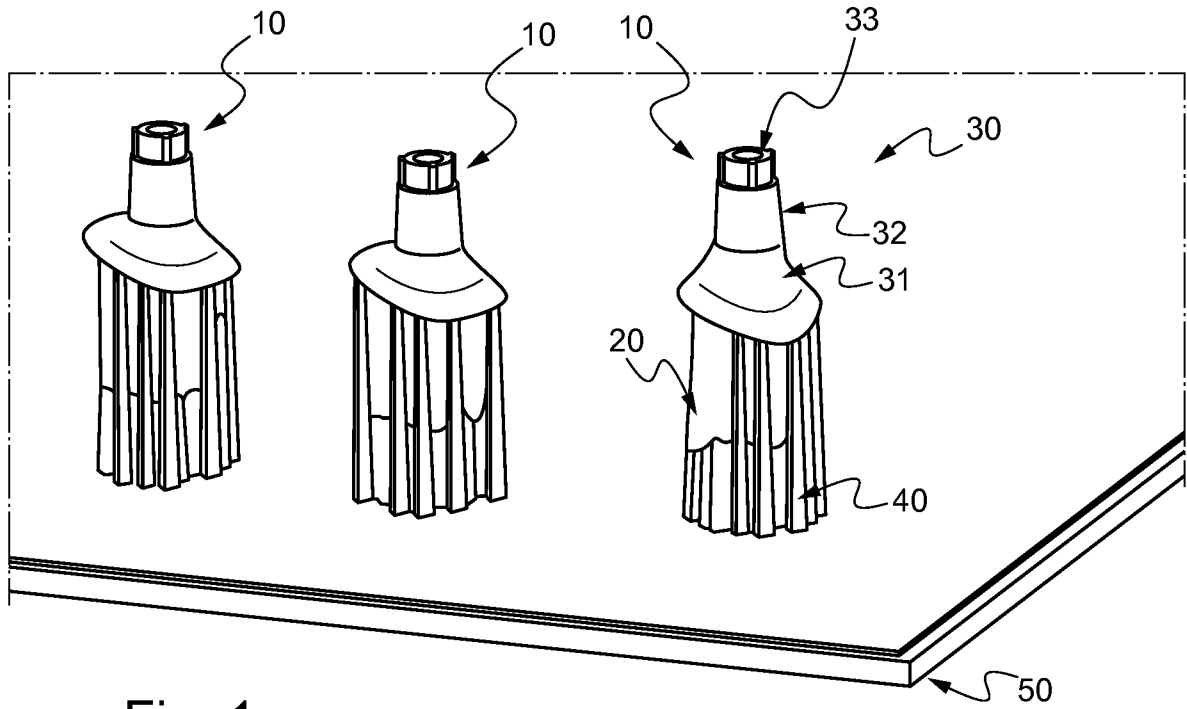


Fig. 1

