

①⑨ RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
—
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
—
COURBEVOIE
—

①① N° de publication : **3 107 639**
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)
②① N° d'enregistrement national : **21 04303**
⑤① Int Cl⁸ : **A 01 G 9/12 (2020.12), A 01 K 61/00**

①②

BREVET D'INVENTION

B1

⑤④ Dispositif de maintien d'une bouture de corail et structure de support.

②② Date de dépôt : 26.04.21.

③③ Priorité :

④③ Date de mise à la disposition du public
de la demande : 03.09.21 Bulletin 21/35.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du
brevet d'invention : 29.07.22 Bulletin 22/30.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche :

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑥⑥ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : *CORAIL ARTEFACT HOLDING SAS*
— FR.

⑦② Inventeur(s) : *GOBE Jérémy.*

⑦③ Titulaire(s) : *CORAIL ARTEFACT HOLDING SAS.*

⑦④ Mandataire(s) : *Cabinet NONY.*

FR 3 107 639 - B1



Description

Titre de l'invention : Dispositif de maintien d'une bouture de corail et structure de support

Domaine technique

- [0001] L'invention concerne des dispositifs de maintien de fragments ou de boutures, et des structures de support pour de tels dispositifs, pour la culture et la croissance d'animaux aquatiques, en particulier des coraux. Ces dispositifs et structures peuvent être utilisés dans des aquariums mais également en milieu marin pour permettre la croissance de coraux à partir de boutures.
- [0002] La présente invention concerne également un procédé de fabrication de ces dispositifs et structures de support ainsi que l'utilisation de polymères biodégradables pour fabriquer ces dispositifs et structures de support.

Technique antérieure

- [0003] Les coraux sont un groupe diversifié d'animaux ressemblant à des anémones qui vivent dans des environnements marins. Les coraux comprennent les coraux mous, les coraux durs, les éponges, les gorgones, etc. Le corail dur, animal de la famille des cnidaires, est constitué de plusieurs individus, ou polypes, qui partagent un squelette commun, essentiellement composé de carbonate de calcium. Ensemble, ces polypes et leur squelette forme une colonie.
- [0004] De nombreux types de coraux peuvent être cultivés de manière asexuée par propagation à partir de fragments ou boutures. Par exemple, un morceau de corail vivant peut être cassé en plus petits morceaux ou fragments. Un fragment est ensuite fixé sur une base ou un support. Après découpe d'un fragment d'une colonie, le tissu vivant de ce fragment, ou bouture, constitué de polypes, va cicatriser et reprendre son développement, produisant un squelette et de nouveaux polypes, créant ainsi une nouvelle colonie. Le bouturage de corail permet, notamment, l'implantation de boutures sur les récifs pour aider leur régénération naturelle, d'éviter les prélèvements en milieu naturel pour la vente de coraux aux aquariophiles, le développement de coraux en laboratoire pour les études scientifiques et la monstration au public, et la collecte des espèces en voies de disparition.
- [0005] Il est important de fixer le fragment de corail sur une base ou un support pendant les premières étapes de la propagation pour que le corail puisse se développer correctement. Si le corail n'est pas correctement fixé à la base, le fragment peut basculer ou bouger, la fixation naturelle du corail à la base sera retardée ou ne se fera pas, provoquant un éventuel retard de croissance.
- [0006] A l'heure actuelle, le procédé le plus répandu de bouturage de colonies coralliennes,

après découpe des fragments, est le collage des boutures avec des produits de fixation permanente sur des dispositifs en plastique ou encore en béton. Selon la destination des boutures, les dispositifs sont susceptibles d'être eux même fixés, avec les mêmes agents collants, sur des supports disposés dans l'environnement de destination, aquariums ou récifs de fonds marins.

- [0007] La nature calcaire du squelette corallien impose l'utilisation d'agents collants comme les résines époxy (polyépoxydes), les cyanoacrylates, ou encore de type mortier-colle, qui ont le désavantage de présenter une certaine toxicité à l'égard du corail et des animaux aquatiques en général.
- [0008] Les formes pâteuses des résines époxy sont souvent utilisées pour coller des boutures de corail car elles résistent à l'eau et peuvent se manipuler en milieu marin. Toutefois, ces agents collants sont très sensibilisants et sont reconnues comme responsable de la majorité des eczéma allergiques développés dans le cadre d'une activité professionnelle. De plus, les composants de base, avant polymérisation, sont toxiques, et peuvent notamment libérer des esters dérivés de l'acide phtalique et des alcools divers, préjudiciables à la croissance des coraux.
- [0009] Les cyanoacrylates permettent d'assembler rapidement une grande variété de matériaux. Toutefois, outre leur problème de toxicité, ils ont également le désavantage d'avoir une courte durée de validité, et de durcir au contact de l'eau ou même de l'humidité ambiante, ce qui en fait un agent collant difficile, voire impossible, à utiliser *in situ*.
- [0010] Les mortiers-colle sont généralement composés d'un mélange de chaux aérienne et de ciment. Ils sont communément utilisés pour des travaux de bâtiment. Ces agents collants sont très sensibles aux variations de conditions de stockage et sont ainsi difficiles à conserver à long terme. Ces produits comportent un risque d'affection pulmonaire après une inhalation prolongée. De plus, ils produisent une réaction alcaline en présence d'eau, source de possibles irritations graves en cas de contact avec les yeux ou la peau. Cette réaction alcaline peut également conduire à une fragilisation des ouvrages où ces agents sont utilisés, impactant ainsi la durabilité des collages en contact avec l'eau de mer.
- [0011] Dans certains cas, les boutures collées sur des dispositifs de maintien sont ensuite fixées à des récifs avec des clous métalliques et/ou des colliers de serrage en plastique. Là encore, ces procédés sont potentiellement traumatisant et/ou toxiques pour le corail.
- [0012] Alternativement aux méthodes impliquant le collage des boutures sur un dispositif de maintien, il existe des dispositifs permettant le maintien par enserrement de la bouture, sans collage, dans une bague ou valve, tel le dispositif « Frag Gripper by Reef Stew – the No Glue Frag Mounting System » commercialité par Vivid Creative Aquatics (vividcreativeaquatics.com/shop/frag-gripper-by-reef-stew/). Néanmoins ce dispositif

de maintien doit être collé sur un support ou sur une tige destinée à être insérée dans un support. Un tel dispositif, convenant aux coraux branchus, ne convient toutefois pas aux coraux massifs.

- [0013] Les supports sur lesquels les boutures sont habituellement collées ou fixés, par exemple constitués de matières plastiques ou de béton, peuvent également présenter un risque de toxicité et accentuer les facteurs de dégradations des récifs coralliens, voire peuvent présenter un impact négatif sur l'environnement du fait de leur mode de production.
- [0014] Ainsi, les matières plastiques comme le polyéthylène téréphtalate ou le polychlorure de vinyle peuvent relarguer des perturbateurs endocriniens comme le trioxyde d'antimoine ou les phtalates. Dans les zones polluées par le plastique, il est observé que les coraux sont plus sensibles au développement de maladies. Le contact entre les débris plastiques et les coraux peut engendrer des blessures sur les tissus du corail, favorisant ainsi leur infection par des bactéries. Par ailleurs, certains additifs présents dans les plastiques attirent et favorisent l'ingestion du plastique par les polypes du corail augmentant le risque de leur transmettre des éléments toxiques tout en le détournant des vrais aliments nécessaires à son développement et à sa survie.
- [0015] Le béton, constitué en majorité d'eau, de ciment et de sable, est utilisé dans l'ensemble des projets de construction à travers le monde. Le sable provient souvent du fond des mer ou des littoraux et leur extraction produit une dégradation mécanique des récifs. La production du ciment est celle qui dégage le plus de CO₂ au monde, facteur principale du réchauffement climatique et par effet de ricochet de la dégradation voire de la disparition des récifs coralliens.

Exposé de l'invention

- [0016] Il peut s'avérer pertinent d'avoir un dispositif de maintien d'une bouture ou d'un fragment de corail qui ne nécessite pas d'étape d'encollage, que ce soit pour fixer la bouture ou le fragment au dispositif de maintien ou pour fixer le dispositif sur une structure de support.
- [0017] Il existe également un besoin de disposer d'un dispositif de maintien d'une bouture ou d'un fragment de corail, ou d'une structure de support d'un tel dispositif, qui puisse être facilement préparé dans un matériau biodégradable, biocompatible pour le corail, et non-toxique pour l'environnement.
- [0018] Il existe également un besoin de disposer d'un dispositif de maintien d'une bouture ou d'un fragment de corail, ou d'une structure de support d'un tel dispositif, dont le biomimétisme favorise la croissance et le développement du corail.
- [0019] Il existe également un besoin de disposer d'un dispositif de maintien d'une bouture ou d'un fragment de corail, ou d'une structure de support d'un tel dispositif, dont la

texture de surface soit rugueuse de sorte à favoriser la croissance et le développement du corail.

- [0020] Il existe un besoin de disposer d'un dispositif de maintien d'une bouture ou d'un fragment de corail, ou d'une structure de support d'un tel dispositif, dont les surfaces soient texturées pour présenter une rugosité apte à générer un effet de friction lors de la mise en contact des surfaces et favoriser le maintien, sans encollage, du dispositif dans la structure de support.
- [0021] Il existe également un besoin de disposer d'un dispositif de maintien d'une bouture ou d'un fragment de corail qui puissent convenir au maintien de bouture ou de fragment issu de tout type de corail, branchu ou massif, de taille variée.
- [0022] Il existe également un besoin de disposer d'un dispositif de maintien d'une bouture ou d'un fragment de corail, ou d'une structure de support d'un tel dispositif, qui puissent être préparé, de manière simple, par impression 3D ou par moulage, et en particulier par impression 3D.
- [0023] Il existe également un besoin de disposer d'un dispositif de maintien d'une bouture ou d'un fragment de corail, ou d'une structure de support d'un tel dispositif, qui permette de reproduire au plus près le développement naturel *in situ* du corail.
- [0024] Il existe également un besoin de disposer d'un dispositif de maintien d'une bouture ou d'un fragment de corail, ou d'une structure de support d'un tel dispositif, qui ne présente pas ou dont la mise en œuvre ne génère pas ou n'implique d'agent potentiellement toxique vis-à-vis de l'environnement ou des coraux.
- [0025] Il existe également un besoin de disposer d'un dispositif de maintien d'une bouture ou d'un fragment de corail, ou d'une structure de support d'un tel dispositif, nécessitant un minimum de manipulations pour assurer le maintien de la bouture dans le dispositif et la fixation du dispositif sur la structure de support.
- [0026] Il existe également un besoin de disposer d'un dispositif de maintien d'une bouture ou d'un fragment de corail, ou d'une structure de support d'un tel dispositif, utilisable en aquarium ou dans les fonds marins.
- [0027] Il existe également un besoin de disposer d'un dispositif de maintien d'une bouture ou d'un fragment de corail, qui puisse être fixé, sans encollage, dans les récifs naturels.
- [0028] Il existe également un besoin de disposer d'une structure de support dont la structure interne permette son remplissage, et son lestage, avec de l'eau.

Résumé de l'invention

- [0029] La présente invention a pour objet de satisfaire en tout ou en partie ces différents besoins.
- [0030] Selon un de ces premiers objet, l'invention concerne un dispositif de maintien d'une bouture de corail, ledit dispositif comprenant :

- [0031] - un premier élément tubulaire creux s'étendant le long d'un axe longitudinal et comprenant une extrémité distale, une extrémité proximale, une face interne et une face externe, et
- [0032] - un deuxième élément disposé co-axialement à l'extrémité proximale du premier élément et comprenant une partie évasée définissant une surface comprenant un plan divergeant circonférentiellement autour de l'axe longitudinal du premier élément, et
- [0033] ledit dispositif présentant une surface texturée.
- [0034] Selon un mode de réalisation, la partie évasée peut comprendre un bord définissant, avec la surface plane, une collerette autour dudit axe longitudinal. La collerette peut être avantageusement déformable dans une direction sensiblement parallèle à l'axe longitudinal dudit membre tubulaire.
- [0035] Selon un mode de réalisation, la surface comprenant un plan divergeant circonférentiellement autour de l'axe longitudinal peut comprendre au moins quatre projections allongées, chaque projection comprenant une extrémité distale. Les projections sont disposées dans le plan de ladite surface de la partie évasée et s'étendent, avec la partie évasée, en arc de cercle, dans la direction de l'axe longitudinal de l'élément tubulaire creux, de sorte à former, avec l'ensemble des extrémités distales positionnées autour dudit axe longitudinal, un organe de maintien. En particulier, la surface comprenant un plan divergeant circonférentiellement autour de l'axe longitudinal peut comprendre au moins 5 à au moins 15, en particulier au moins 7 à au moins 12, et en particulier au moins 10 membres allongés.
- [0036] L'inventeur a observé, de manière surprenante, qu'il était possible de préparer des dispositifs de maintien d'une bouture ou d'un fragment de corail configurés de sorte à ce que les fragments de corail puissent être maintenus dans le dispositif sans collage, et que, également, le dispositif puisse être placé et fixé dans un support, dans un aquarium ou sur un fond marin, sans collage.
- [0037] L'inventeur a également observé qu'il était possible de préparer des dispositifs de maintien d'une bouture ou d'un fragment de corail, ou d'une structure de support d'un tel dispositif, avec un polymère biodégradable, tel qu'un polymère d'acide lactique, comprenant un sel de calcium, tel que le carbonate de calcium.
- [0038] L'inventeur a également observé qu'il était possible de préparer des dispositifs de maintien d'une bouture ou d'un fragment de corail, ou d'une structure de support d'un tel dispositif, par un procédé d'impression en trois dimensions permettant de conférer au dispositif ou à la structure de support une surface texturée.
- [0039] La surface texturée des dispositifs de maintien ou de la structure de support permet avantageusement de générer un biomimétisme favorisant la croissance et le développement du corail. Les surfaces texturées présentent également, avantageusement, une rugosité apte à générer un effet de friction lors de leur mise en contact l'une avec

l'autre de sorte à favoriser le maintien et la fixation, sans encollage, du dispositif dans la structure de support.

