

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 02.06.21.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 09.12.22 Bulletin 22/49.

56 Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule*

60 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

71 Demandeur(s) : DREVET Jean-Baptiste — FR.

72 Inventeur(s) : DREVET Jean-Baptiste.

73 Titulaire(s) : DREVET Jean-Baptiste.

74 Mandataire(s) : CABINET BOETTCHER.

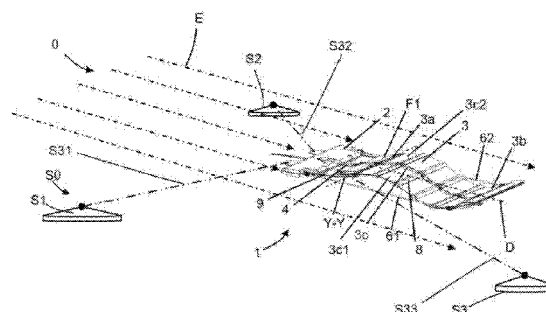
54 Générateurs d'électricité à membrane ondulante.

57 Générateur d'électricité (1) comportant :
- un support de la membrane (2) destiné à être amarré à
un système d'amarrage subaquatique (S0) ;
- une membrane (3) ayant des bords amont (3a) et aval
(3b) attachée au support (2) via un système d'accroche (4)
autorisant une orientation d'une portion amont de la mem-
brane par rapport audit support de membrane (2) autour
d'au moins une direction transversale (Y-Y) de la mem-
brane (3), la membrane étant adaptée à onduler selon une direc-
tion longitudinale (D) lorsqu'elle est plongée dans un écou-
lement (E) d'eau ;

le générateur d'électricité (1) comprenant un module de
génération d'électricité (5) fonctionnellement relié à ladite
membrane (3) pour générer une tension électrique en ré-
ponse à un mouvement d'ondulation de la membrane (3).

Le générateur d'électricité (1) a une partie portée (30) de
masse volumique égale à 1000 Kg/m³ à plus ou moins 30%.

FIGURE DE L'ABRÉGE : Fig. 1



Description

Titre de l'invention : Générateurs d'électricité à membrane ondulante.

- [0001] La présente invention concerne le domaine des générateurs d'électricité à membrane ondulante destinés à être immergés dans un écoulement d'eau pour y collecter de l'énergie et produire de l'électricité.
- [0002] **ARRIERE PLAN DE L'INVENTION**
- [0003] Il est connu, par exemple du document brevet WO2012123465A2 du même inventeur, différents modèles de générateurs d'électricité, aussi appelés hydroliennes.
- [0004] Ces générateurs d'électricité sont adaptés à une grande variété d'écoulements, y compris des écoulements de vitesse et de direction variable.
- [0005] Il serait toutefois souhaitable d'augmenter la quantité d'énergie collectée dans un écoulement ayant une grande variabilité de vitesse d'écoulement.
- [0006] **OBJET DE L'INVENTION**
- [0007] Un objet de l'invention est de fournir un générateur d'électricité résolvant tout ou partie des inconvénients précités de l'art antérieur.

Résumé de l'invention

- [0008] Selon un premier aspect l'invention concerne un générateur d'électricité comportant :
- [0009] - un support de la membrane destiné à être amarré à un système d'amarrage sub-aquatique ;
- [0010] - au moins une membrane ayant un bord amont et un bord aval, la membrane étant attachée au support de la membrane via au moins un système d'accroche autorisant une orientation d'une portion amont de la membrane par rapport audit support de membrane autour d'au moins une direction transversale de la membrane qui est perpendiculaire à une direction longitudinale de la membrane, la membrane étant adaptée à onduler selon la direction longitudinale de la membrane lorsqu'elle est plongée dans un écoulement d'eau s'écoulant essentiellement du support de membrane vers le bord aval de la membrane ;
- [0011] le générateur d'électricité comprenant au moins un module de génération d'électricité fonctionnellement relié à ladite membrane pour générer une tension électrique en réponse à un mouvement d'ondulation de la membrane selon sa direction longitudinale.
- [0012] Le générateur d'électricité selon l'invention est essentiellement caractérisé en ce qu'il présente une partie portée qui est attachée au support de membrane via le système d'accroche, cette partie portée comportant au moins la membrane et ledit au moins un module de génération d'électricité, la partie portée ayant une masse volumique propre

égale à 1000 Kg/m³ à plus ou moins 30%.

- [0013] Comme la masse volumique de la partie portée du générateur d'électricité qui comprend la membrane et ledit au moins un module de génération d'électricité est proche de celle de l'eau, à plus ou moins 30%, les efforts nécessaires pour l'orientation de la partie portée par rapport au support de membrane s'en trouvent minimisés.
- [0014] Le temps de latence entre l'apparition de l'écoulement et le moment à partir duquel de l'électricité peut être générée par ondulation de la membrane est d'autant plus faible que l'orientation de la membrane est rapide.
- [0015] Ainsi, le temps de production d'énergie et la quantité d'énergie produite par le générateur d'électricité selon l'invention sont augmentés dans tout environnement où l'écoulement varie fortement, tant en orientation qu'en vitesse d'écoulement.
- [0016] Ceci est particulièrement utile dans les écoulements côtiers qui varient, selon les cycles des marées, en orientation et en vitesse.
- [0017] La compensation du poids du générateur, permet de limiter le besoin de portance par les forces de pressions hydro-cinétiques, liées à la vitesse du fluide.
- [0018] Ceci permet de limiter l'effort de trainée, et par conséquent la puissance normalement consommée pour supporter le générateur.
- [0019] En limitant la puissance hydro-cinétique consommée pour supporter le générateur, le générateur selon l'invention présente un rendement de captation amélioré.
- [0020] Un autre avantage du générateur selon l'invention est qu'il peut démarrer la captation d'énergie dans l'écoulement alors que la vitesse d'écoulement est très faible (vitesse de démarrage du fonctionnement plus faible).
- [0021] Selon un mode de réalisation préférentiel du générateur selon l'invention, ladite partie portée est exclusivement attachée au support de membrane pour s'orienter librement dans l'écoulement en aval du support de membrane.
- [0022] Ainsi, l'orientation dans l'écoulement de la partie portée (qui comprend la membrane et ledit au moins un module de génération d'électricité) par rapport au support de membrane est facilitée.
- [0023] Cette orientation se fait à la manière d'une dérive orientée par des efforts de pression hydrodynamique exercés sur la membrane et par la trainée.
- [0024] En facilitant cette orientation, on maximise le temps de production d'électricité dans des écoulements dont l'orientation change fréquemment.
- [0025] Ainsi, le rendement du générateur selon l'invention s'en trouve amélioré.
- [0026] Selon un mode de réalisation préférentiel du générateur d'électricité selon l'invention, celui-ci a une masse volumique inférieure à 1000 Kg/m³, préférentiellement inférieure à 700 Kg/m³.
- [0027] En d'autres termes, le générateur d'électricité selon l'invention (qui comprend le support de membrane, le système d'accroche et la partie portée avec la membrane et le

module de génération d'électricité) présente une masse volumique qui est inférieure à celle de l'eau, la masse volumique de l'eau étant d'environ 1000 kg/m³.

- [0028] Comme le générateur selon l'invention a une flottabilité positive, lorsqu'il est plongé dans l'eau, les efforts mécaniques qu'il exerce sur le système d'amarrage sous l'effet combiné de la poussée d'Archimède et du poids du générateur sont fortement limités.
- [0029] La limitation des efforts mécaniques entre le système d'amarrage et le générateur permet d'améliorer la longévité du système d'amarrage et du générateur.
- [0030] Grâce au générateur d'électricité selon l'invention, le système d'amarrage peut être dimensionné pour accepter des efforts plus faibles ce qui limite les coûts de fabrication, d'installation et de maintenance du système d'amarrage.
- [0031] Selon un second aspect, l'invention concerne un système de génération d'électricité comprenant un système d'amarrage subaquatique doté d'amarres et au moins un générateur d'électricité selon l'un quelconque des modes de réalisation décrits dans la présente demande de brevet, les amarres du système d'amarrage subaquatique étant amarrées audit générateur d'électricité exclusivement via le support de membrane dudit générateur d'électricité.
- [0032] De cette manière le générateur d'électricité est uniquement amarré au système d'amarrage via son support de membrane, en amont de la membrane, ce qui facilite son orientation dans l'écoulement.
- [0033] L'orientation et le démarrage du générateur d'électricité dans l'écoulement sont d'autant plus facilités que la masse volumique de la partie portée est proche de celle de l'eau.
- [0034] Par ailleurs, le système d'amarrage est simplifié et moins coûteux à mettre en œuvre.
- [0035] Dans un mode de réalisation préférentiel du système selon l'invention, le système d'amarrage subaquatique et ledit support de membrane sont agencés pour que lorsque le système est plongé dans une colonne d'eau avec une vitesse d'écoulement d'eau dans la colonne inférieure à 0,5 m/s, avec une orientation de la direction de l'écoulement sensiblement horizontale à plus ou moins 5° d'angle près par rapport à un plan exactement horizontal, alors le support de membrane présente un plan principal P-P, dans lequel s'étendent l'intégralité du bord d'attaque du support de membrane 2 et l'intégralité du bord de fuite du support de membrane 2, qui est parallèle à la direction d'écoulement E à plus ou moins 10° d'angle près.
- [0036] Cette particularité du système d'amarrage et du support permet de limiter la traînée dans les courants de faible vitesse ce qui est favorable à une amélioration du rendement de captation d'énergie.
- [0037] Typiquement, ce mode de réalisation de l'invention peut être obtenu en ayant un support de membrane à flottabilité positive amarré via au moins trois amarres du système d'amarrage subaquatique qui sont tendues sous l'effet de la poussée

d'Archimède appliquée sur le support de membrane, ces au moins trois amarres étant reliées au support de manière qu'en l'absence d'écoulement ou avec une faible vitesse d'écoulement, inférieure à 0,5 m/s et éventuellement inférieure à 1m/s, alors le plan principal P-P du support de membrane est sensiblement horizontal à plus ou moins 10° d'angle près.

[0038] Les longueurs de ces au moins trois amarres et leurs points d'attache respectifs sur le support de membrane définissent la position et l'orientation du support de membrane dans la colonne d'eau.

[0039] Le réglage de ces amarres permet d'ajuster les tensions appliquées sur le support de membrane pour définir une position stable adoptée par le support de membrane en absence d'écoulement dans la colonne d'eau.

[0040] D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront à la lecture de la description qui suit d'un mode de réalisation particulier et non limitatif de l'invention.

Brève description des dessins

[0041] Il sera fait référence aux dessins annexés, parmi lesquels :

[0042] [Fig.1] la [Fig.1] est une vue en perspective d'un système de génération d'électricité 0 selon l'invention comprenant un système d'amarrage subaquatique S0 doté d'amarres S31, S32, S33, en l'occurrence trois amarres (typiquement le système d'amarrage subaquatique S0 comporte également une ou plusieurs autres amarres, une ou plusieurs masses gravitaires posées sur le fond marin, en l'occurrence trois masses gravitaires ou plus) et au moins un générateur d'électricité 1 selon l'invention (chaque amarre du système d'amarrage subaquatique S0 est d'un côté amarrée audit générateur d'électricité 1 exclusivement via le support de membrane 2 dudit générateur d'électricité 1 et d'un autre côté amarrée à l'une des masses gravitaires du système d'amarrage S0 qui lui correspond) ;

[0043] [Fig.2] la [Fig.2] est une vue de côté du générateur d'électricité 1 selon l'invention dont la membrane ondule librement dans l'écoulement d'eau E, les modules 5 de génération d'électricité sont exclusivement portés par la membrane et sont actionnés sous l'effet de l'ondulation de membrane pour produire de l'électricité par exemple distribuée à un réseau de distribution d'électricité ;

[0044] [Fig.3a] la [Fig.3a] est une vue en perspective de la face supérieure du générateur d'électricité 1 selon l'invention (on voit que la membrane 3 qui ondule dans l'écoulement E comporte deux parties symétriques 3c1, 3c2 qui sont séparées entre elles par une fente 3c, les modules 5 formant une chaîne de modules placées en vis-à-vis de cette fente) ;

[0045] [Fig.3b] la [Fig.3b] est une vue en perspective de la face inférieure du générateur d'électricité 1 illustré aux figures 1 à 3a ;

