

**(12) BREVET D'INVENTION BELGE**

(47) Date de publication : 17/04/2018

(21) Numéro de demande : BE2017/5490

(22) Date de dépôt : 10/07/2017

(62) Divisé de la demande de base :

(62) Date de dépôt demande de base :

(51) Classification internationale : B63C 11/18

(30) Données de priorité :

(73) Titulaire(s) :

APA PRODUCTIONS SPRL  
1170, BRUXELLES  
Belgique

(72) Inventeur(s) :

CLAEYSSEN Pierre  
1050 BRUXELLES  
Belgique**(54) ENSEMBLE DE RESPIRATION SUBAQUATIQUE**

(57) La présente invention propose un équipement innovant de respiration subaquatique permettant d'extraire du milieu subaquatique un gaz respirable, apportant ainsi une solution aux problèmes d'autonomie, d'encombrement et de consommation énergétique des techniques existantes.

L'équipement est un ensemble de respiration subaquatique comprenant un anneau de circulation d'un liquide transporteur d'oxygène traversant une cage branchiale et un caisson pulmonaire avec une bouche de respiration.

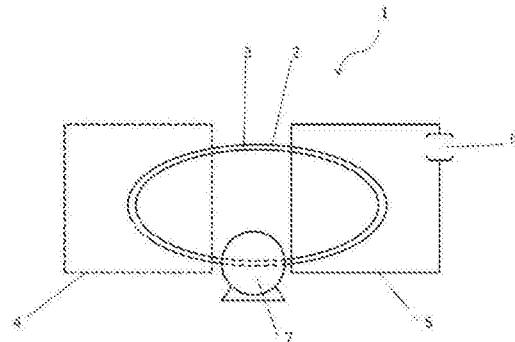


Figure 1.



## BREVET D'INVENTION BELGE

SPF Economie, PME, Classes  
Moyennes & Energie

Numéro de publication : 1024595  
Numéro de dépôt : BE2017/5490

Office de la Propriété intellectuelle

Classification Internationale : B63C 11/18  
Date de délivrance : 17/04/2018

Le Ministre de l'Economie,

Vu la Convention de Paris du 20 mars 1883 pour la Protection de la propriété industrielle ;

Vu la loi du 28 mars 1984 sur les brevets d'invention, l'article 22, pour les demandes de brevet introduites avant le 22 septembre 2014 ;

Vu le Titre Ier "Brevets d'invention" du Livre XI du Code de droit économique, l'article XI.24, pour les demandes de brevet introduites à partir du 22 septembre 2014 ;

Vu l'arrêté royal du 2 décembre 1986 relatif à la demande, à la délivrance et au maintien en vigueur des brevets d'invention, l'article 28 ;

Vu la demande de brevet d'invention reçue par l'Office de la Propriété intellectuelle en date du 10/07/2017.

Considérant que pour les demandes de brevet tombant dans le champ d'application du Titre Ier, du Livre XI du Code de Droit économique (ci-après CDE), conformément à l'article XI. 19, §4, alinéa 2, du CDE, si la demande de brevet a fait l'objet d'un rapport de recherche mentionnant un défaut d'unité d'invention au sens du §1er de l'article XI.19 précité et dans le cas où le demandeur n'effectue ni une limitation de sa demande ni un dépôt d'une demande divisionnaire conformément aux résultats du rapport de recherche, le brevet délivré sera limité aux revendications pour lesquelles le rapport de recherche a été établi.

### Arrête :

Article premier. - Il est délivré à

APA PRODUCTIONS SPRL, Chaussée de la Hulpe 150, 1170 BRUXELLES Belgique;

représenté par

OFFICE KIRKPATRICK S.A., Avenue Wolfers 32, 1310, LA HULPE;

un brevet d'invention belge d'une durée de 20 ans, sous réserve du paiement des taxes annuelles visées à l'article XI.48, §1 du Code de droit économique, pour : ENSEMBLE DE RESPIRATION SUBAQUATIQUE.

INVENTEUR(S) :

CLAEYSSSEN Pierre, Rue des Egyptiens 13, 1050, BRUXELLES;

PRIORITE(S) :

DIVISION :

divisé de la demande de base :

date de dépôt de la demande de base :

Article 2. – Ce brevet est délivré sans examen préalable de la brevetabilité de l'invention, sans garantie du mérite de l'invention ou de l'exactitude de la description de celle-ci et aux risques et périls du (des) demandeur(s).

Bruxelles, le 17/04/2018,

Par délégation spéciale :

## **Ensemble de respiration subaquatique**

L'invention concerne le domaine des équipements respiratoires pour la plongée subaquatique, dans les eaux  
5 douces ou salines des milieux non stagnants, par exemple en mer, en rivière ou dans un lac.

La plongée subaquatique, c'est-à-dire, par exemple, la plongée sous-marine récréationnelle, la plongée des équipes de sauvetage ou de recherche, en lac ou en rivière, ou la  
10 plongée de personnel technique d'intervention sur des équipements sous-marins, se fait actuellement à l'aide d'un scaphandre autonome comprenant une ou plusieurs bouteilles d'air comprimé, reliées à un détendeur permettant au plongeur de respirer de l'air à pression ambiante.

15 La principale limitation à l'utilisation des scaphandres autonomes est leur autonomie. La quantité d'air contenue dans les bouteilles permet à un plongeur de ne rester immergé que quelques heures. Selon la profondeur de plongée, il faut prévoir du temps pour les paliers de  
20 décompression, ce qui limite encore plus le temps de plongée « efficace ».

La nécessité des paliers de décompression s'explique principalement par le comportement du diazote respiré dans le tissu biologique humain. En effet, l'air respiré à la  
25 surface de la terre, et donc également contenu dans les bouteilles d'air comprimé, contient autour de 80% de diazote. Ce diazote pénètre et demeure plus longtemps dans le tissu biologique que l'oxygène, vu qu'il n'est ni métabolisé ni « transporté », c'est-à-dire adsorbé par des  
30 protéines comme l'hémoglobine. Lors de la remontée du plongeur, la pression à laquelle son organisme est soumis diminue progressivement, et le diazote contenu dans les cellules, organes ou artères risque alors de former des

bulles pouvant conduire à l'endommagement de certains organes et être potentiellement fatales.

Pour réduire les risques liés à la décompression, l'air comprimé dans les bouteilles peut être plus concentré en oxygène ou contenir des gaz ajoutés, comme des gaz rares, pour former des mélanges tri-gaz comme par exemple l'héliox ou le trimix. Ces mélanges permettent de réduire la durée des paliers de décompression ou d'allonger l'intervalle de profondeur entre deux paliers, et permettent d'atteindre de plus grandes profondeurs. Ils ne permettent cependant pas de rallonger la durée totale d'une plongée.

Des solutions pour permettre à l'homme de rester sous l'eau durant de longues périodes ont été mises au point, par exemple dans les sous-marins. L'électrolyse de l'eau permet de générer de l'oxygène pour permettre aux résidents du sous-marin de respirer. Cette technique nécessite cependant beaucoup d'énergie, qui provient généralement de batteries, moteurs thermiques ou de piles à combustible, énergie qui doit d'une façon ou d'une autre être régénérée par des remontées en surface.