- [0040] Le caractère biodégradable du matériau utilisé permet avantageusement une bonne intégration des dispositifs de maintien et de la structure de support dans l'environnement naturel tout en minimisant les éventuels impacts négatifs.
- [0041] L'inventeur a observé de manière inattendue qu'il était possible de préparer des dispositifs de maintien d'une bouture ou d'un fragment de corail en leur conférant une forme qui permette tout à la fois de fixer et maintenir les boutures de corail et leur insertion et fixation dans une structure de support ou dans un récif nature, le tout sans encollage. En particulier, la conception des dispositifs de maintien permet le maintien de la bouture de corail dans le dispositif par compression de la bouture par la partie ou les parties du dispositif en contact avec la bouture.
- [0042] La préparation par impression 3D des dispositifs et structure de support de l'invention permet avantageusement un procédé de fabrication simple, peu coûteux, et aisément adaptable aux dimensions variées des boutures de corail.
- [0043] L'inventeur a observé de manière surprenante que le matériau biodégradable utilisé, et la méthode de fabrication par impression 3D, permettaient d'assurer aux dispositifs de maintien une souplesse conférant aux dispositifs la propriété de maintenir la bouture de corail dans le dispositif par compression de la bouture par la partie ou les parties du corps du dispositif en contact avec la bouture.
- [0044] L'inventeur a observé de manière surprenante que le matériau biodégradable utilisé, et la méthode de fabrication par impression 3D, permettaient de conférer, de manière simple et peu coûteuse une texture, ou rugosité, à la surface des dispositifs et structure de support décrits ici.
- [0045] Un des avantages de l'invention est l'obtention d'un dispositif de maintien d'une bouture de corail, et également d'une structure de support d'un tel dispositif, qui permettent de maintenir un fragment de corail sans collage.
- [0046] Un autre des avantages de l'invention est l'obtention d'un dispositif de maintien d'une bouture de corail, et également d'une structure de support d'un tel dispositif, qui soient dotés de propriétés biomimétiques favorisant la croissance du corail.
- [0047] Un dispositif tel que décrit ici peut avantageusement être disposé et fixé dans tout support adapté, notamment dans une structure de support telle que décrite ici, dans un aquarium ou dans un orifice naturel d'un récif d'un fond marin sans qu'il soit nécessaire d'utiliser un agent de collage.
- [0048] Selon un autre de ses avantages, les dispositifs et structures de support décrits ici peuvent être mis en œuvre avec des matériaux biodégradables dénués d'élément toxique pour le corail ou son environnement.
- [0049] Selon un autre de ses avantages, les dispositifs et structures de support de l'invention

peuvent être fabriqués par impression 3D, ce qui peut faciliter l'adaptation de leurs dimensions aux dimensions variées des boutures de corail.

- [0050] Selon un mode de réalisation, le premier élément peut comprendre au moins un picot s'étendant de la face interne vers l'intérieur dudit élément.
- [0051] Selon un mode de réalisation, la surface texturée d'un dispositif peut présenter une rugosité de surface permettant de produire une friction avec une surface de la bouture de corail et/ou avec un point de contact d'une structure de support. En particulier, la surface texturée peut présenter une rugosité moyenne de surface d'au moins 0,5 μm , en particulier une rugosité moyenne de surface variant de 0,5 à 320 μm .
- [0052] Selon un mode de réalisation, le dispositif selon l'invention peut être formé d'un matériau comprenant au moins un polymère biodégradable et au moins un sel de calcium.
- [0053] Le polymère biodégradable peut être choisi parmi un polymère d'acide polylactique, un polymère d'acide glycolique, un polyhydroxyalcanoate, un polyalkylène succinate, la polycaprolactone, le poly(triméthylène terephthalate) (PTT), et un mélange de ceux-ci. En particulier, le polymère biodégradable peut être un polymère d'acide lactique.
- [0054] Le sel de calcium peut être un sel organique de calcium. Un sel organique de calcium peut être choisi parmi le carbonate de calcium, le citrate de calcium, l'hydroxyapatite, le lysinate de calcium, l'alginate de calcium, et un mélange de ceux-ci. En particulier, le sel de calcium peut être le carbonate de calcium.
- [0055] Selon un mode de réalisation, le dispositif selon l'invention peut comprendre une bouture de corail.
- [0056] Selon un autre de ses objets, la présente invention concerne une structure de support d'au moins un dispositif selon l'invention, comprenant une surface continue comprenant au moins un orifice configuré pour recevoir un élément tubulaire creux d'un dispositif selon l'invention, ladite surface étant une surface texturée.
- [0057] Selon un mode de réalisation, la structure peut comprendre une partie interne constituée d'une pluralité d'alvéoles en communication les unes avec les autres et, directement ou indirectement, avec les orifices.
- [0058] Selon un mode de réalisation, la structure selon l'invention peut être formée d'un matériau comprenant au moins un polymère biodégradable et au moins un sel de calcium.
- [0059] Selon un mode de réalisation, la surface texturée d'une structure peut présenter une rugosité de surface permettant de produire une friction avec un dispositif de l'invention. En particulier, la surface texturée peut présenter une rugosité moyenne de surface d'au moins 0,5 μm , en particulier une rugosité moyenne de surface variant de 0,5 à 770 μm .
- [0060] Selon un mode de réalisation, la structure de support peut comprendre au moins un

dispositif selon l'invention.

- [0061] Selon un mode de réalisation, la structure de support peut comprendre au moins un dispositif selon l'invention inséré dans un orifice, le dispositif comprenant une collerette, et ladite collerette apposée sur la surface de ladite structure.
- [0062] Selon un autre de ses objets, la présente invention concerne un procédé de fabrication d'un dispositif de maintien d'une bouture de corail selon l'invention ou d'une structure de support selon l'invention comprenant au moins une étape consistant à imprimer en 3 dimensions ledit dispositif ou ladite structure.
- [0063] Selon un mode de réalisation, le matériau d'impression utilisé dans un procédé de l'invention peut être un polymère biodégradable comprenant un sel de calcium.
- [0064] Selon un autre de ses objets, la présente invention concerne l'utilisation d'un polymère biodégradable comprenant au moins un sel de calcium pour la fabrication d'un dispositif de maintien d'une bouture de corail selon l'invention ou d'une structure de support selon l'invention.

Brève description des dessins

- [0065] [Fig.1] La [Fig.1] représente un dispositif de maintien d'un fragment ou bouture de corail comprenant une partie supérieure évasée définissant une collerette.
- [0066] [Fig.2] La [Fig.2] représente une coupe transversale d'un dispositif selon la [Fig.1].
- [0067] [Fig.3] La [Fig.3] représente un dispositif de maintien d'un fragment ou bouture de corail comprenant une partie supérieure évasée ayant des projections allongées définissant un organe de maintien.
- [0068] [Fig.4] La [Fig.4] représente une coupe transversale d'un dispositif selon la [Fig.3].
- [0069] [Fig.5] La [Fig.5] représente un dispositif selon la [Fig.3] comprenant un fragment de corail massif.
- [0070] [Fig.6] La [Fig.6] représente un dispositif selon la [Fig.1] comprenant un fragment de corail branchu.
- [0071] [Fig.7] La [Fig.7] représente un dispositif selon la [Fig.1] disposé dans un orifice d'une structure de support avec la collerette relevée.
- [0072] [Fig.8] La [Fig.8] représente un dispositif selon la [Fig.1] disposé dans un orifice d'une structure de support avec la collerette apposée sur la surface de la structure de support.
- [0073] [Fig.9] La [Fig.9] représente un dispositif de maintien selon la [Fig.3] disposé dans un dispositif de maintien selon la [Fig.1].
- [0074] [Fig.10] La [Fig.10] représente une variante de la [Fig.9].
- [0075] [Fig.11] La [Fig.11] représente une coupe transversale d'un dispositif selon la [Fig.1] comprenant des picots disposés sur la face interne de l'élément tubulaire creux et sur la face supérieure du deuxième élément.

- [0076] [Fig.12] La [Fig.12] représente une structure de support convenant aux dispositifs de l'invention.
- [0077] [Fig.13] La [Fig.13] représente une coupe transversale de la [Fig.12] laissant apparaître une partie interne alvéolée.
- [0078] [Fig.14] La [Fig.14] représente une coupe transversale d'une structure de support selon la [Fig.12] comprenant dans certains de ces orifices des dispositifs selon les Figures 1 et 3 comprenant chacun un fragment de corail.
- [0079] [Fig.15] La [Fig.15] illustre les utilisations possibles des dispositifs de maintien selon l'invention soit disposés dans une structure de support placée dans un aquarium, soit disposés dans un récif naturel présent sur un fond marin.
- [0080] [Fig.16] La [Fig.16] représente le principe d'impression 3D par superposition de couche d'un polymère extrudé d'une buse d'impression.
- [0081] [Fig.17] La [Fig.17] illustre la variabilité de la rugosité moyenne de surface selon l'épaisseur des couches du polymère extrudé d'une buse d'impression.
- [0082] [Fig.18] La [Fig.18] illustre l'impression 3D d'un dispositif selon la [Fig.1].

Description détaillée

Définitions

- [0083] Il faut noter que tel qu'utilisé ici et dans les revendications annexées, les formes singulières « un » et « le » incluent des référents pluriels à moins que le contexte ne l'indique clairement autrement. Ainsi, par exemple, la référence à « un dispositif » comprend la référence à une pluralité de dispositifs, et la référence à « une structure » comprend la référence à une pluralité de structure, et ainsi de suite.
- [0084] L'expression « comportant un » doit se comprendre comme étant synonyme de « comprenant au moins un ».
- [0085] Les termes « environ » ou « approximativement » tels qu'utilisés ici en lien avec une valeur numérique ou un paramètre font référence à l'intervalle d'erreur habituelle, connu de l'homme du métier dans le domaine technique, pour la mesure de cette valeur ou de ce paramètre. La référence à « environ » « une valeur ou un paramètre » inclut et décrit les modes de réalisation utilisant cette valeur ou ce paramètre. Dans certains modes de réalisation, le terme « environ » se réfère à $\pm 10\%$ d'une valeur donnée. Cependant, chaque fois que la valeur en question fait référence à un objet indivisible qui perdrait son identité une fois subdivisé, alors « environ » se réfère à ± 1 de l'objet indivisible.
- [0086] Les aspects et modes de réalisation de la présente invention décrits ici comprennent les variantes « ayant », « comprenant », « consistant en » et « consistant essentiellement en » de ces aspects et modes de réalisation. Les termes « ont » et « comprennent » utilisés en lien avec un élément, ou des variantes tels que « a »,

« ayant », « comprend » ou « comprenant », sont compris comme impliquant l'inclusion du ou des éléments mentionnés sans exclusion d'autre élément. Le terme « consistant en » implique l'inclusion de l'élément indiqué à l'exclusion de tout élément supplémentaire. Le terme « consistant essentiellement en » implique l'inclusion de l'éléments énoncé, et éventuellement d'autres éléments lorsque ces autres éléments n'affectent pas matériellement la ou les caractéristiques fondamentales de la divulgation. Il est entendu que les différents modes de réalisation de la divulgation utilisant le terme « comprenant » ou un équivalent couvrent les modes de réalisation où ce terme est remplacé par « consistant en » ou « consistant essentiellement en ».

[0087] Dans la description, les termes « essentiellement » ou « substantiellement » utilisé en conjonction avec une caractéristique vise à définir un ensemble de variantes de cette caractéristique qui sont en grande partie, mais pas entièrement, similaires à cette caractéristique. La différence entre l'ensemble des variantes de la caractéristique donnée et la caractéristique donnée est telle que dans l'ensemble des modes de réalisation correspondant à l'ensemble des variantes de la caractéristique donnée, la nature et la fonction de la caractéristique ne sont matériellement pas affectées. Par exemple, le terme « substantiellement » se référant à une position, par exemple « substantiellement parallèle » est utilisé pour décrire un ensemble de positions qui sont proche de, mais pas identique à, la position parallèle.

[0088] Il est entendu que certaines caractéristiques de l'invention, qui sont, par souci de clarté, décrites sous forme de modes de réalisation séparés, peuvent également être combinées dans un seul mode de réalisation. Inversement, diverses caractéristiques de l'invention, qui sont, par souci de brièveté, décrites dans le contexte d'un seul mode de réalisation, peuvent également être mises en œuvre séparément ou dans des sous-combinaisons appropriées.

[0089] Sauf indication contraire, tous les termes techniques et scientifiques utilisés ici ont le même sens que celui généralement compris par l'homme du métier du domaine de l'invention. Toutes méthodes et matériaux similaires ou équivalents à ceux décrits ici peuvent également être utilisés dans la mise en œuvre de l'invention. Toutes les publications mentionnées ici sont incorporées par référence pour décrire les méthodes et/ou les matériaux en rapport avec lesquels ces publications sont citées.

[0090] La liste des sources, ingrédients et composants décrits ci-après sont énumérés de telle sorte que des combinaisons et des mélanges de ceux-ci sont également envisagés et incluses ici. Les listes données peuvent être lues et interprétées comme signifiant « choisi dans le groupe consistant en » la liste de composés ou d'items données, « et les mélanges de ceux-ci ».

[0091] Chaque limitation numérique maximale donnée dans la description inclut toutes les

limitations numériques inférieures, comme si ces limitations numériques inférieures étaient expressément écrites. Chaque limitation numérique minimale donnée dans la description inclut toutes les limitations numériques supérieures, comme si ces limitations numériques supérieures étaient expressément décrites ici. Chaque plage numérique donnée dans la description comprend les plages numériques plus étroites incluses dans cette plage numérique donnée, comme si ces plages numériques étaient expressément décrites ici.

[0092] Il est fait référence dans la description à des matériaux, composés ou matériels donnés avec un nom commercial particulier. L'invention n'est pas limitée à la mise en œuvre de ces matériaux, composés ou matériels spécifiques et inclut tout équivalent connu dans le domaine.

Dispositif de maintien

[0093] Un dispositif de maintien selon l'invention (1, 21) d'une bouture de corail peut comprendre au moins :

[0094] - un premier élément tubulaire creux (2) s'étendant le long d'un axe longitudinal et comprenant une extrémité distale (3), une extrémité proximale (4), une face interne (13) et une face externe (5), et

[0095] - un deuxième élément (6) disposé co-axialement à l'extrémité proximale du premier élément et comprenant une partie évasée (7) définissant une surface plane (10) comprenant un plan divergeant circonférentiellement autour de l'axe longitudinal du premier élément (2), et

[0096] - ledit dispositif présentant une surface texturée (8).

[0097] Le premier élément comprend entre ses extrémités distale (3) et proximale (4), un corps (9) défini par la face interne (13) et la face externe (5) de ce premier élément.

[0098] Le deuxième élément (6) d'un dispositif de l'invention peut comprendre une partie évasée comprenant un bord (11) définissant, avec la surface plane (10) de la partie évasée (7), une collerette (12) autour dudit axe longitudinal. La collerette (12) peut être d'un seul tenant et former une surface continue comprenant un plan divergeant circonférentiellement autour de l'axe longitudinal du premier élément. Alternativement, selon un mode de réalisation non représenté, la collerette (12) peut présenter des interruptions disposées sensiblement perpendiculairement à son bord. Les interruptions peuvent prendre la forme d'incisions ou d'échancrures s'étendant du bord de la collerette jusqu'à l'extrémité proximale du premier élément.

