

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

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
24 novembre 2016 (24.11.2016)

WIPO | PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2016/185101 A1

(51) Classification internationale des brevets :
F03B 17/06 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2015/051346

(22) Date de dépôt international :
21 mai 2015 (21.05.2015)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(71) Déposant : HELIOS GEM [FR/FR]; 25 Rue De Ponthieu,
75008 Paris (FR).

(72) Inventeurs : REBBOAH, Philippe; 10 Route de Bergerac,
24220 Saint Cyprien (FR). COIRO, Dominico; via San
Francesco ai Gerolomini 5, 80078 Pozzuoli (IT). MOR-
RONE, Nicola; Via Carraciale 80, 86048 Sant Elia a Pia-
nisi (IT).

(74) Mandataire : CABINET WAGRET; 6 avenue Daniel Le-
sueur, 75007 Paris (FR).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

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

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : DEVICE FOR PRODUCING ELECTRICITY FROM FLOWS OF LIQUID FLUID

(54) Titre : DISPOSITIF DE PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ A PARTIR D'ÉCOULEMENTS DE FLUIDE LIQUIDE

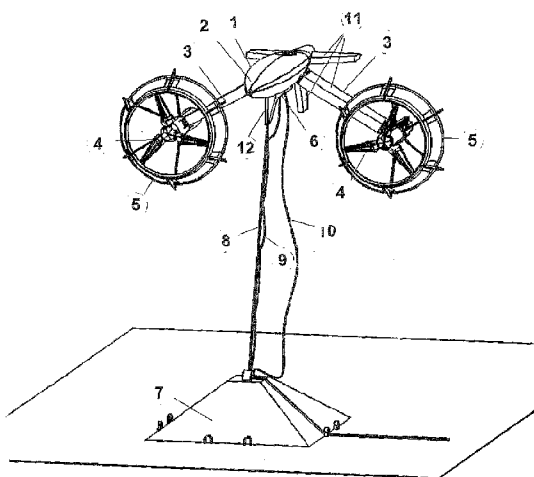


Fig. 1

(57) Abstract : The invention relates to a device such as a water turbine, activated by a stream of liquid fluid, such as sea or river currents, in order to produce electric energy, including: a floating shell; at least one turbine which can be rotated by the moving fluid; and an electricity generator driven by the turbine and capable of being connected to an electricity distribution grid; characterised in that it includes at least one annular diffuser centred on the turbine and surrounding the latter. Two counter-rotating turbines are provided with at least two blades each, each surrounded by an annular diffuser. Said floating shell is connected to each turbine by an arm or flange. The device also comprises an automatic control system which makes it possible to position same automatically at an optimum depth determined from the collection of data from sensors.

(57) Abrégé : Dispositif du type hydrolienne, activée par un courant de fluide liquide, tel que des courants marins ou fluviaux, pour produire de l'énergie électrique, comportant : - une

[Suite sur la page suivante]

WO 2016/185101 A1



Publiée :

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

coque flottante; - au moins une turbine susceptible d'être entraînée en rotation par le fluide en mouvement; - un générateur d'électricité entraîné par la turbine et apte à être relié à un réseau de distribution d'électricité; caractérisé en ce qu'il comporte au moins un diffuseur de forme annulaire centré sur la turbine et entourant celle-ci. Deux turbines contre-rotatives sont prévues avec au moins deux pâles chacune, entourée chacune par un diffuseur annulaire. La dite coque flottante est reliée à chaque turbine par un bras ou aile. Le dispositif comporte en outre un système de pilotage automatique permettant de le positionner automatiquement à une profondeur optimale déterminée à partir de la collecte de données issues de capteurs.

DISPOSITIF DE PRODUCTION D'ELECTRICITE
A PARTIR D'ECOULEMENTS DE FLUIDE LIQUIDE

5 La présente invention concerne une hydrolienne, ou station pour la production d'énergie électrique spécialement adaptée pour être actionnée par le flux des courants d'eau d'intensités variables tels que les courants des marées, et plus généralement tous types de courants marins et fluviaux. Le dispositif (ou station) de l'invention ne se positionne ni au fond de l'eau ni en surface de l'eau (mer ou
10 fleuve) mais néanmoins immergé totalement, et est associé à un système d'ancrage.

Il existe de nombreuses configurations d'hydroliennes, par exemple montrées par les brevets US 2007/241566 A1, US 6 168 373 B1, GB 2 460 309, US 2 501 696.

15

Cependant, aucun de ces systèmes connus ne permet de répondre simultanément à toutes les conditions et exigences de fonctionnement d'une hydrolienne, à savoir :

- la stabilité à une profondeur donnée ;
- 20 – une orientation optimale face au courant ;
- l'attitude à être activée par des courants faibles, autrement dit, à partir d'un seul courant le plus faible possible ;
- l'absence de vibrations ;
- les facilités d'accès en cas de réparation ou de maintenance.

25

La présente invention remédie à ces inconvénients et concilie ces contraintes contradictoires.

A cette fin selon l'invention, le dispositif du type hydrolienne, activée par un
30 courant de fluide liquide, tel que des courants marins ou fluviaux, pour produire de l'énergie électrique, comportant :

- une coque flottante ;

- au moins une turbine susceptible d'être entraînée en rotation par le fluide en mouvement ;

- un générateur d'électricité entraîné par la turbine et apte à être relié à un réseau de distribution d'électricité ;

5 est caractérisé en ce qu'il comporte au moins un diffuseur (formant un mélangeur de flux), de forme annulaire centré sur la turbine et entourant celle-ci.

Avantageusement, le dispositif comporte deux turbines contre-rotatives et comprenant au moins deux pâles chacune, entourée chacune par un diffuseur
10 annulaire.

La dite coque flottante :

- est en forme de fuselage et est reliée à chaque turbine par un bras ou aile ;

- comporte à l'arrière un empennage inversé ;

15 - est composée d'au moins trois parties, à savoir d'une part une partie principale centrale, creuse et étanche, et d'autre part au moins deux parties périphériques, à la proue et à la poupe et agissant comme des flotteurs.

De préférence, à la base du diffuseur, est disposé un élément composé de
20 lamelles, formant un second diffuseur, et de dimension inférieure au premier diffuseur.

Le dispositif comporte un moyen d'ancrage sur le fond marin ou le lit du fleuve, comportant un bloc submersible, comprenant au moins un compartiment pouvant
25 être rempli d'eau, et la coque flottante est attachée au moyen d'ancrage par deux câbles fixés symétriquement sur les flancs de la coque, de façon à permettre rotation de la coque sur elle-même en vue de son orientation automatique dans le sens du courant, et le retour de celle-ci à sa position initiale lorsque l'intensité du courant faiblit sous l'effet de la force de torsion qui s'exerce sur les deux
30 câbles.