Un appareil respiratoire subaquatique autonome pour un plongeur est décrit dans la demande de brevet WO 02/40343. Dans cet appareil, de l'eau du milieu subaquatique est pompée vers un séparateur air/eau. L'air y est séparé de l'eau par cavitation, augmentation volumétrique ou force centrifuge, puis envoyé vers une poche de stockage. Le débit d'extraction d'air peut être supérieur au besoin du plongeur. Un détecteur placé au niveau de la poche de stockage pilote la pompe du séparateur, éteignant la pompe lorsqu'une pression seuil est atteinte. Pour fournir un débit d'air suffisant au plongeur, la pompe doit brasser

deux mille litres d'eau de mer par minute, ce qui nécessite une énergie considérable. Le séparateur doit en outre avoir un diamètre d'environ vingt-cinq centimètres et une longueur d'environ cinquante centimètres, sans compter le  
5 volume de stockage d'air, ce qui rend l'équipement au moins aussi encombrant qu'un scaphandre autonome. L'utilisation d'un capteur électronique diminue également la fiabilité et la longévité de tels équipements, ce qui présente un risque non-négligeable pour un plongeur.

10

Il a donc été jugé nécessaire par la demanderesse d'apporter une solution aux problèmes d'autonomie, d'encombrement et de consommation énergétique des techniques existantes.

15

C'est l'objet de la présente invention de proposer un équipement innovant de respiration subaquatique permettant d'extraire du milieu subaquatique un gaz respirable.

20 Solution de l'invention

La présente invention propose à cet effet un ensemble de respiration subaquatique comprenant un anneau de circulation d'un liquide transporteur d'oxygène, une cage  
25 branchiale et un caisson pulmonaire avec une bouche de respiration, ledit anneau traversant la cage branchiale et le caisson pulmonaire.

L'activité inventive impliquée dans cette invention réside  
30 dans l'audace d'avoir voulu combiner, de manière mécanique, chimique et électronique, des simulateurs d'organes vivants des humains et des poissons.

Avantageusement, l'anneau de circulation est perméable à l'oxygène et le caisson pulmonaire est agencé pour provoquer la pervaporisation d'oxygène, transporté par le  
5 liquide transporteur d'oxygène, à travers l'anneau perméable.

Avantageusement encore, la cage branchiale est agencée pour permettre la diffusion d'oxygène, du milieu subaquatique  
10 vers le liquide transporteur d'oxygène, à travers l'anneau perméable.

Pour permettre la pervaporisation d'un gaz respirable, c'est-à-dire contenant des proportions de diazote et  
15 d'oxygène qu'un être humain peut respirer sans risque d'hypoxie ou d'hyperoxie, au niveau du caisson pulmonaire, il est intéressant que l'anneau de circulation soit également perméable au diazote. Ainsi, l'azote et l'oxygène peuvent d'une part diffuser du milieu aquatique vers le  
20 liquide transporteur d'oxygène, et d'autre part être pervaporisés au niveau du caisson pulmonaire.

Par liquide transporteur d'oxygène, on entend un liquide, de préférence une solution aqueuse, dans lequel l'oxygène  
25 n'est pas simplement dissout, mais activement adsorbé par une substance ayant une interaction forte avec l'oxygène, c'est-à-dire par un mécanisme dit « coopératif ». Un liquide transporteur d'oxygène peut par exemple être du sang ou une solution aqueuse comprenant de l'hémoglobine ou  
30 toute autre protéine pouvant fixer ou adsorber plusieurs molécules d'oxygène. L'hémoglobine du sang permet en effet de transporter 70 fois plus d'oxygène que la quantité d'oxygène simplement dissoute dans le sang. D'autres

substances, protéiques ou non, d'origine naturelle ou synthétique, sont par exemple la myoglobine, l'hémocyanine, l'érythrocrucorine ou le perfluorodichlorooctane. De façon plus générale, le liquide transporteur comprend donc au moins un composant pouvant adsorber l'oxygène.

Le liquide transporteur d'oxygène, de la même façon que le sang, peut également dissoudre d'autres gaz comme le diazote ou le dioxyde de carbone, et en assurer le transport passif sous forme dissoute.

Les termes oxygène et dioxygène désignent ici indifféremment la molécule constituée de deux atomes d'oxygène et de formule chimique  $O_2$ . De même, les termes azote et diazote désignent indifféremment ici la molécule constituée de deux atomes d'azote et de formule chimique  $N_2$ .

L'anneau de circulation désigne ici de façon générale un circuit fermé, sans limitation particulière indispensable de forme, ni de matériau. Le circuit peut être divisé, sur certaines portions de sa longueur, en plusieurs canaux ou sous-circuits parallèles qui se rejoignent ensuite.

La cage branchiale est une partie de l'ensemble reproduisant au moins en partie les fonctionnalités d'une branchie de poisson. Une branchie est un organe destiné à être directement en contact avec un courant d'eau de l'environnement subaquatique dans lequel est plongé le poisson et présentant, dans un volume restreint, une grande surface vascularisée. Le sang des vaisseaux y capte des gaz dissouts dans l'eau et y rejette du dioxyde de carbone dissout dans le sang, par diffusion osmotique à travers la

membrane perméable constituée par les parois vasculaires. La diffusion osmotique fait référence au phénomène de transfert d'éléments entre deux solutions séparées par une membrane semi-perméable, les éléments diffusant de la solution la plus concentrée vers la solution la moins concentrée jusqu'à atteindre un équilibre.

Les termes perméable et semi-perméable sont ici utilisés indifféremment pour désigner le fait que la membrane ne laisse passer que certains éléments, en l'occurrence ici des gaz comme l'oxygène ou le diazote.

Un caisson pulmonaire désigne ici un compartiment scellé pouvant avoir n'importe quelle forme, ne contenant pas d'eau liquide et mimant au moins en partie les fonctionnalités d'un poumon. Le caisson pulmonaire désigné ici s'apparente en particulier à une cavité pulmonaire lors de sa phase d'expiration. Chez l'homme, un poumon est caractérisé par une grande surface alvéolaire présentant une paroi très fine parcourue par des capillaires sanguins. La paroi alvéolaire et les parois des capillaires jouent le rôle de membrane perméable permettant les échanges gazeux entre le sang et l'air ambiant. Lors de l'inspiration, la pression d'air ambiant augmente dans la cavité pulmonaire, favorisant la diffusion des gaz à travers la membrane perméable et leur dissolution dans le sang. Lors de l'expiration, la pression d'air ambiant diminue et favorise le phénomène inverse, c'est-à-dire la désorption des gaz à travers la membrane perméable vers la cavité pulmonaire. Les gaz passant ici d'une phase liquide, ou dissoute, à une phase gazeuse, on parle de phénomène de pervaporisation.

La bouche de respiration est ici à prendre au sens large d'une ouverture. Le caisson pulmonaire est agencé de façon à ce qu'un humain puisse en aspirer le contenu gazeux. Il peut par exemple être connecté à un tuyau ayant un embout  
5 qu'un plongeur peut placer dans sa bouche, comme un détendeur utilisé dans les scaphandres autonomes. Il peut aussi être agencé de façon à alimenter en air respirable un espace où plusieurs personnes peuvent résider sans porter sur eux d'équipement particulier, comme par exemple la  
10 cabine d'un sous-marin ou une station de recherche ou une capsule subaquatique.

Avantageusement, la circulation du liquide transporteur d'oxygène est assurée par une pompe.

15

L'invention sera mieux comprise à l'aide de la description suivante de plusieurs formes de réalisation de l'ensemble de l'invention, en référence au dessin en annexe, sur lequel :

20 la figure 1 est un schéma fonctionnel de l'ensemble de l'invention ;

la figure 2 est une vue schématique de dessus de la cage branchiale de l'ensemble de l'invention ;

la figure 3 est une vue schématique latérale de la cage  
25 branchiale de l'ensemble de l'invention et

la figure 4 est une vue schématique latérale du caisson pulmonaire de l'invention.