[0099] La collerette (12) peut être déformable dans une direction sensiblement parallèle à l'axe longitudinal du premier élément (2). Avantageusement, la collerette (12) peut être déformable dans la direction de l'extrémité distale (3) du premier élément (2). Ainsi, une fois placé dans un support, par exemple une structure de support telle que définie ci-après ou un récif naturel d'un fonds marin, la collerette (12) déformable peut

être rabattue vers le bas, en direction de l'extrémité distale (3) du premier élément, et venir s'apposer sur la surface du support. En venant s'apposer sur la surface du support, la collerette favorise, par les forces de friction générées par sa surface texturée, la fixation et le maintien du dispositif dans son support.

- [0100] Selon un mode de réalisation, représenté sur la [Fig.1], un dispositif de maintien (1) d'une bouture de corail selon l'invention peut comprendre au moins un premier élément tubulaire creux (2) s'étendant le long d'un axe longitudinal et comprenant une extrémité distale (3), une extrémité proximale (4), une face interne (non visible) et une face externe (5), et un deuxième élément (6) disposé co-axialement à l'extrémité proximale (4) du premier élément (2) et comprenant une partie évasée (7) définissant une surface plane (10) comprenant un plan divergeant circonférentiellement autour de l'axe longitudinal du premier élément, la partie évasée (7) comprenant en outre un bord (11) définissant, avec la surface plane (10), une collerette (12) autour dudit axe longitudinal, et le dispositif peut présenter une surface texturée (8a, 8b). Avantageusement, la collerette (12) est déformable dans une direction sensiblement parallèle à l'axe longitudinal dudit membre tubulaire (2).
- [0101] Un tel dispositif, avec collerette, peut être dénommé dans la suite de la description dispositif « valve ».
- [0102] On a représenté sur la [Fig.2], une coupe transversale d'un dispositif de maintien (1) d'une bouture de corail comprenant au moins au moins un premier élément tubulaire creux (2) s'étendant le long d'un axe longitudinal et comprenant une extrémité distale (3), une extrémité proximale (4), une face interne (13) et une face externe (5), et un deuxième élément (6) disposé co-axialement à l'extrémité proximale (4) du premier élément (2) et comprenant une partie évasée (7) définissant une surface plane (10) comprenant un plan divergeant circonférentiellement autour de l'axe longitudinal du premier élément (2), la partie évasée (7) comprenant en outre un bord (11) définissant, avec la surface plane (10), une collerette (12) autour dudit axe longitudinal, et le dispositif peut présenter une surface texturée.
- [0103] Le premier élément comprend entre ses extrémités distale (3) et proximale (4), un corps (9) défini par la face interne (13) et la face externe (5) de ce premier élément.
- [0104] Pris dans son ensemble, un dispositif selon l'invention comprend une paroi constituée, d'une part, par la face interne (13) du premier élément tubulaire creux (2) qui se prolonge par la face supérieure (14) du second élément (6) et, d'autre part, par la face externe (5) du premier élément (2) qui se prolonge par la face inférieure (15) du second élément (6).
- [0105] La paroi du dispositif comprend une face interne et une face externe. La face interne de la paroi est formée par la face interne (13) du premier élément tubulaire creux (2) et la face supérieure (14) du second élément (6). La face externe de la paroi est formée

par la face externe (5) du premier élément tubulaire creux (2) et la face inférieure (15) du second élément (6). Les faces externe et interne représentent, ensemble, la surface du dispositif de l'invention.

- [0106] La paroi d'un dispositif présente la souplesse et la rigidité nécessaires à permettre l'insertion d'un fragment de corail dans le dispositif et assurer ensuite son maintien, et à permettre également l'insertion et le maintien du dispositif dans un orifice, soit d'une structure de support soit d'un récif d'un fonds marin.
- [0107] On a représenté sur la [Fig.3], une variante de réalisation d'un dispositif de l'invention (21). Un dispositif de l'invention (21) peut comprendre un deuxième élément (6) dont la partie évasée (7) comprend au moins quatre projections allongées (16) (sur la figure la 4^{ème} extrémité est non-visible car masquée), chaque projection comprenant une extrémité distale (17). Les projections sont disposées dans le plan de la surface de la partie évasée (7) et s'étendent, avec la partie évasée (7), en arc de cercle, dans la direction de l'axe longitudinal l'élément tubulaire creux (2), de sorte à former, avec l'ensemble des extrémités distales (17a, 17b, 17c, la quatrième extrémité est non-visible sur la figure car masquée par la projection se terminant par l'extrémité 17b) positionnées autour dudit axe longitudinal, un organe de maintien.
- [0108] Le premier élément comprend entre ses extrémités distale (3) et proximale (4), un corps (9) défini par la face interne (13) et la face externe (5) de ce premier élément.
- [0109] La surface du dispositif selon l'invention (21) est texturée (8).
- [0110] En particulier, la partie évasée (7) peut comprendre au moins 5 à au moins 15, en particulier au moins 7 à au moins 12, et en particulier au moins 10 projections allongées (16).
- [0111] Les projections comprennent une extrémité distale (17) et une base (18) située au niveau de la partie évasée du second élément.
- [0112] Les projections allongées peuvent être sensiblement planes. Alternativement, elles peuvent être sensiblement de forme tubulaire, creuse ou pleine. Avantageusement elles sont de forme tubulaire pleine. Avantageusement encore, elles sont sensiblement planes.
- [0113] Les projections allongées peuvent présenter une section transversale constante entre la partie évasée du second élément et leur extrémité distale. Alternativement, la section transversale peut se réduire sensiblement en direction des extrémités distales des projections, de sorte à conférer aux extrémités distales une forme de pointe.
- [0114] Avantageusement, les projections allongées (16) sont sensiblement de forme aplatie, avec une section transversale diminuant entre la base (18), située à la partie évasée (7) du second élément (6), de sorte à conférer aux extrémités distales (17) une forme de pointe, ou sensiblement de pointe.
- [0115] Les projections allongées (16) peuvent s'étendre, sensiblement dans le plan de la

surface de la partie évasée (7) du second élément (6), de manière linéaire, de sorte que l'extrémité distale (17) de la projection (16) se trouve en position sensiblement alignée par rapport à la position de la base (18).

- [0116] Alternativement, selon une variante de réalisation, les projections allongées peuvent s'étendre, sensiblement dans le plan de la surface de la partie évasée du second élément, selon une forme sigmoïdale ou une forme de torsade, de sorte que l'extrémité distale de la projection se trouve en position décalée, latéralement, par rapport à la position de la base.
- [0117] On a représenté en [Fig.4], une coupure transversale d'un dispositif selon l'invention (21) représenté sur la [Fig.3].
- [0118] Selon une variante de réalisation un dispositif de maintien d'une bouture de corail selon l'invention (21) comprend :
- [0119] - un premier élément tubulaire creux (2) s'étendant le long d'un axe longitudinal et comprenant une extrémité distale (3), une extrémité proximale (4), une face interne (13) et une face externe (5), et
- [0120] - un deuxième élément (6) disposé co-axialement à l'extrémité proximale (4) du premier élément (2) et comprenant une partie évasée (7) définissant une surface plane (10) comprenant un plan divergeant circonférentiellement autour de l'axe longitudinal du premier élément (2), la partie évasée (7) comprenant au moins quatre projections allongées (16), chaque projection comprenant une extrémité distale (17), lesdites projections étant disposées dans le plan de ladite surface de la partie évasée (7) et s'étendant, avec ladite partie évasée (7), en arc de cercle, dans la direction de l'axe longitudinal l'élément tubulaire creux (2), de sorte à former, avec l'ensemble des extrémités distales (17a, 17b, 17c) positionnées autour dudit axe longitudinal, un organe de maintien,
- [0121] ledit dispositif présentant une surface texturée (8).
- [0122] Un dispositif tel que décrit ci-dessus, avec projections, peut être dénommé dans la suite de la description dispositif « bague ».
- [0123] Les dimensions des dispositifs de type « valve » ou « bague » sont variables et dépendent des dimensions des boutures de corail à transplanter. Il est aisé d'obtenir des dispositifs de maintien de l'invention adaptés aux dimensions des fragments de corail par le procédé de fabrication par impression 3D décrit ci-après. Bien qu'il n'y ait pas de limites aux dimensions des dispositifs de maintien de l'invention, en pratique il n'est pas utile de bouturer des fragments de coraux de dimensions supérieur à 50 cm dans leur plus grande longueur.
- [0124] Dans leur plus grande longueur, les dispositifs de l'invention peuvent présenter une dimension variant d'environ 1 cm à environ 25 cm, notamment d'environ 2 cm à environ 20 cm, d'environ 5 cm à environ 15 cm, d'environ 8 cm à environ 10 cm.

- [0125] Dans leur plus grande largeur, les dispositifs de l'invention peuvent présenter une dimension variant d'environ 0,5 cm à environ 20 cm, notamment d'environ 1 cm à environ 15 cm, d'environ 4 cm à environ 12 cm, ou encore d'environ 8 cm à environ 10 cm.
- [0126] Selon une variante de réalisation, le premier élément tubulaire creux peut être fermé à son extrémité distale. Alternativement il peut être ouvert à son extrémité distale. L'ouverture peut présenter un diamètre sensible équivalent à la largeur du corps du premier élément. Alternativement, l'ouverture peut présenter un diamètre inférieur à la largeur du corps du premier élément. Selon encore une autre variante, l'extrémité distale peut comprendre au moins un ou une pluralité d'orifices, au moins deux, de dimensions et forme variables, par exemple circulaire.
- [0127] Le premier élément tubulaire creux peut présenter une section de forme variable. Elle peut être sensiblement circulaire, carrée, rectangulaire, trapézoïdale, triangulaire, ou encore ellipsoïdale. Avantageusement, elle est sensiblement circulaire. La section du premier membre tubulaire peut être constante dans toute la longueur du membre ou peut varier dans sa forme le long de cette longueur, par exemple présenter une section sensiblement circulaire dans un premier segment de la longueur de l'élément tubulaire, puis présenter une section sensiblement carrée dans un segment ultérieur.
- [0128] Avantageusement, la section du premier élément tubulaire creux est sensiblement circulaire constante dans toute la longueur de l'élément.
- [0129] La surface du corps de l'élément tubulaire creux, entre ses extrémités proximales et distales, peut être continue ou bien présenter des ouvertures de dimensions et tailles variées, notamment circulaire. En particulier, la surface du corps de l'élément tubulaire creux est continue.
- [0130] La présence d'une ouverture à l'extrémité distale et/ou d'au moins un orifice à l'extrémité distale et/ou d'au moins un orifice dans le corps du premier élément permet avantageusement à l'eau de mer ou de l'aquarium de circuler dans le dispositif de maintien et d'apporter plus facilement à la bouture de corail les éléments nutritifs nécessaires à sa croissance et à son développement.
- [0131] Un dispositif de l'invention, par exemple (1) ou (21), tel que décrit ici peut être constitué d'une seule pièce. Dans une telle configuration, le deuxième élément (6) peut constituer un prolongement de la partie proximale (4) du premier élément (2).
- [0132] Alternativement, un dispositif de l'invention, par exemple (1) ou (21), tel que décrit ici peut être constitué d'au moins deux pièces représentées, respectivement, par les premier (2) et second (6) éléments. Dans une telle configuration, les premier (2) et second (6) éléments peuvent être assemblés par toute méthode connue de l'homme de l'art, par exemple par soudure.
- [0133] Avantageusement, un dispositif de maintien selon l'invention est constitué d'une

seule pièce.

- [0134] Un dispositif de l'invention, par exemple (1) ou (21), tel que décrit ici est avantageusement destiné à maintenir un fragment ou bouture de corail. Le dispositif est ensuite placé dans un environnement permettant le développement et la croissance de la bouture en une nouvelle colonie de coraux. Les expressions « fragment de corail » ou « bouture de corail » sont utilisées ici indifféremment pour désigner un morceau de corail prélevé sur un individu en vue de sa reproduction par bouturage. Le bouturage est un mode de multiplication végétative consistant à donner naissance à un nouvel individu à partir d'un organe ou d'un fragment d'organe isolé. Le dispositif est destiné par ailleurs être disposé par insertion dans un orifice, soit d'une structure de support soit d'un récif naturel présent dans un fonds marin, de sorte à procurer au fragment de corail l'environnement nécessaire à sa croissance et à son développement.
- [0135] La fonction d'insertion d'un dispositif selon l'invention, par exemple (1) ou (21), dans un orifice de fixation est assurée par le premier élément tubulaire creux (2). La fonction de maintien d'une bouture de corail par le dispositif (1) est assurée par le second élément (6) disposé co-axialement à l'extrémité proximale (4) du premier élément (2) et comprenant une partie évasée (7), ainsi que par la lumière, ou partie interne du premier élément tubulaire creux (2). La fonction de maintien d'une bouture de corail par le dispositif (21) est assurée par le second élément (6) disposé co-axialement à l'extrémité proximale (4) du premier élément (2) et comprenant une partie évasée (7), ainsi que par les projections allongées (16) dont les extrémités distales (17) positionnées autour dudit axe longitudinal forme un organe de maintien.
- [0136] Un dispositif « bague » tel que décrit ci-dessus peut convenir avantageusement à maintenir un fragment de corail branchu ou massif. Dans une telle mise en œuvre, le fragment de corail peut être inséré entre les extrémités distales des projections allongées. L'insertion du fragment du corail est réalisée de sorte à conserver au moins une, et de préférence deux extrémités du fragment maintenues entre deux projections et s'étendant vers l'extérieur du dispositif. En particulier, un dispositif de l'invention (21) avec projections allongées (16) peut convenir pour les coraux massifs. On a représenté sur la [Fig.5] un dispositif selon l'invention (21) comprenant un fragment de corail massif (22) enserré dans les projections allongées (16).
- [0137] Un dispositif de type « bague » peut présenter une paroi rigide, ayant par exemple une dureté d'environ 95 à environ 98 Shore A, et en particulier d'environ 96 Shore A à environ 97 Shore A. En particulier, un tel dispositif peut présenter une paroi rigide ayant une dureté d'environ 98 Shore A.
- [0138] Un dispositif « valve » tel que décrit ci-dessus peut convenir avantageusement à maintenir un fragment de corail branchu. Dans une telle mise en œuvre, le fragment de corail peut être inséré dans toute la longueur du premier élément. Son maintien peut

être favorisé par la présence de picots, comme décrit ci-après. L'insertion du fragment du corail est réalisée de sorte à conserver une partie du fragment émergée au-dessus de la partie évasée du second élément.