De plus, le dispositif comporte un système de pilotage automatique permettant de positionner automatiquement le dispositif à une profondeur optimale déterminée à partir de la collecte de données relatives aux courants aux moyens de capteurs, tels que ADCP (acoustic doppler current profiler), ou mesurant la
5 pression, l'intensité du courant, la vitesse du courant.

Le dispositif de l'invention comporte une coque principale étanche, flottante, effilée de forme hydrodynamique adoptant la silhouette d'un requin, à laquelle sont fixés symétriquement sur ses flancs, deux tiges profilées comme les
10 nageoires pectorales du requin, allongées et étroites.

Les formes du châssis, du flotteur et des autres composantes du corps de la station sont spécialement conçues et profilées afin de réagir de façon naturelle aux perturbations conjuguées des courants contraires, tangages et roulis. La
15 coque arrière revêt la forme d'un empennage renversé. Tout cela a pour effet d'accroître l'hydrodynamisme, une diminution des pertes d'énergie du courant et une plus grande portance et stabilité de la station qui sous l'effet de la poussée de flottaison vient contrer le roulis, le tangage et les turbulences.

20 A l'intérieur de la coque, un treuil est installé, autour duquel est enroulé un câble d'amarrage ; l'autre extrémité de la ligne d'amarrage est fixée à un bloc d'ancrage posé sur le fond marin, de poids suffisant pour maintenir la station complètement immergée, même quand elle est soumise à de forts courants.

25 L'ensemble des caractéristiques du dispositif, sa forme, son centre de gravité, son centre de flottaison et son point de fixation de câble d'amarrage, est conçu pour lui permettre de maintenir une position parfaitement horizontale. En cas de mouvements imprévus de roulis ou de tangage, le dispositif maintient un axe intrinsèquement stable, et revient toujours à sa position originelle par lui même
30 sans intervention extérieure.

Aux extrémités des deux nageoires pectorales sont montés deux logements étanches contenant deux générateurs d'électricité, auxquels sont associés des multiplicateurs de tours, une turbine de chaque côté, ces turbines sont contrarotatives, possédant deux pâles ou plus. Autour de chaque turbine est fixé
5 un convoyeur de flux, appelé "diffuseur", ayant la forme d'un anneau aux bords avec un profil d'aile, dont la fonction est d'augmenter la circulation du courant d'eau vers les aubes de la turbine, de manière à améliorer l'efficacité de conversion d'énergie équivalent à un travail d'environ deux fois à celui effectué par la longueur des pales.

10

L'électricité produite par les générateurs, après avoir été régulée au moyen d'appareils électroniques situés sur des panneaux électriques installés à l'intérieur de la coque principale, est transmise au réseau terrestre par un câble multipolaire glissant le long du câble d'amarrage qui longe ensuite le fond marin
15 pour rejoindre le point d'atterrage puis la station de transformation terrestre avant d'être distribué sur le réseau électrique principal du lieu.

La coque flottante est de préférence composée de deux ou plusieurs sections, à savoir une section principale centrale, étanche, accessible de l'extérieur au
20 moyen d'une écoutille, et une, deux ou plusieurs sections périphériques.

La section principale a une double fonction, structurelle et de logement des appareils électromécaniques. Les sections périphériques, à la proue et à la poupe sont intrinsèque insubmersibles car remplies de mousse polymère, et
25 ainsi capables de garantir la flottaison de l'ensemble de la station, y compris en cas d'inondation de la section centrale.

La forme spécifique de la coque permet son auto-alignement constant avec le courant d'eau principal, et cela, même en cas de faible intensité du courant. De
30 fait, sans aucune intervention externe, la rotation des deux turbines est toujours en contre-rotation.

De plus, le dispositif est doté :

- d'un système d'auto contrôle de sa direction (SAD) ; le système SAD est constitué de capteurs spécifiques, de composants enregistrant les données collectées (log) à l'extérieur,
- 5 - d'une boussole magnétique et
- d'une plateforme inertielle, l'ensemble installé dans un logement étanche à l'intérieur de la coque principale, à distance suffisante de masses métalliques pour éviter toute interférence magnétique.

10 Les dits capteurs sont en mesure de déterminer la direction de l'axe principal de la coque en relation avec l'angle de magnétisme terrestre du lieu. De plus, ces capteurs transmettent des données pertinentes à l'ordinateur installé à bord, qui se charge de définir selon une récurrence préétablie, si l'orientation de la station est cohérente par rapport à la force du courant dominant du lieu.

15

Lorsque la force du courant d'eau est nulle ou faible, le dit ordinateur peut commander, en toute autonomie grâce à un programme informatique développé à cette fin, le démarrage d'une séquence activant la rotation d'une turbine, ou les deux en même temps, soit à fin de pré orienter la station en direction du courant
20 dominant à venir, dont la récurrence aura été mise en évidence par les études de courants réalisées préalablement à l'immersion de la station, soit à fin de stabiliser la station en cas de turbulences imprévues.

Les mouvements de la station, ses angles de rotation et sa vitesse d'accélération
25 produisent des données transmises à l'ordinateur de bord qui les interprète en pilotant constamment la plateforme inertielle.

Les changements de direction du courant sont sans importance pour le fonctionnement de la station. Celle-ci a été conçue pour adapter son orientation
30 en fonction des changements de direction des courants. Les pales des turbines sont constamment orientées perpendiculairement au courant d'eau dominant.

La bathymétrie du lieu sélectionné importe peu : quelque soit la profondeur, il suffit d'envoyer par le fond un poids mort (bloc d'ancrage) auquel préalablement un câble d'une longueur suffisante aura été amarré par une extrémité. La seconde extrémité est fixée au treuil de la station.

5

Le site d'installation de la station, choisi pour la présence de courants, rend par définition difficile les manœuvres de plongeurs. La présente invention permet de s'affranchir de l'intervention de plongeur à chacune des phases d'installation, de maintenance et de réparation en cas de panne.

10

L'installation de la station sur le site sélectionné ne nécessite pas de créer une structure encombrante et coûteuse ancrée sur le fond marin.

La présence des diffuseurs permet la mise en œuvre du mouvement rotatif des turbines en présence de courants de faible intensité, dès 0,8 m/s, de plus proportionnellement à la dimension choisie des pales, et en fonction de la force du courant. La turbine entubée dans le diffuseur démultiplie la quantité de l'énergie captée.

En situation de maintenance ou en cas de panne de la station nécessitant une réparation ou le remplacement d'un des composants mécaniques ou électroniques, il suffit d'activer le treuil à distance et faire remonter la station à la surface, de détacher la coque flottante des câbles auxquels elle est arrimée, puis de la remorquer vers le quai le plus proche où sont réalisées les opérations de maintenance. Ce procédé rend les interventions plus faciles et donc moins coûteuses que dans les cas d'intervention en mer.