30

En référence à la figure 1, l'ensemble de respiration subaquatique 1 comprend un anneau 2 de circulation d'un

liquide transporteur d'oxygène 3. L'anneau 2 traverse une cage branchiale 4 et un caisson pulmonaire 5 ayant une bouche de respiration 6. L'anneau 2 traverse également une pompe 7.

5

La pompe 7 permet d'assurer la circulation du liquide transporteur d'oxygène 3 dans l'anneau 2. La pompe 7 peut être n'importe quel type de pompe en continu, pouvant fonctionner sous l'eau ou étant suffisamment protégée pour  
10 fonctionner sous l'eau à une large gamme de pressions. Pour assurer la respiration d'un plongeur, une pompe de petite taille suffit, qui peut être alimentée par une batterie de faible puissance, comme par exemple un simulateur cardiaque.

15

En référence à la figure 2, au niveau de l'entrée 8 de la cage, l'anneau 2 se divise en deux sous-circuits 2a et 2b à l'extérieur de la cage branchiale 4, et se rassemblent au même niveau après avoir chacun parcouru un lobe de la cage  
20 branchiale 4. Les circuits 2a et 2b se divisent et se rassemblent ici à l'extérieur de la cage branchiale. Il est néanmoins envisageable que la division et/ou le rassemblement se fassent à l'intérieur de la cage.

25 En pratique, le liquide transporteur d'oxygène 3 circulant dans l'anneau 2, puis dans les sous-circuits 2a et 2b, pénètre dans la cage branchiale 4. Cette cage étant un espace ouvert sur le milieu aquatique, les circuits 2a et 2b sont directement en contact avec le milieu aquatique.  
30 Les sous-circuits 2a et 2b étant constitués d'une membrane perméable ou semi-perméable, une diffusion des gaz dissouts dans le milieu aquatique vers le liquide transporteur d'oxygène 3 s'opère à travers la membrane perméable, si le

liquide transporteur d'oxygène a une concentration en gaz inférieure au milieu aquatique.

Les gaz en question sont principalement le diazote et l'oxygène. Il peut y avoir également des traces d'autres  
5 gaz.

Le liquide transporteur d'oxygène comprend au moins un composant pouvant adsorber l'oxygène, par exemple de l'hémoglobine. L'oxygène qui a diffusé et qui s'est dissout  
10 dans le liquide 3 s'adsorbe sur l'hémoglobine. La concentration d'oxygène simplement dissout dans le liquide reste ainsi faible et l'équilibre de diffusion de l'oxygène à travers la membrane est moins rapidement atteint. La présence d'hémoglobine dans le liquide 3 permet ainsi au  
15 circuit de transporter une plus grande quantité d'oxygène qu'il n'aurait été possible grâce au simple phénomène de dissolution des gaz, l'oxygène étant ici transporté à la fois sous forme dissoute et sous forme adsorbée à l'hémoglobine. Ceci permet également de transporter un  
20 ratio oxygène/diazote a priori plus élevé que le ratio présent dans le milieu subaquatique, ce ratio s'apparentant ainsi à celui transporté par le sang.

A la sortie de la cage branchiale 4, les sous-circuits 2a  
25 et 2b se rejoignent.

Ainsi, en sortie de la cage branchiale 4, le liquide transporteur d'oxygène 3 circulant dans l'anneau 2 est chargé en gaz dissouts et/ou adsorbés.

30

Les circuits 2a et 2b sont ici représentés disposés en serpentins, de façon symétrique. La configuration en serpentins permet d'avoir une grande surface de contact

entre la membrane et le milieu aquatique, permettant ainsi une optimisation de la diffusion des gaz. D'autres configurations sont tout à fait possible pour obtenir le même résultat, comme par exemple une configuration en spirale.

L'anneau 2, et les sous-circuits 2a et 2b sont au moins en partie constitués par une membrane perméable ou semi-perméable hydrophobe agencée pour envelopper le liquide transporteur d'oxygène.

Par membrane perméable ou semi-perméable hydrophobe, on désigne une paroi de faible épaisseur, fabriquée à partir d'un matériau naturel ou d'un polymère synthétique, comprenant des pores laissant passer sélectivement certaines substances, selon sa nature chimique et sa structure physique, mais pas des molécules d'eau. Les pores de la membrane utilisée ici sont de nature à laisser passer l'oxygène et l'azote. Ce type de membrane permet également d'empêcher le passage de virus ou bactéries, assurant la stérilité des gaz transférés, ou de particules, prévenant ainsi la formation de mousses ou d'algues dans le circuit. Il n'est ainsi pas nécessaire d'utiliser d'autre filtre dans l'anneau 2 de circulation. Des filtres supplémentaires pourraient avoir un effet négatif sur le débit de liquide, en particulier si ils se bouchent progressivement, avec un impact négatif sur le rendement de l'équipement. De tels filtres nécessiteraient un entretien régulier.

Les circuits formés par la membrane sont a priori souples et disposés de façon à ce qu'il n'y ait pas de formation de coude qui pourrait avoir un effet néfaste sur le débit du liquide y circulant. Afin de les maintenir, soutenir et/ou

protéger, la cage branchiale 4 est préférablement constituée d'une structure rigide, ouverte de façon à permettre la circulation d'eau du milieu aquatique. Cette circulation est par exemple assurée par le courant naturel du milieu ou par le déplacement du plongeur équipé avec l'ensemble de l'invention.

Afin d'optimiser l'efficacité de l'ensemble, la surface de membrane exposée de la partie de l'anneau 2 parcourant la cage branchiale 4 peut être calculée en fonction de plusieurs paramètres, comme par exemple la nature de la membrane et/ou sa performance à permettre la diffusion des gaz ou la finalité de l'équipement, c'est-à-dire s'il est destiné à un plongeur unique ou à une capsule subaquatique, un milieu marin ou de l'eau douce. Pour atteindre la surface de contact optimale entre la membrane et le milieu aquatique, l'anneau 2 peut être divisé, au niveau de la cage branchiale 4, en une multitude de sous circuits. Afin d'optimiser la compacité de l'équipement en fonction de la surface désirée, les sous-circuits peuvent être « empilés ».

Comme illustré sur la figure 3, la cage branchiale 4 peut comprendre plusieurs unités 12i empilées, ici quinze unités représentées horizontalement, chaque unité 12i étant par exemple constituée des sous-circuits 2a et 2b décrits précédemment. L'anneau 2 se divise, sur une portion de sa longueur, ici la portion parcourant la cage branchiale, en plusieurs sous-circuits parallèles, ici trente sous-circuits non représentés, au niveau d'un compartiment 10 d'anastomose, c'est-à-dire de division et de reconnexion des sous-circuits. La rigidité de la structure est assurée par des montants 11 permettant de maintenir une distance

constante entre les unités. Deux montants de même hauteur que l'empilement sont ici représentés, mais leur nombre peut varier, de même qu'ils peuvent avoir une hauteur différente et/ou être agencés de toute autre façon. Il est également envisageable d'assurer la rigidité du système sans aucun montant.

Il est possible d'intercaler entre chaque unité un séparateur de type treillis, c'est-à-dire à travers lequel l'eau circule aisément, pouvant servir de support et/ou de séparateur aux sous-circuits.

La distance entre les unités est calculée de façon à optimiser le flux aquatique et de permettre à chaque unité de surface de la membrane d'être suffisamment exposée au courant du milieu aquatique.

De la même façon que l'eau circule à travers les branchies d'un poisson, soit grâce au courant, soit grâce au déplacement du poisson, un courant du milieu subaquatique doit ici circuler à travers la cage branchiale 4 pour assurer la continuité de l'approvisionnement en gaz.