- [0139] Un dispositif de l'invention avec collerette peut particulièrement convenir pour les coraux branchus. On a représenté sur la [Fig.6] un dispositif selon l'invention (1) comprenant un fragment de corail branchu (23).
- [0140] Un dispositif de type « valve » peut présenter une paroi ayant, par exemple, une dureté variant d'environ 85 à environ 98 Shore A, et en particulier d'environ 90 à environ 95 Shore A, et en particulier d'environ 92 Shore A. En particulier, un tel dispositif peut présenter une paroi rigide ayant une dureté d'environ 92 Shore A.
- [0141] Une fois le fragment de corail inséré dans un dispositif de maintien de type « valve », ce dernier peut être disposé dans une structure de support, par exemple une structure de support telle que définie ci-après ou un récif naturel d'un fonds marin, la collerette déformable peut être rabattue vers le bas, en direction de l'extrémité distale de l'élément tubulaire creux, et venir s'apposer sur la surface du support. En venant s'apposer sur la surface du support, la collerette favorise, par les forces de friction générées par sa surface texturée, la fixation et le maintien du dispositif dans son support.
- [0142] On a représenté sur les Figures 7 et 8, un dispositif selon l'invention (1) contenant un fragment de corail branchu (23) inséré dans un orifice (25) d'un support (24). La [Fig.7] représente le dispositif avec la collerette (12) relevée en position initiale. La [Fig.8] représente le dispositif avec la collerette (12) déformée et apposée sur la surface du support (24).
- [0143] Alternativement, un dispositif « valve » peut convenir pour maintenir un dispositif « bague » lui-même comprenant une bouture de corail branchu ou massif.
- [0144] On a représenté aux Figures 9 et 10, un dispositif de l'invention de type « bague » (21) comprenant un fragment de corail massif (22) et inséré dans un dispositif de maintien de type « valve » (1).
- [0145] Un dispositif « valve » ou un dispositif « bague » tel que décrit ci-dessus peut en outre comprendre au moins un, et notamment une pluralité, de picots disposés au moins sur la face interne de la paroi du dispositif.
- [0146] Selon un mode de réalisation, le ou les picots peuvent être disposés sur la face interne du premier élément. Le ou les picots peuvent être disposés au niveau de l'extrémité proximale. Alternativement, ou de manière supplémentaire, ils peuvent être disposés sur l'ensemble de la surface interne du corps du premier élément, voire également au niveau de l'extrémité distale.
- [0147] Selon une variante de réalisation, le ou les picots peuvent être disposés sur la face supérieur du second élément.
- [0148] Les picots peuvent être disposés sur la circonférence du premier élément tubulaire

creux, ou longitudinalement le long de l'axe longitudinal du premier élément, voire sur la circonférence et le long de l'axe de longitudinal de sorte à être disposés de manière régulière sur la face interne du premier élément. La densité de picots est ajustée de sorte à permettre l'augmentation du maintien du fragment de corail (ou tout autre élément inséré dans un dispositif de l'invention) sans prévenir ou gêner son insertion.

[0149] La présence des picots permet avantageusement de favoriser le maintien du fragment de corail inséré dans l'élément tubulaire creux, ou le cas échéant le maintien d'un second dispositif de maintien d'un fragment de corail inséré dans le premier.

[0150] On a représenté sur la [Fig.11], une coupe transversale d'un dispositif selon l'invention (1) comprenant une pluralité de picots (26) disposés sur la face interne (13) du premier élément (2) et sur la face supérieure (14) du second élément (6).

[0151] Un dispositif selon l'invention présente une surface texturée (8). La surface texturée peut présenter une rugosité moyenne de surface permettant de produire une friction avec une surface de la bouture de corail et/ou avec un point de contact d'une structure de support. Au sens de l'invention, le terme « texturé » signifie que la surface de la paroi est rugueuse. La texturation ou rugosité de la surface de la paroi est présente sur la face externe de la paroi ou sur sa face interne. Avantageusement, la texturation ou rugosité est présente sur la face interne et sur la face externe.

[0152] La texturation de la surface de la face interne du dispositif permet, par un phénomène de friction générée entre la texture de la surface et la surface de la bouture de corail, de bloquer et maintenir la bouture dans le dispositif.

[0153] La texturation de la surface de la face externe du dispositif permet, par un phénomène de friction générée entre la surface texturée et la surface d'un support dans lequel est inséré le dispositif, de bloquer et maintenir le dispositif dans le support.

[0154] Le terme « texturé » n'implique pas l'utilisation d'un matériau ou d'un procédé de fabrication particulier (par exemple, une finition ou un revêtement appliqué). Le terme « texturé » est utilisé pour désigner un profil de surface à frottement élevé par opposition à un profil de surface lisse ou poli. Une face, ou une surface, texturée peut être formée de nombreux constituants discrets à proximité les uns des autres, définissant ensemble une pluralité d'éléments convexes et concaves. Les éléments concaves et convexes ne sont pas limités à une forme particulière. Un élément concave convenant à l'invention n'est pas limité à une forme particulière et peut, par exemple, présenter la forme d'un creux, d'une vallée, d'une cavité, d'un renforcement, d'une rainure, d'une strie ou encore d'une dépression. Un élément convexe convenant à l'invention n'est pas limité à une forme particulière et peut, par exemple, présenter la forme d'une bosse, d'une aspérité, d'une saillie, d'un angle, d'une protubérance, d'un renflement, d'une élévation, ou encore d'une excroissance.

[0155] La texturation n'est pas limitée à une forme particulière. Une texturation convenant à

l'invention peut, par exemple, présenter la forme d'un ensemble de sillons, de stries, de rainures, de rayures, de mailles, d'un réseau géométrique, ou encore d'entrelacs.

[0156] Selon un mode de réalisation, la texturation de la surface d'un dispositif de l'invention et la texturation de la surface d'un support, par exemple une structure de support de l'invention, peuvent présenter des configurations identiques ou similaires de sorte à ce que les éléments convexes de la surface du dispositif puisse venir s'imbriquer dans les éléments concaves de la surface du support, et que les éléments convexes de la surface du support puissent venir s'imbriquer dans les éléments concaves de la surface du dispositif. Les configurations identiques ou similaires des texturations permettent de générer généralement un plus grand frottement de surface, puisque les constituants opposés sont facilement placés en contact interférant / entrelacé les uns avec les autres.

[0157] Selon un mode de réalisation avantageux, la surface d'un dispositif et la surface d'une structure de support présentent une texturation formée d'un ensemble de sillons, stries ou rainures disposés, substantiellement, de manière parallèle les uns aux autres.

[0158] La texturation de la surface d'un dispositif selon l'invention peut être définie par une rugosité de surface, notamment une rugosité moyenne de surface. La rugosité de surface correspond aux irrégularités présentes sur une surface et causées par des différences de niveau. La rugosité de surface peut être établie en mesurant un profil de surface à l'aide d'un appareil de mesure de rugosité. Différentes méthodes de mesure de la rugosité peuvent être appliquées. À titre d'exemples de méthodes de mesure de la rugosité de surface, notamment la rugosité moyenne de surface, on peut citer des méthodes tactiles, telle que la méthode du stilet, ou des méthodes optiques, par exemple avec un profilomètre optique.

[0159] Dans la méthode dite du stilet, une pointe de palpeur est utilisée à une vitesse constante sur la surface d'un dispositif. La pointe balaie la surface point par point. Une mesure tactile de la rugosité moyenne de surface peut par exemple être obtenue avec un équipement du type SurfTest SJ-210 ou SurfTest SJ-410 commercialisé par la société Mitutoyo.

[0160] Une mesure optique de la rugosité moyenne de surface peut par exemple être obtenue avec un équipement du type profilomètre optique, par exemple le profilomètre optique NewView™ 9000 de Zygo Corporation, ou encore avec un capteur confocal chromatique lumière blanche Rainbow commercialité par la société OGP

[0161] Selon la norme DIN EN ISO 4288 (à la date du dépôt), un profil de rugosité est mesuré sur 5 sections de mesure individuelles. La plupart des caractéristiques de rugosité comme, par exemple, la valeur arithmétique de rugosité moyenne (R_a), la profondeur de rugosité moyenne (R_z) ou la profondeur de rugosité maximale (R_{max}) sont calculées sur une section de mesure individuelle (la longueur d'une section de

mesure individuelle est numériquement égale à la longueur d'onde limite supérieure). Les valeurs caractéristiques comme la proportion de matériau (R_{mr}) ou la hauteur totale du profil de rugosité (R_t) sont prises en compte sur l'ensemble du profil de rugosité. Les caractéristiques de rugosité ou les paramètres de rugosité font référence à la norme internationale DIN EN ISO 4287 (à la date du dépôt).

- [0162] La rugosité moyenne R_a est définie comme la valeur moyenne arithmétique des valeurs absolues des écarts du profil à l'intérieur de la section de référence.
- [0163] La rugosité moyenne de surface d'un dispositif de l'invention peut être mesurée parallèlement à l'axe longitudinal de l'élément.
- [0164] La rugosité moyenne de surface d'un dispositif de l'invention peut être mesurée perpendiculairement aux stries présentes à la surface.
- [0165] La surface texturée d'un dispositif selon l'invention peut présenter une rugosité moyenne de surface d'au moins $0,5 \mu\text{m}$, en particulier une rugosité de surface variant d'environ $0,5$ à environ $320 \mu\text{m}$. En particulier, un dispositif de l'invention peut présenter une rugosité moyenne de surface variant d'environ $1 \mu\text{m}$ à environ $300 \mu\text{m}$, d'environ $2 \mu\text{m}$ à environ $250 \mu\text{m}$, d'environ $4 \mu\text{m}$ à environ $200 \mu\text{m}$, d'environ $8 \mu\text{m}$ à environ $150 \mu\text{m}$, d'environ $10 \mu\text{m}$ à environ $120 \mu\text{m}$, d'environ $15 \mu\text{m}$ à environ $100 \mu\text{m}$, d'environ $20 \mu\text{m}$ à environ $80 \mu\text{m}$, ou encore d'environ $30 \mu\text{m}$ à environ $50 \mu\text{m}$.
- [0166] Un dispositif selon l'invention peut présenter une rugosité moyenne de surface d'environ $0,5 \mu\text{m}$, d'environ $1 \mu\text{m}$, d'environ $2 \mu\text{m}$, d'environ $5 \mu\text{m}$, d'environ $8 \mu\text{m}$, d'environ $10 \mu\text{m}$, d'environ $15 \mu\text{m}$, d'environ $20 \mu\text{m}$, d'environ $30 \mu\text{m}$, d'environ $40 \mu\text{m}$, d'environ $50 \mu\text{m}$, d'environ $80 \mu\text{m}$, d'environ $100 \mu\text{m}$, d'environ $120 \mu\text{m}$, d'environ $150 \mu\text{m}$, d'environ $180 \mu\text{m}$, d'environ $200 \mu\text{m}$, d'environ $250 \mu\text{m}$, d'environ $280 \mu\text{m}$, d'environ $300 \mu\text{m}$, ou encore d'environ 320 .
- [0167] Comme détaillé ci-après, la rugosité de surface, ou texturation, d'un dispositif de l'invention est déterminé, notamment, par les paramètres du procédé de fabrication du dispositif. Ainsi, à chaque procédé de fabrication correspond une rugosité de surface attendue.
- [0168] La paroi d'un dispositif de l'invention présente une souplesse ou une rigidité adaptée à l'insertion et au maintien d'un fragment de corail dans le dispositif, et à l'insertion et au maintien du dispositif dans un support, naturel ou manufacturé. La souplesse ou la rigidité d'un dispositif de l'invention peut être mesurée au moyen de l'échelle de dureté Shore. La dureté peut être mesurée au moyen d'un duromètre Shore. Un tel appareil détermine la profondeur d'enfoncement d'un pénétrateur normalisé, une pointe tronconique, par application sur un échantillon, qui en pénétrant dans l'échantillon entraîne une réaction sur un ressort métallique calibré. L'échelle de mesure de la dureté de la paroi d'un dispositif selon l'invention est l'échelle Shore A. La mesure de la dureté dans l'échelle Shore A peut être réalisée avec un cône tronqué ayant un angle de

cône de 35°, une force de ressort 8,065N et une force de pression 12,5N.

[0169] Les dispositifs de maintien peuvent être colorés de sorte à favoriser le biomimétisme avec les fragments de coraux. La coloration des dispositifs selon l'invention s'obtient par la coloration du matériau utilisé pour les fabriquer, comme détaillé ci-après.

[0170] Comme illustré sur la [Fig.15], Les dispositifs de l'invention peuvent être insérés dans des supports, soit artificiels, telles que la structure de support décrite ci-après, soit naturels, tels qu'un récif disposé sur un fond marin.

Structure de support

[0171] Un des objets de l'invention concerne une structure de support d'au moins un dispositif de l'invention. Une telle structure comprenant une surface continue comprenant au moins un orifice configuré pour recevoir l'extrémité distale d'un dispositif tel que décrit ici. La surface de la structure est texturée.

[0172] Une structure de support peut avoir toute forme possible. En particulier, elle peut présenter des protubérances et des creux destinés à mimer le relief naturel d'un récif corallien. Alternativement, elle peut présenter une forme géométrique, telle qu'un cube, un parallélépipède, ou encore un polygone comprenant au moins une face de dimension suffisante pour permettre à la structure d'être disposée de manière stable dans le fond d'un aquarium ou sur un fond marin.

[0173] On a représenté en [Fig.12], une structure de support (27), de forme quelconque, présentant des protubérances (28) et des creux (29), comprenant une surface continue (38) comprenant une pluralité d'orifices (30), configurés le cas échéant pour recevoir un élément tubulaire creux (2) d'un dispositif (1, 21), et la surface étant texturée (31).

[0174] La texturation de la surface de la structure de support selon l'invention peut présenter les mêmes caractéristiques que la texturation de la surface d'un dispositif de l'invention, notamment tel que décrit précédemment, et la rugosité moyenne de surface peut être mesurée également comme décrit précédemment pour les dispositifs.

[0175] La surface texturée d'une structure de support selon l'invention peut présenter une rugosité moyenne de surface d'au moins 0,5 μm , en particulier une rugosité moyenne de surface variant d'environ 10 à environ 770 μm . En particulier, un dispositif de l'invention peut présenter une rugosité moyenne de surface variant d'environ 15 μm à environ 700 μm , d'environ 20 μm à environ 600 μm , d'environ 40 μm à environ 500 μm , d'environ 50 μm à environ 400 μm , d'environ 80 μm à environ 300 μm , d'environ 100 μm à environ 250 μm , d'environ 120 μm à environ 200 μm , ou encore d'environ 150 μm à environ 180 μm .