En cas de rupture inattendue du câble d'amarrage, la coque remontera d'elle-même à la surface puisqu'elle a une présente une flottabilité positive. De même, en cas d'avarie soudaine du treuil, il suffit de sectionner le ou les câbles d'amarrage pour laisser la station remonter à la surface.

30

L'utilisation des connaissances des courants permet de connaître la variation de leur mouvement dans le temps (marées) et leur différence d'intensité en fonction de la profondeur. La profondeur et l'orientation de la station sont programmables pour tenir compte de ces variables et obtenir ainsi une production d'énergie optimale.

La puissance de conversion de l'énergie cinétique captées des courants d'eau transformée en énergie mécanique, puis électrique produite par les turbines est fortement accrue grâce à l'ajout, autour des turbines des diffuseurs, un corps creux, à géométrie et parties conçues ad hoc, fixées au châssis. Les diffuseurs, en augmentant la portance du flux des eaux agissent sur les pales des turbines. Outre le fait d'améliorer la récupération d'énergie instantanément, ces diffuseurs permettent de déclencher la rotation des turbines en présence d'un courant d'eau plus faible. La station est donc opérationnelle dans tous les lieux possédant un courant minimum de 0,8 m/s (soit environ 1,56 nœud), ce qui correspond à quasiment toutes les mers du globe. Les diffuseurs, que l'on peut également appeler «accélérateurs de fluides », grâce à l'effet de leur portance, augmentent d'une part la masse du fluide dans l'unité de temps, et par ailleurs, augmentent la vitesse du fluide par rapport à sa vitesse originelle avant d'entrer dans le diffuseur. L'augmentation de l'efficacité est proportionnelle à la portance générée par le dit diffuseur. En effet, Si la portance du diffuseur est proportionnelle à la taille de l'aileron impliqué, la forme du diffuseur est un autre facteur qui détermine la capacité de portance du diffuseur (et des lamelles le composant). Par conséquent l'efficacité du mécanisme de diffusion résulte directement de la forme du diffuseur principal et du diffuseur secondaire (lamelles) situés sur l'axe de la turbine.

Il est notoirement admis que pour une turbine sans diffuseur, l'efficacité des pales sur le flux de l'eau diminue au fur et à mesure de son éloignement du cercle balayé par les pales. L'effet est contraire dans le cas d'une turbine équipée d'un diffuseur. Les filets d'eau les plus périphériques des pales sont balayés avec plus d'efficacité.

La station est équipée d'un système d'autogestion des opérations contrôlables à distance. Ce système est constitué par le fonctionnement en continu et en synergie de quatre différents systèmes électroniques, opérationnels sans interventions externes. Ces quatre systèmes sont :

Système d'autocontrôle de la profondeur,

Système d'autocontrôle de la position,

Système d'autocontrôle de la puissance,

Système d'autocontrôle de la génération électrique et de connexion au réseau.

10

Le système d'autocontrôle de la profondeur est asservi à des commutateurs de pression et divers instruments de mesure log, petit mécanisme de mesure, ADCP, capable de déterminer la profondeur de la station par rapport à la surface de la mer et la vitesse du courant d'eau en amont et en aval de la coque. Le système intervient chaque fois que l'opérateur a l'intention de faire émerger ou immerger la station lors des mises en service ou lors des opérations de maintenance. Le système agit par ailleurs de manière autonome et automatiquement pour positionner la station au niveau de la profondeur prédéfinie ou, dans le but de maximiser l'énergie reçue en faisant varier la profondeur de la station selon la zone où sont détectés les courants les plus forts à un moment donné.

20

Le système d'autocontrôle de la position n'est pas activé lorsque la station est immergée dans un fleuve ou dans une zone dans laquelle les courants d'eau ont une direction constante. Le système d'autocontrôle de la position de la station est utilisé pour les sites où les courants sont soumis à l'influence des marées, généralement avec des changements de direction toutes les 6 ou 9 heures ; dans ce cas, le système est asservi à une boussole capable d'intégrer la position de l'axe principale de la station correspondant à l'axe magnétique du lieu ; le système se déclenche quand la vitesse du courant d'eau dominant s'est stabilisée sur une valeur inférieure à 0,5 m/s ; dans ce cas les turbines tournent sans entraîner les générateurs (librement sans couple). En corrélation avec

30

l'angle de l'axe principal de la station et indiqué par la boussole, le système enclenche le mouvement d'une seule turbine provoquant une rotation de la station jusqu'au point d'orientation correspondant à l'orientation du prochain courant d'eau. Le nombre de tours induit par la turbine est contrôlé par une plateforme
5 inertielle capable d'interpréter la vitesse et l'accélération angulaire subie par la station. Le système d'autocontrôle de la position évite l'enroulement du câble électrique avec la chaîne de sécurité et autour du câble d'amarrage.

Le système d'autocontrôle de la puissance intervient seulement quand la vitesse
10 du courant d'eau dominant s'est stabilisée sur des niveaux supérieurs à 0,5 m/s ; en condition de génération d'électricité, le système adopte un fonctionnement routinier d'entraînement du couple. Selon le régime de rotation des turbines, le système augmente au fur et à mesure le couple de résistance des générateurs jusqu'au moment où le système relève une légère baisse de vitesse de rotation.
15 Le système est asservi aux capteurs de position des deux générateurs.

Le système d'autocontrôle des générateurs électriques et de connexion au réseau est composé de deux convertisseurs électroniques triphasés alterné/continu (redresseur), un état en courant continu de filtrage et
20 d'accouplement et un transformateur électronique triphasé continu/alternatif (convertisseur) piloté à partir du réseau terrestre ; l'énergie électrique produite par les deux générateurs est contrôlée en terme de tension, de phases et fréquences, et est couplée ;

25 L'électricité est ainsi transportée par le biais d'un câble électrique multipolaires prévu à cet effet, jusqu'à la station terrestre de transformation ; le câble électrique court le long du câble d'amarrage grâce à des anneaux. Une fois le système d'ancrage atteint, le câble électrique poursuit son cheminement jusqu'à le poste d'électricité terrestre.

30

Grace à son système d'autogestion à distance complètement autonome, la station est capable de choisir le pré-alignement avec le nouveau courant qui

arrive, se placer à la meilleure profondeur, et établir le meilleur rapport du couple dans un but de conversion optimale de l'énergie cinétique. Dans le cas où une avarie devait se produire, la station actionne ses deux générateurs en mode « roue libre » en désolidarisant la rotation des pales de l'arbre et déroule
5 automatiquement le câble du treuil pour remonter à la surface, tout en envoyant à la station de contrôle les données signalant l'anomalie.

Il est en outre prévu un système d'auto contrôle passif de l'orientation de la station. Ce système est constitué de deux câbles reliés au dispositif d'ancrage
10 situé sur le fond marin assurant l'amarrage de la station. Ce système exclut la rotation de la station au-delà de 360 degrés par rapport à l'orientation initiale du courant, y compris en cas d'anomalie du système principal de contrôle de l'alignement. Cela permet de préserver l'intégrité et la fonctionnalité du câble électrique qui, sans ce dispositif, pourrait se rompre en s'enroulant à plusieurs
15 tours sous l'effet d'une rotation incontrôlée de la station.