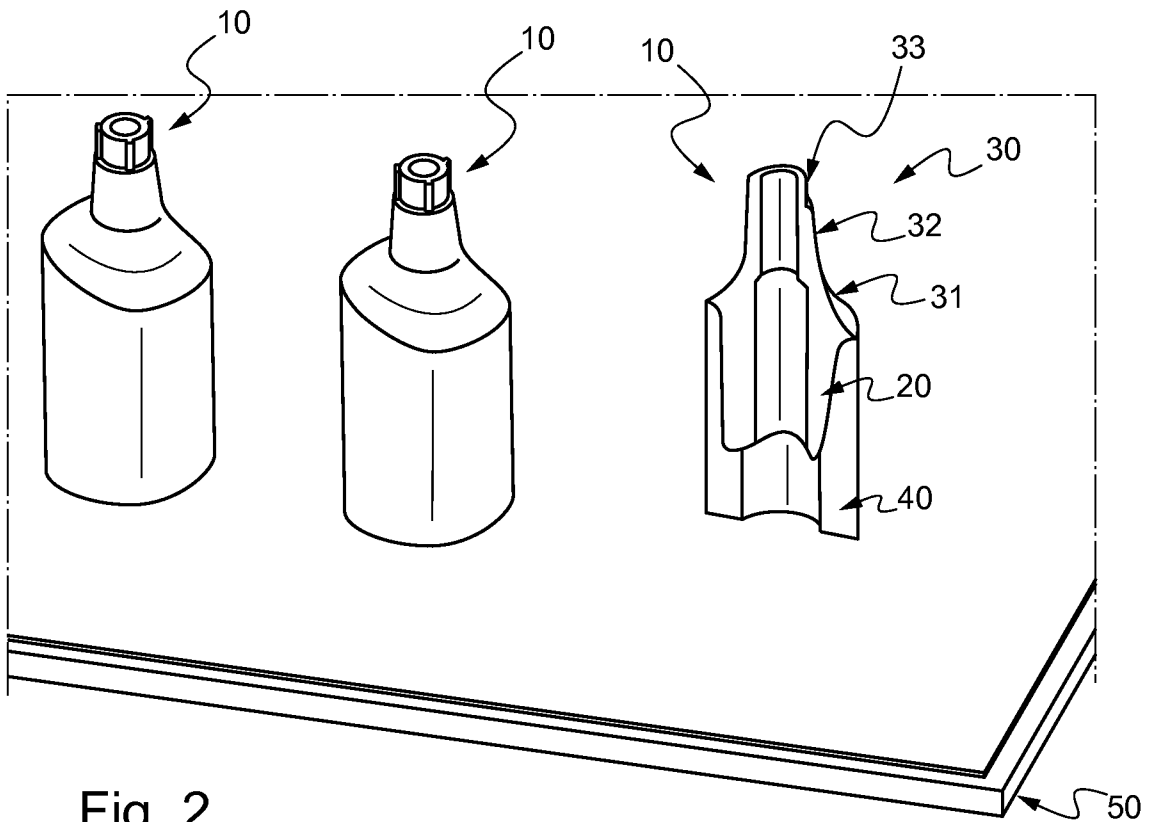


Fig. 2

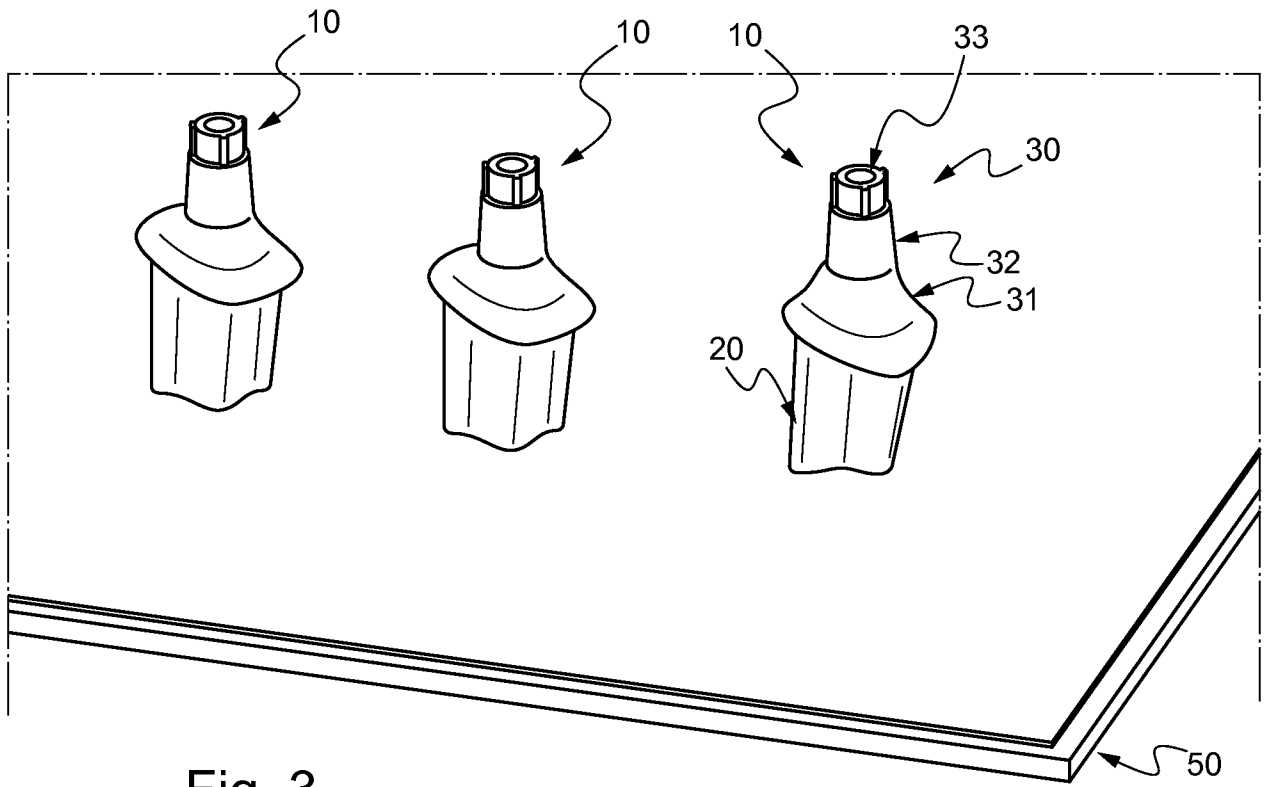