- [0046] [Fig.4] la [Fig.4] est une vue en coupe longitudinale du générateur d'électricité 1 illustré aux figures 1 à 3b, cette coupe montrant l'assemblage et le fonctionnement des modules de génération d'électricité 5 en réponse à l'ondulation de la membrane 3 (cette [Fig.4] montre aussi une vue de détail d'une partie aval du générateur 1 dans laquelle une traverse aval 7 améliore la rigidité transversale de la membrane à proximité de son bord aval 3b, un flotteur F est ici porté par la membrane, au niveau de son bord aval 3b pour augmenter la flottabilité du générateur 1 au niveau de sa partie aval) ;
- [0047] [Fig.5] la [Fig.5] illustre des courbes P1 et P0 de variation de puissance électrique produite en fonction de la vitesse de l'écoulement, la courbe P1 étant obtenue avec un générateur d'électricité selon l'invention (c'est-à-dire présentant une partie portée 30 ayant une masse volumique proche de celle de l'eau) et la courbe P0 étant obtenue avec un générateur d'électricité essentiellement identique au générateur utilisé pour la courbe P1 mais ayant une partie portée de masse volumique supérieure à 2000 Kg/m³ (la puissance est exprimée en watt avec un facteur « X » dépendant du modèle du générateur testé et la vitesse d'écoulement E est exprimée en mètre par seconde avec un facteur « Y » dépendant du modèle de générateur testé. Ces facteurs X et Y sont ici égaux à 1 pour les courbes P1 et P0, le générateur testé conforme à l'invention, courbe P1, étant ici adapté à délivrer environ 200 Kilowatts avec un écoulement de 2,6 m/s, ce générateur ayant, dans la plage de vitesse d'écoulement 0,6-2,4 m/s, une capacité de production toujours supérieure à celle du générateur de la courbe P0) ;
- [0048] [Fig.6] la [Fig.6] est une vue en perspective de dessus d'une zone du générateur 1 selon l'invention (sans sa membrane 3), cette vue illustrant un détail de la liaison mécanique entre un module 5 donné et une traverse donnée 8 via une première attache donnée 5a (formant un pied) et une articulation 54 ;
- [0049] [Fig.7] la [Fig.7] est une vue en perspective de dessous d'une zone du générateur 1 selon l'invention (toujours sans sa membrane 3), cette vue illustrant un détail de la liaison mécanique entre un module 5 donné et une autre traverse donnée 8 via une seconde attache donnée 5b (formant un pied) et une autre articulation 54.

DESCRIPTION DETAILLEE DE L'INVENTION

- [0050] Comme indiqué précédemment, et illustré sur la [Fig.1], l'invention concerne un système 0 de génération d'électricité comprenant :
- [0051] - d'une part un système d'amarrage subaquatique S0 doté d'amarres S31, S32, S33 ;
et
- [0052] - d'autre part au moins un générateur d'électricité 1 selon l'invention, les amarres du système d'amarrage subaquatique S0 étant amarrées, c'est-à-dire attachés, audit générateur d'électricité 1 exclusivement via le support de membrane 2 de ce générateur

d'électricité 1.

- [0053] Typiquement, le système d'amarrage subaquatique S0 peut comporter une ou plusieurs masses gravitaires S1, S2, S3 posées sur le fond marin et/ou un ou plusieurs pieds ancrés dans le fond marin et/ou une barge flottante.
- [0054] Toutefois, le système d'amarrage pourrait prendre toute autre forme permettant l'amarrage d'un générateur d'électricité 1 selon l'invention.
- [0055] Dans le mode de réalisation du système d'amarrage S0 illustré sur la [Fig.1], le système d'amarrage S0 comporte trois masses gravitaires S1, S2, S3.
- [0056] Les première, seconde et troisième amarres S31, S32, S33 du système d'amarrage S0 ont chacune une extrémité attachée à l'une des masses gravitaires S1, S2, S3 qui lui correspond et une extrémité attachée au support de membrane 2, le reste du générateur d'électricité étant libre en orientation dans l'écoulement E.
- [0057] Les points d'attache des amarres S1, S2, S3 définissent sur le support de membrane 2, un triangle isocèle s'étendant dans un plan sensiblement horizontal à plus ou moins 10° d'angle au moins lorsque la vitesse d'écoulement est inférieure à 0,5 m /s.
- [0058] Un côté donné de ce triangle qui est formé entre deux premiers sommets de ce triangle est parallèle au bord d'attaque 2a du support de membrane 2.
- [0059] Le troisième sommet de ce triangle est disposé entre ce côté donné du triangle et le bord de fuite 2b du support de membrane.
- [0060] Plus particulièrement, l'invention concerne un générateur d'électricité 1 présenté aux figures 1, 2, 3a, 3b et 4.
- [0061] Ce générateur 1 comporte :
- [0062] - un support de la membrane 2 destiné à être amarré au système d'amarrage subaquatique S0 ;
- [0063] - au moins une membrane 3 ayant un bord amont 3a et un bord aval 3b, la membrane 3 étant attachée au support de la membrane 2 via au moins un système d'accroche 4 autorisant une orientation d'une portion amont de la membrane, par rapport audit support de membrane 2 autour d'au moins une direction transversale Y-Y de la membrane 3 qui est perpendiculaire à une direction longitudinale D de la membrane.
- [0064] La portion amont de la membrane est une portion longitudinale de la membrane qui comprend le bord amont 3a et qui est éloignée du bord aval 3b de la membrane.
- [0065] Il est à noter que le bord amont 3a s'étend en longueur parallèlement à la direction transversale de membrane, ce bord amont étant parallèle et à distance d'un bord de fuite 2b du support de membrane 2.
- [0066] De plus, la direction longitudinale D de la membrane passe par chacun des bords amont et aval 3a, 3b de la membrane 3.
- [0067] La membrane est adaptée / forcée à onduler selon la direction longitudinale D de la membrane 3 lorsqu'elle est plongée dans un écoulement E d'eau s'écoulant essen-

tiellement selon une direction donnée allant du support de membrane 2 vers le bord aval 3b de la membrane.

- [0068] Le générateur d'électricité 1 comprend aussi au moins un module de génération d'électricité 5 fonctionnellement relié à ladite membrane 3, pour générer une tension électrique et un courant électrique en réponse à un mouvement d'ondulation de la membrane 3 selon sa direction longitudinale D.
- [0069] Le générateur d'électricité selon l'invention présente une partie portée 30 qui est attachée au support de membrane 2 via le système d'accroche 4, cette partie portée 30 comporte au moins la membrane 2 et lesdits au moins un module de génération d'électricité 5 et tout autre élément du générateur 1 qui est exclusivement embarqué sur la membrane.
- [0070] Pour faciliter son orientation dans l'écoulement, la partie portée 30 a une masse volumique propre qui proche de celle de l'eau, en l'occurrence sa masse volumique propre est égale à 1000 Kg/m³ à plus ou moins 30%.
- [0071] Ainsi, la partie portée 30 est rapidement orientée dans l'écoulement E ce qui permet de maximiser le temps de production d'énergie dans un écoulement dont l'orientation varie.
- [0072] Le générateur d'électricité 1 a pour particularité d'avoir une masse volumique inférieure à 1000 Kg/m³, préférentiellement inférieure à 700 Kg/m³ ce qui lui permet d'exercer une traction modérée sur les amarres pour rester positionné à une hauteur stable dans la colonne d'eau.
- [0073] Comme l'eau a une masse volumique à 10°C qui varie en fonction de sa minéralisation ou salinité entre 997 et 1030 Kg/m³ à 10°C, le générateur 1 selon l'invention a une densité inférieure à celle l'eau ce qui facilite son positionnement à une hauteur prédéfinie dans la colonne d'eau.
- [0074] On réduit ainsi les efforts de portance hydrodynamique du générateur, ce qui limite les efforts de trainée et améliore le rendement du générateur.
- [0075] La partie portée 30, qui comprend la membrane et les modules de génération d'électricité 5 et tout autre élément du générateur embarqué sur la membrane est exclusivement attachée au support de membrane 2 via le système d'accroche 4 pour s'orienter librement dans l'écoulement E en aval du support de membrane 2.
- [0076] Dans le cas présent, la membrane 3 comporte deux demi membranes 3c1, 3c2 séparées l'une de l'autre par une fente longitudinale 3c de la membrane qui est parallèle à la direction longitudinale D de la membrane 3.
- [0077] Chaque au moins un module de génération d'électricité 5 est relié mécaniquement à la membrane via des première et seconde attaches 5a, 5b de manière à être exclusivement porté cette membrane.
- [0078] Le support de membrane 2 a une masse volumique strictement inférieure à 700 Kg/

m3 ce qui lui confère une flottabilité positive lorsqu'il est plongé dans l'eau et lui permet d'agir comme un flotteur pour supporter au moins une partie du poids amont du générateur 1.

- [0079] Ce support de membrane 2 s'étend longitudinalement selon une direction longitudinale D3 propre au support de membrane 2 qui est parallèle audit bord amont 3a de la membrane.
- [0080] Ce support 2 présente un bord d'attaque 2a arrondi qui s'étend en longueur le long de la direction longitudinale D3 du support et un bord de fuite 2b qui s'étend en longueur le long de la direction longitudinale D3 du support.
- [0081] Sur une majeure portion de longueur du support 2, la distance entre le bord d'attaque 2a et le bord de fuite 2b observée dans un plan de coupe donné transversal du support qui est perpendiculaire à la direction longitudinale D3 du support est supérieure à trois fois l'épaisseur maximale Emax du support 2.
- [0082] Le support de membrane 2 présente un plan principal P-P, dans lequel s'étendent l'intégralité du bord d'attaque du support de membrane 2 et l'intégralité du bord de fuite du support de membrane 2.
- [0083] Le système d'amarrage S0 est préférentiellement relié à ce support de membrane 2 de manière que lorsque le générateur est plongé dans une colonne d'eau, dans laquelle de l'eau s'écoule selon une direction horizontale avec une vitesse d'écoulement inférieure à 0,5 m/s, avec les amarres S21, S22, S23 tendues sous l'effet de la poussée d'Archimède appliquée sur le support de membrane 2, alors le plan P-P du support 2 est horizontal à plus ou moins 10° d'angle près.
- [0084] Préférentiellement, le support de membrane 2 présente une densité propre à générer un effort de flottabilité suffisant pour soulever le générateur d'électricité 1 alors que :
- [0085] - que le support de membrane 2 est amarré à plusieurs points fixes d'un système d'amarrage subaquatique ; et alors
- [0086] - que le générateur d'électricité 1 est complètement immergé dans l'eau E s'écoulant essentiellement du support de membrane 2 vers le bord amont 3a de la membrane 3 avec une vitesse d'écoulement inférieure à 0,5 m/s.
- [0087] Ainsi, le support 2 présente une flottabilité positive pour soulever le générateur 1 et les amarres S31, S32, S33 du système d'amarrage S0 alors que les trois masses gravitaires S1, S2, S3 forment plusieurs points fixes du système d'amarrage S0.
- [0088] La flottabilité positive du support 2 permet de générer un effort tendant à positionner le support à une hauteur stable dans la colonne d'eau.
- [0089] Comme le support 2 s'étend dans un plan sensiblement horizontal, il crée une résistance importante à des mouvements verticaux du support 2.
- [0090] Ceci permet de limiter les instabilités de mouvements verticaux de la membrane dans l'écoulement.

- [0091] Le profilé hydrodynamique du support 2 permet aussi de limiter l'effet de trainée dans l'écoulement.
- [0092] Ce support 2 a également un rôle de séparateur de flux à l'amont de la membrane pour augmenter la différence de pression de part et d'autre du bord amont 3a de la membrane.
- [0093] Pour améliorer la fonction de séparateur de flux, la distance entre le bord d'attaque 2a et le bord de fuite 2b du support 2 est préférentiellement supérieure à 10% de la longueur totale L_x de la membrane mesurée entre son bord amont 3a et son bord aval 3b.
- [0094] Préférentiellement, le système d'amarrage subaquatique S0 et ledit support de membrane 2 sont agencés pour que lorsque le système 0 est plongé dans une colonne d'eau avec une vitesse d'écoulement d'eau dans la colonne supérieure à 0,5 m/s et une orientation de la direction de l'écoulement E sensiblement horizontale à plus ou moins 5° d'angle près par rapport à un plan exactement horizontal, alors le plan principal P-P du support de membrane 2 qui est parallèle à la direction d'écoulement E à plus ou moins 10° d'angle près.
- [0095] Les amarres S31, S32, S33 qui forment des lignes d'amarrage sont reliées au support 2 de manière qu'en l'absence d'écoulement, le plan principal P-P du support 2 soit sensiblement horizontal pour limiter la trainée à la reprise de l'écoulement.
- [0096] La flottabilité positive du support 2 permet aussi, en réglant les longueurs des lignes d'ancrage, de déterminer la position du générateur dans la colonne d'eau où se trouve l'écoulement.
- [0097] La membrane est ainsi plus facilement positionnée dans l'écoulement pour y collecter de l'énergie.
- [0098] Pour la compréhension de l'invention, l'épaisseur maximale E_{max} du support 2 est mesurée selon une direction qui est perpendiculaire à la direction longitudinale du support et qui est perpendiculaire à un plan P-P dans lequel s'étendent en longueur les bords d'attaque et de fuite du support de membrane 2.
- [0099] La flottabilité positive du support 2 permet d'accroître la puissance hydraulique collectable par le générateur 1 dans l'écoulement E.
- [0100] La puissance électrique produite par le générateur 1 s'en trouve augmentée à moindre frais.
- [0101] Le coût de revient du kWh produit par le générateur d'électricité 1 est ainsi minimisé ce qui justifie l'investissement dans un support de membrane 2 constitué de matériau à flottabilité positive.
- [0102] Typiquement ce support 2 est, en volume, essentiellement constitué de l'assemblage d'un profilé rigide en fibre de verre ou fibre de carbone, sur lequel sont fixés des flotteurs en mousses à alvéoles fermées en mousses de PET, de PE ou d'Epoxy

moussante, mousses syntactiques, ou même des caissons en acier inoxydable.