Le fonctionnement de la présente invention s'appuie sur les mêmes lois que celles applicables aux moulins à vent ou éoliennes, en particulier pour déterminer la puissance extraite d'un courant, d'un fluide en mouvement, il est possible
20 d'utiliser la formule suivante :

$$P = 1/2 \rho A v^3 C_p C_d K_{\text{Betz}}$$

Dans laquelle :

P est la puissance obtenue ;

ρ est la densité du fluide;

25 A est la superficie balayée par les pales de la turbine ;

V est la vitesse du courant

C_p est un coefficient compris entre 0 et 1, qui indique l'efficacité de la turbine (en fonction de plusieurs paramètres comme le nombre de pales, de leur forme, de leur niveau de rugosité, des caractéristiques du fond marin qui influence le
30 courant d'eau, etc....) ;

C_d est un coefficient supérieur à 1 indiquant l'incrément de puissance provoquée par la présence du diffuseur ;

K_{Betz} est le coefficient sans dimension déterminé en 1919 par le physicien allemand Albert Betz, d'une valeur égale à $16/27$, qui définit la valeur théorique maximum de l'énergie obtenue par un moulin à vent.

Les expériences réalisées à ce jour sur des prototypes de la présente invention, ont permis de confirmer la validité de l'équation susmentionnée en obtenant les valeurs suivantes :

Le produit de « $C_p \times K_{\text{Betz}}$ » atteint généralement la valeur 0,5 ;

En présence d'un diffuseur conçu selon un certain profil, $C_d = 2$;

Le doublement de la vitesse du courant d'eau, accroît de 8 fois la puissance recueillie ;

Le doublement de la longueur des pales, accroît par 4 fois la puissance recueillie ;

La vitesse du courant minimum nécessaire pour mettre en mouvement la turbine, avec les pales correctement profilées, est d'environ 0,8 m/s (soit environ 1,56 nœud).

Pour toutes les configurations, les dimensions des pales varient de 2,5 m à 5 m et plus ; « R » traduit la longueur des pales. Les dimensions d'encombrement sont les suivantes :

De face	6 - 7 R
Hauteur	3 - 4 R
Longueur	6 - 9 R

La présente invention peut fonctionner avec des courants d'eau d'une vitesse minimum de 0,8 m/s jusqu'à 4 m/s sans modification structurelle ; en fonction de la longueur des pales et de la vitesse du courant d'eau, la puissance électrique en entrée varie de 50 kW à 2 MW et plus.

La présente invention sera mieux comprise à la lecture de la description détaillée qui suit réalisée sur la base des dessins annexés dans lesquels :

La figure 1 montre par une vue isométrique l'ensemble du dispositif objet de la présente invention.

La figure 2 montre le même dispositif connecté au réseau électrique situé à terre ;

La figure 3 illustre les parties que l'on trouve à l'intérieure du corps principal de station ;

10 La figure 4 montre une variante simple de la configuration standard, obtenue par la présence de deux câbles d'amarrage ;

La figure 5 illustre l'utilisation d'un double treuil nécessité par la rétention de la station par deux câbles d'amarrage ;

15

La figure 6 montre la position adoptée par la station lorsque qu'elle est retenue par deux câbles d'amarrage et sous l'effet de la poussée exercée par un courant de direction opposée au courant initial ;

20 La figure 7 montre l'emplacement où se trouve le générateur électrique permettant de transformer l'énergie cinétique en électricité ;

Les figures 8, 9, 10, 11, 12 et, 13 montrent les vues de face, du dessus et de côté du dispositif objet de la présente invention, dans les deux configurations d'amarrage, avec un, puis deux câbles d'amarrage ;

25

La figure 14 illustre le diffuseur doté de l'élément composé de lamelles ;

La figure 15 illustre le diffuseur sans l'élément composé de lamelles ;

30

La figure 16 illustre une section du couple élément composé de lamelles/diffuseur ce qui permet de rendre compte de leur position respective ;

La figure 17 montre l'utilisation d'un anneau d'ancrage fixé à un plot lui-même ancré sur le fond marin en remplacement de l'utilisation d'un poids mort ;

- 5 Les figures 18 et 19 illustrent les filets d'eau en amont et en aval des turbines dans leur version entubée du diffuseur et sans diffuseur ;

Les figures 20A et 20B sont des schémas respectivement de dessus et de côté du système d'ancrage ;

- 10 Les figures 21 à 24 sont des vue schématiques de côté d'une station à différentes étapes de son installation.

Les figures 1, 2, 3, 8, 9, et 10 mettent en évidence la présente invention dans sa configuration standard ; tandis que les figures 4, 5, 6, 11, 12, et 13 montrent les
15 parties composant la présente invention dans une configuration différente, avec deux câbles d'amarrage.

En faisant référence tout particulièrement à la Figure 1, la station 1 comporte :

- 20 - Une coque flottante 1, de forme similaire à un squalo ou torpille pour minimiser la résistance hydrodynamique ; la coque est remplie d'un gaz inerte sous pression, dont la fonction est de s'opposer à la pression externe provoquée par la profondeur d'immersion. Une partie de la coque est un compartiment étanche, où seront logés l'ensemble des instruments d'acquisition des données de contrôle, de télémaintenance, de connexion
25 électrique, les batteries d'alimentation du système de manœuvre autonome et tout autre élément électrique.
- Deux traverses latérales 3, possédant des caractéristiques structurales précises, reliées symétriquement au corps principal, et ayant un profil ailé carénées selon des spécifications propres.
- 30 - Un plan de queue 11 à empennage renversé dont la fonction est de permettre à la fois la stabilité longitudinale, et latérale-directionnelle de la

station, et par ailleurs, son orientation longitudinale (par rapport à l'axe de tangage) et latérale-directionnelle.

- 5 - Deux turbines contrarotatives 4 dotées de deux ou plus de pales reliées à deux générateurs électriques, et assemblées symétriquement sur les flancs de la coque flottante.
- Deux diffuseurs 5, complétés de l'Élément composé de lamelles élément à lamelles, fixés à la structure entourant les turbines.
- Un câble d'amarrage 8, dont une des extrémités est fixée au système d'ancrage.
- 10 - Un poids mort 7, posé sur le fond marin, d'une forme et d'un poids suffisant pour permettre de retenir la coque une fois immergée sous la surface de l'eau et sous l'effet de la poussée du courant d'intensité maximum sur le site sélectionné. Lorsque cela est possible, le poids mort sera remplacé par un anneau d'amarrage ancré sur le fond marin.
- 15 - Une chaîne de sécurité 10 qui, en cas de rupture soudaine du câble d'amarrage, permet à la station de remonter à la surface sans qu'elle s'éloigne de son lieu d'immersion.
- Un câble électrique 9 qui permet de connecter les générateurs électriques au réseau d'électricité ; ce câble électrique court le long du câble d'amarrage ; il est généralement composé de plusieurs polarités pour
20 permettre le passage de l'électricité vers la terre, ou en sens inverse, de la terre vers la station ; dans le noyau du câble électrique une fibre optique y est prévue pour le transport bidirectionnel des données de direction, les données de fonctionnement ou de dysfonctionnement de la station.