Après avoir parcouru la cage branchiale 4, le liquide transporteur d'oxygène 3 de l'anneau 2 est acheminé, grâce au flux généré par la pompe 7, vers le caisson pulmonaire 5.

En référence à la figure 4, le caisson pulmonaire 5 comprend un second compartiment 13 d'anastomose d'entrée dans le caisson pulmonaire où l'anneau 2 se divise, ici encore, en multiples sous-circuits 15i parallèles, représentés ici en perspective. Ces sous-circuits, disposés ici de façon glomérulaire, c'est-à-dire comme s'ils

passaient autour d'une sphère, parcourent le caisson pulmonaire 5 puis se rassemblent au niveau d'un troisième compartiment 15 d'anastomose de sortie du caisson pulmonaire. Une bouche 6, c'est-à-dire un orifice, est  
5 disposée sur une des surfaces du caisson pulmonaire 4. La bouche 6 est ici reliée à l'extrémité d'un tuyau 16 dont l'autre extrémité est équipée d'un détendeur 17 muni d'une embouchure 18.

10 En pratique, lorsqu'un plongeur, ayant inséré l'embouchure 18 du détendeur 17 dans sa bouche, inspire, il se crée dans le caisson 5 une dépression induisant une différence de pression partielle des gaz entre l'intérieur sec du caisson et le liquide transporteur d'oxygène 3 parcourant les sous  
15 circuits 15i. Cette différence de pression partielle entraîne la pervaporisation des gaz, c'est-à-dire le passage des gaz, par diffusion à travers la membrane semi-perméable, de leur forme dissoute et/ou adsorbée dans le liquide 3 à une forme gazeuse dans le volume du caisson 5.

20

La disposition glomérulaire des sous-circuits 15i permet ici d'augmenter la surface d'échange de la membrane semi-perméable pour un volume moindre du caisson pulmonaire et de favoriser ainsi la libération des molécules de gaz sur  
25 un parcours plus court. Toute autre disposition permettant une pervaporisation efficace est néanmoins envisageable.

Les compartiments d'anastomose d'entrée 13, pour la division des circuits, et de sortie 14, pour leur  
30 reconnexion, permettent ici également d'assurer la bonne répartition du débit du liquide transporteur d'oxygène 3 le long de l'anneau 2. Il est bien sûr envisageable que les compartiments d'anastomose d'entrée et de sortie soient

disposés côte à côte ou de tout autre manière, les sous-circuits devant alors être courbés de façon adéquate à l'intérieur du caisson pulmonaire 5.

5 Le détendeur 17 fonctionne ici comme une valve anti-retour. Ainsi, l'air expiré par le plongeur ne retourne pas vers le caisson pulmonaire 5. Ceci assure que la pression dans le caisson 5 est maintenue au maximum à la pression d'équilibre avec le liquide transporteur d'oxygène 3, la  
10 pression d'équilibre étant la somme des pressions partielles des différents gaz relargués. Dans cette configuration, le liquide transporteur d'oxygène 3 ne peut donc pas, au niveau du caisson pulmonaire 5, réabsorber de gaz.

15

Il est envisageable de remplacer le détendeur par d'autres systèmes de valve connus de l'homme du métier.

Ainsi, de la même façon que le sang relargue, au niveau des  
20 alvéoles pulmonaires d'un humain, les gaz non utilisés lors de l'expiration, un mélange gazeux dissout dans le liquide transporteur d'oxygène 3 est relargué dans le caisson pulmonaire 5.

25 En sortie du caisson pulmonaire 5, le liquide transporteur d'oxygène 3 circulant dans l'anneau 2 contient très peu de gaz dissouts et/ou adsorbés, selon la signification rappelée plus haut.

30 Après avoir parcouru le caisson pulmonaire 5, le liquide transporteur d'oxygène 3 de l'anneau 2 est réacheminé, grâce au flux généré par la pompe 7, vers la cage branchiale 4.

Les trois compartiments d'anastomose 10, 13 et 14, décrits ici sont agencés pour assurer un passage fluide du liquide transporteur d'oxygène 3 le long de l'anneau 2 de  
5 circulation, en particulier au niveau des divisions et reconnections des sous-circuits. Ces compartiments permettent d'éviter des surpressions locales pouvant endommager la membrane perméable.

10 L'ensemble de l'invention peut donc fournir en continu un gaz respirable dans le caisson pulmonaire, permettant à un plongeur de s'affranchir des contraintes de temps qu'il aurait avec un scaphandre autonome classique.

15 La quantité de gaz dissouts dans les milieux aquatiques augmentant avec la profondeur, le système y gagne même en efficacité.

La désorption des gaz est proportionnelle à la dépression  
20 créée dans le caisson pulmonaire 5 lors de l'inspiration du plongeur, qui est elle-même directement proportionnelle à la quantité d'air inspiré par le plongeur. Ainsi, le système s'autorégule, et aucun système complexe de capteurs n'est alors nécessaire.

25

La durée de vie de l'équipement est en théorie infinie, et en pratique seulement limitée par une usure normale. Il est intéressant, par exemple, de prévoir une ouverture obturable dans l'anneau 2 pour permettre la vidange et le  
30 remplissage du liquide transporteur d'oxygène 3. Ce liquide est néanmoins préparé de façon à avoir une durée de conservation longue. S'il est préparé à base de sang, il sera traité de façon à ce qu'il n'y ait pas de coagulation

possible et que l'ensemble de ses composants soient stables dans le temps.

Grace à un transport « actif » de l'oxygène dans le liquide  
5 transporteur d'oxygène 3, l'air relargué dans le caisson  
pulmonaire est enrichi en oxygène, ce qui permet de réduire  
les paliers de compression lors de la remontée du plongeur.  
Il est néanmoins important de configurer l'ensemble de  
l'invention de façon à ne pas délivrer de pression  
10 partielle d'oxygène au-delà du seuil de toxicité, c'est à  
dire afin de ne pas placer un plongeur en situation  
d'hyperoxie. Les paramètres de configuration à prendre en  
compte sont au moins la surface de membrane en contact avec  
le milieu aquatique dans la cage branchiale, la surface de  
15 membrane exposée dans le caisson pulmonaire, la capacité de  
diffusion de la membrane, le débit de la pompe, la  
concentration en composants transportant activement  
l'oxygène ou, de façon plus générale, la composition du  
liquide transporteur d'oxygène. Le sang et en particulier  
20 l'hémoglobine est ici utilisée. Un liquide comprenant par  
exemple du perfluorodichlorooctane, composé non-protéique,  
peut également être utilisé.

La régulation du taux d'oxygène dans l'air pervaporisé dans  
25 le caisson pulmonaire peut également impliquer de coupler  
l'ensemble de l'invention à un recycleur, c'est à dire un  
circuit de recyclage des gaz expirés par le plongeur. Les  
recycleurs sont bien connus des spécialistes de la plongée.  
De tels systèmes peuvent en effet s'avérer utile dans le  
30 contexte d'une capsule subaquatique dont les résidents ne  
peuvent pas expirer directement vers l'extérieur de la  
capsule. Dans le contexte d'un plongeur seul, le couplage  
de l'équipement de l'invention avec un recycleur pourrait

également permettre de réduire encore plus la dimension de l'ensemble, le recyclage permettant de réduire le besoin d'extraire les gaz du milieu aquatique.