Fig. 3

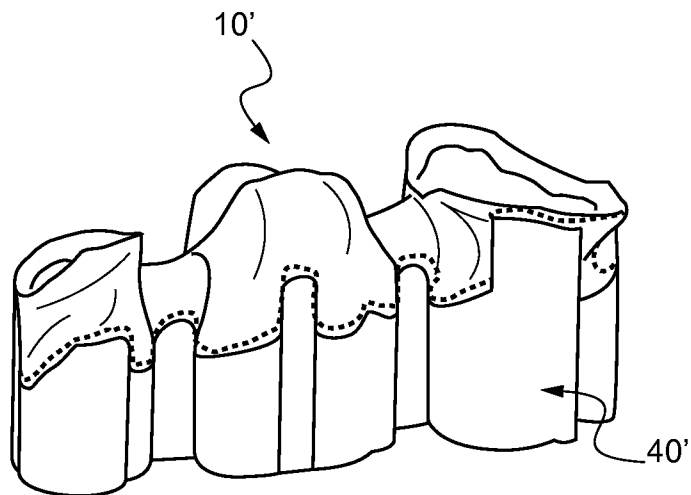
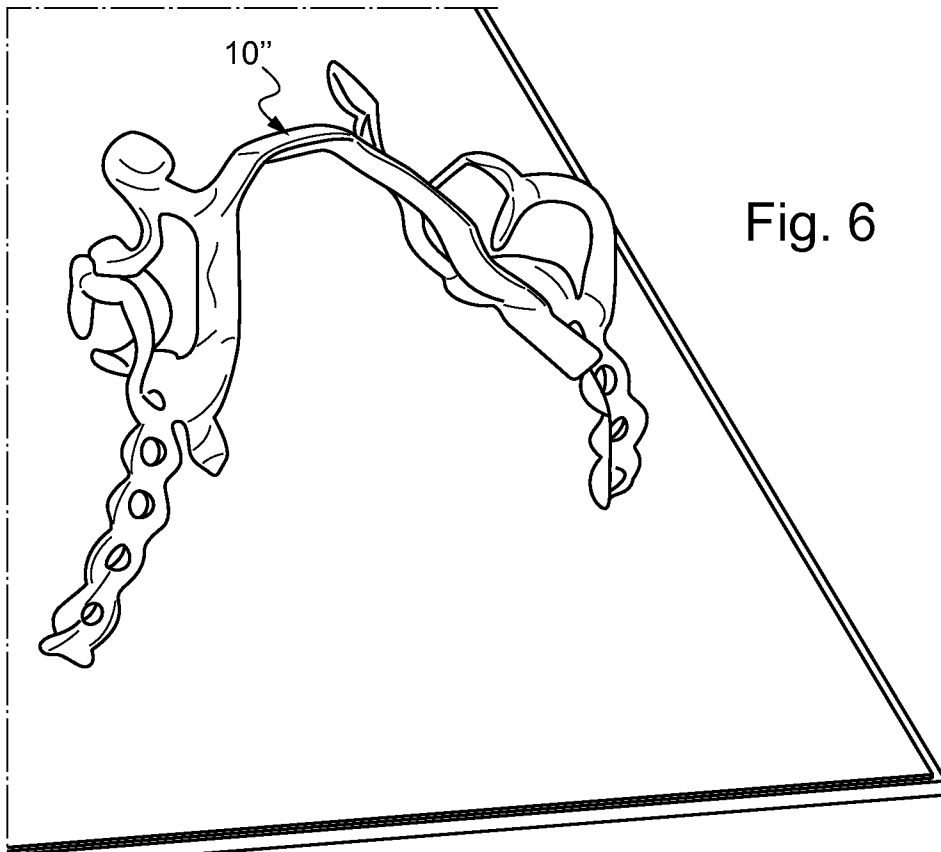
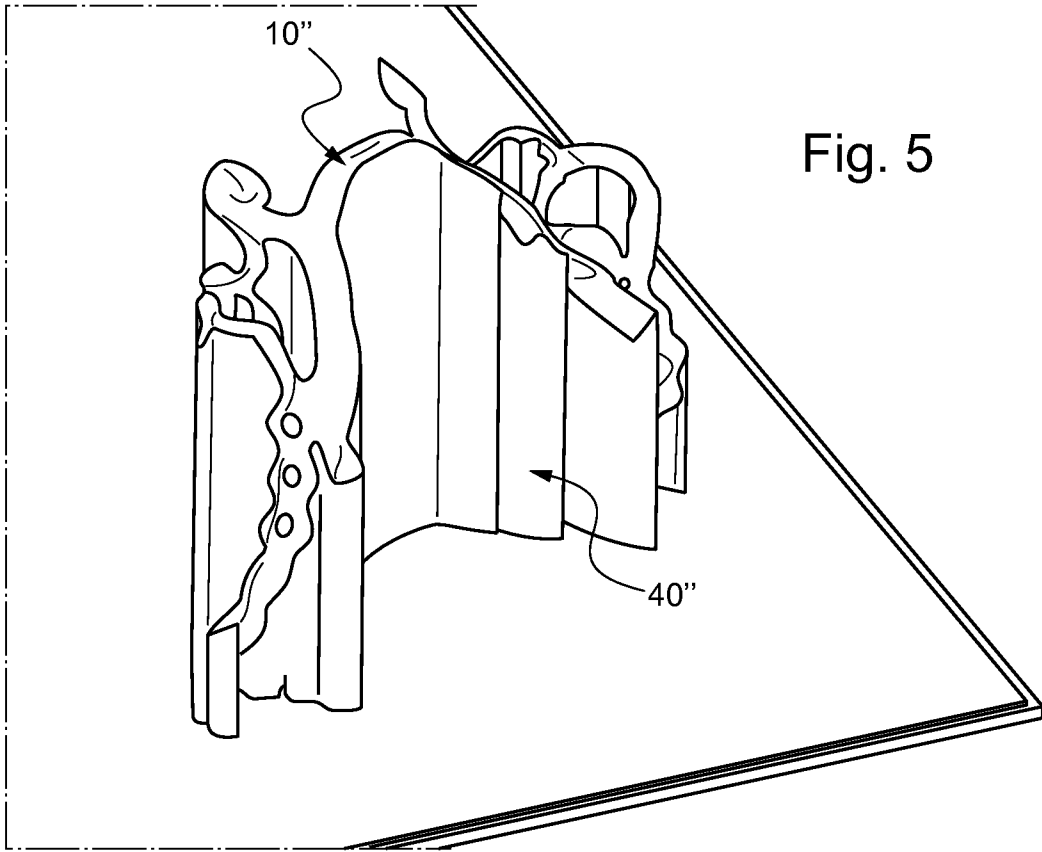