25

Les caractéristiques techniques propres à la présente invention sont principalement les suivantes :

- 30 - Un corps principal, de forme cylindrique, creux, étanche, accessible par une trappe ; le corps principal remplit la fonction d'élément structurel principal et sert à loger des composants électroniques.
- Une coque flottante, formée de la fusion du corps principal avec d'autres corps intrinsèquement flottant, placés à la proue et à la poupe du corps principal, de

dimension spécifique afin de permettre la flottaison de l'ensemble de la station, y compris en cas d'inondation intérieure et accidentelle du corps principal. La dite coque flottante est composée de trois parties, voire plus, dont la principale est centrale 1, rendue totalement étanche, accessible à l'homme par une trappe 18, 5 permettant de loger les équipements électromécaniques, tandis que les parties périphériques 2, à la proue et à la poupe avec un empennage renversé, agissent comme des flotteurs grâce à la mousse polymérique 19 remplissant ces parties de la coque, permettant ainsi la flottaison du dispositif dans sa totalité, même en cas d'inondation accidentelle de la partie centrale. La dite coque flottante en 10 forme de fuselage avec un empennage renversé 11 est d'une dimension suffisante afin de permettre la flottaison de toute la station en minimisant la résistance hydrodynamique. La dite coque flottante est composée d'un corps principal étanche comprenant sur chaque flanc de façon symétrique, une structure en métal et en forme d'ailes 3 portant à son extrémité un logement 15 étanche contenant un générateur d'électricité 27 alimenté par la puissance produite par deux turbines contre-rotatives comprenant deux pâles ou plus chacune 4.

La structure métallique est composée de tiges elliptiques, circulaires, carrées ou 20 de toute autre forme et sur cette structure se trouvent deux turbines au minimum et chacune est équipée d'un diffuseur 5 et d'un Élément composé de lamelles élément à lamelles 11. Les deux turbines contrarotatives tournent chacune dans une direction opposée, composées chacune de deux pales ou plus, connectées à deux générateurs électriques assemblés dans les logements prévus à cet effet 25 situés aux extrémités des deux traverses latérales.

Deux diffuseurs, montés autour des deux turbines, ayant une forme spécifique permettant de démultiplier la force du flux actif des eaux sur les pales avec l'adjonction de lamelles autour des diffuseurs. A la base de chaque diffuseur et 30 selon une position précise, un second diffuseur est assemblé sur le premier. Ce second diffuseur est appelé « Élément composé de lamelles » 11 et présente une dimension inférieure au premier et permet d'augmenter les flux d'eau vers

les turbines et d'accroître la puissance de conversion de l'énergie cinétique. Cette partie en forme de type réacteur d'avion permet d'augmenter le flux du courant vers les pales de la turbine améliorant ainsi la puissance de conversion de l'énergie produite.

5

Un treuil est installé au fond du corps principal de la coque autour duquel s'enroule le câble d'amarrage. Le tambour du treuil est monté dans une section inondée.

10 Un bloc d'ancrage, posé sur le fond marin, ayant une forme et un poids suffisants pour retenir la station, y compris en situation de totale immersion et sous l'effet de la poussée maximum du courant du lieu sélectionné. Le bloc d'ancrage est auto-submersible, du fait de sa structure creuse et remplie d'air. Il a un poids et un volume adéquats pour lui permettre de flotter. Le corps creux du bloc contient
15 quatre compartiments pouvant être remplis d'eau. Lorsque ces compartiments commencent à se remplir d'eau, le bloc s'alourdit suffisamment pour lui permettre de ne plus flotter et couler sous la surface de l'eau. Il est relié par un câble au treuil se trouvant à l'intérieure de la station, ce qui permet de freiner la vitesse de descente du bloc vers le fond. Une fois positionné au fond, ce bloc se remplit
20 complètement d'eau afin d'atteindre un poids suffisant permettant d'ancrer solidement la station, même sous l'effet de courants de fortes intensités. Le dit bloc d'ancrage revêt une forme pyramidale, le rendant stable en phase de descente et composé de matériaux tels que l'acier, le béton armé ou tout autre matériau possédant des caractéristiques similaires aux matériaux précités.
25 Lorsque le sol marin n'est pas adaptée au bloc d'ancrage la solution de substitution consiste à fixer le câble d'amarrage à un anneau rotatif (tourniquet) enfilé à un piquet scellé sur le fond marin (sableux ou rocheux), ou encore un ancrage composé d'un point de fixation unique scellé sur le fond marin 17.

30 Un câble d'amarrage est relié au treuil par une extrémité et par l'autre extrémité au bloc d'ancrage. La station conserve un équilibre de flottaison parfait grâce aux effets combinés de la résistance du câble d'amarrage et du courant qui agissent

sur son centre de gravité en lui permettant de tourner sur son axe en fonction de l'orientation du courant. Dans les zones de très forts courants la station peut être amarrée au bloc d'ancrage par deux câbles fixés symétriquement sur les flancs de la coque de telle sorte que, en présence de courants de forte intensité, la station tourne sur elle-même pour s'orienter systématiquement et automatiquement dans le sens du courant, et revient à sa position initiale lorsque l'intensité du courant faiblit sous l'effet de la force de torsion qui s'exerce sur les deux câbles.

10 Un câble électrique permettant de connecter les générateurs électriques au réseau électrique terrestre. Le câble électrique court le long du câble d'ancrage ; il est généralement composé de plusieurs polarités pour permettre la circulation de l'énergie dans les deux sens : de la station vers le réseau terrestre et du réseau terrestre vers la station ; de plus, dans le cœur du câble électrique se trouve un câble en fibre optique permettant de transmettre une double circulation des données, en voie descendante, les données d'analyse opérationnelle et l'état de fonctionnement de la station, en voie ascendante, les données de commande et de pilotage adressées à la station.

20 Un système de pilotage automatique permettant de positionner automatiquement la station à une profondeur optimale déterminée à partir de la collecte de données relatives aux courants aux moyens de capteurs spécifiques tels que ADCP 14) (en anglais : Acoustic Doppler Current Profiler), capteur de pression 15, hélices de mesure de l'intensité du courant, ainsi qu'une série de capteurs 25 disposés sur l'extérieur de la coque indiquant le niveau de pression et la vitesse du courant en amont et en aval, l'ensemble de ces données sont transmises à une base de données spécifiques interprétées par un programme informatique développé sur mesure dans le but d'établir, à intervalles réguliers, la profondeur optimale à laquelle la station doit se situer et d'actionner automatiquement la mise en fonction du treuil interne qui permet de positionner la station à la 30 profondeur requise .