5

L'ensemble de l'invention et les différents éléments peuvent prendre des formes multiples qui ne sont pas limitées aux formes décrites ci-dessus. Dans le cas d'un équipement pour un plongeur, il est important que l'anneau  
10 2 soit suffisamment protégé afin qu'il ne se détériore pas par contact avec des obstacles, comme par exemple des rochers, ou qu'il ne s'accroche pas à la végétation aquatique. Le caisson pulmonaire peut prendre n'importe quelle forme, notamment des formes ergonomiques qui  
15 permettent au plongeur de rester libre de ses mouvements. Dans le cas d'une capsule subaquatique, l'ensemble de l'invention peut être judicieusement agencé sur l'habitacle de façon à ce que la cage branchiale reçoive le courant de façon optimale lorsque la capsule se déplace.

20

## Revendications

BE2017/5490

1. Ensemble (1) subaquatique comprenant un anneau (2) de circulation d'un liquide transporteur d'oxygène (3), une cage branchiale (4) et un caisson pulmonaire (5), caractérisé par le fait qu'il est de respiration, le caisson pulmonaire comportant une bouche de respiration (6), ledit anneau traversant la cage branchiale (4) et le caisson pulmonaire (5).
2. Ensemble selon la revendication 1, dans lequel l'anneau de circulation (2) est perméable à l'oxygène et le caisson pulmonaire (5) est agencé pour provoquer la pervaporisation d'oxygène, transporté par le liquide transporteur d'oxygène (3), à travers l'anneau perméable.
3. Ensemble selon la revendication 2, dans lequel la cage branchiale (4) est agencée pour permettre la diffusion d'oxygène, du milieu subaquatique vers le liquide transporteur d'oxygène (3), à travers l'anneau perméable.
4. Ensemble selon l'une des revendications 1 à 3, dans lequel le liquide transporteur d'oxygène (3) comprend au moins un composant pouvant adsorber l'oxygène.
5. Ensemble selon l'une des revendications 1 à 4, dans lequel il est prévu une pompe (7) pour assurer la circulation du liquide transporteur d'oxygène (3).
6. Ensemble selon l'une des revendications 2 à 5, dans lequel l'anneau (2) de circulation est également perméable au diazote.
7. Ensemble selon l'une des revendications 1 à 2, dans lequel l'oxygène et le diazote sont solubles dans le liquide transporteur d'oxygène (3).
8. Ensemble selon l'une des revendications 1 à 7, dans lequel l'anneau de circulation (2) comprend au moins une membrane perméable ou semi-perméable hydrophobe agencée pour envelopper le liquide transporteur d'oxygène.
9. Ensemble selon l'une des revendications 1 à 8, dans lequel la cage branchiale (4) est agencée pour y permettre la circulation d'un courant du milieu subaquatique.
10. Ensemble selon l'une des revendications 1 à 9, dans lequel l'anneau de circulation (2) se divise, sur une

portion de sa longueur, en plusieurs sous-circuits BE2017/5490  
parallèles.

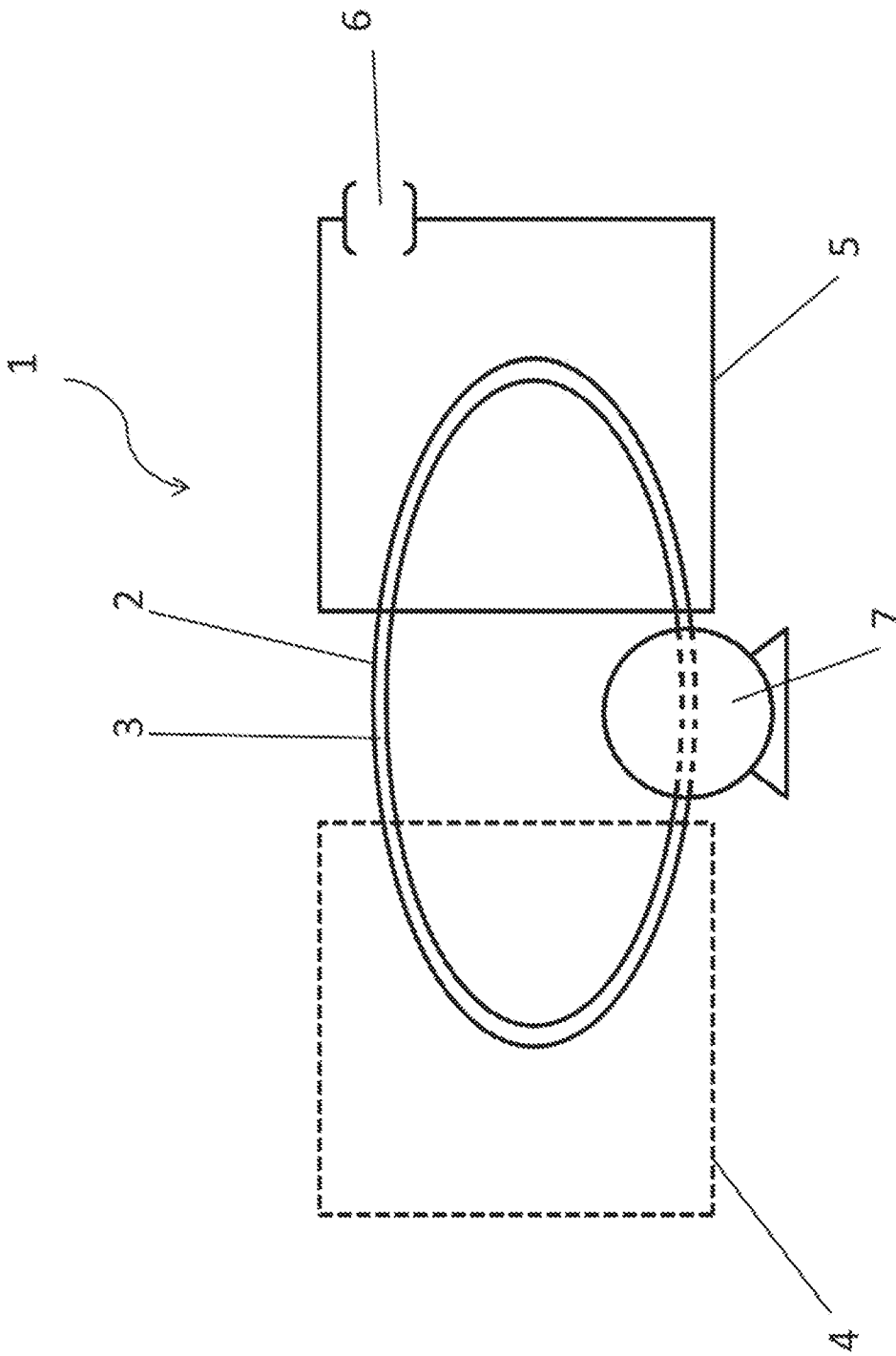


Figure 1.