Fig. 4

3/4



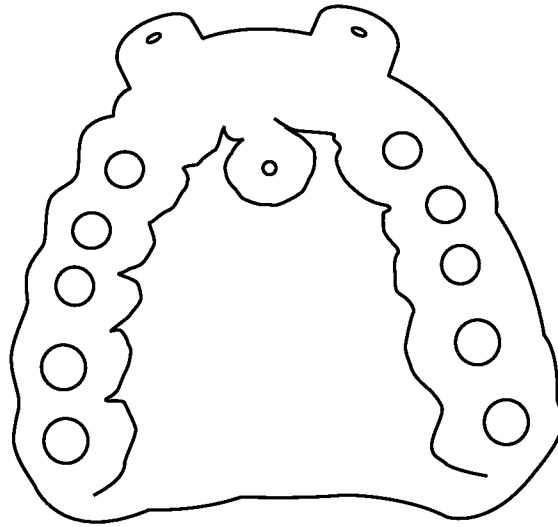


Fig. 7

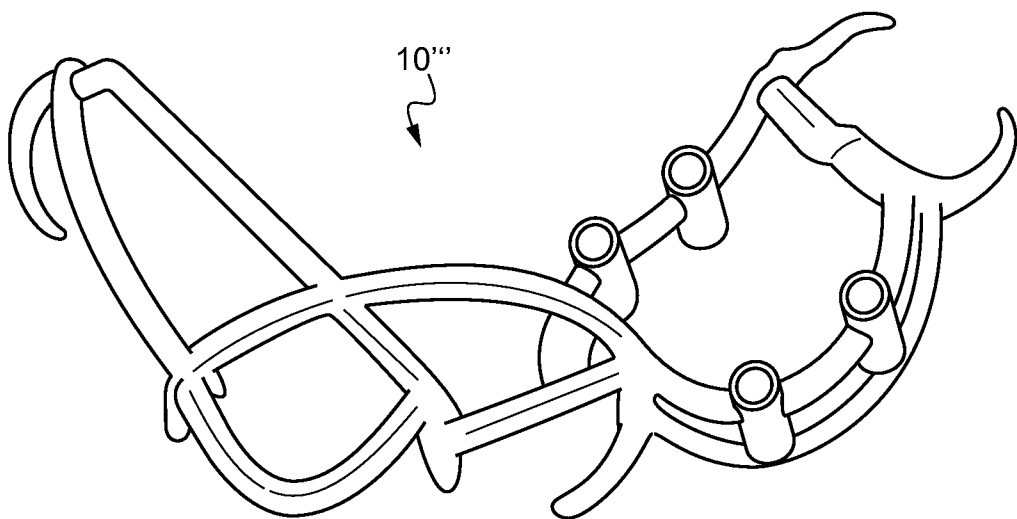


Fig. 8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/FR2018/050437

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER					
INV.	A61C13/00	C04B35/653	A61C8/00	B29C64/112	B29C64/165
	B29C64/40	B22F1/00	B22F3/00	A61C13/225	A61C1/08
	A61C13/267	C04B35/622			

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) C04B B22F A61C B29C
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal, COMPENDEX, INSPEC, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2015/056230 A1 (XJET LTD [IL]) 23 April 2015 (2015-04-23)	1-5
Y	claims 2, 3, 50 page 1, line 17 page 11, lines 28-32 page 30, line 1 page 33, lines 10-16 page 34, lines 27-33 page 36, line 17 ----- -/--	4

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents :	
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	"&" document member of the same patent family
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 7 May 2018	Date of mailing of the international search report 15/05/2018
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer Buffet, Noemie

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/FR2018/050437

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	Alon Ziv ET AL: "XJET ANNOUNCES 3D CERAMIC CAPABILITIES", 8 November 2016 (2016-11-08), XP055421199, Retrieved from the Internet: URL:http://xjet3d.com/news/xjet-announces-3d-ceramic-capabilities/ [retrieved on 2017-11-02]	1-3,5
Y	the whole document -----	4
X	EBERT J ET AL: "Direct inkjet printing of dental prostheses made of zirconia", JOURNAL OF DENTAL RESEARCH, INTERNATIONAL ASSOCIATION FOR DENTAL RESEARCH, US vol. 88, no. 7 1 July 2009 (2009-07-01), pages 673-676, XP002745570, ISSN: 0022-0345, DOI: 10.1177/0022034509339988 Retrieved from the Internet: URL:http://jdr.sagepub.com/content/88/7/673 [retrieved on 2015-10-05] Titre pages 674-675, paragraph "Materials and Methods" -----	1,2,5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/FR2018/050437