Un système de contrôle automatique de sa direction /orientation (SAD) aux moyens de capteurs collectant les valeurs émises par la boussole magnétique 16 et la plateforme d'inertie, installées dans le compartiment étanche 17, neutre, suffisamment éloignées de l'influence des composants en métal du dispositif afin d'éviter les erreurs d'indication de la position du dispositif par rapport à l'angle magnétique de la terre, l'ensemble de ces données sont transmises à une base de données et un programme informatique calculant à intervalles réguliers tant l'orientation du dispositif que la direction du courant dominant, le même programme informatique, en situation de courant d'intensité nulle ou faible et selon la vitesse de rotation des turbines, active un signal électromécanique déclenchant la mise en mouvement d'une ou des turbines afin d'orienter la station dans le sens du courant choisi tout en décroisant le câble électrique avec le câble d'ancrage. Une fois l'orientation appropriée atteinte, le même programme informatique, composé d'une base de données relative aux cycles des courants du site, active un signal électromécanique permettant, aux moyens d'une source d'énergie extérieure (courant électrique provenant de la station terrestre) de déclencher la rotation des turbines quelques secondes avant le moment où le courant atteint un niveau d'intensité suffisant pour mettre en œuvre la rotation des turbines par cette seule force. La mise en mouvement des turbines par cette source d'électricité externe permet d'atteindre plus rapidement la vitesse de rotation nécessaire à la conversion d'énergie cinétique en énergie électrique. Lorsque la vitesse de rotation des turbines atteint une valeur déterminée, proche de la limite maximale du générateur électrique, un système de frein permet de maintenir cette vitesse sous le seuil maximum.

25

La rotation des turbines est ainsi asservie au système de contrôle automatique, pour permettre la mise en mouvement des turbines en situation de courants faibles et pour contrôler la vitesse de rotation en situation de courants forts.

30 Une chaîne de sécurité, en cas de rupture accidentelle du câble d'ancrage, permet à la station de remonter à la surface en restant à proximité de la zone d'installation choisie.

Des traverses en forme d'aile, un empennage renversé et ailettes qui, en présence de forts courants, créent une poussée vers la surface ; cette poussée ajoutée à la poussée de flottaison, évite que la station soit entraînée vers le fond ; de plus, les profils ailés des traverses s'opposent à d'éventuels déséquilibres causés par des mouvements inattendus de roulis, tangage et embardées.

Une nageoire ventrale antérieure soudée au corps principal, par laquelle est relié le câble d'amarrage.

La station est connectée à une station de collecte des données les rendant disponibles via une connexion Internet permettant d'effectuer des opérations de contrôle et de maintenance à distance.

Les éléments composant la station électrique conforme à la présente invention sont assemblés sur un chantier naval facilitant l'opération de mise à l'eau et le remorquage sur le lieu sélectionné.

De façon naturelle et par sa conception, la station flotte sur la surface de l'eau. Dès lors que le treuil est actionné, la station est entraînée sous la surface de l'eau. La forme et les dimensions de la coque, grâce à l'emplacement du treuil à l'intérieure de la nageoire ventrale antérieure permettent d'assurer une position parfaitement horizontale de la station, quelque soit la force des courants ou même l'absence de courant, la coque de la station, sous l'effet des courants, reçoit une poussée vers le bas à une profondeur qui varie en fonction de la vitesse de ces courants, l'axe principale de la station s'oriente de manière parallèle à la direction des courants et les turbines commencent à tourner, transformant une partie de l'énergie cinétique en énergie mécanique; la présence des diffuseurs de flux facilite le début de la rotation des turbines à un faible niveau de vitesse du courant ($< 0,8$ m/s), et augmente le coefficient de conversion de l'énergie. Les diffuseurs de flux permettent aussi d'augmenter la

vitesse de rotation des pales et donc de réduire le rapport entre le nombre de tours des turbines et la taille des générateurs électriques installés en prise directe. Le mouvement des turbines, à rotation contrarotative permet de contrer la poussée naturelle qui s'exerce sur l'ensemble de la structure et les turbines peuvent ainsi fournir de l'énergie au générateur avec une contrainte moindre.

La station électrique est activée par un courant d'eau et comprends des diffuseurs et un système de manœuvre à distance. Elle peut se présenter selon deux configurations avec l'utilisation d'un ou deux câbles d'amarrage selon le lieu des sites choisis et la nature des courants marins.

En faisant référence à la figure 7, la station est composée des principaux éléments suivants :

- Une coque principale flottante 1
- 15 Les pales 4
- Les diffuseurs 5
- Le câble d'ancrage 8
- Le câble électrique 9
- La chaîne de sécurité 10
- 20 Les ailettes 11
- La structure de logement 21 des éléments suivants :
 - L'arbre 22
 - Joints de garniture 23
 - Les coussinets (radiaux et de soutien) 24
 - 25 Le couplage 25
 - Le multiplicateur de tours 26
 - Le générateur d'électricité 27
 - Le câble électrique de puissance 28
 - Le circuit de refroidissement 29
 - 30 Le câble d'encodage 30

La Figure.4 représente une légère variante de la station par rapport à celle représentée dans la Figure1. En effet, la station est ancrée à un poids mort par le biais de deux câbles d'amarrage reliés à deux nageoires ventrales antérieures soudées symétriquement sur les flancs du corps principal. Le système d'amarrage ainsi composé de deux câbles représente un système passif évitant leur entrelacement et remplace le système de contrôle automatique de la position ; tous les autres composants restent les mêmes.

En présence d'un courant d'eau de faible intensité (à peine supérieure à 0,2 m/s) la station tourne sur son axe principal suivant la direction du courant dominant ; sous l'effet de la rotation, les deux câbles se croisent et forment un « X » comme l'illustre la Figure.6 ; dès que le courant d'eau diminue d'intensité pour atteindre une valeur inférieure à 0,2 m/s, en raison de la double tension créée par les deux câbles sur les nageoires ventrales antérieures, la station effectue une rotation sur son axe principal en sens inverse, en s'orientant dans la direction originelle. Ce système permet d'éviter l'entrelacement de la chaîne de sécurité avec le câble électrique ; ainsi, le système opère de manière passive la même action que celle réalisée par le système de contrôle automatique illustré par le paragraphe précédent ; toutefois ce système anti-entrelacement ne remplace pas la fonction de pré alignement de la station avec un courant d'eau qui serait en formation. Ce système comporte deux câbles avec un double treuil permettant l'enroulement des deux câbles, illustré dans la Figure 5.