- [0103] La flottaison positive du support 2 a tendance à suspendre les lignes d'ancrages du système d'amarrage S0 ce qui positionne le support 2 et le générateur dans l'écoulement E en l'éloignant vis-à-vis du fond marin, à une distance que l'on pourra choisir.
- [0104] Par ailleurs, sur une majeure portion de longueur du support 2, le support a une forme hydrodynamique (la distance entre le bord d'attaque et le bord de fuite est toujours au moins trois fois supérieure à l'épaisseur maximale E_{max} du support).
- [0105] Ainsi, lorsque l'écoulement de fluide se produit, la faible densité et la forme hydrodynamique du support ont tendance à limiter les efforts de trainée et par conséquent à limiter les efforts appliqués sur le système d'amarrage subaquatique.
- [0106] Le système d'amarrage utilisé pour amarrer le générateur d'électricité 1 selon l'invention peut être moins fortement dimensionné et allégé ce qui le rend moins coûteux à fabriquer / mettre en œuvre.
- [0107] Comme illustré sur la [Fig.2], le générateur d'électricité présente la partie portée 30 qui est exclusivement portée par le support de membrane 2 via le système d'accroche 4.
- [0108] Cette partie portée 30 comporte la membrane 2 et ledit au moins un module de génération d'électricité 5 et tout autre élément du générateur embarqué sur la membrane.
- [0109] La membrane 2 est exclusivement arrimée via le support de membrane 2.
- [0110] Cette partie portée 30 a une masse volumique propre égale à 1000 Kg/m³ à plus ou moins 30%.
- [0111] Comme la membrane et les modules de génération d'électricité appartiennent à la partie portée 30 qui est uniquement arrimée au support de membrane via le système d'accroche 4, la partie portée 30 de densité proche de celle de l'eau s'oriente librement sans qu'aucune autre pièce ne vienne guider la partie aval de la membrane et perturber le positionnement de la membrane dans l'écoulement E.
- [0112] Cette caractéristique facilite l'orientation de la membrane dans l'écoulement ce qui permet d'augmenter la quantité d'énergie pouvant être collectée par la membrane dans l'écoulement.
- [0113] Préférentiellement, le support de membrane 2 est symétrique par rapport à un plan de symétrie transversale Pt du support 2 qui est perpendiculaire au bord amont 3a de la membrane 3 (Ce bord mont 3a est parallèle à la direction longitudinale (D) de la membrane).
- [0114] Ce support 2 présente des première et seconde zones d'attache du support 21, 22.
- [0115] La première zone 21 est conformée pour y amarrer une première amarre S31 du système d'amarrage S0 et la seconde zone d'attache 22 est conformée pour y amarrer une seconde amarre S32 du système d'amarrage S0, une troisième zone d'attache

formée sur le support 2 est également conformée pour y amarrer la troisième amarre S33 du système d'amarrage S0.

- [0116] Ces première et seconde zones d'attache 21, 22 sont disposées de part et d'autre du plan de symétrie transversale Pt du support 2 et à équidistance du plan de symétrie transversale Pt pour permettre aux deux amarres S31, S32 de s'étendre dans l'écoulement E, dans une section amont de l'écoulement décalée par rapport au générateur.
- [0117] La troisième zone d'attache (non représentée) peut être formée sur une face inférieure du support de membrane pour permettre à la troisième amarre S33 de s'étendre sous le générateur jusqu'à la masse gravitaire S3 d'amarrage en aval du générateur.
- [0118] La première zone d'attache 21 est ici formée par une perforation formée au travers d'une première excroissance frontale du support de membrane 2, cette première excroissance étant disposée pour se trouver en amont du bord d'attaque 2a dans l'écoulement d'eau E qui va du support de membrane 2 vers la membrane 3.
- [0119] De manière similaire, la seconde zone d'attache 22 est formée par une perforation formée au travers d'une seconde excroissance frontale du support de membrane, cette seconde excroissance étant disposée pour se trouver en amont du bord d'attaque 2a dans l'écoulement d'eau qui va du support 2 vers la membrane 3.
- [0120] La troisième zone d'attache pourrait être formée par une manille pivotante attachée à une face inférieure du support de membrane 2 et disposée dans le plan de symétrie transversale Pt du support 2. Bien entendu le nombre et la disposition de ces zones d'attache pourrait varier.
- [0121] L'épaisseur maximale du support de membrane Emax est préférentiellement plusieurs fois supérieure à l'épaisseur maximale des première et seconde excroissances de manière à limiter les perturbations de l'écoulement allant vers le support 2.
- [0122] Préférentiellement l'épaisseur maximale Emax du support 2 est au moins 5 fois supérieure à l'épaisseur de l'une quelconque de ces première et seconde excroissances.
- [0123] Préférentiellement, chacune de ces première et seconde zones d'attache 21, 22 est située à une distance d'un axe longitudinal selon lequel s'étend le bord d'attaque 2a qui est supérieure à 0,1 fois la distance d'éloignement entre le bord d'attaque 2a et le bord de fuite 2b et qui est inférieure à cette distance d'éloignement entre les bords d'attaque et de fuite.
- [0124] Ces première et seconde zones d'attache 21, 22 permettent de générer un couple sur le support 2 autour d'un axe de pivotement qui passe par ces première et seconde zones d'attache, ce couple ayant tendance à forcer l'orientation du support 2 dans l'écoulement E pour optimiser l'effet du support 2 sur la captation d'énergie par la membrane.

- [0125] L'effet défecteur et hydrodynamique positif du support 2 s'en trouve également amélioré.
- [0126] Comme on le comprend des différentes figures 1 à 4, le générateur 1 comporte aussi des moyens de limitation d'éloignement 61, 62 qui sont adaptés à limiter l'éloignement entre le bord amont 3a de la membrane et le bord aval 3b de la membrane.
- [0127] Ces moyens de limitation de l'éloignement 61, 62 sont agencés de manière que la distance d'éloignement D_e mesurée en ligne droite entre le bord amont et le bord aval de la membrane soit toujours inférieure à la longueur la plus courte L_x de la membrane 3 mesurée contre une face de la membrane, en suivant cette face, entre le bord amont 3a et le bord aval 3b de la membrane.
- [0128] Comme illustré sur la [Fig.2], la longueur L_x la plus courte de la membrane mesurée contre une face de la membrane est égale à la longueur de la ligne de membrane mesurée dans un plan de coupe longitudinale de cette membrane qui passe par ses bords amont et aval. Cette longueur L_x correspond à longueur de la membrane mesurée lorsque la membrane est déployée / mise à plat.
- [0129] Typiquement, ces moyens de limitation d'éloignement 61, 62 sont agencés pour que la distance d'éloignement mesurée en ligne droite D_e , entre le bord amont 3a et le bord aval 3b, soit inférieure à 90% de ladite la longueur L_x .
- [0130] Préférentiellement, les moyens de limitation de l'éloignement 61, 62 entre le bord amont de la membrane et le bord aval de la membrane comprennent des premier et second liens souples 61, 62 (par exemple des câbles ou des sangles ou des chaînes ou des perches).
- [0131] Le premier lien souple 61 comporte une première extrémité attachée au support de membrane 2 et une seconde extrémité attachée à une première extrémité d'une traverse aval 7 qui s'étend parallèlement au bord aval de la membrane et la membrane étant fixée à cette traverse aval 7.
- [0132] De manière similaire, le second lien souple 62 comporte une première extrémité attachée au support de membrane 2 et une seconde extrémité attachée à une seconde extrémité de la traverse aval 7.
- [0133] Ainsi, les deux liens souples 61, 62 peuvent se courber selon leurs longueurs en fonction de l'écoulement E et lorsque ces premier et second liens souples sont tendus alors la traverse aval 7 est maintenue à une distance du support 2 qui est telle que la membrane 3 est maintenue courbée pour qu'elle présente toujours au moins une demi-ondulation.
- [0134] Sous l'effet de l'écoulement E , l'ondulation est forcée, se propage le long de la membrane et induit une déformation / actionnement de chaque au moins un module 5 de génération d'électricité porté par la membrane 3 pour ainsi générer une tension électrique en réponse à la déformation de chaque module 5.

- [0135] Il est à noter que la zone aval de la membrane est directement attaché / fixé sur la traverse aval 7, cette traverse aval 7 constituant ainsi un raidisseur qui s'oppose au fléchissement transversal de la membrane selon une direction transversale de la membrane qui est perpendiculaire à la direction longitudinale D de la membrane.
- [0136] La traverse aval 7 peut être équipée d'un flotteur pour former avec ce flotteur un ensemble ayant une masse volumique inférieure à 1000 Kg/m³, préférentiellement inférieure à 700 Kg/m³.
- [0137] En aval de la traverse aval 7, la membrane peut aussi porter un ou plusieurs flotteurs aval F permettant de supporter au moins une partie du poids desdits au moins au moins un module de génération d'électricité 5 qui ont une masse volumique largement supérieure à 1000 Kg/m³.
- [0138] Ceci facilite l'orientation de la direction longitudinale D de la membrane 3 suivant la direction de l'écoulement d'eau E.
- [0139] Le flotteur aval F est porté par la membrane 3 et relié à la membrane via une liaison rigide de manière à ce que l'orientation dudit au moins un flotteur aval F par rotation autour d'une direction transversale de la membrane 3 induise une rotation d'une portion aval de la membrane comprenant ledit bord aval 3b de la membrane autour de la direction transversale de la membrane.
- [0140] Ce flotteur aval F a une masse volumique strictement inférieure à 700 Kg/m³ de manière à exercer des efforts ayant tendance à supporter une portion aval de la membrane lorsque la membrane est plongée dans l'eau.
- [0141] Le flotteur aval F est rigide et présente un profil ayant un bord amont et un bord aval, le bord aval du flotteur aval F étant aligné avec au moins une portion de longueur du bord aval 3b de la membrane.
- [0142] Grâce au flotteur aval F (ici porté par la membrane mais pouvant être porté par la traverse aval 7), la membrane est plus rapidement et plus facilement alignée avec la direction de l'écoulement E ce qui contribue à augmenter la production d'énergie dans des écoulements de faible vitesse.
- [0143] En résumé, le générateur d'électricité :
- [0144] - est plus rapidement aligné avec l'écoulement, ce qui permet une production d'énergie plus précoce ; et
- [0145] - est en suspension dans l'écoulement E sans besoin de forces de portance par effet hydrodynamique, ce qui permet de limiter la trainée dans l'écoulement, maximisant ainsi la quantité d'énergie collectée par le générateur 1.
- [0146] Préférentiellement, la traverse aval 7 présente un profil de traverse aval s'étendant entre un bord amont 7a de la traverse aval 7 et un bord aval 7b de la traverse aval 7 qui, lorsqu'observé dans un plan de coupe transversale de la traverse aval 7 (c'est-à-dire un plan de coupe perpendiculaire à la direction longitudinale de cette

traverse aval 7) est arrondi au niveau du bord amont 7a.