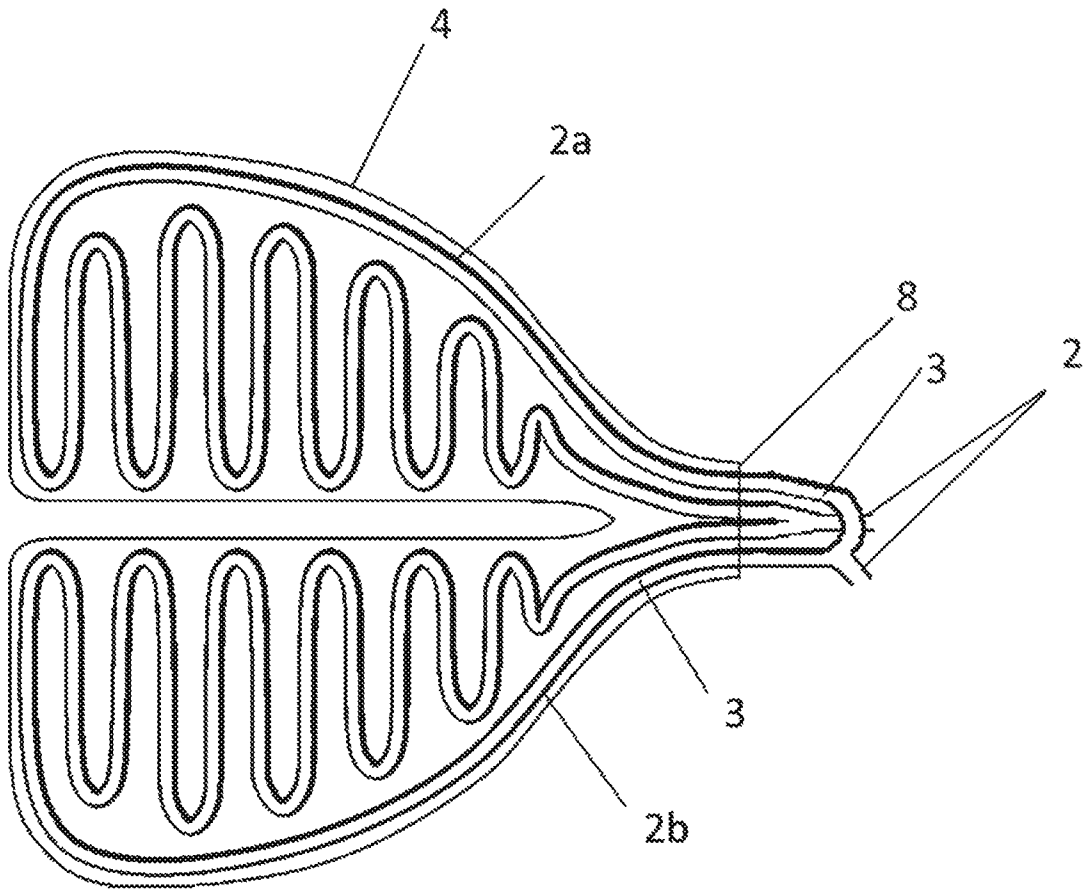


Figure 2.

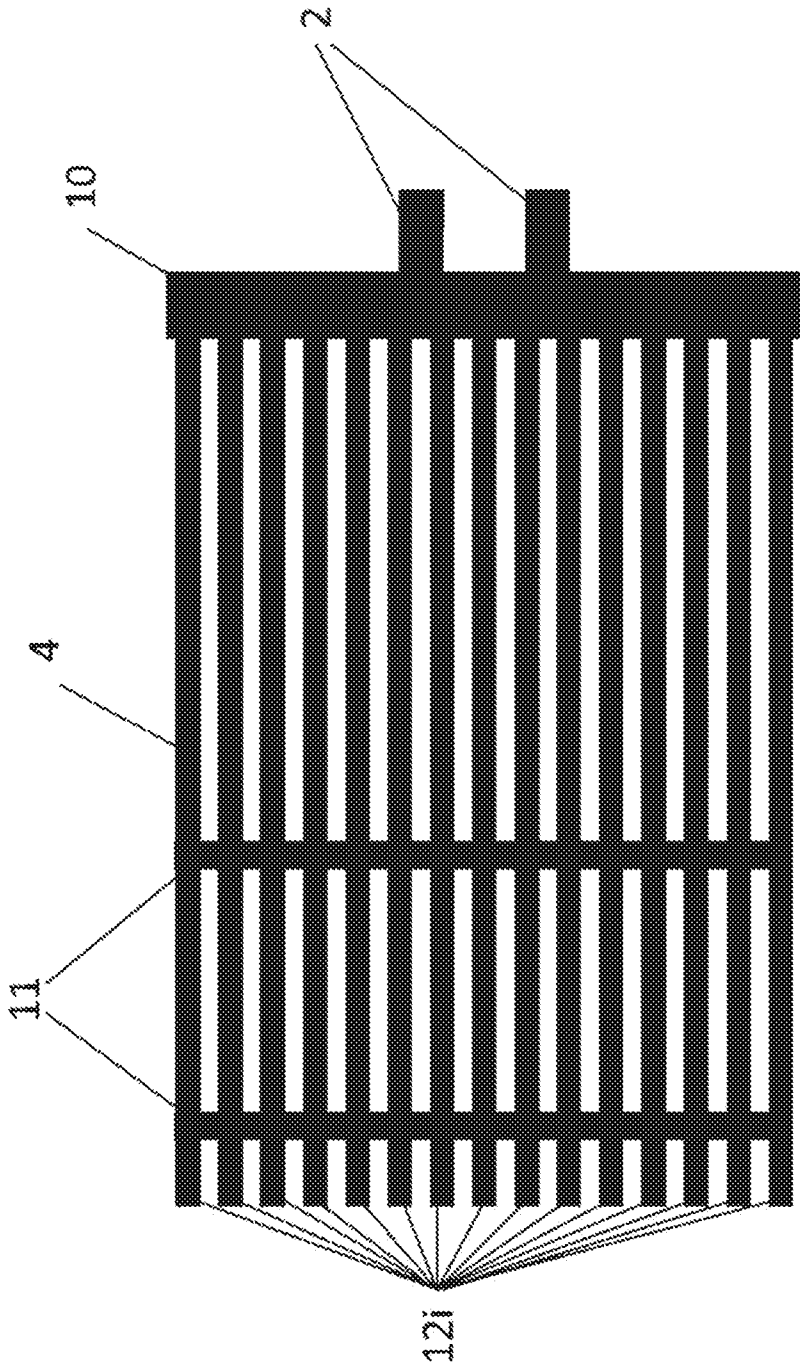


Figure 3.