[0176] Une structure de support selon l'invention peut présenter une rugosité moyenne de surface d'environ 0.5 μm , d'environ 10 μm , d'environ 15 μm , d'environ 20 μm , d'environ 40 μm , d'environ 50 μm , d'environ 80 μm , d'environ 100 μm , d'environ 120 μm , d'environ 150 μm , d'environ 180 μm , d'environ 200 μm , d'environ 250 μm ,

d'environ 300 μm , d'environ 400 μm , d'environ 500 μm , d'environ 600 μm , d'environ 700 μm , ou encore d'environ 770 μm .

- [0177] Selon un mode de réalisation avantageux, la surface (38) d'une structure de support (27) présente une texturation (31) formée d'un ensemble de sillons, stries ou rainures disposés, substantiellement, de manière parallèle les uns aux autres.
- [0178] La surface d'une structure de support (27) selon l'invention comprend au moins un orifice (30) configuré pour recevoir l'élément tubulaire creux (2) d'un dispositif selon l'invention (1, 21).
- [0179] En particulier, une structure de support présente une pluralité d'orifices (30). Les orifices sont disposés de manières aléatoires ou désordonnées à la surface de la structure. Alternativement, les orifices peuvent être placés de manière ordonnée.
- [0180] Les orifices sont placés à une distance les uns des autres de sorte à permettre à chaque bouture de corail présente dans un dispositif de maintien de l'invention placé dans chacun des orifices de se développer sans interférer avec la croissance et le développement des boutures voisines. Par exemple, les orifices peuvent être placés à une distance d'au moins 5 cm, en particulier d'au moins 8 cm, en particulier d'au moins 10 cm, en particulier d'au moins 12, voire d'au moins 15 cm les uns des autres. La distance entre deux orifices voisins peut varier d'environ 5 cm à environ 15 cm, en particulier d'environ 8 cm à environ 12 cm, voire d'être d'environ 10 cm.
- [0181] Selon une variante de réalisation, la structure de support peut être pleine. Dans cette variante, les orifices sont creusés ou forés dans la masse.
- [0182] Selon une autre variante de réalisation, la structure de support peut être creuse et comprendre une paroi. Dans cette variante, les orifices peuvent être creusés ou forés dans la paroi de la structure creuse. Alternativement, la structure creuse peut, par exemple, être moulée par injection ou extrusion soufflage dans un moule comprenant des picots permettant de former les orifices.
- [0183] Selon encore une autre variante de réalisation, la structure de support peut comprendre une paroi et une partie interne constituée d'une pluralité d'alvéoles. Les alvéoles sont avantageusement en communication les unes avec les autres. Une telle structure peut être obtenue par impression 3D avec un INFILL de type alvéole (ou hexagonale). En impression 3D, l'INFILL traduit le degré de remplissage du produit imprimé. Plus le motif d'INFILL est dense plus la partie interne du produit imprimé sera remplie. Une structure de support selon l'invention peut comprendre une densité d'INFILL variant de 1 à 50%.
- [0184] On a représenté en [Fig.13], une coupe transversale d'une structure de support (27), de forme quelconque, présentant des protubérances (28) et des creux (29), comprenant une paroi (32) et une partie interne constituée d'une pluralité d'alvéoles (33).
- [0185] On a représenté en [Fig.14], une coupe transversale d'une structure de support (27),

de forme quelconque, présentant des protubérances (28) et des creux (29), comprenant une paroi (32) et une partie interne constituée d'une pluralité d'alvéoles (33). La structure comprend une pluralité d'orifices (30) dans lesquels sont insérés des dispositifs de maintien (1) ou (21) de fragment de corail (22) ou (23).

- [0186] Dans le cas d'une structure creuse ou d'une structure comprenant une partie interne alvéolée, avantageusement les orifices peuvent être ouverts sur l'intérieur de la structure de sorte à permettre une communication entre l'extérieur et l'intérieur de la structure. Cela peut permettre le remplissage de la structure immergée dans un aquarium ou placé sur un fond marin par de l'eau. La structure ainsi remplie est lestée et peut demeurer stablement au fond de l'aquarium ou sur le fond marin.
- [0187] Selon une variante de réalisation, une structure de support selon l'invention peut comprendre une partie interne constituée d'une pluralité d'alvéoles en communication les unes avec les autres et, directement ou indirectement, avec les orifices. Chaque alvéole constitue une cavité comprenant une paroi commune avec au moins une alvéole adjacente et au moins une ouverture permettant une communication de la cavité de l'alvéole avec une cavité d'au moins une alvéole adjacente.
- [0188] Le nombre d'alvéoles dans la partie interne d'une structure de support de l'invention obtenue par impression 3D, et leurs dimensions, dépendent, notamment du type d'INFILL choisi et de sa densité. La densité et le modèle d'INFILL sont ajustés pour obtenir le meilleur compromis en termes de solidité, poids et coût de la pièce produite et pour assurer un remplissage par l'eau lors de l'immersion de la structure de support.
- [0189] Les dimensions d'une structure de support de dispositifs de type « valve » ou « bague » peuvent être variables et dépendre, notamment, de la destination finale de la structure de support : aquarium ou fonds marin, du nombre de dispositifs de maintien à placer, etc. En pratique, une structure de support peut présenter des dimensions de quelques centimètres en hauteur, largeur et longueur voire à plusieurs dizaines de cm. Pour des structures de dimensions particulièrement importante, celles-ci peuvent s'exprimer en mètre.
- [0190] Une structure de support selon l'invention peut comprendre au moins un dispositif selon l'invention. De préférence, la structure est immergée, puis les dispositifs de maintien de bouture de corail selon l'invention sont disposés les orifices. Dans le cas d'une structure creuse ou à partie interne alvéolée, cela permet avantageusement le remplissage et le lestage de la structure par l'eau.
- [0191] Selon un mode de réalisation, dans le cas de l'utilisation d'un dispositif de type « valve », soit en tant que dispositif direct de maintien d'une bouture de corail soit en tant que dispositif de maintien indirect et comprenant alors un dispositif de type « bague » contenant une bouture, la collerette peut être apposée, par déformation, à la surface de la structure. Le phénomène de friction généré par la mise en contact des

surfaces texturées de la collerette et de la structure de support permet avantageusement le positionnement stable du dispositif de maintien dans la structure.

[0192] Les dispositifs de maintien d'une bouture de corail selon l'invention sont texturés sur l'ensemble de leur surface. Le contact entre la surface texturée du dispositif de l'invention et le bord de l'orifice dans lequel il est inséré permet de générer des frictions permettant avantageusement le positionnement stable du dispositif de maintien dans la structure.

[0193] Comme pour les dispositifs de maintien, une structure de support selon l'invention peut être colorée de sorte à favoriser le biomimétisme avec les fragments de coraux. De préférence, une structure de support selon l'invention peut mimer, tant dans sa forme que dans sa couleur, l'aspect d'un corail commun et résistant, de type *Porites furcata*, pour signaler aux coraux adjacents qu'il s'agit d'un milieu propice à leurs développements. La coloration des structures de support selon l'invention peut s'obtenir par la coloration du matériau utilisé pour les fabriquer, comme détaillé ci-après.

Polymères biodégradables

[0194] Un dispositif de maintien et/ou une structure de support selon l'invention peut être constitué d'un polymère biodégradable comprenant au moins un sel de calcium.

[0195] Ainsi, selon un de ses objets, l'invention concerne l'utilisation d'un polymère biodégradable comprenant au moins un sel de calcium pour la fabrication d'un dispositif de maintien d'une bouture de corail selon l'invention ou d'une structure de support selon l'invention.

[0196] Un polymère est une macromolécule constituée d'un enchainement d'unités de répétition. Un polymère biodégradable est un polymère qui se dégrade rapidement dans le temps et en sous-produits biocompatibles (ou écologiques).

[0197] Un polymère biodégradable convenant à l'invention peut être adapté à être utilisé dans un procédé de fabrication d'un dispositif ou une structure de support selon l'invention par moulage, par exemple par injection ou extrusion ou soufflage, ou par impression 3D.

[0198] Avantageusement, un polymère biodégradable comprenant au moins un sel de calcium peut convenir à un procédé de fabrication des dispositifs et structures de l'invention par impression 3D.

[0199] Les polymères utilisables en impression 3D sont fournis sous forme de fil.

[0200] Un polymère convenant à l'invention peut présenter une température d'extrusion de 150°C à 220°C, notamment de 180°C à 190°C.

[0201] Un polymère biodégradable convenant à l'invention peut être choisi parmi un polymère d'acide polylactique, un polymère d'acide glycolique, un polyhydroxyalcanoate, un polyalkylène succinate, la polycaprolactone, le poly(triméthylène terephthalate) (PTT), et un mélange de ceux-ci.

- [0202] Un polyhydroxycarboxylate peut être choisi parmi le polyhydroxybutyrate (PHB), le poly(3-hydroxybutyrate-co-3-hydroxyvalérate) (PHBV), le poly(3-hydroxybutyrate-co-3-hydroxyhexanoate) (PHBHHx), et mélange de ceux-ci.
- [0203] Un polyalkylène succinate peut être choisi parmi le poly(éthylène succinate) (PESu), le poly(propylène succinate) (PPSu), le poly(butylène succinate) (PBSu), et mélange de ceux-ci.
- [0204] En particulier un polymère biodégradable peut être un polymère d'acide polylactique (PLA).
- [0205] Un sel de calcium convenant à l'invention peut être un sel organique de calcium. Un sel organique peut être choisi parmi le carbonate de calcium, le citrate de calcium, l'hydroxyapatite, le lysinate de calcium, et un mélange de ceux-ci. En particulier un sel de calcium est le carbonate de calcium. Le carbonate de calcium est un élément de la constitution du squelette corallien
- [0206] Le carbonate de calcium peut être introduite dans le polymère sous toute forme convenable à l'invention. En particulier, le carbonate de calcium peut être introduit dans le polymère sous forme d'un broyat de coquille d'ostéodés, comme par exemple un broyat de coquilles d'huîtres.
- [0207] Les particules de sels de calcium, notamment de carbonate de calcium présentent une taille qui n'interfère pas avec le diamètre de la buse d'extrusion de l'imprimante 3D. Par exemple la taille des particules de sel de calcium, notamment de carbonate de calcium, peut être inférieure à 250 µm.
- [0208] Un polymère comprenant un sel de calcium peut comprendre d'autres composés destinés à améliorer la biocompatibilité, le biomimétisme, l'imprimabilité, la rugosité et/ou la dureté d'un dispositif ou d'une structure de support selon l'invention.
- [0209] À titre d'exemple, le biomimétisme est amélioré par addition, au polymère d'impression, de sels de calcium et de colorants mimant la couleur des coraux.
- [0210] La rugosité et/ou la dureté d'un dispositif ou d'une structure de support selon l'invention peut être améliorée par addition, au polymère d'impression, de particules de bois ou de pierre.
- [0211] À titre de composés additionnels susceptibles de moduler la dureté d'un dispositif ou d'une structure selon l'invention, on peut citer, par exemple, le chitosan, la chitine, l'amidon, ou encore des alginate.
- [0212] À titre d'additifs utilisables avec les polymères utilisés dans l'invention, on peut également citer les colorants. Les colorants peuvent avantageusement être mis en œuvre pour procurer un effet de biomimétisme.
- [0213] De nombreux types de colorants sont utilisables. De préférence, des colorants biocompatibles ou biosourcés sont utilisés. À titre d'exemples de colorants utilisables dans l'invention, on peut citer le curcumin, la bixin, les anthocyanines, la chlorophylle,

l'astaxanthine, les naphthoquinones, les carotenoids, ou encore les colorants extraits de raisins, fraises, pommes, cerises ou chou rouge.

- [0214] La coloration des polymères utilisables dans un procédé de l'invention peut être obtenue par incorporation d'un mélange-maître dans le biopolymère lors de sa production avant extrusion en filament pour impression 3D.
- [0215] Un polymère convenant à l'invention peut être un polymère d'acide lactique comprenant du chitosan et de l'hydroxyapatite tel que décrit dans Nazeer *et al.* (Materials Today Communications, Vol. 25, 2020, 101515: 3D printed poly(lactic acid) scaffolds modified with chitosan and hydroxyapatite for bone repair applications, doi.org/10.1016/j.mtcomm.2020.101515).
- [0216] Un polymère convenant à l'invention peut être un polymère d'acide lactique comprenant de l'hydroxyapatite tel que décrit dans Dubinenko et al. (Journal of Applied Polymer Science. (2021; 138:e49662): Highly filled poly(l-lactic acid)/hydroxyapatite composite for 3D printing of personalized bone tissue engineering scaffolds. doi.org/10.1002/app.49662).
- [0217] Un polymère convenant à l'invention peut être un polymère d'acide lactique comprenant du carbonate de calcium tel que décrit dans Gayer *et al.* (Materials Science and Engineering: C, Vol. 101, 2019, pages 660-673: Development of a solvent-free polylactide/calcium carbonate composite for selective laser sintering of bone tissue engineering scaffolds; doi.org/10.1016/j.msec.2019.03.101.) ou tel que décrit dans Nunes *et al.* (International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology, Vol. 4 Issue 6, June 2017: Evaluation of the Poly (Lactic Acid) and Calcium Carbonate Effects on the Mechanical and Morphological Properties in PBAT Blends and Composites).
- [0218] Un polymère biodégradable comprenant au moins un sel de calcium convenant à l'invention peut être un polymère d'acide lactique comprenant du carbonate de calcium. Avantageusement, le carbonate de calcium est introduit dans le polymère sous forme d'un broyat de coquille d'ostreïdé, comme par exemple un broyat de coquilles d'huîtres.
- [0219] À titre d'exemple, de polymère d'acide lactique comprenant du carbonate de calcium convenant à l'invention on peut également citer le polymère en fil : FIL PLA 1.75 MM FRANCOFIL : COPRODUIT HUÎTRE - 750G commercialité par la Société Francofil sous la référence FRF341674.

Procédé de fabrication

- [0220] Un dispositif ou une structure de support selon l'invention peut être fabriqué par toute méthode connue dans le domaine, en particulier utilisable avec les polymères comprenant un sel de calcium, tels que décrits précédemment.
- [0221] Un procédé de fabrication convenant à l'invention permet la texturation de la surface

du dispositif ou de la structure de support.