- [0147] Sur une première portion du profil de traverse aval, le profil de traverse aval va en s'élargissant progressivement en se rapprochant du bord aval 7b de la traverse aval 7 jusqu'à atteindre une zone d'épaisseur maximale du profil de traverse aval.
- [0148] Sur une seconde portion du profil de traverse aval 7 s'étendant entre la zone d'épaisseur maximale du profil de traverse aval et le bord aval 7b de la traverse aval, le profil de traverse aval va en diminuant progressivement jusqu'à atteindre le bord aval de la traverse aval.
- [0149] Ainsi, le profil de la traverse aval 7 est hydrodynamique pour limiter les perturbations d'écoulement susceptibles d'affecter le rendement énergétique du générateur 1.
- [0150] Pour limiter la trainée induite par la traverse aval 7, le bord amont de la traverse aval 7 est préférentiellement confondu avec au moins une portion de la membrane 3.
- [0151] Préférentiellement, le générateur 1 comporte au moins un flotteur amont F1 exclusivement porté par la membrane 3 et relié à la membrane via une liaison rigide de manière à ce que l'orientation dudit au moins un flotteur amont F1 par rotation autour d'une direction transversale de la membrane 3 induise une rotation d'une portion amont de la membrane comprenant ledit bord amont 3a de la membrane autour de la direction transversale de la membrane.
- [0152] L'orientation de la portion amont de la membrane se fait bien entendu autour de directions parallèles au bord amont de la membrane.
- [0153] Ainsi, le flotteur amont F1 qui est exclusivement porté par la membrane a pour fonctions, de compenser une part de gravité de la membrane, de forcer comme flap amont un pivotement / une orientation du bord amont 3a de la membrane autour d'une direction perpendiculaire à l'écoulement pour amorcer un mouvement d'ondulation de la membrane. La capacité de la membrane à onduler dans un faible écoulement est ainsi améliorée ce qui contribue à nouveau à une production précoce d'énergie.
- [0154] Cet au moins un flotteur amont F1 est préférentiellement positionné au moins en partie entre le bord amont de la membrane 3 et le support de membrane 2 ce qui est favorable au pivotement du bord amont de membrane dans des écoulements de faible vitesse.
- [0155] Préférentiellement, chaque au moins un flotteur amont F1 est rigide et présente un profil, en l'occurrence un profil hydrodynamique, ayant un bord amont et un bord aval, le bord amont dudit au moins un flotteur amont F1 étant aligné avec au moins une portion de longueur du bord amont 3a de la membrane.
- [0156] Du fait de leurs conceptions, les modules de génération d'électricité embarquent des aimants et des bobines métalliques dont la densité est largement supérieure à celle de l'eau.

- [0157] Par conséquent, chaque au moins un module de génération d'électricité 5 présente une masse volumique propre qui est supérieure à 1200 kg/m³.
- [0158] Pour compenser l'effet négatif lié au poids des modules de génération d'électricité, ledit au moins module 5 est préférentiellement placé en dessous d'un niveau où se trouve la membrane, de manière à offrir une fonction de quille du générateur d'électricité, fonction optimisant la stabilité du générateur dans l'écoulement.
- [0159] Préférentiellement, ledit au moins un module de génération d'électricité 5 appartient à une pluralité de modules de génération d'électricité qui sont préférentiellement identiques entre eux en termes de conception et de densité.
- [0160] Cette pluralité de modules présente une masse totale donnée et certains au moins desdits modules de génération d'électricité 5, idéalement la totalité de ces modules, sont placés en dessous d'un niveau où se trouve la membrane de manière à ce que plus de la moitié de ladite masse totale donnée se trouve en dessous du niveau de la membrane. Par niveau où se trouve la membrane, il faut entendre une surface horizontale définie par la projection horizontale d'un profil longitudinale de la membrane. Le niveau est ainsi une surface courbe obtenue par projection du profil de membrane selon une direction horizontale.
- [0161] De cette manière la pluralité de modules de génération d'électricité 5 forme une quille du générateur ayant tendance à se placer sous la surface de niveau dans laquelle s'étend la membrane.
- [0162] Idéalement tous les modules 5 de la pluralité de modules de génération d'électricité se trouvent dans un plan vertical de symétrie de la membrane.
- [0163] Dans le cas présent, la membrane 3 est composée de deux sous parties 3c1, 3c2 de membranes qui sont reliées entre elles par des traverses parmi lesquelles se trouvent ladite traverse aval 7, des pièces de rigidification 10 rigidifiant le bord amont de la membrane et des traverses intermédiaires 8 rigidifiant des zones intermédiaires de la membrane entre ses bords amont et aval.
- [0164] Le plan vertical de symétrie de la membrane s'étend entre ces sous parties 3c1, 3c2 de la membrane 3 et tous les modules 5 s'étendent en longueur dans ce plan de symétrie.
- [0165] Préférentiellement, la membrane comporte une fente longitudinale 3b formée au travers de la membrane, la fente longitudinale 3c s'étendant en longueur suivant un plan de symétrie longitudinale de la membrane.
- [0166] Dans ce cas, le plan de symétrie longitudinale de la membrane passe par chacun des modules 5 de génération d'électricité de la pluralité de modules et les modules de la pluralité de modules sont en vis-à-vis de ladite fente longitudinale 3c de la membrane 3, c'est-à-dire sous le niveau de la membrane.
- [0167] La membrane est formée de deux portions longitudinales de la membrane (ci-avant

notées sous parties de membranes 3c1, 3c2) séparées l'une de l'autre par la fente longitudinale 3c qui s'étend en longueur selon le un plan de symétrie longitudinale de la membrane.

- [0168] Ces deux portions longitudinales 3c1, 3c2 de la membrane 3 sont symétriques entre elles par rapport au plan de symétrie longitudinale de la membrane suivant une symétrie orthogonale par rapport à ce plan de symétrie longitudinale de la membrane.
- [0169] Comme le plan de symétrie longitudinale de la membrane passe par chacun des modules 5, ces modules 5 sont face à la fente 3c, c'est à dire qu'ils sont coplanaires et en vis-à-vis de cette fente 3c de la membrane 3.
- [0170] Cette fente 3c permet d'éviter les contacts en les modules 5 et la membrane lors des mouvements d'ondulation de la membrane.
- [0171] Les états de mer, la houle, influencent l'hydrodynamique du milieu et donc les mouvements de la membrane, la fente permet d'éviter tout contact entre les modules 5 et la membrane 3 en cas de fortes amplitudes de mouvements de la membrane.
- [0172] Dans un mode particulier, la partie portée 30 comporte une pluralité de flotteurs intermédiaires respectivement attachés à la membrane et disposés en vis-à-vis de la membrane en différents emplacements localisés entre le bord amont 3a de la membrane et le bord aval 3b de la membrane, la membrane 2 étant exclusivement arrimée via le support de membrane 2.
- [0173] Dans un mode de réalisation préférentiel, le générateur d'électricité selon l'invention peut aussi comporter une pluralité de traverses intermédiaires 8 chacune agencée pour localement rigidifier des zones de la membrane, suivant une direction transversale de la membrane.
- [0174] Pour cela, chaque traverse intermédiaire 8 s'étend en longueur parallèlement à une direction transversale de la membrane qui est perpendiculaire à ladite direction longitudinale D de la membrane.
- [0175] En l'occurrence, chacune des traverses intermédiaires 8 est parallèle au bord amont 3a et au bord aval 3b de la membrane 3.
- [0176] Chaque traverse intermédiaire 8 est fixée contre la membrane et est exclusivement portée par la membrane de manière à la rigidifier selon ladite direction transversale de la membrane et de manière à se déplacer avec la membrane.
- [0177] Certaines au moins des traverses intermédiaires 8 portent lesdits flotteurs intermédiaires, chaque ensemble intermédiaire donné formé d'une traverse intermédiaire donnée et d'au moins un flotteur intermédiaire porté par la traverse intermédiaire donnée ayant ont une masse volumique inférieure à 700 kg/m³ de manière à exercer des efforts pour supporter la membrane lorsque celle-ci est plongée dans l'eau. Ces traverses intermédiaires sont uniformément réparties le long de la membrane pour s'opposer à une partie du poids de chacun des modules de génération d'électricité 5.

- [0178] Ainsi, les traverses intermédiaires 8 ont un effet de rigidification de la membrane dans une direction transversale de la membrane et un effet d'augmentation de la flotabilité de la partie portée 30 du générateur 1.
- [0179] Préférentiellement, chaque au moins une des traverses intermédiaires 8 présente un bord amont (en l'occurrence un bord amont de section transversale arrondie) et un bord de fuite.
- [0180] La membrane 3 passe par chacun des bords amont des traverses intermédiaires 8 en s'étendant selon toute la longueur de chacun de ces bords amont des traverses intermédiaires 8.
- [0181] La membrane 3 passe aussi par chacun des bords aval des traverses intermédiaires 8 en s'étendant selon toute la longueur de chacun de ces bords aval des traverses intermédiaires 8.
- [0182] Ainsi, chaque traverse intermédiaire présente un profil hydrodynamique qui facilite l'écoulement de l'eau le long de la membrane.
- [0183] Préférentiellement, le générateur 1 comporte une pluralité de première et seconde attaches 5a, 5b et chaque au moins un module de génération d'électricité 5 donné est relié fonctionnellement à la membrane 3 via des première et seconde attaches 5a, 5b données de la pluralité de première et seconde attaches 5a, 5b qui sont associés à ce module de génération d'électricité donné.
- [0184] La première attache 5a associée à un module de génération d'électricité donné est fixée à l'une desdites traverses intermédiaires 8 alors que la seconde attache 5b associée à ce module de génération d'électricité donné 5 est fixée à une autre desdites traverses intermédiaires 8.
- [0185] De cette manière, les efforts d'ondulation de la membrane sont collectés sur toute la largeur de la membrane via les traverses intermédiaires 8.
- [0186] Lors de l'ondulation, chaque module de génération d'électricité 5 est actionné / contraint mécaniquement via les première et seconde attaches 5a, 5b données respectivement fixées à deux des traverses intermédiaires 8 et il est déformé entre ces première et seconde attaches données.
- [0187] Ainsi, chaque module 5, sous l'effet du mouvement d'ondulation de la membrane génère une tension électrique en réponse à cette déformation.
- [0188] Comme illustré sur la vue de détail de la [Fig.4] ainsi que sur la [Fig.6], toute fixation entre une traverse intermédiaire donnée 8 et une première ou seconde attache 5a, 5b donnée d'un module 5 donné forme une liaison en encastrement.
- [0189] Chaque première attache 5a donnée comporte au moins une paire de première et seconde pièces de serrage 5a11, 5a12 assemblées entre elles par au moins un organe d'assemblage de cette première attache 5a donnée, en l'occurrence une pluralité de vis Vx passent dans des perforation des première et seconde pièces de serrage 5a11, 5a12

pour les plaquer l'une contre l'autre.

- [0190] Ladite au moins une première pièce de serrage 5a11 comporte un passage en U ouvert vers un côté d'une la traverse intermédiaire 8 donnée correspondant à cette première attache donnée 5a.
- [0191] De même ladite au moins une seconde pièce de serrage 5a12 comporte un passage en U ouvert vers un second côté de la traverse intermédiaire donnée 8.
- [0192] La traverse intermédiaire donnée 8 passe au travers des passages en U des première et seconde pièces de serrage 5a11, 5a12 pour être fixement reliée avec la première attache donnée 5a par serrage entre les première et seconde pièces de serrage.
- [0193] Dans le cas présent chaque première attache 5a donnée est fixée à chaque traverse intermédiaire 8 en deux zones distinctes de la traverse 8 qui sont disposées de part et d'autre du plan de symétrie longitudinale de la membrane.
- [0194] Pour cela, chaque première attache 5a donnée comporte deux premières pièces de serrage et deux secondes pièces de serrage avec des passages en U, ces pièces étant appairées deux à deux pour serrer entre elles la traverse 8 est ainsi réaliser deux liaisons en encastrement particulièrement rigide.
- [0195] Un avantage d'avoir des pièces avec des passages en U pour recevoir la traverse est de faciliter l'assemblage et les opérations de maintenance d'un tel assemblage.
- [0196] Afin d'éviter un risque de rotation de la traverse 8 vis-à-vis d'une première ou seconde attache donnée, la traverse 8 présente une section transversale dissymétrique (en l'occurrence une section rectangulaire) au moins au niveau des zones de la traverse 8 sont en prise avec les première et seconde attaches 5a, 5b associées à cette traverse 8.
- [0197] La [Fig.7] est une vue d'une face inférieure du générateur 1 selon l'invention dont la membrane a été retirée pour simplifier la lecture de la figure.
- [0198] Comme on le voit sur cette [Fig.7], chaque seconde attache 5b donnée comporte au moins une paire de première et seconde pièces de serrage 5b11, 5b12 assemblées entre elles par au moins un organe d'assemblage de cette seconde attache 5b donnée.
- [0199] Ici une pluralité de vis Vxb passent dans des perforations des première et seconde pièces de serrage 5b11, 5b12 pour les plaquer l'une contre l'autre.
- [0200] Ladite au moins une seconde pièce de serrage 5b11 comporte un passage en U ouvert vers un côté d'une la traverse intermédiaire 8 donnée correspondant à cette seconde attache donnée 5b.
- [0201] Ladite au moins une seconde pièce de serrage 5b12 comporte aussi un passage en U ouvert vers un second côté de la traverse intermédiaire donnée 8 correspondant à cette seconde attache donnée 5b.
- [0202] La traverse intermédiaire donnée 8 correspondant à cette seconde attache donnée 5b passe au travers des passages en U des première et seconde pièces de serrage 5b11, 5b12 de la seconde attache 5b donnée pour être fixement reliée avec cette seconde

attache donnée 5b par serrage entre les première et seconde pièces de serrage 5b11, 5b12.