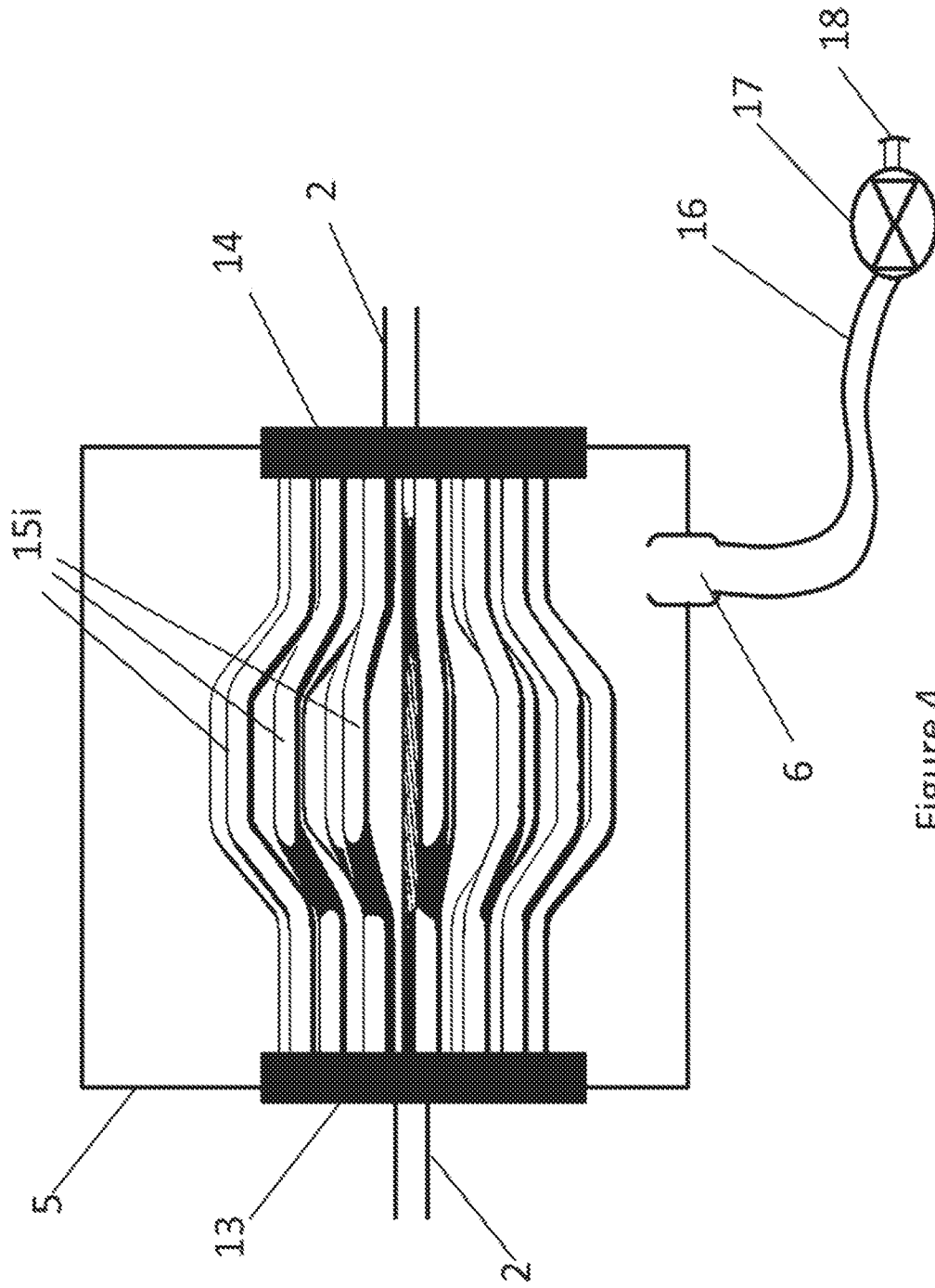


Figure 4.

## Abrégé

## Ensemble de respiration subaquatique

- 5 La présente invention propose un équipement innovant de respiration subaquatique permettant d'extraire du milieu subaquatique un gaz respirable, apportant ainsi une solution aux problèmes d'autonomie, d'encombrement et de consommation énergétique des techniques existantes.
- 10 L'équipement est un ensemble de respiration subaquatique comprenant un anneau de circulation d'un liquide transporteur d'oxygène traversant une cage branchiale et un caisson pulmonaire avec une bouche de respiration.

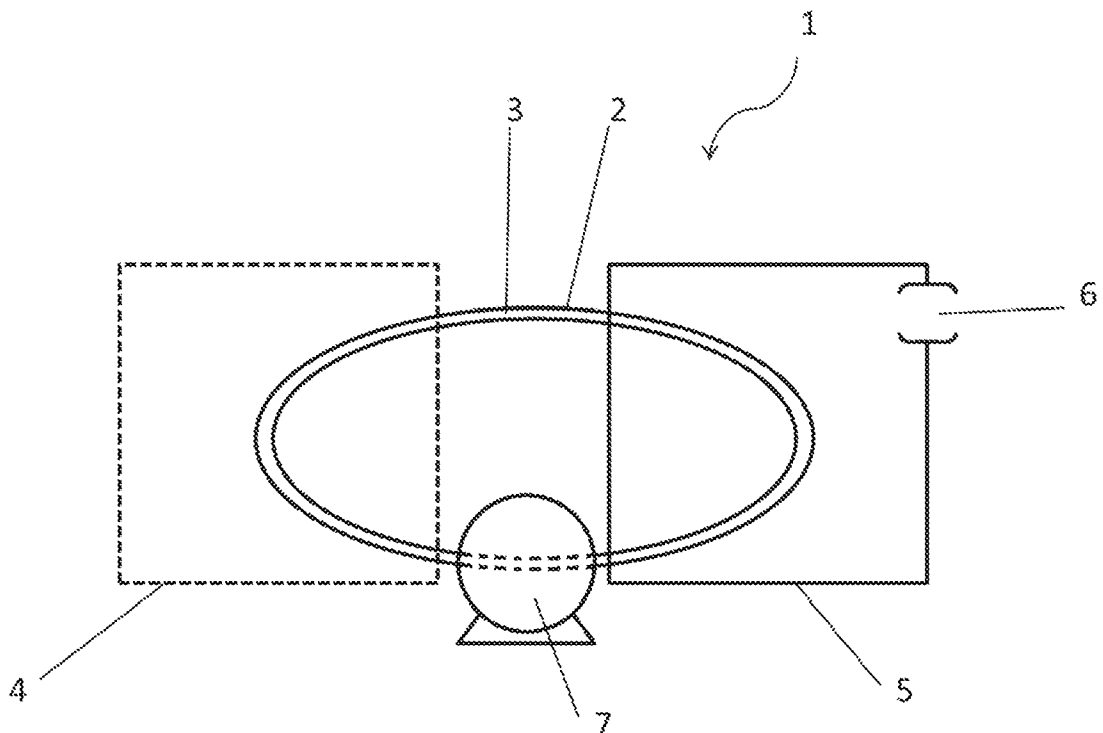


Figure 1.

## TRAITE DE COOPERATION EN MATIERE DE BREVETS

### RAPPORT DE RECHERCHE DE TYPE INTERNATIONAL ÉTABLI EN VERTU DE L'ARTICLE XI.23., §10 DU CODE DE DROIT ÉCONOMIQUE BELGE

IDENTIFICATION DE LA DEMANDE INTERNATIONALE	REFERENCE DU DEPOSANT OU DU MANDATAIRE  <b>PAT77404BE00</b>
Demande nationale belge n°  <b>201705490</b>	Date du dépôt  <b>10-07-2017</b>
	Date de priorité revendiquée
Déposant (Nom)  <b>APA PRODUCTIONS SPRL</b>	
Date de la requête d'une recherche de type international  <b>29-07-2017</b>	Numéro attribué par l'administration chargée de la recherche internationale à la requête d'une recherche de type international  <b>SN69411</b>
<b>I. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE</b> (en cas de plusieurs symboles de la classification, les indiquer tous)	
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB  <b>B63C11/18</b>	
<b>II. DOMAINES RECHERCHES</b>	
Documentation minimale consultée	
Système de classification	Symboles de la classification
<b>IPC</b>	<b>B63C</b>
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents font partie des domaines consultés	
III. <input type="checkbox"/> IL A ÉTÉ ESTIMÉ QUE CERTAINES REVENDEICATIONS NE POUVAIENT FAIRE L'OBJET D'UNE RECHERCHE (Observations sur la feuille supplémentaire)	
IV. <input type="checkbox"/> ABSENCE D'UNITÉ DE L'INVENTION ET/OU CONSTATATION RELATIVE À L'ÉTENDUE DE LA RECHERCHE (Observations sur la feuille supplémentaire)	

# RAPPORT DE RECHERCHE DE TYPE INTERNATIONAL

Demande de recherche No.