- [0222] Un procédé de fabrication d'un dispositif ou d'une structure de l'invention peut être un procédé d'impression en trois dimensions (ou impression 3D). Un procédé d'impression 3D permet avantageusement d'obtenir la texturation de surface du dispositif ou de la structure lors de l'étape d'impression.
- [0223] Selon le produit à fabriquer, dispositif ou structure de support, le procédé d'impression peut comporter des paramètres, et des modalités d'impression différentes.
- [0224] Les procédés d'impression 3D sont bien connus.
- [0225] Préliminairement à l'impression, un dispositif ou une structure selon l'invention est modélisé. Un tel modèle peut être développé à partir de différents logiciels, par exemple Catia, Fusion360, Solidworks, Creo, et le format final est généré dans format lisible par machine, par exemple STEP, STL ou OBJ. Le modèle obtenu est ensuite découpé en couches par un logiciel de découpage. Les dimensions des couches (longueur, diamètre) sont adaptées au matériel d'impression utilisé, notamment à la buse d'extrusion, aux dimensions du filament de polymère, et également aux taux d'extrusion/seconde. Les couches doivent être suffisamment épaisses et proches les unes des autres pour assurer la solidité de l'objet imprimé, mais également assez éloignées et/ou fines afin de conférer à l'objet imprimé la souplesse recherchée. Le logiciel convertit le modèle en coordonnées que l'imprimante 3D comprend et le polymère est déposé en couches les unes au-dessus des autres selon ces coordonnées lors du processus d'impression. À la sortie, le modèle a la forme d'un fichier texte avec une extension de fichier «.gcode».
- [0226] Un dispositif ou structure selon l'invention peut être imprimée grâce à diverses technologies d'impression 3D. L'impression 3D est une technologie de fabrication additive où un objet 3D est créé en déposant des couches de matériaux pour créer un objet physique. Les imprimantes par extrusion et dépôt de matière fondue (FDM) utilisent des filaments de polymères, tels que PLA (polymère d'acide lactique), ABS (acrylonitrile butadiène styrène), PC (polycarbonate), PET-G (polyéthylène téréphtalate glycolisé), les imprimantes pour impression 3D en stéréolithographie (SLA) ou par DLP (Digital Light Processing) utilisent des résines, et la technologie SLS (Frittage Sélectif par Laser) utilise un matériau en poudre, par exemple du nylon.
- [0227] En particulier, un procédé de fabrication d'un dispositif ou d'une structure de support selon l'invention peut utiliser la technologie par extrusion et dépôt de matière fondue (« fused filament modeling » (FFM), « melted and extruded modeling » (MEM), « fused filament fabrication » (FFF), ou « fused deposition method » (FDM) / « modélisation de filaments fondus » (FFM), « modélisation fondue et extrudée » (MEM), « fabrication de filaments fondus » (FFF), ou « méthode de dépôt par fusion » (FDM)).
- [0228] On a représenté à la [Fig.16], un schéma figurant une impression par dépôt de

matière fondue où une buse d'imprimante 3D (34) dépose sur une surface de travail (35) une succession de couches (36) de polymère fondu.

- [0229] On a illustré à la [Fig.17] que les couches (36) de polymère fondu extrudées et déposées par la buse d'imprimante 3D conduisent à la formation de stries (37) à la surface du produit fabriqué. Plus l'épaisseur des couches de polymère fondu déposées par la buse de l'imprimante 3D est large, plus les stries seront profondes, et plus la valeur de la rugosité moyenne de surface sera grande. Plus l'épaisseur des couches de polymère fondu déposées par la buse de l'imprimante 3D est fine, moins les stries seront profondes, et plus la valeur de la rugosité moyenne de surface sera petite.
- [0230] Un procédé d'impression 3D d'un dispositif selon l'invention peut se faire en mode « vase ». Ce mode d'impression 3D implique que la paroi est imprimée en une seule couche, sans interruption de l'extrudeur (ou buse d'impression). L'axe des z monte de façon graduelle au lieu de faire les couches une par une comme dans une impression standard. Une telle impression se fait avantageusement sans INFILL. La couche est déposée graduellement sur elle-même par rotation de la buse d'impression autour de l'axe longitudinal du dispositif. L'empilement de la couche conduit à la formation de stries formant la texturation de la surface.
- [0231] On a illustré à la [Fig.18], une impression 3D d'un dispositif de maintien de l'invention de type « valve » par une méthode de dépôt de couches de polymère fondu. La buse d'impression 3D (34) dépose de manière continue, en progressant le long de l'axe des Z, une couche empilée (36) de polymère fondu pour former le contour, sans INFILL – mode vase – d'un dispositif de type « valve » (1).
- [0232] Un dispositif selon l'invention peut être imprimé en impression 3D selon la technologie par dépôt fondu, avec une buse d'extrusion d'un diamètre d'environ 0,4 mm. Les vitesses d'impression, les épaisseurs de couches, les températures d'extrusion vont dépendre du polymère utilisé et de la buse utilisée. Habituellement, une épaisseur de couche ne doit pas dépasser 80% du diamètre de la buse.
- [0233] À titre d'exemple, pour un polymère d'acide lactique comprenant du carbonate de calcium, tel que celui commercialisé par la société FRANCOFIL, sous la référence FRF341674, la température de buse peut être d'environ 200°C (entre 185°C et 230°C), la température de surface d'impression d'environ 30°C (entre 20°C et 30°C), la vitesse d'impression d'environ 60 mm/s (entre 40 et 100 mm/s), et la hauteur de couche d'environ 0,5 µm à environ 320 µm.
- [0234] Une structure de support selon l'invention peut être imprimé en impression 3D selon la technologie par dépôt fondu, avec une buse d'extrusion d'un diamètre d'environ 1,2 mm. Les vitesses d'impression, les épaisseurs de couches, les températures d'extrusion vont dépendre du polymère utilisé, de la buse utilisée, et de la densité et du modèle d'INFILL choisi.

- [0235] Une structure de support selon l'invention peut être imprimée en 3D avec un polymère d'acide lactique comprenant du carbonate de calcium, tel que celui commercialisé par la société FRANCOFIL, sous la référence FRF341674, avec les spécificités précédemment décrites. La hauteur de couche peut varier d'environ 0,5 μm à environ 770 μm .
- [0236] L'impression peut se faire, par exemple, avec une épaisseur de couche d'environ 3 mm maximum. Une telle épaisseur de couche permet de conférer une bonne solidité et une bonne résistance à l'eau de l'objet tout en conservant un aspect strié apportant une rugosité nécessaire pour la fixation des coraux.
- [0237] Le nombre d'alvéoles dans la partie interne d'une structure de support de l'invention obtenue par impression 3D, et leurs dimensions, dépendent, notamment du type d'INFILL choisi et de sa densité. La densité et le modèle d'INFILL sont ajustés pour obtenir le meilleur compromis en termes de solidité, poids et coût de la pièce produite et pour assurer un remplissage par l'eau lors de l'immersion de la structure de support. Différent type d'INFILL sont disponibles : en alvéoles hexagonales, triangulaires, rectilignes, en grille, en vagues, etc.
- [0238] Un procédé d'impression 3D d'une structure de support selon l'invention peut se faire avec un INFILL (ou remplissage) de forme alvéolée. L'INFILL peut présenter une densité comprise entre 1 et 50%.
- [0239] Les orifices d'une structure de support selon l'invention peuvent être obtenus soit lors de l'impression, soit après impression, par forage ou perçage, par exemple avec une perceuse ou une pointe chaude.
- [0240] Selon une variante de réalisation, un procédé de fabrication d'un dispositif ou d'une structure de l'invention peut être un procédé de moulage par extrusion-soufflage d'un polymère dans un moule représentant, en creux, le dispositif ou la structure de l'invention à reproduire. Alternativement, un procédé de fabrication peut être un procédé de moulage par injection. Dans de tels procédés, les parois du moule peuvent présenter, en creux, les motifs de texturation à imprimer à la surface du dispositif ou de la structure.
- [0241] Dans le cas d'une structure selon l'invention, le procédé peut comprendre une étape de perçage, par toute méthode adaptée, telle que perceuse ou pointe chaude, des orifices destinés à recevoir ensuite les dispositifs de maintien selon l'invention.
- [0242] Selon encore une autre alternative, un moule utilisé pour fabriquer un dispositif selon l'invention peut être dénué de motifs de texturation à imprimer à la surface, et la texturation peut être ajoutée ultérieurement par une étape de gravure.
- [0243] L'invention n'est pas limitée aux exemples qui viennent d'être décrits ; on peut notamment combiner entre elles des caractéristiques des exemples illustrés au sein de variantes non illustrées. D'autres variantes et améliorations peuvent être envisagées

sans pour autant sortir du cadre de l'invention.

[0244] Liste des références cités

[0245] Dubinenko Gleb, Zinoviev Aleksey, Bolbasov Evgeny, Kozelskaya Anna, Shesterikov Evgeniy, Novikov Victor, Tverdokhlebov Sergei, *Journal of Applied Polymer Science.*, 2021; 138:e49662): Highly filled poly(l-lactic acid)/hydroxyapatite composite for 3D printing of personalized bone tissue engineering scaffolds. doi.org/10.1002/app.49662

[0246] Gayer Christoph, Ritter Jessica, Bullemer Martin, Grom Stefanie, Jauer Lucas, Meiners Wilhelm, Pfister Andreas, Reinauer Frank, Vučak Marijan, Wissenbach Konrad, Fischer Horst, Pop Reinhart, *Materials Science and Engineering: C*, Vol. 101, 2019, pages 660-673: Development of a solvent-free polylactide/calcium carbonate composite for selective laser sintering of bone tissue engineering scaffolds; doi.org/10.1016/j.msec.2019.03.101

[0247] Nazeer Muhammad Anwaar, Onder Ozgun Can, Sevgili Ilkem, Yilgor Emel, Kavakli Ibrahim Halil, Yilgor Iskender, *Materials Today Communications*, Vol. 25, 2020, 101515: 3D printed poly(lactic acid) scaffolds modified with chitosan and hydroxyapatite for bone repair applications; doi.org/10.1016/j.mtcomm.2020.101515

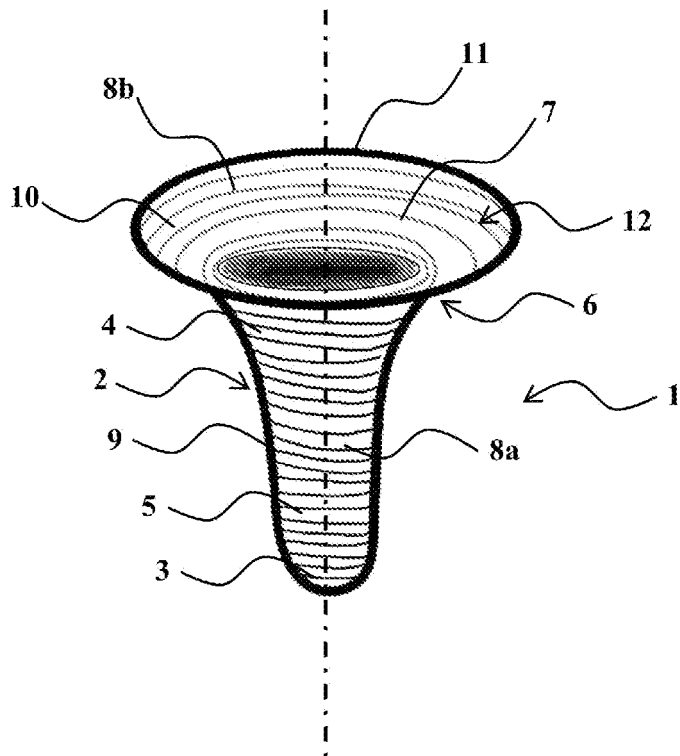
[0248] Nunes Edilene de C. D., de Souza Alana G., Coiado Renata D. S., Moura Esperidiana A.B. and Rosa Derval dos S., *International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology*, Vol. 4 Issue 6, June 2017: Evaluation of the Poly (Lactic Acid) and Calcium Carbonate Effects on the Mechanical and Morphological Properties in PBAT Blends and Composites

Revendications

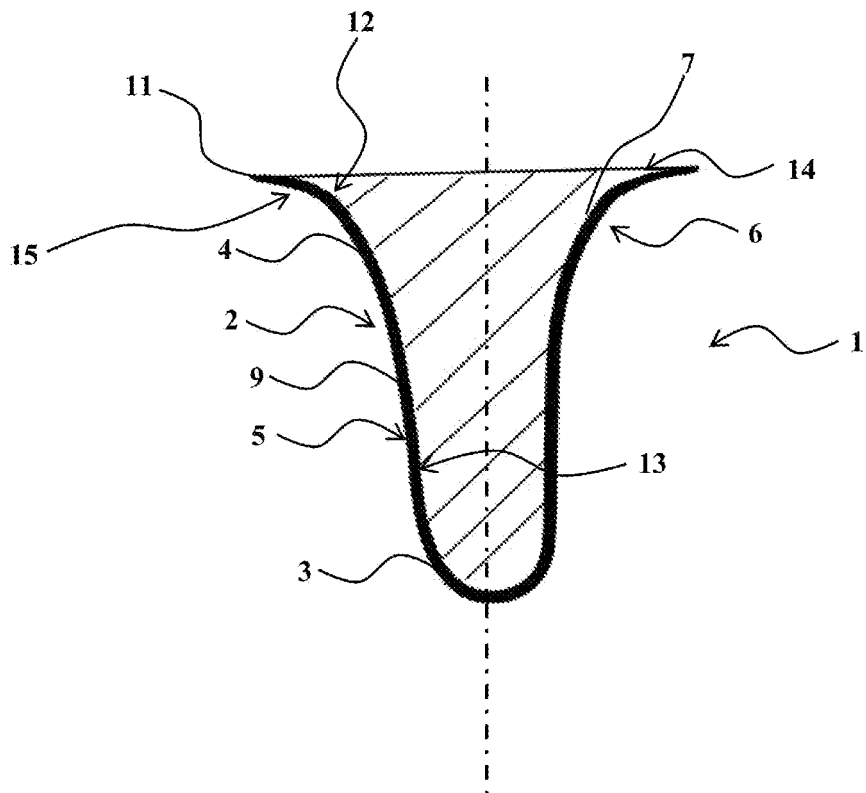
- [Revendication 1] Dispositif de maintien (1, 21) d'une bouture de corail, ledit dispositif comprenant :
- un premier élément tubulaire creux (2) s'étendant le long d'un axe longitudinal et comprenant une extrémité distale (3), une extrémité proximale (4), une face interne (13) et une face externe (5), et
 - un deuxième élément (6) disposé co-axialement à l'extrémité proximale (4) du premier élément (2) et comprenant une partie évasée (7) définissant une surface plane (10) comprenant un plan divergeant circonférentiellement autour de l'axe longitudinal du premier élément, et
- ledit dispositif présentant sur ladite face interne (13) une surface texturée (8).
- [Revendication 2] Dispositif (1) selon la revendication 1, dans lequel ladite partie évasée (7) comprend un bord (11) définissant, avec la surface plane (10), une collerette (12) autour dudit axe longitudinal, en particulier ladite collerette (12) étant déformable dans une direction sensiblement parallèle à l'axe longitudinal dudit membre tubulaire (2).
- [Revendication 3] Dispositif (21) selon la revendication 1, dans lequel la partie évasée (7) du deuxième élément (6) comprend au moins quatre projections allongées (16), chaque projection comprenant une extrémité distale (17), lesdites projections étant disposées dans le plan de la surface de la partie évasée (7) et s'étendant, avec ladite partie évasée (7), en arc de cercle, dans la direction de l'axe longitudinal l'élément tubulaire creux (2), de sorte à former, avec l'ensemble des extrémités distales (17a, 17b, 17c) positionnées autour dudit axe longitudinal, un organe de maintien.
- [Revendication 4] Dispositif selon l'une des revendications 1 à 3, dans lequel le premier élément (2) comprend au moins un picot (26) s'étendant de la face interne (13) vers l'intérieur dudit élément.
- [Revendication 5] Dispositif selon l'une des revendications 1 à 4, ledit dispositif étant formé d'un matériau comprenant au moins un polymère biodégradable et au moins un sel de calcium.
- [Revendication 6] Structure de support (27) d'au moins un dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, comprenant une surface (38) continue comprenant au moins un orifice (30) configuré pour recevoir un élément tubulaire creux (2) d'un dispositif (1, 21) selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, ladite surface étant texturée (31).