- [0203] Dans un mode de réalisation préférentiel, le générateur d'électricité 1 peut aussi comporter une pluralité de lames flexibles 9 et élastiques, en l'occurrence des lames de type lame ressort, en matériaux composites, résines et fibre de verre ou fibre de carbone.
- [0204] Chaque lame flexible 9 est disposée entre une zone amont de la membrane 3a et ledit support de la membrane 2 et est agencée pour s'opposer au rapprochement de la membrane vis-à-vis dudit support de la membrane 2.
- [0205] En l'occurrence, chaque lame ressort 9 forme une poutre semi rigide fléchissant élastiquement sur sa longueur autour d'une direction de flexion privilégiée parallèle à la direction longitudinale D3 du support de membrane 3.
- [0206] Ces lames flexibles 9 sont agencées pour exercer ensemble un effort élastique de rappel de la zone amont de membrane vers une position prédéfinie de repos par rapport au support de membrane 2.
- [0207] Grâce aux lames flexibles 9, le bord amont 3a se trouve toujours à distance du support de membrane.
- [0208] Ce bord amont 3a se trouve dans sa position prédéfinie de repos au moins lorsque le générateur est plongé dans de l'eau avec une vitesse d'écoulement E qui est nulle.
- [0209] Lors de l'ondulation de la membrane, le bord amont de membrane oscille autour de sa position de repos sous l'effet de l'alternance des ondulations et les lames flexibles 9 génèrent des efforts élastiques de rappel du bord amont 3a vers sa position de repos par rapport au support 2.
- [0210] Dans sa position de repos, le bord amont 3a de la membrane est parallèle à la direction longitudinale D3 du support de membrane et est pivoté dans une position d'orientation prédéterminée par rapport au support 2 autour de la direction D3.
- [0211] Préférentiellement dans la position de repos, le bord amont 3a se trouve aligné avec une ligne de corde du profil hydrodynamique du support de membrane 2.
- [0212] La ligne de corde est perpendiculaire à la direction longitudinale D3 du support 2 et passe par les bords d'attaque et de fuite du support 2.
- [0213] Préférentiellement, les bords d'attaque et de fuite du support de membrane sont rectilignes selon la direction longitudinale D3 du support.
- [0214] Préférentiellement, chaque lame flexible 9 de la pluralité de lames 9 a une première extrémité montée en encastrement vis-à-vis du support de membrane 2 et une seconde extrémité montée en encastrement vis-à-vis d'au moins une pièce de liaison 10 assujettie à la membrane 3 au niveau de la zone amont de la membrane. La pièce de liaison 10 peut être agencée pour rigidifier une zone amont de la membrane 3 selon une direction transversale de la membrane.

- [0215] Cette au moins une pièce de rigidification 10 est d'une part assujettie à la membrane 3 au niveau de la zone amont de la membrane et d'autre part parallèle audit bord amont 3a de la membrane 3.
- [0216] En l'occurrence, comme illustré sur la [Fig.4], le bord amont 3a de la membrane peut être pris en sandwich entre deux pièces de rigidification 10 qui forment la traverse amont et qui sont serrées l'une vers l'autre via des moyens de serrage (par exemple des moyens d'assemblage vis-écrou) pour assujettir le bord amont de la membrane avec ces pièces de rigidification 10.
- [0217] Chaque lame flexible 9 de la pluralité de lames flexibles à une seconde de ses extrémités qui est montée en encastrement via un assemblage à encastrement vis-à-vis du support de membrane 2.
- [0218] De cette manière, les lames 9 peuvent exercer ensemble ledit effort de rappel élastique du bord amont 3a vers sa position de repos prédéfinie.
- [0219] Dans un mode de réalisation particulier, les bords d'attaque et de fuite du support de membrane 2 peuvent intégralement s'étendre dans un plan de symétrie principale du support 2 et le support 2 peut être symétrique par rapport à ce plan de symétrie principale.
- [0220] Dans ce mode, la position de repos peut être prédéfinie pour que le bord amont de membrane soit intégralement placé dans le plan de symétrie principal du support de membrane 2, c'est-à-dire qu'il soit aligné avec le bord de fuite 2b du support 2.
- [0221] De cette manière lors de l'ondulation de la membrane, le bord amont est guidé par les lames élastiques 9 et passe alternativement de part et d'autre de ce plan de symétrie principale du support 2.
- [0222] Bien entendu la position prédéfinie de repos pourrait aussi être prévue pour s'étendre à une distance prédéfinie de ce plan de symétrie principale du support de membrane.
- [0223] Une description d'un mode de réalisation général des modules de génération 5 va être présentée ci-après.
- [0224] Chaque au moins un module de génération d'électricité 5 comporte :
- [0225] - une armature principale 51;
- [0226] - une armature mobile 52 par rapport à l'armature principale 51 ;
- [0227] - au moins une bobine dotée de bornes et portée par l'une desdites armatures 51 ;
- [0228] - au moins un aimant permanent également porté par l'autre desdites armatures.
- [0229] Ladite au moins une bobine et ledit au moins un aimant permanent sont agencés et disposés de manière que lors du déplacement de l'armature mobile 52 par rapport à l'armature principale 51, une tension électrique apparaisse aux bornes de ladite au moins une bobine.
- [0230] Dans le mode de réalisation illustré à la [Fig.4], chaque module donné présente :
- [0231] - une armature principale 51 formant une chemise et portant ladite au moins une

bobine du module donné ; et

- [0232] - une armature mobile 52 formant un piston coulissant dans l'armature principale 51 de ce module, ce piston portant ledit au moins un aimant permanent de ce module donné, cet aimant et la bobine du module sont agencés pour induire une tension électrique dans la bobine portée par l'armature 51 en réponse au déplacement du piston dans l'armature fixe 51.
- [0233] Comme illustré sur les figures, les modules de génération d'électricité sont reliés entre eux, deux à deux, via des articulations 54 de manière à former une chaîne articulée et déformable constituée de ces différents modules 5.
- [0234] Comme on le comprend de la vue de détail de la [Fig.4] et des figures 6 et 7, le générateur comporte une pluralité de modules de génération d'électricité 5 qui sont reliés entre eux via des articulations 54 appartenant à une pluralité d'articulations 54 de manière à former une chaîne articulée et déformable constituée de cette pluralité de modules 5.
- [0235] Chacun des modules 5 de génération d'électricité comporte une extrémité 51a d'armature principale 51 et une extrémité 52a d'armature mobile 52 qui sont conformées pour que chaque extrémité 52a d'armature mobile 52 d'un module 5 donné puisse être montée en chape et articulé vis-à-vis d'une extrémité 51a d'armature principale 51 d'un autre module 5 via un axe d'articulation 54.
- [0236] Les extrémités 52a d'armatures mobiles 52 de tous les modules 5 sont géométriquement identiques entre elles.
- [0237] De même, les extrémités 51a d'armatures principales 51 de tous les modules 5 sont géométriquement identiques entre elles.
- [0238] Ceci rend les modules interchangeables entre eux ce qui facilite les opérations de maintenance du générateur.
- [0239] Chaque articulation donnée 54 de la pluralité d'articulations forme une articulation entre une extrémité 51a d'une armature principale 51 d'un module 5 donné et une extrémité 52a d'une armature mobile 52 d'un autre module donné 5.
- [0240] Chaque module donné de la pluralité de modules 5 est fonctionnellement relié à la membrane 3 :
- [0241] - d'une part via une première attache 5a donnée associée à ce module donné 5 à laquelle ce module donné est articulé via une desdites articulations 54 de la pluralité d'articulations ; et
- [0242] - d'autre part via une seconde attache donnée 5b associée à ce module donné à laquelle ce module donné 5 est articulé via une autre desdites articulations 54 de la pluralité d'articulations.
- [0243] Ainsi, chaque articulation donnée 54 de la pluralité d'articulations 54 est particulièrement optimisée puisqu'elle forme :

- [0244] – une interface de liaison entre une première attache 5a et un module 5 qui lui est associée ;
 - une interface de liaison entre une seconde attache 5b et un autre module 5 qui lui est associée ;
 - une interface d’articulation entre deux desdites première et seconde attaches 5a, 5b de la pluralité de première et seconde attaches 5a, 5b (en l’occurrence, chaque articulation donnée 54 articule entre elles une première attache 5a associée à un module 5 donné de la chaîne de modules 5 et une seconde attache 5b associée à un autre module 5 donné de la chaîne de modules 5) ;
 - une interface de liaison articulée entre deux modules consécutifs 5 de la chaîne de modules.
- [0245] Ainsi, les efforts et les déplacements entre les modules de la chaîne de modules 5 sont transmis via les articulations 54 ce qui permet d’avoir une cohérence de fonctionnement des modules entre eux.
- [0246] Par ailleurs, les efforts entre la membrane 3 et les modules 5 sont collectés via les traverses 8 puis transmis aux modules 5 via les pièces attaches 5a, 5b qui sont chacune articulée à ces modules via les articulations 54. On limite ainsi le nombre de pièces en mouvement et on optimise le rendement du générateur.
- [0247] Comme indiqué précédemment, chaque module de génération d’électricité 5 donné de la chaîne de modules comporte des première et seconde attaches 5a, 5b pour relier fonctionnellement ce module donné à ladite membrane 3.
- [0248] Les modules 5 de la chaîne de modules sont articulés entre eux via des articulations qui sont portées par leurs première et/ou seconde attaches 51, 52 respectives.
- [0249] Préférentiellement l’armature principale 51 et l’armature mobile 52 de chaque au moins un module 5 sont reliées fonctionnellement à la membrane, à distance d’une fibre neutre de la membrane 3, de manière que lorsque la membrane ondule selon sa direction longitudinale D, des tensions électriques apparaissent aux bornes des bobines de ces modules 5. La distance vis-à-vis de la fibre neutre de la membrane permet un bras de levier pour générer l’amplitude de déplacement des armatures principales et mobiles pour une ondulation donnée de la membrane. Le fait que les modules soient articulés entre eux sous forme de chaîne permet une transmission des efforts directement entre les modules 5 ce qui est favorable à la durabilité de la liaison entre chaque module et la membrane.
- [0250] Comme on le comprend de la description qui précède, le poids des modules 5 de génération d’électricité est intégralement supporté par la membrane 3.
- [0251] Grâce au générateur 1 selon l’invention qui a une densité proche de celle de l’eau, les effets délétères associés au poids des modules 5 sur l’orientation de la membrane dans des écoulements de faible vitesse sont minimisés et le rendement énergétique du gé-

nérateur 1 s'en trouve amélioré.

- [0252] Les courbes P1 et P0 de la [Fig.5] permettent de mieux comprendre l'intérêt du générateur d'électricité selon l'invention.
- [0253] La courbe P1 est produite avec un générateur selon l'invention ayant une densité de 1000kg/m³ à plus ou moins 30%.
- [0254] La courbe P0 est produite avec un générateur d'électricité identique en tous points à celui utilisé pour générer la courbe P1, mais le générateur utilisé pour cette courbe P0 présente une masse volumique supérieure à 2000 kg/m³.
- [0255] La comparaison des courbes P1 et P0 démontre que, pour toutes les vitesses d'écoulement d'eau inférieures à 2,6 m/s, le générateur d'électricité selon l'invention produit toujours plus d'énergie.
- [0256] Dans un écoulement à faible vitesse, la membrane du générateur de la courbe P0 s'oriente difficilement dans l'écoulement et démarre tardivement car sa densité est trop importante.
- [0257] Contrairement à cela, le générateur 1 selon l'invention permet un gain de puissance produite à faible vitesse d'écoulement, ce qui est particulièrement utile dans un environnement côtier où la direction de l'écoulement s'inverse régulièrement en passant par des périodes d'inversion pendant lesquelles la vitesse d'écoulement est inférieure à 2,6 m/s.
- [0258] Dans de tels environnements, on a constaté que, grâce à l'invention, la capacité de production d'énergie peut être améliorée de plus de 40% par rapport à des générateurs plus denses qui induisent de fortes traînées sous l'effet d'une mauvaise orientation dans l'écoulement.
- [0259] Il a aussi été constaté que grâce au générateur selon l'invention le système d'amarrage S0 est moins sollicité mécaniquement ce qui augmente sa durabilité et minimise son coût de construction et de maintenance.
- [0260] L'ensemble des flotteurs hydrodynamiques F, F1, 8 et des modules 5 embarqués sur la membrane et assemblés sur la membrane 3 sont intégrés au générateur ce qui permet d'améliorer le rendement énergétique du générateur 1 tout en limitant les efforts appliqués sur le système d'amarrage S0.
- [0261] En environnement marin / sous-marin, plus les moyens nautiques à mettre en œuvre sont importants et plus les coûts d'intervention augmentent.
- [0262] Il est donc avantageux de limiter la traînée sous-marine et les efforts appliqués sur le système d'amarrage S0 car cela permet un gain sur le dimensionnement du système d'amarrage S0 et une diminution du prix de revient de l'électricité ainsi produite.
- [0263] Bien entendu, l'invention n'est pas limitée au mode de réalisation décrit mais englobe toute variante entrant dans le champ de l'invention telle que définie par les revendications.