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date	
WO 2015056230	A1	23-04-2015	CA 2927249 A1	23-04-2015
			CN 105849208 A	10-08-2016
			CN 106414033 A	15-02-2017
			CN 106457673 A	22-02-2017
			EP 3057776 A1	24-08-2016
			EP 3057777 A1	24-08-2016
			EP 3058037 A1	24-08-2016
			JP 2017500222 A	05-01-2017
			JP 2017503868 A	02-02-2017
			JP 2017504468 A	09-02-2017
			KR 20160091323 A	02-08-2016
			US 2016229128 A1	11-08-2016
			US 2016236372 A1	18-08-2016
			US 2016243619 A1	25-08-2016
			WO 2015056230 A1	23-04-2015
			WO 2015056231 A1	23-04-2015
			WO 2015056232 A1	23-04-2015

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2018/050437

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. A61C13/00 C04B35/653 A61C8/00 B29C64/112 B29C64/165 B29C64/40 B22F1/00 B22F3/00 A61C13/225 A61C1/08 A61C13/267 C04B35/622					
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB					
B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) C04B B22F A61C B29C					
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche					
Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal, COMPENDEX, INSPEC, WPI Data					
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS					
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées			
X	WO 2015/056230 A1 (XJET LTD [IL]) 23 avril 2015 (2015-04-23)	1-5			
Y	revendications 2, 3, 50 page 1, ligne 17 page 11, lignes 28-32 page 30, ligne 1 page 33, lignes 10-16 page 34, lignes 27-33 page 36, ligne 17 ----- -/--	4			
<input checked="" type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents		<input checked="" type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe			
* Catégories spéciales de documents cités: "A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée) "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée		"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier "&" document qui fait partie de la même famille de brevets			
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée <div style="text-align: center; font-size: 1.2em;">7 mai 2018</div>		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale <div style="text-align: center; font-size: 1.2em;">15/05/2018</div>			
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Fonctionnaire autorisé <div style="text-align: center; font-size: 1.2em;">Buffet, Noemie</div>			

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	<p>Alon Ziv ET AL: "XJET ANNOUNCES 3D CERAMIC CAPABILITIES", 8 novembre 2016 (2016-11-08), XP055421199, Extrait de l'Internet: URL:http://xjet3d.com/news/xjet-announces-3d-ceramic-capabilities/ [extrait le 2017-11-02]</p>	1-3,5
Y	<p>le document en entier -----</p>	4
X	<p>EBERT J ET AL: "Direct inkjet printing of dental prostheses made of zirconia", JOURNAL OF DENTAL RESEARCH, INTERNATIONAL ASSOCIATION FOR DENTAL RESEARCH, US vol. 88, no. 7 1 juillet 2009 (2009-07-01), pages 673-676, XP002745570, ISSN: 0022-0345, DOI: 10.1177/0022034509339988 Extrait de l'Internet: URL:http://jdr.sagepub.com/content/88/7/673 [extrait le 2015-10-05] Titre pages 674-675, alinéa "Materials and Methods" -----</p>	1,2,5

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2018/050437

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 2015056230 A1	23-04-2015	CA 2927249 A1	23-04-2015
		CN 105849208 A	10-08-2016
		CN 106414033 A	15-02-2017
		CN 106457673 A	22-02-2017
		EP 3057776 A1	24-08-2016
		EP 3057777 A1	24-08-2016
		EP 3058037 A1	24-08-2016
		JP 2017500222 A	05-01-2017
		JP 2017503868 A	02-02-2017
		JP 2017504468 A	09-02-2017
		KR 20160091323 A	02-08-2016
		US 2016229128 A1	11-08-2016
		US 2016236372 A1	18-08-2016
		US 2016243619 A1	25-08-2016
		WO 2015056230 A1	23-04-2015
		WO 2015056231 A1	23-04-2015
		WO 2015056232 A1	23-04-2015