En faisant tout particulièrement référence à la Figure 4, montrant une variante adaptée pour la présence de courants d'eau plus intenses. A part le dispositif de double câble, les composants de la station restent les mêmes que dans la configuration précédente.

La station comporte des moyens pour faciliter l'ancrage de la station au fond et, par voie de conséquence, réduire le coût de l'opération d'ancrage de la station sur le site choisi. A cette fin, la station est associée à un bloc d'ancrage auto-submersible tel qu'illustré par la figure 20. Le bloc d'ancrage est constitué d'un

corps creux, flottant, de dimension et d'un poids adéquat afin de lui permettre de flotter, d'un tuyau propulsant de l'air pour assurer l'évacuation de l'eau 31 et un tuyau d'aspiration de l'air d'air assurant le remplissage en eau 32, ainsi que 4 pieux 33 assurant la stabilisation de l'ancrage en présence de fonds marins sableux. Ainsi, tel qu'illustré dans les figures 21 - 22 -23 et 24, le bloc d'ancrage est remorqué par voie maritime en même temps que la station. Une fois relié au site d'ancrage prévu, le bloc d'ancrage est partiellement rempli d'eau de mer, jusqu'à un niveau suffisant, permettant de commencer sa descente vers les fonds marins. Le câble d'ancrage, le câble électrique et la chaîne de sécurité 10 préalablement fixés au bloc se déroulent au fur et à mesure en accompagnant la descente du dit bloc.

Lorsque le bloc d'ancrage atteint le fond marin, il se remplit complètement d'eau de mer et s'alourdit considérablement, ce qui va lui permettre d'ancrer 15 solidement la station dans la zone choisie même en présence de forts courants. Selon les caractéristiques géologiques du fond marin (roche, sable, vase,...) il sera nécessaire ou non de planter autour de la base du bloc d'ancrage, des pieux de formes et de longueurs appropriés permettant ainsi de fixer le bloc pour prévenir tout déplacement par glissement inattendu.

20 Une fois le bloc installé sur le fond marin, le treuil est actionné pour enrayer le câble qui le relie au bloc afin d'entraîner la station vers le fond jusqu'à la profondeur choisie. A noter qu'en présence d'un fond marin idoine, il sera possible de privilégier une solution d'ancrage fixe au moyen d'un anneau vissé 25 dans le plancher marin Figure 17. Le câble d'amarrage, le câble électrique et le câble de sécurité seront reliés à l'anneau d'ancrage fixé au fond.

La Figure 20 représente le corps d'encrage en forme pyramidale en béton armé qui comprend quatre caissons en acier. Les quatre chambres en acier sont 30 reliées entre elles à leur base et au sommet de la pyramide. Comme l'illustre la Figure 20, les quatre canaux situés à la base sont connectés à un tube servant à pomper l'eau à l'intérieur 31 ; tandis que les quatre canaux au sommet sont

connectés à un autre tube servant à évacuer l'air 32. Les actions consistant à ajouter de l'air ou à l'évacuer entraînent automatiquement soit l'évacuation de l'eau, soit le remplissage du bloc en eau de mer.

- 5 En référence aux figures 21 à 24, la mise en service se déroule suivant les phases suivantes :
- Mise à l'eau du bloc d'ancrage qui, grâce à sa propriété de type coque flottante, flotte à la surface ; la station et ce bloc sont reliés ensemble par un câble d'ancrage (enroulé autour du treuil de la station), une chaîne de sécurité et un
 - 10 câble électrique ;
 - Remorquage du bloc et de la station jusqu'au site choisi en utilisant un remorqueur ; le câble électrique est d'une longueur suffisante pour lui permettre de relier la station au réseau électrique terrestre, il se déroule progressivement à partir d'une bobine installée sur le remorqueur ;
 - 15 -Remplissage partiel avec de l'eau de mer du bloc d'ancrage, jusqu'à un niveau permettant de l'alourdir pour supprimer l'effet de flottaison et l'immerger jusqu'au fond, le bloc emporte avec lui le câble d'ancrage qui, enroulé autour du treuil situé à l'intérieure de la station, se déroule au fur et à mesure de la descente; Une fois posé sur le fond la totalité de l'air présent dans le bloc s'évacue pour
 - 20 laisser l'eau le remplir;
 - Retour du remorqueur au port, connexion du câble électrique au réseau terrestre de transformation qui recevra l'électricité produite par la station ;
 - Mise en fonctionnement du treuil qui tend le câble d'amarrage permettant le positionnement de la station à la profondeur choisie ;
 - 25 -Mise en service de la station et début du cycle de production d'énergie électrique.

Les applications industrielles de l'invention sont multiples et ont l'avantage de représenter un coût de fabrication, installation et maintenance relativement bas

30 par rapport aux hydroliennes traditionnelles. D'un point de vue écologique, ce dispositif crée de l'énergie renouvelable sans détériorer les fonds marins. En outre, il permet de capter un courant assez faible et de fournir de l'énergie bon

marché dans les pays émergents possédant des grands fleuves ou le long de leurs côtes lorsqu'il y des marées.

REVENDEICATIONS

1) Dispositif du type hydrolienne, activée par un courant de fluide liquide, tel que des courants marins ou fluviaux, pour produire de l'énergie électrique, comportant :

5

- une coque flottante ;

- au moins une turbine susceptible d'être entraînée en rotation par le fluide en mouvement ;

10

- un générateur d'électricité entraîné par la turbine et apte à être relié à un réseau de distribution d'électricité ;

caractérisé en ce qu'il comporte au moins un diffuseur (formant un mélangeur de flux), de forme annulaire centré sur la turbine et entourant celle-ci.

15

2) Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comporte deux turbines contre-rotatives et comprenant au moins deux pâles chacune, entourée chacune par un diffuseur annulaire.

3) Dispositif selon la revendication 2, caractérisé en ce que la dite coque flottante est en forme de fuselage et est reliée à chaque turbine par un bras ou aile (3).

20

4) Dispositif selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que la coque comporte à l'arrière un empennage inversé.

5) Dispositif selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que la coque flottante est composée d'au moins trois parties, à savoir d'une part une partie principale centrale, creuse et étanche, et d'autre part au moins deux parties périphériques, à la proue et à la poupe et agissant comme des flotteurs.

25

6) Dispositif selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce qu'à la base du diffuseur est disposé un élément composé de lamelles, formant un second diffuseur, et de dimension inférieure au premier diffuseur.

30

7) Dispositif selon l'une des revendications 1 à 6, caractérisé en ce qu'il comporte un moyen d'ancrage sur le fond marin ou le lit du fleuve, comportant un bloc submersible, comprenant au moins un compartiment pouvant être rempli d'eau.