[0264] En particulier, il est à noter que chaque au moins un module 5 de la présente demande de brevet pourrait être conforme à l'un quelconques modules 5 de génération d'électricité ou aux assemblages de modules 5 qui sont présentés dans le document brevet FR3018405A1. A cette fin, les passages de description relatifs aux figures 1 à 10c et 12 à 14 du document brevet FR3018405A1 sont ici cités à titre d'exemple.

Revendications

- [Revendication 1] Générateur d'électricité (1) comportant :
- un support de la membrane (2) destiné à être amarré à un système d'amarrage subaquatique (S0) ;
 - au moins une membrane (3) ayant un bord amont (3a) et un bord aval (3b), la membrane (3) étant attachée au support de la membrane (2) via au moins un système d'accroche (4) autorisant une orientation d'une portion amont de la membrane par rapport audit support de membrane (2) autour d'au moins une direction transversale (Y-Y) de la membrane (3) qui est perpendiculaire à une direction longitudinale (D) de la membrane, la membrane étant adaptée à onduler selon la direction longitudinale (D) de la membrane (3) lorsqu'elle est plongée dans un écoulement (E) d'eau s'écoulant essentiellement du support de membrane (2) vers le bord aval de la membrane ;
- le générateur d'électricité (1) comprenant au moins un module de génération d'électricité (5) fonctionnellement relié à ladite membrane (3) pour générer une tension électrique en réponse à un mouvement d'ondulation de la membrane (3) selon sa direction longitudinale (D), caractérisé en ce que le générateur d'électricité présente une partie portée (30) qui est attachée au support de membrane (2) via le système d'accroche (4), cette partie portée (30) comportant au moins la membrane (2) et ledit au moins un module de génération d'électricité (5), la partie portée (30) ayant une masse volumique propre égale à 1000 Kg/m³ à plus ou moins 30%.
- [Revendication 2] Générateur d'électricité (1) selon la revendication 1, dans lequel ladite partie portée (30) est exclusivement attachée au support de membrane (2) pour s'orienter librement dans l'écoulement (E) en aval du support de membrane (2).
- [Revendication 3] Générateur d'électricité (1) selon l'une quelconque des revendications 1 ou 2, dans lequel le générateur d'électricité (1) a une masse volumique inférieure à 1000 Kg/m³, préférentiellement inférieure à 700 Kg/m³.
- [Revendication 4] Générateur d'électricité (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel le support de membrane (2) a une masse volumique strictement inférieure à 700 Kg/m³, ce support de membrane (2) s'étendant longitudinalement selon une direction longitudinale (D3) du support de membrane, ce support de membrane (2) présentant un bord d'attaque (2a) arrondi, un bord de fuite (2b), sur une majeure portion de

longueur du support (2) de membrane, la distance entre le bord d'attaque (2a) et le bord de fuite (2b) est supérieure à trois fois l'épaisseur maximale (E_{max}) du support de membrane.

[Revendication 5]

Générateur d'électricité (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel le support de membrane (2) présente une densité propre à générer un effort de flottabilité suffisant pour soulever le générateur d'électricité (1) alors que :

- que le support de membrane est amarré à plusieurs points fixes d'un système d'amarrage subaquatique (S0) ; et
- que le générateur d'électricité est complètement immergé dans l'eau (E) s'écoulant essentiellement du support de membrane (2) vers le bord amont (3a) de la membrane (3) avec une vitesse d'écoulement inférieure à 0,5 m/s.

[Revendication 6]

Générateur d'électricité (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel la partie portée (30) comporte une pluralité de flotteurs intermédiaires respectivement attachés à la membrane et disposés en vis-à-vis de la membrane en différents emplacements localisés entre le bord amont (3a) de la membrane et le bord aval (3b) de la membrane, la membrane (2) étant exclusivement arrimée via le support de membrane (2).

[Revendication 7]

Générateur d'électricité (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, dans lequel le support de membrane (2) est symétrique par rapport à un plan de symétrie transversale (Pt) du support qui est perpendiculaire au bord amont (3a) de la membrane (3), le support (2) présentant également des première et seconde zones d'attache du support (21, 22), la première zone (21) étant conformée pour y amarrer une première amarre (S31) du système d'amarrage (S0) et la seconde zone d'attache (22) étant conformée pour y amarrer une seconde amarre (S32) du système d'amarrage (S0), les première et seconde zones d'attache (21, 22) étant disposées de part et d'autre du plan de symétrie transversale (Pt) du support (2) et à équidistance du plan de symétrie transversale (Pt) du support (2).

[Revendication 8]

Générateur d'électricité (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, comportant en outre des moyens de limitation d'éloignement (61, 62) adaptés à limiter l'éloignement entre le bord amont (3a) de la membrane et le bord aval (3b) de la membrane, ces moyens de limitation de l'éloignement (61, 62) étant agencés de manière que la distance d'éloignement (D_e) mesurée en ligne droite entre le bord amont

et le bord aval de la membrane soit toujours inférieure à la longueur la plus courte (L_x) de la membrane (3) mesurée contre une face de la membrane, en suivant cette face, entre le bord amont (3a) et le bord aval (3b) de la membrane.

[Revendication 9] Générateur d'électricité selon la revendication 8, dans lequel les moyens de limitation de l'éloignement (61, 62) entre le bord amont de la membrane et le bord aval de la membrane comprennent des premier et second liens souples (61, 62), le premier lien souple (61) ayant une première extrémité attachée au support de membrane (2) et une seconde extrémité attachée à une première extrémité d'une traverse aval (7) qui s'étend parallèlement au bord aval de la membrane et la membrane étant fixée à cette traverse aval (7), ledit second lien souple ayant une première extrémité attachée au support de membrane (2) et une seconde extrémité attachée à une seconde extrémité de la traverse aval (7).

[Revendication 10] Générateur d'électricité selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, comportant au moins un flotteur aval (F) est porté par la membrane (3) et relié à la membrane via une liaison rigide de manière à ce que l'orientation dudit au moins un flotteur aval (F) par rotation autour d'une direction transversale de la membrane (3) induise une rotation d'une portion aval de la membrane comprenant ledit bord aval (3b) de la membrane autour de la direction transversale de la membrane, ce flotteur aval ayant une masse volumique strictement inférieure à 700 Kg/m³ de manière à exercer des efforts ayant tendance à supporter une portion aval de la membrane lorsque la membrane est plongée dans l'eau.

[Revendication 11] Générateur d'électricité selon la revendication 10, dans lequel chaque au moins un flotteur aval (F) est rigide et présente un profil ayant un bord amont et un bord aval, le bord aval du flotteur aval étant aligné avec au moins une portion de longueur du bord aval (3b) de la membrane.

[Revendication 12] Générateur d'électricité selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, comportant au moins un flotteur amont (F1) porté par la membrane (3) et relié à la membrane via une liaison rigide de manière à ce que l'orientation dudit au moins un flotteur amont (F1) par rotation autour d'une direction transversale de la membrane (3) induise une rotation d'une portion amont de la membrane comprenant ledit bord amont (3a) de la membrane autour de la direction transversale de la membrane.

[Revendication 13] Générateur d'électricité selon la revendication 12, dans lequel chaque au moins un flotteur amont (F1) est rigide et présente un profil ayant un

bord amont et un bord aval, le bord amont du flotteur amont étant aligné avec au moins une portion de longueur du bord amont (3a) de la membrane.

- [Revendication 14] Générateur d'électricité selon l'une quelconque des revendications 1 à 13, dans lequel chaque au moins un module de génération d'électricité (5) présente une masse volumique propre qui est supérieure à 1200 kg/m³.
- [Revendication 15] Générateur d'électricité selon la revendication 14, dans lequel ledit au moins un module de génération d'électricité (5) est placé en dessous d'un niveau où se trouve la membrane de manière à former une quille du générateur d'électricité.
- [Revendication 16] Générateur d'électricité selon la revendication 15, dans lequel ledit au moins un module de génération d'électricité (5) appartient à une pluralité de modules de génération d'électricité, cette pluralité de modules ayant une masse totale donnée, certains au moins desdits modules de génération d'électricité (5) étant placés en dessous d'un niveau où se trouve la membrane de manière à ce que plus de la moitié de ladite masse totale donnée se trouve en dessous du niveau de la membrane.
- [Revendication 17] Générateur d'électricité selon la revendication 16, dans lequel la membrane comporte une fente longitudinale (3b) formée au travers de la membrane, la fente longitudinale (3c) s'étendant en longueur suivant un plan de symétrie longitudinale de la membrane, le plan de symétrie longitudinale de la membrane passant par chacun des modules de génération d'électricité de la pluralité de modules, les modules de la pluralité de modules étant en vis-à-vis de ladite fente longitudinale (3c) de la membrane (3).
- [Revendication 18] Générateur d'électricité selon l'une quelconque des revendications 1 à 17, comportant également une pluralité de traverses intermédiaires (8), chaque traverse intermédiaire (8) s'étendant en longueur parallèlement à une direction transversale de la membrane qui est perpendiculaire à ladite direction longitudinale (D) de la membrane et chaque traverse intermédiaire (8) étant fixée contre la membrane et étant exclusivement portée par la membrane de manière à rigidifier la membrane selon ladite direction transversale de la membrane et à se déplacer avec la membrane.
- [Revendication 19] Générateur d'électricité selon les revendications 6 et 18 combinées, dans lequel certaines au moins des traverses intermédiaires (8) portent lesdits

flotteurs intermédiaires, chaque ensemble intermédiaire donné formé d'une traverse intermédiaire donnée et d'au moins un flotteur intermédiaire porté par la traverse intermédiaire donnée ayant une masse volumique inférieure à 700 kg/m³ de manière à exercer des efforts ayant tendance à supporter la membrane lorsque celle-ci est plongée dans l'eau.

[Revendication 20] Générateur d'électricité selon l'une quelconque des revendications 18 ou 19, dans lequel chaque au moins une des traverses intermédiaires (8) présente un bord amont et un bord aval, la membrane (3) passant par chacun des bords amont des traverses intermédiaires (8) en s'étendant selon toute la longueur de chacun des bords amont de traverses intermédiaires (8) et la membrane (3) passant par chacun des bords aval des traverses intermédiaires (8) en s'étendant selon toute la longueur de chacun des bords aval de traverses intermédiaires (8).

[Revendication 21] Générateur d'électricité selon l'une quelconque des revendications 18 à 20, dans lequel le générateur comporte une pluralité de première et seconde attaches (5a, 5b) et chaque au moins un module de génération d'électricité (5) donné est relié fonctionnellement à la membrane (3) via des première et seconde attaches (5a, 5b) données de la pluralité de première et seconde attaches (5a, 5b) associées à ce module de génération d'électricité 5 donné, la première attache (5a) associée à un module de génération d'électricité donné est fixée à l'une desdites traverses intermédiaires (8) alors que la seconde attache (5b) associée à ce module de génération d'électricité donné (5) est fixée à une autre desdites traverses intermédiaires (8).

[Revendication 22] Générateur d'électricité selon la revendication 21, dans lequel chaque première attache (5a) donnée comporte au moins une paire de première et seconde pièces de serrage (5a11, 5a12) assemblées entre elles par au moins un organe d'assemblage de cette première attache (5a) donnée, ladite au moins une première pièce de serrage (5a11) comportant un passage en U ouvert vers un côté d'une traverse intermédiaire (8) donnée correspondant à cette première attache donnée (5a) et ladite au moins une seconde pièce de serrage (5a12) comportant un passage en U ouvert vers un second côté de la traverse intermédiaire donnée (8), la traverse intermédiaire donnée (8) passant au travers des passages en U des première et seconde pièces de serrage (5a11, 5a12) pour être fixement reliée avec la première attache donnée (5a).

[Revendication 23] Générateur d'électricité selon l'une quelconque des revendications 21

ou 22, dans lequel chaque seconde attache (5b) donnée comporte au moins une paire de première et seconde pièces de serrage (5b11, 5b12) assemblées entre elles par au moins un organe d'assemblage de cette seconde attache (5b) donnée, ladite au moins une seconde pièce de serrage (5b11) comportant un passage en U ouvert vers un côté de la traverse intermédiaire (8) donnée correspondant à cette seconde attache donnée (5b) et ladite au moins une seconde pièce de serrage (5b12) comportant un passage en U ouvert vers un second côté de la traverse intermédiaire donnée (8) correspondant à cette seconde attache donnée (5b), la traverse intermédiaire donnée (8) correspondant à cette seconde attache donnée (5b) passant au travers des passages en U des première et seconde pièces de serrage (5b11, 5b12) de la seconde attache (5b) donnée pour être fixement reliée avec cette seconde attache donnée (5b).