- [Revendication 7] Structure de support (27) selon la revendication 6, ladite structure comprenant une partie interne constituée d'une pluralité d'alvéoles (33) en communication les unes avec les autres et, directement ou indirectement, avec les orifices (30).
- [Revendication 8] Structure de support (27) selon l'une des revendications 6 ou 7, comprenant au moins un dispositif (1, 21) selon l'une quelconques des revendications 1 à 5.
- [Revendication 9] Structure de support (27) selon l'une quelconque des revendications 6 à 8, comprenant au moins un dispositif (1) selon la revendication 2 disposé dans un orifice (30) de la structure, le dispositif (1) comprenant une collerette (12), et ladite collerette (12) dudit dispositif étant apposée sur la surface (38) de ladite structure (27).
- [Revendication 10] Procédé de fabrication d'un dispositif (1, 21) de maintien d'une bouture de corail selon l'une quelconque des revendications 1 à 5 ou d'une structure de support (27) selon la revendication 6 ou 7 comprenant au moins une étape consistant à imprimer en 3 dimensions ledit dispositif (1, 21) ou ladite structure (27).
- [Revendication 11] Utilisation d'un polymère biodégradable comprenant au moins un sel de calcium pour la fabrication d'un dispositif (1, 21) de maintien d'une bouture de corail selon l'une quelconque des revendications 1 à 5 ou d'une structure de support (27) selon l'une des revendications 6 ou 7.

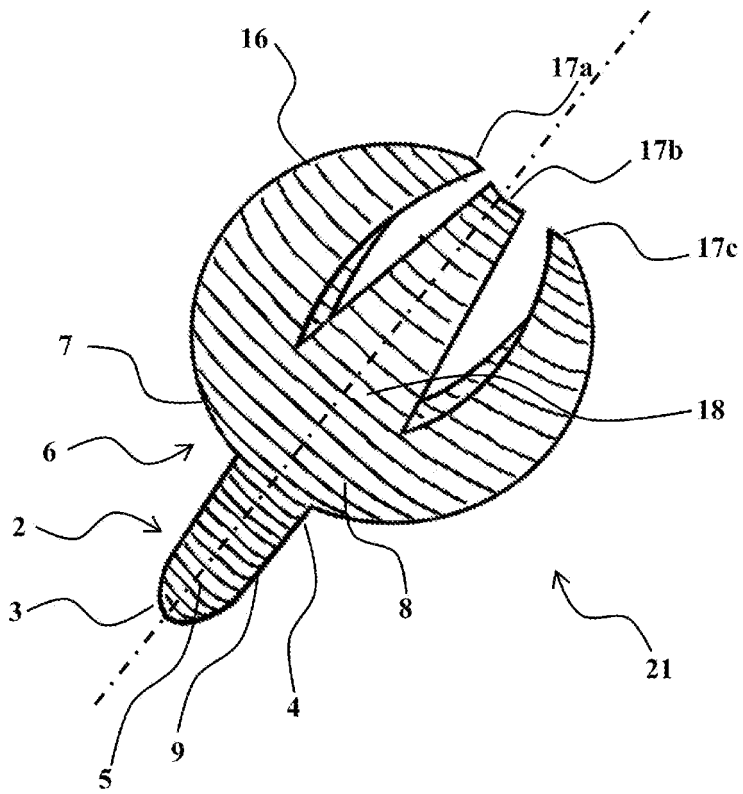
[Fig. 1]



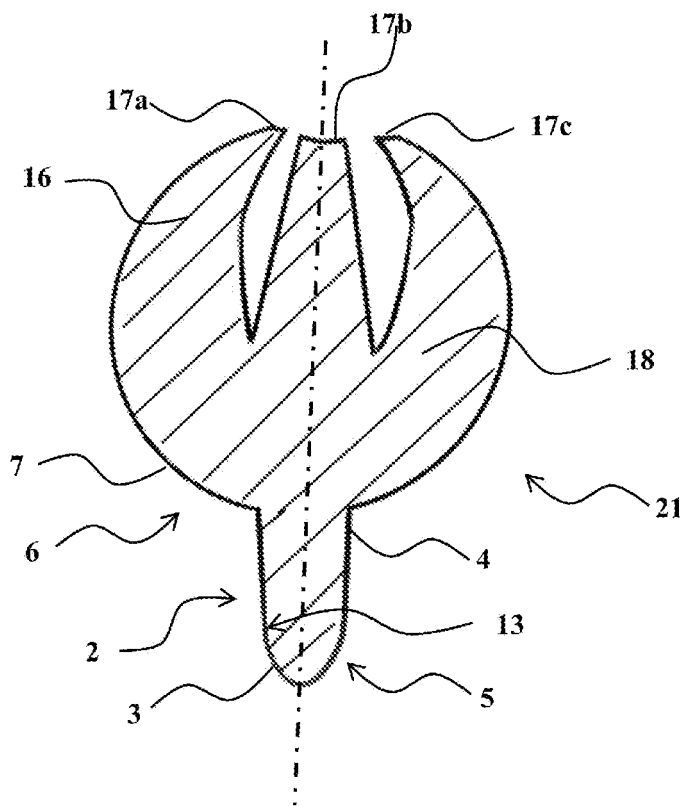
[Fig. 2]



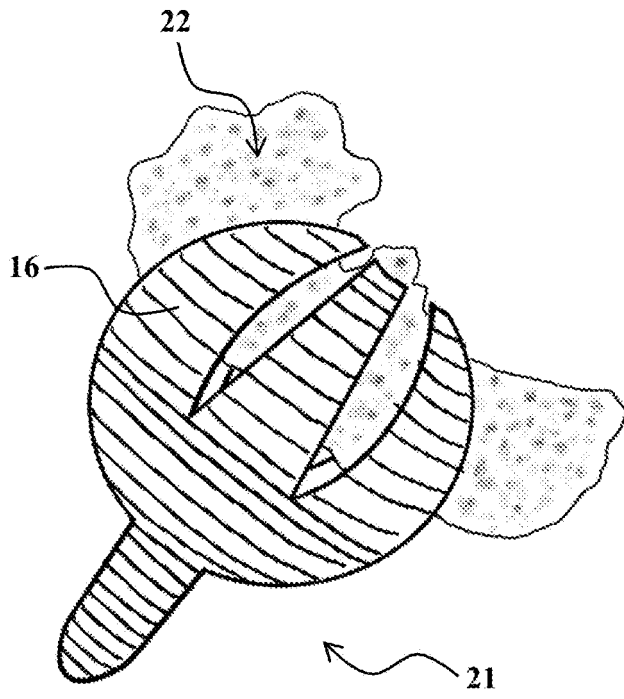
[Fig. 3]



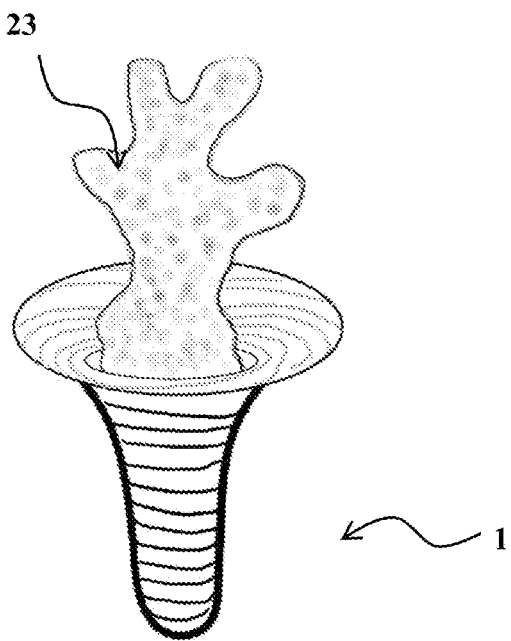
[Fig. 4]



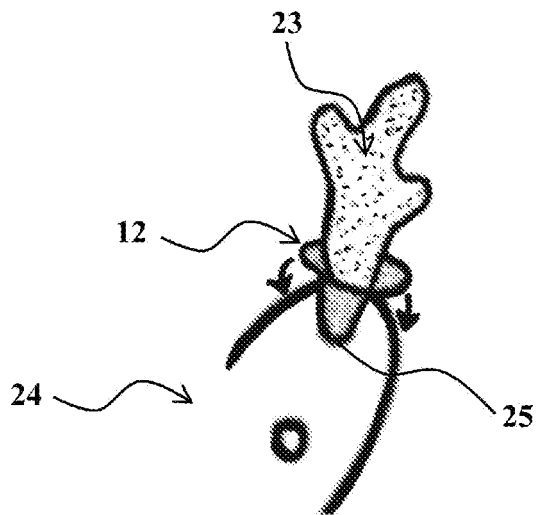
[Fig. 5]



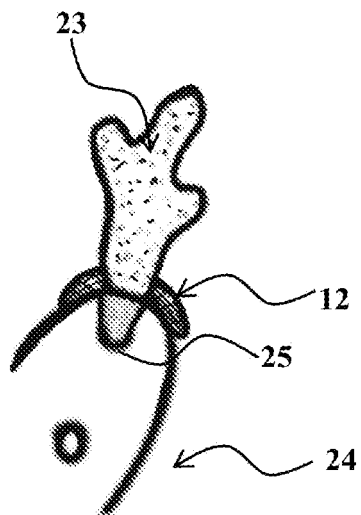
[Fig. 6]



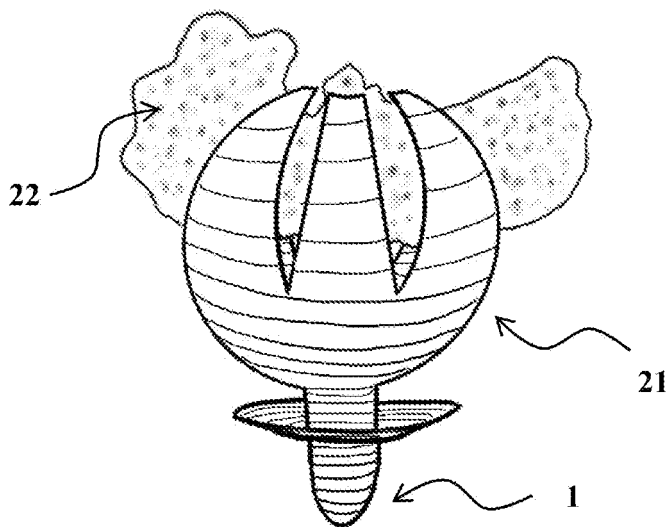
[Fig. 7]



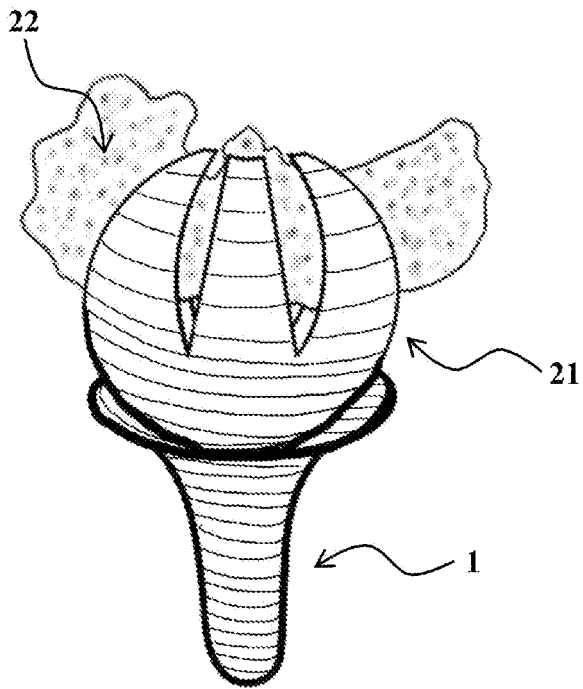
[Fig. 8]



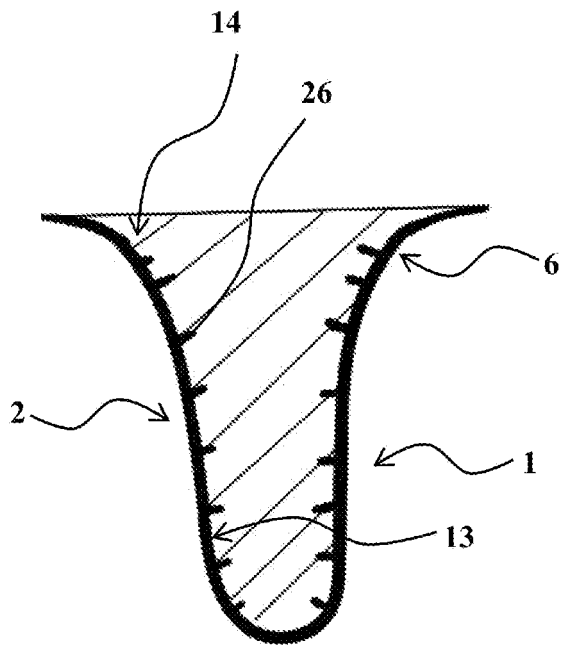
[Fig. 9]