BE 201705490

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. B63C11/18 ADD.		
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB		
B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE		
Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) B63C		
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche		
Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie *	Documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	US 4 609 383 A (BONAVENTURA JOSEPH [US] ET AL) 2 septembre 1986 (1986-09-02) * le document en entier * -----	1-10
X	US 4 602 987 A (BONAVENTURA JOSEPH [US] ET AL) 29 juillet 1986 (1986-07-29) * le document en entier * -----	1-10
A	MING-CHIEN YANG ET AL: "ARTIFICIAL GILLS", JOURNAL OF MEMBRANE SCIENCE, ELSEVIER BV, NL, vol. 42, no. 3, 15 mars 1989 (1989-03-15), pages 273-284, XP000070927, ISSN: 0376-7388, DOI: 10.1016/S0376-7388(00)82381-9 * le document en entier * ----- -/--	1
<input checked="" type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents		
<input checked="" type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe		
* Catégories spéciales de documents cités:		
"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent		"T" document ultérieur publié après la date de dépôt ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date		"X" document particulièrement pertinent: l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
"L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)		"Y" document particulièrement pertinent: l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens		"&" document qui fait partie de la même famille de brevets
"P" document publié avant la date de dépôt, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée		
Date à laquelle la recherche de type international a été effectivement achevée 9 novembre 2017		Date d'expédition du rapport de recherche de type international
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040 Fax: (+31-70) 340-3016		Fonctionnaire autorisé Knoflacher, Nikolaus

2

**RAPPORT DE RECHERCHE DE TYPE INTERNATIONAL**

Demande de recherche No.

**BE 201705490**

C. (suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie *	Documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	US 2004/000232 A1 (VAN HORNE WILLIAM J [US] ET AL) 1 janvier 2004 (2004-01-01) * revendications; figures *	1
A,D	WO 02/40343 A1 (BODNER ALAN IZHAR [IL]) 23 mai 2002 (2002-05-23) cité dans la demande * revendications; figures *	1

# RAPPORT DE RECHERCHE DE TYPE INTERNATIONAL

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande de recherche n°

BE 201705490

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 4609383	A	02-09-1986	AUCUN
US 4602987	A	29-07-1986	US 4602987 A 29-07-1986 US 4761209 A 02-08-1988
US 2004000232	A1	01-01-2004	US 2004000232 A1 01-01-2004 WO 03042432 A1 22-05-2003
WO 0240343	A1	23-05-2002	AT 320961 T 15-04-2006 AU 2392402 A 27-05-2002 DE 60118249 T2 28-12-2006 EP 1343683 A1 17-09-2003 US 2004003811 A1 08-01-2004 WO 0240343 A1 23-05-2002



## OPINION ÉCRITE

Dossier N° SN69411	Date du dépôt ( <i>jour/mois/année</i> ) 10.07.2017	Date de priorité ( <i>jour/mois/année</i> )	Demande n° BE201705490
Classification internationale des brevets (CIB) INV. B63C11/18			
Déposant APA PRODUCTIONS SPRL			

La présente opinion contient des indications et les pages correspondantes relatives aux points suivants :

- Cadre n° I Base de l'opinion
- Cadre n° II Priorité
- Cadre n° III Absence de formulation d'opinion quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle
- Cadre n° IV Absence d'unité de l'invention
- Cadre n° V Déclaration motivée quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle: citations et explications à l'appui de cette déclaration
- Cadre n° VI Certains documents cités
- Cadre n° VII Irrégularités dans la demande
- Cadre n° VIII Observations relatives à la demande

Formulaire BE237A (feuille de couverture) (Janvier 2007)	Examineur Knoflacher, Nikolaus
--	-----------------------------------

## OPINION ÉCRITE

Demande n°  
BE201705490

---

### Cadre n° I Base de l'opinion

---

1. Cette opinion a été établie sur la base des revendications déposées avant le commencement de la recherche.
2. En ce qui concerne **la ou les séquences de nucléotides ou d'acides aminés** divulguées dans la demande, le cas échéant, cette opinion a été effectuée sur la base des éléments suivants :
  - a. Nature de l'élément:
    - un listage de la ou des séquences
    - un ou des tableaux relatifs au listage de la ou des séquences
  - b. Type de support:
    - sur papier
    - sous forme électronique
  - c. Moment du dépôt ou de la remise:
    - contenu(s) dans la demande telle que déposée
    - déposé(s) avec la demande, sous forme électronique
    - remis ultérieurement
3.  De plus, lorsque plus d'une version ou d'une copie d'un listage des séquences ou d'un ou plusieurs tableaux y relatifs a été déposée, les déclarations requises selon lesquelles les informations fournies ultérieurement ou au titre de copies supplémentaires sont identiques à celles initialement fournies et ne vont pas au-delà de la divulgation faite dans la demande internationale telle que déposée initialement, selon le cas, ont été remises.
4. Commentaires complémentaires :

## OPINION ÉCRITE

Demande n°  
BE201705490

---

**Cadre n° V Opinion motivée quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle; citations et explications à l'appui de cette déclaration**

---

1. Déclaration

Nouveauté	Oui :	Revendications	1-10
	Non :	Revendications	
Activité inventive	Oui :	Revendications	
	Non :	Revendications	1-10
Possibilité d'application industrielle	Oui :	Revendications	1-10
	Non :	Revendications	

2. Citations et explications

**voir feuille séparée**

1 **Ad point V**

**Déclaration motivée quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle ; citations et explications à l'appui de cette déclaration**

1.1 Il est fait référence aux documents suivants:

- D1 US 4 609 383 A (BONAVENTURA JOSEPH [US] ET AL) 2 septembre 1986 (1986-09-02)
- D2 US 4 602 987 A (BONAVENTURA JOSEPH [US] ET AL) 29 juillet 1986 (1986-07-29)
- D3 MING-CHIEN YANG ET AL: "ARTIFICIAL GILLS", JOURNAL OF MEMBRANE SCIENCE, ELSEVIER BV, NL, vol. 42, no. 3, 15 mars 1989 (1989-03-15), pages 273-284, XP000070927, ISSN: 0376-7388, DOI: 10.1016/S0376-7388(00)82381-9
- D4 US 2004/000232 A1 (VAN HORNE WILLIAM J [US] ET AL) 1 janvier 2004 (2004-01-01)
- D5 WO 02/40343 A1 (BODNER ALAN IZHAR [IL]) 23 mai 2002 (2002-05-23)

1.2 La présente demande ne remplit pas les conditions de brevetabilité, l'objet de la revendication 1 n'impliquant pas d'activité inventive.

1.2.1 D1, qui peut être considéré comme l'état de la technique le plus proche de l'objet de la revendication 1, divulgue (les références entre parenthèses s'applique sur ce document) :

un ensemble de respiration subaquatique (voir figure 2 et colonne 14, lignes 44-47) comprenant un anneau de circulation d'un liquide transporteur d'oxygène (voir revendication 1), une cage branchiale et un caisson pulmonaire, ledit anneau traversant la cage branchiale et le caisson pulmonaire (voir figure 2).

1.2.2 Par conséquent, l'objet de la revendication 1 diffère de cet ensemble de respiration subaquatique connu en ce que le caisson pulmonaire comprend une bouche de respiration.

1.2.3 Le problème que la présente invention se propose de résoudre peut donc être considéré comme délivrer le gaz de respiration au plongeur.

1.2.4 La solution proposée dans la revendication 1 de la présente demande ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive pour les motifs suivants :

comme D1 décrit déjà en colonne 14, lignes 46, 47 que l'application de l'invention de D1 est la plongée. Une bouche de respiration est une solution évidente pour l'homme du métier, comme c'est aussi la solution la plus répandue pour délivrer le gaz respiratoire au plongeur.

1.3 Les revendications dépendantes 2-10 ne contiennent pas de caractéristiques qui satisfassent aux exigences de nouveauté et/ou d'activité inventive en étant combinées aux caractéristiques de l'une quelconque des revendications auxquelles lesdites revendications dépendantes sont liées, voir par exemple :

- D1, colonne 4, lignes 32-37, pour la revendication 2
- D1, figure 2, pour les revendications 3, 9 et 10
- D1, revendication 1, pour la revendication 4
- D1, colonne 15, lignes 52-55, pour la revendication 5
- D1, colonne 13, lignes 7-17, pour les revendications 6 à 8