[Revendication 24] Générateur d'électricité selon l'une quelconque des revendications 1 à 23, comportant une pluralité de lames flexibles (9) et élastiques, chaque lame flexible (9) étant disposée entre une zone amont de la membrane (3a) et ledit support de la membrane (2) et étant agencée pour s'opposer au rapprochement de la membrane vis-à-vis dudit support de la membrane (2) et les lames flexibles (9) exerçant ensemble un effort élastique de rappel du bord amont (3a) de membrane vers une position prédéfinie de repos par rapport au support de membrane (2).

[Revendication 25] Générateur d'électricité selon la revendication 24, dans lequel chaque lame flexible (9) de la pluralité de lames (9) a une première extrémité montée en encastrement vis-à-vis du support de membrane (2) et une seconde extrémité montée en encastrement vis-à-vis d'au moins une pièce de liaison (10) assujettie à la membrane (3) au niveau de la zone amont de la membrane.

[Revendication 26] Générateur d'électricité selon l'une quelconque des revendications 1 à 25, dans lequel chaque au moins un module de génération d'électricité (5) comporte :

- une armature principale (51);
- une armature mobile (52) par rapport à l'armature principale (51) ;
- une bobine portée par l'une desdites armatures (51) ;
- au moins un aimant permanent également porté par l'autre desdites armatures ;

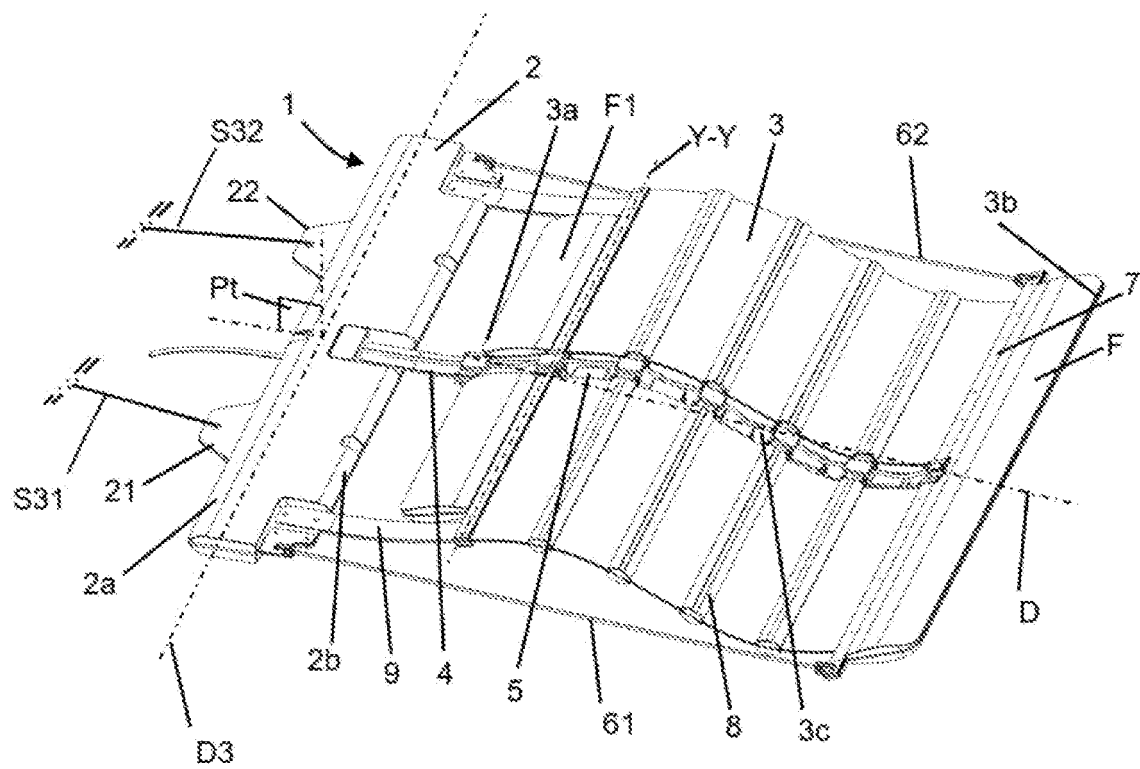
-ladite bobine et ledit au moins un aimant permanent étant agencés et disposés de manière que lors du déplacement de l'armature mobile (52) par rapport à l'armature principale (51), une tension électrique ap-

paraisse dans la bobine.

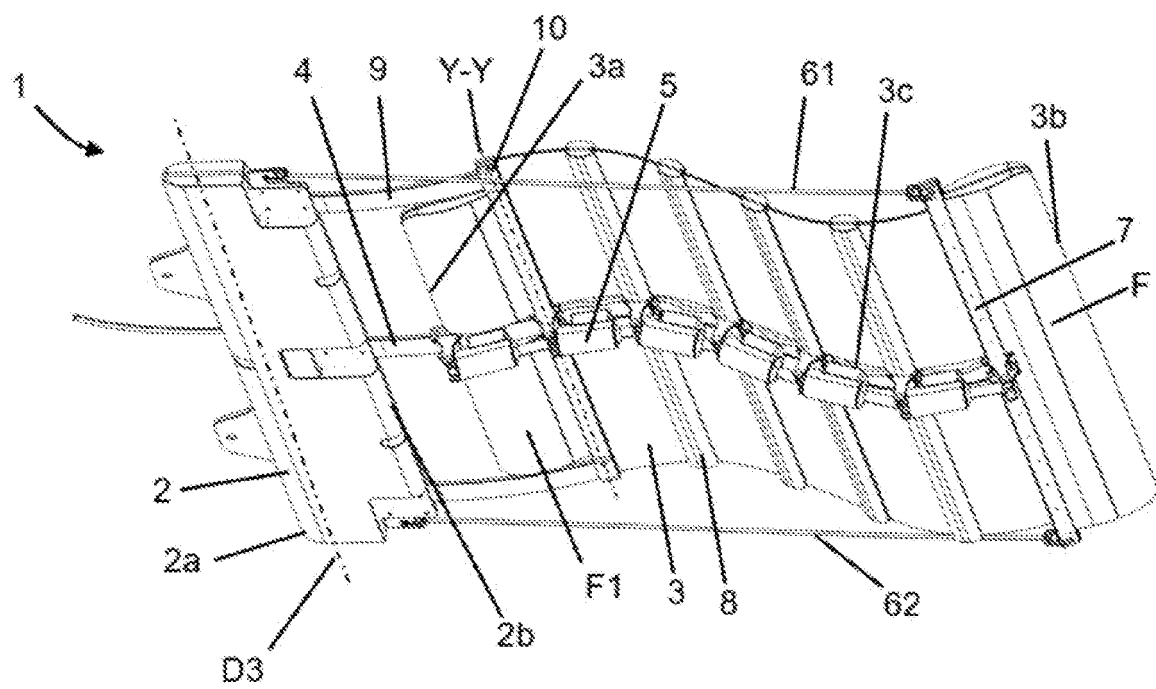
- [Revendication 27] Générateur d'électricité selon la revendication 26, dans lequel l'armature principale (51) et l'armature mobile (52) de chaque au moins un module de génération d'électricité (5) sont reliées fonctionnellement à la membrane, à distance d'une fibre neutre de la membrane, de manière que lorsque la membrane ondule selon sa direction longitudinale (D), des tensions électriques apparaissent aux bornes des bobines de ces modules (5).
- [Revendication 28] Générateur d'électricité selon l'une quelconque des revendications 26 ou 27, dans lequel le générateur comporte une pluralité de modules de génération d'électricité (5) qui sont reliés entre eux via des articulations (54) appartenant à une pluralité d'articulations (54) de manière à former une chaîne articulée et déformable constituée de cette pluralité de modules (5).
- [Revendication 29] Générateur d'électricité selon la revendication 28, dans lequel chaque articulation donnée (54) donnée de la pluralité d'articulations (54) forme une articulation entre une armature principale (51) d'un module (5) donné et une armature mobile (52) d'un autre module donné (5).
- [Revendication 30] Générateur d'électricité selon l'une quelconque des revendications 28 ou 29 combinée à la revendication 21, dans lequel chaque module donné de la pluralité de modules (5) est fonctionnellement relié à la membrane :
- d'une part via une première attache donnée associée à ce module donné à laquelle ce module donné est articulé via une desdites articulations (54) de la pluralité d'articulations ; et
 - d'autre part via une seconde attache donnée (5b) associée à ce module donné à laquelle ce module donné est articulé via une autre desdites articulations (54) de la pluralité d'articulations.
- [Revendication 31] Système (0) de génération d'électricité comprenant un système d'amarrage subaquatique (S0) doté d'amarres (S31, S32, S33) et au moins un générateur d'électricité (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 30, les amarres du système d'amarrage subaquatique (S0) étant amarrées audit générateur d'électricité (1) exclusivement via le support de membrane (2) dudit générateur d'électricité.
- [Revendication 32] Système (0) de génération d'électricité selon la revendication 31, dans lequel le système d'amarrage subaquatique (S0) et ledit support de membrane (2) sont agencés pour que lorsque le système (0) est plongé dans une colonne d'eau avec une vitesse d'écoulement d'eau dans la

colonne inférieure à 0,5 m/s avec une orientation de la direction de l'écoulement (E) sensiblement horizontale à plus ou moins 5° d'angle près par rapport à un plan exactement horizontal alors le support de membrane (2) présente un plan principal (P-P), dans lequel s'étendent l'intégralité dudit bord d'attaque du support de membrane (2) et l'intégralité dudit bord de fuite du support de membrane (2), qui est parallèle à la direction d'écoulement (E) à plus ou moins 10° d'angle près.

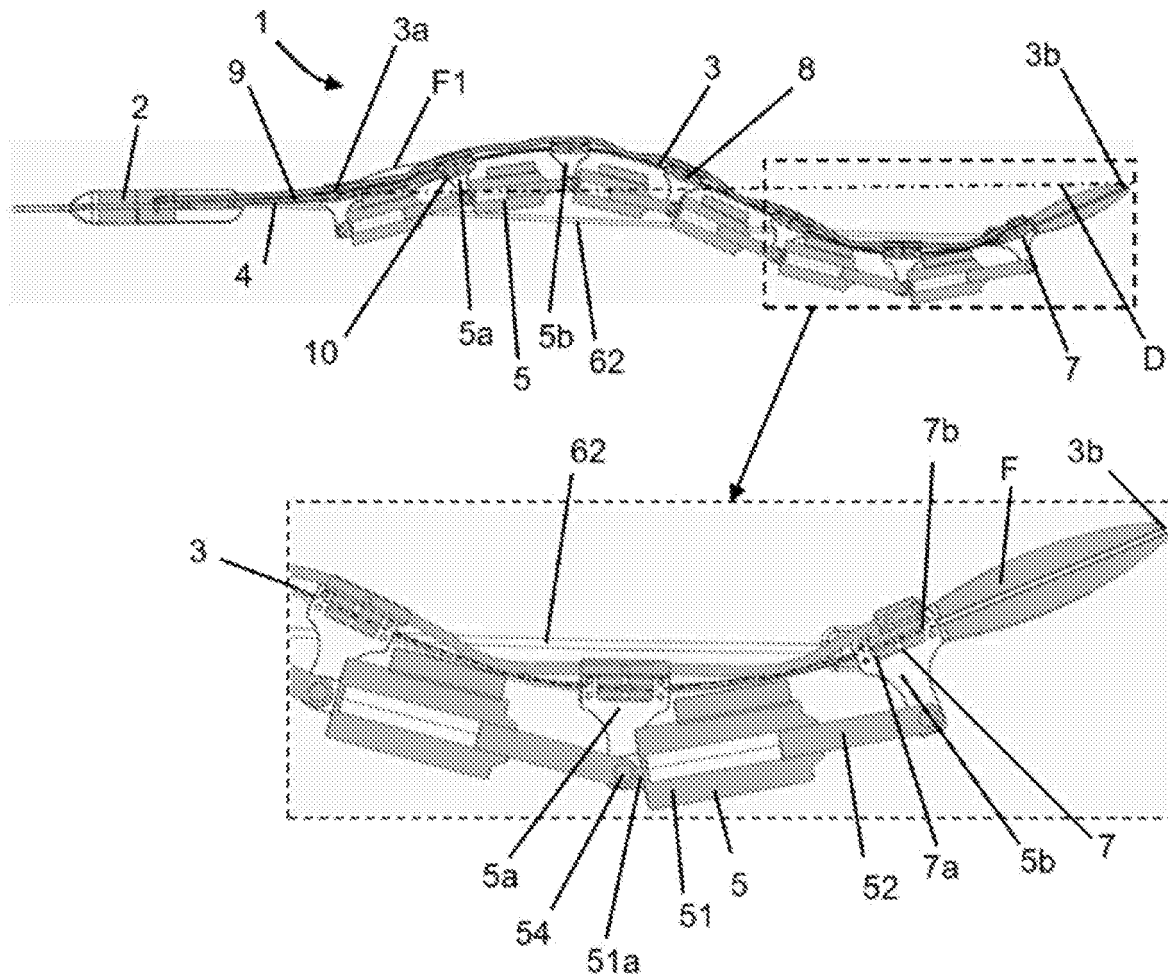
[Fig. 3a]