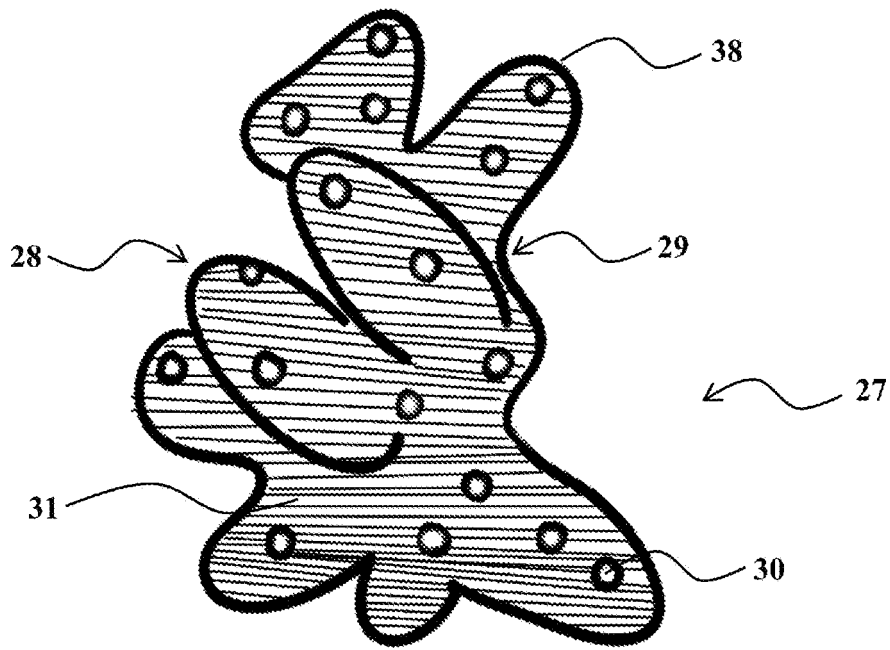
[Fig. 10]



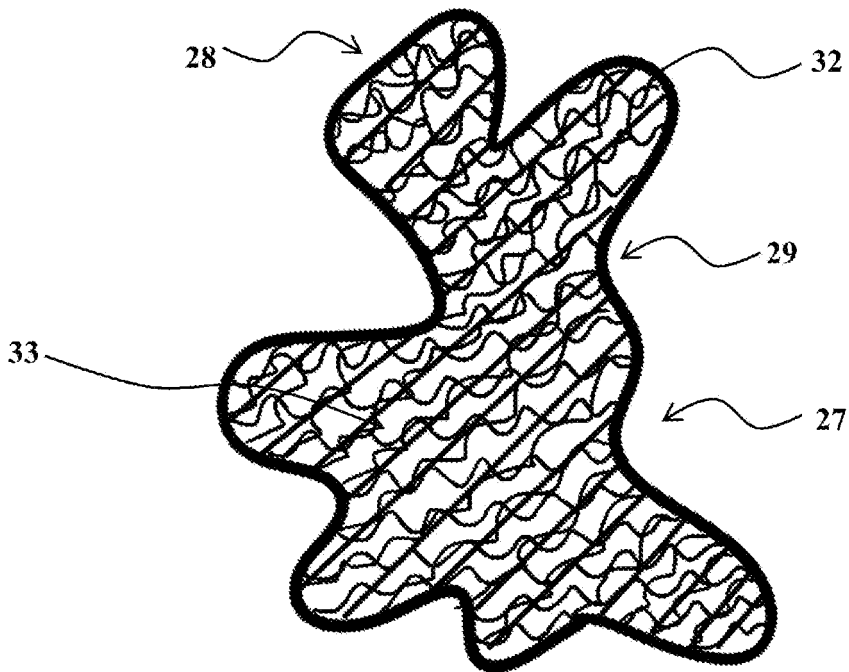
[Fig. 11]



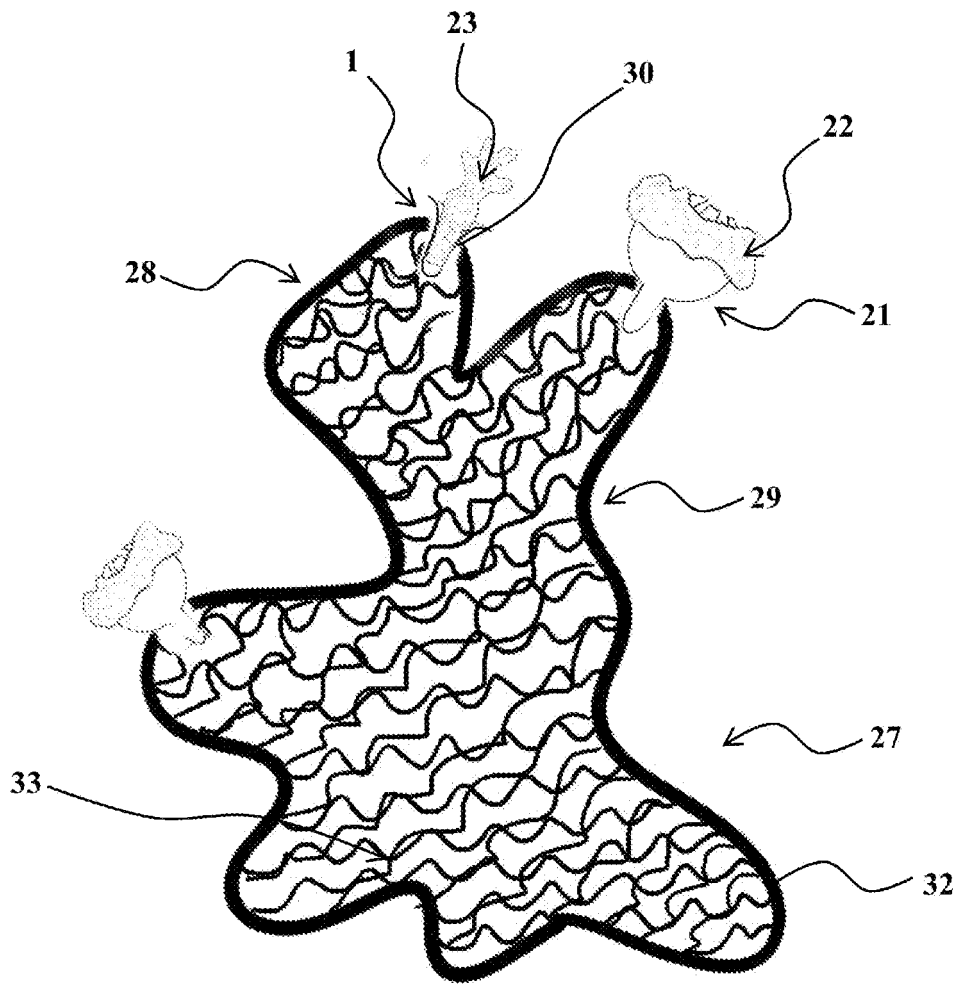
[Fig. 12]



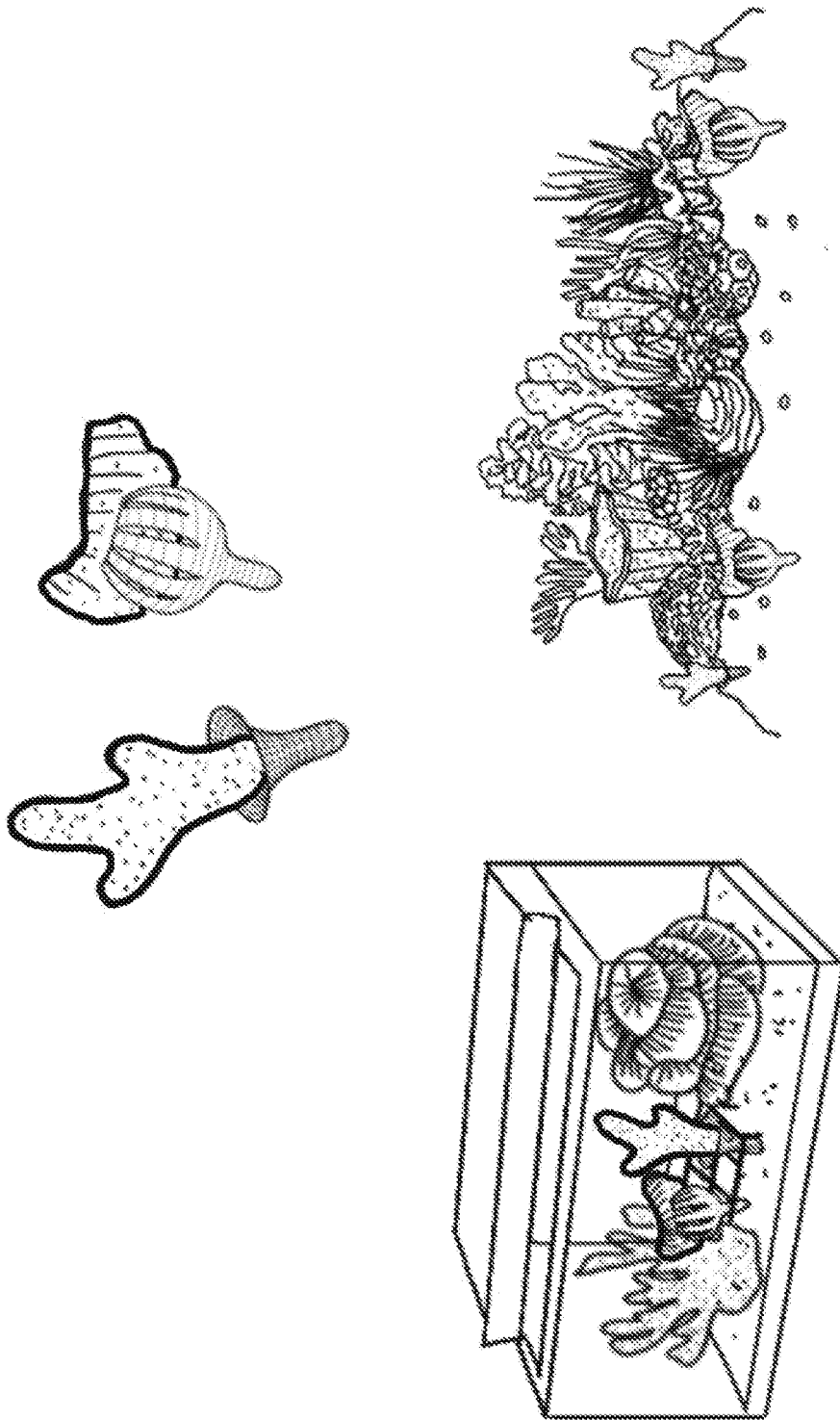
[Fig. 13]



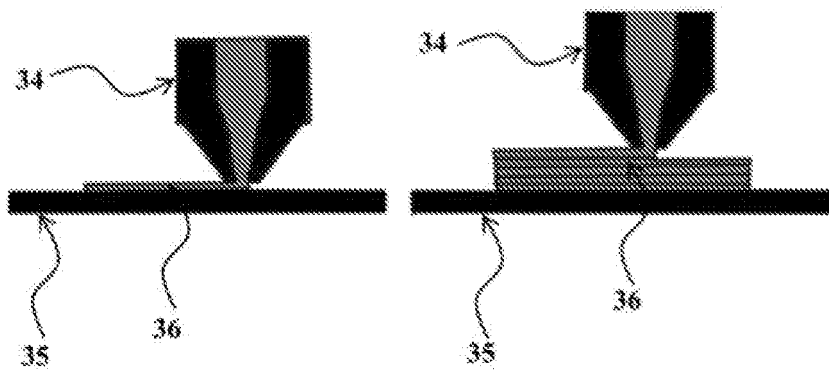
[Fig. 14]



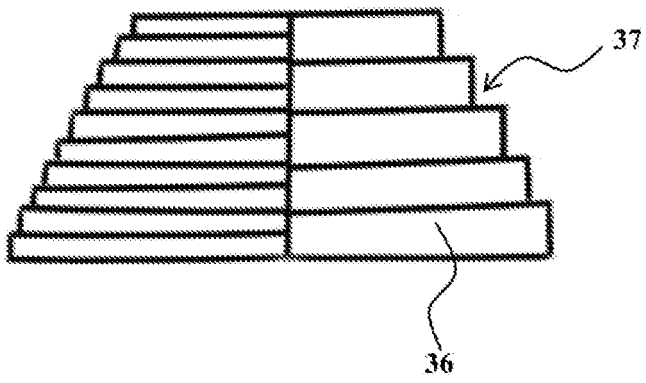
[Fig. 15]



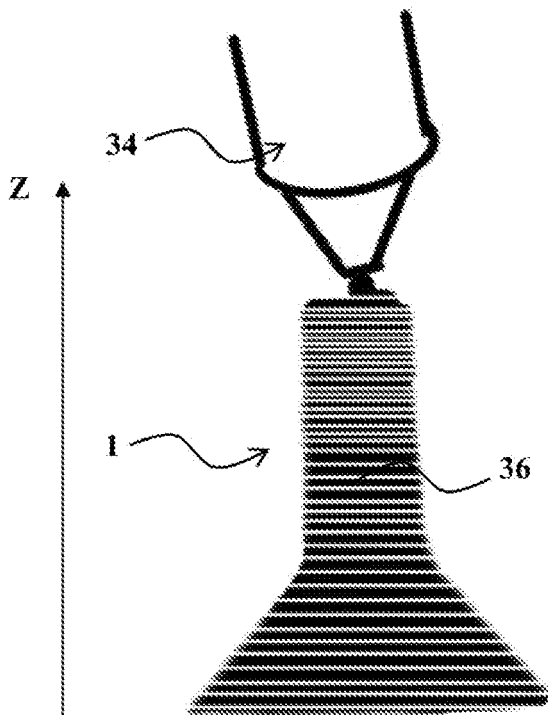
[Fig. 16]



[Fig. 17]



[Fig. 18]



RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveau) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.

Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.

Le demandeur a maintenu les revendications.

Le demandeur a modifié les revendications.

Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.

Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.

Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.

Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.

Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.

Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

**1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN
CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION**

US 2012/096570 A1 (TRAN TIN [US] ET AL)
19 avril 2012 (2012-04-19)

DE 42 11 925 A1 (ARTFLEUR HOFFMANN GMBH
[DE]) 14 octobre 1993 (1993-10-14)

WO 2021/070083 A1 (UNIV KING ABDULLAH SCI
& TECH [SA]) 15 avril 2021 (2021-04-15)

FR 2 937 835 A1 (MAHE THIERRY [FR])
7 mai 2010 (2010-05-07)

US 5 564 369 A (BARBER TODD R [US] ET AL)
15 octobre 1996 (1996-10-15)

**2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN
TECHNOLOGIQUE GENERAL**

NEANT

**3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND
DE LA VALIDITE DES PRIORITES**

NEANT