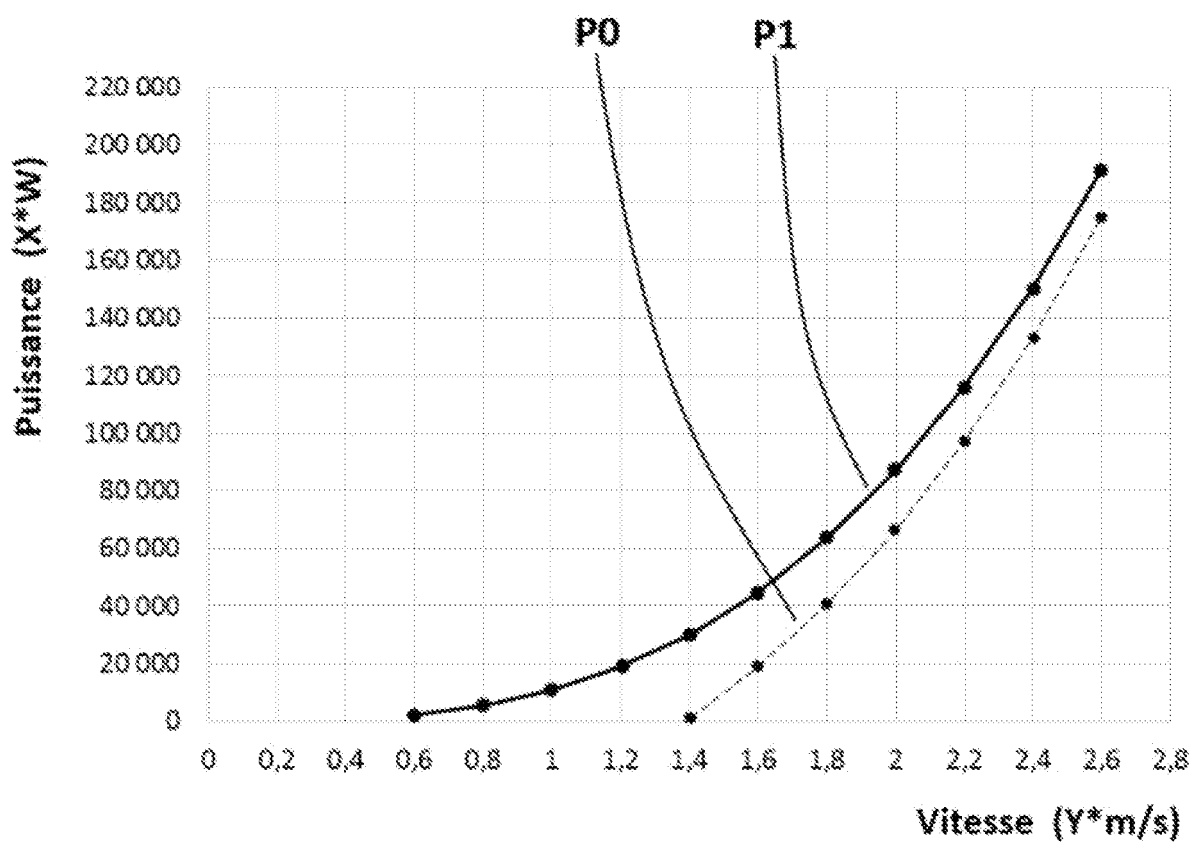
[Fig. 3b]



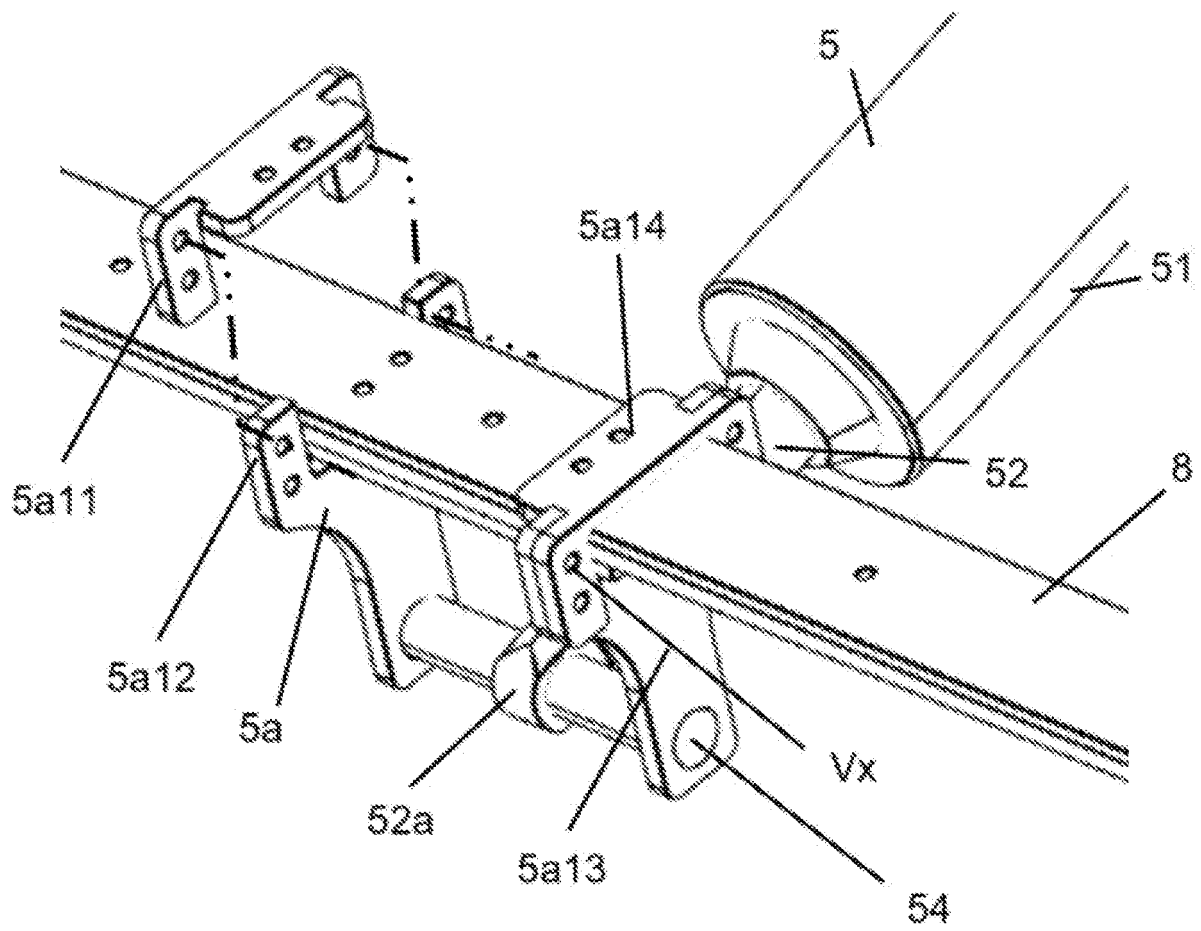
[Fig. 4]



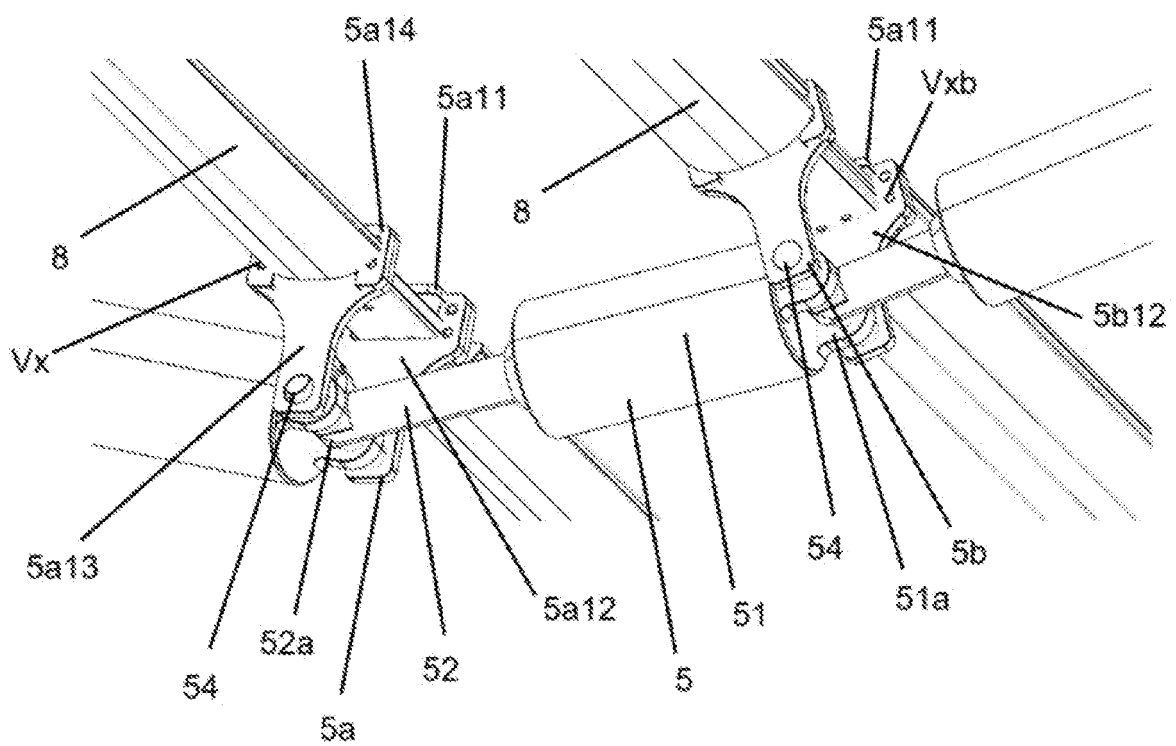
[Fig. 5]



[Fig. 6]



[Fig. 7]



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 894059
FR 2105820

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
A	WO 2015/028182 A2 (DREVET JEAN BAPTISTE [FR]) 5 mars 2015 (2015-03-05) * page 9, ligne 26 – page 22, ligne 5; figures * -----	1-32	F03B13/22 F03B17/06 F03B13/12
A,D	WO 2012/123465 A2 (DREVET JEAN BAPTISTE [FR]) 20 septembre 2012 (2012-09-20) * le document en entier * -----	1-32	
A	WO 2014/191331 A1 (DREVET JEAN BAPTISTE [FR]) 4 décembre 2014 (2014-12-04) * page 9, ligne 20 – page 14, ligne 15; figures * -----	1-32	
A	WO 2017/048113 A1 (PANCENCO VITALIE [MD]; PANCENCO IULIAN [MD]) 23 mars 2017 (2017-03-23) * pages 2,3; figures * -----	1-32	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) F03B
Date d'achèvement de la recherche 1 février 2022		Examineur Di Renzo, Raffaele	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE **RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2105820 FA 894059**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.
 Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **01-02-2022**
 Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 2015028182 A2	05-03-2015	CA	2921770 A1	05-03-2015
		CN	105793559 A	20-07-2016
		EP	3039284 A2	06-07-2016
		FR	3010152 A1	06-03-2015
		JP	6151862 B2	21-06-2017
		JP	2016529869 A	23-09-2016
		US	2016208767 A1	21-07-2016
		WO	2015028182 A2	05-03-2015

WO 2012123465 A2	20-09-2012	AU	2012228317 A1	12-09-2013
		AU	2016269561 A1	05-01-2017
		BR 112013023582	A2	21-03-2017
		CA	2827574 A1	20-09-2012
		CN	103562543 A	05-02-2014
		CN	107605642 A	19-01-2018
		EP	2686542 A2	22-01-2014
		EP	3269972 A2	17-01-2018
		FR	2972772 A1	21-09-2012
		JP	5789001 B2	07-10-2015
		JP	2014507602 A	27-03-2014
		US	2014023481 A1	23-01-2014
		US	2017254314 A1	07-09-2017
		WO	2012123465 A2	20-09-2012
		ZA	201306335 B	29-10-2014

WO 2014191331 A1	04-12-2014	CA	2914416 A1	04-12-2014
		EP	3004630 A1	13-04-2016
		FR	3006386 A1	05-12-2014
		JP	6208856 B2	04-10-2017
		JP	2016530424 A	29-09-2016
		US	2016131103 A1	12-05-2016
		WO	2014191331 A1	04-12-2014

WO 2017048113 A1	23-03-2017	EP	3350437 A1	25-07-2018
		MD	4464 B1	31-01-2017
		WO	2017048113 A1	23-03-2017