8) Dispositif selon l'une des revendications 1 à 7, caractérisé en ce qu'il comporte un système de pilotage automatique permettant de positionner automatiquement le dispositif à une profondeur optimale déterminée à partir de la collecte de données relatives aux courants aux moyens de capteurs, tels que
5 ADCP (acoustic doppler current profiler), ou mesurant la pression, l'intensité du courant, la vitesse du courant.

9) Dispositif selon la revendication 7, caractérisé en ce que la coque flottante est attachée au moyen d'ancrage par deux câbles fixés symétriquement sur les flancs de la coque, de façon à permettre rotation de la coque sur elle-même en
10 vue de son orientation automatique dans le sens du courant, et le retour de celle-ci à sa position initiale lorsque l'intensité du courant faiblit sous l'effet de la force de torsion qui s'exerce sur les deux câbles.

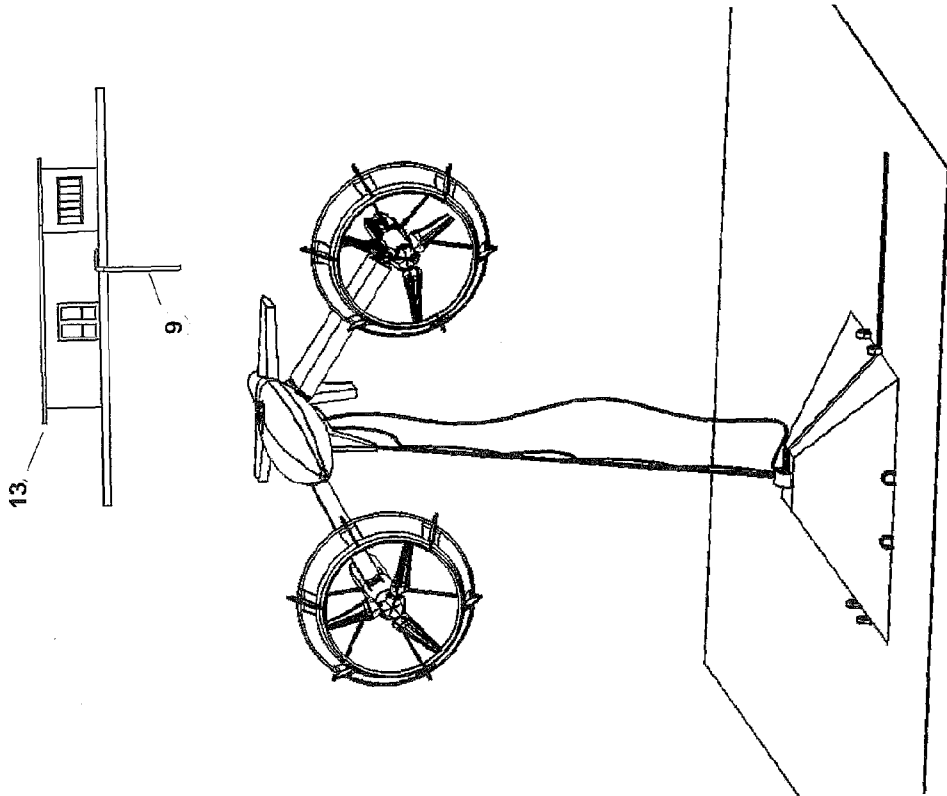


Fig 2

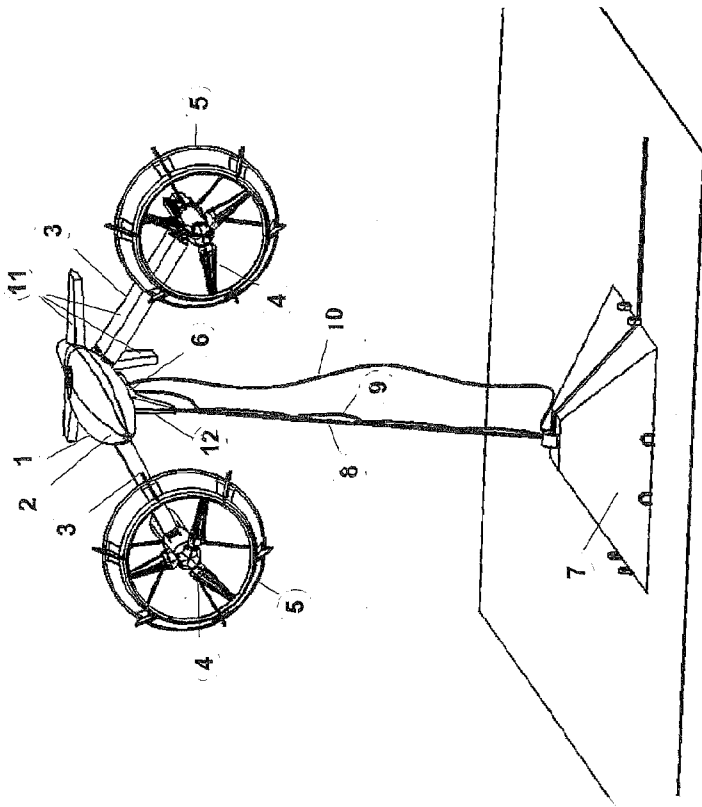


Fig 1

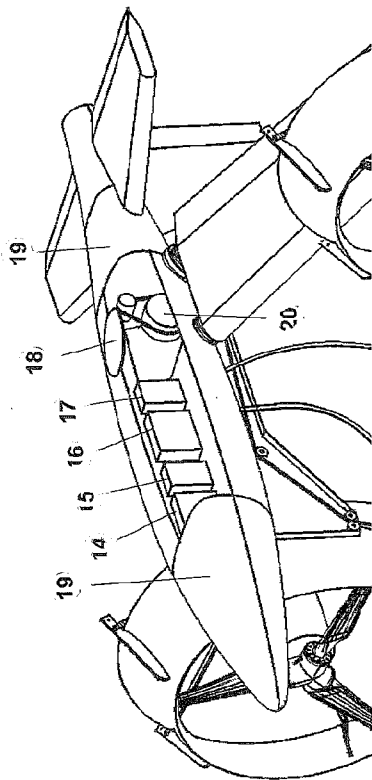


Fig 3

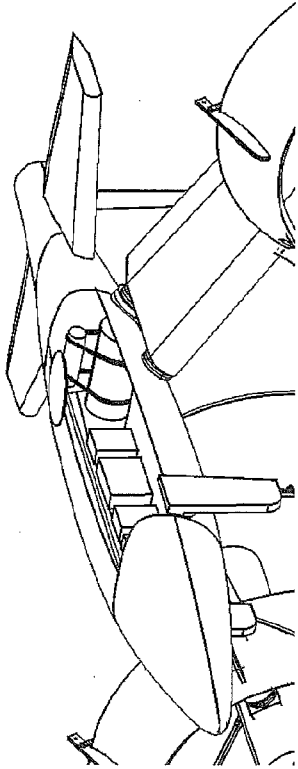


Fig 5

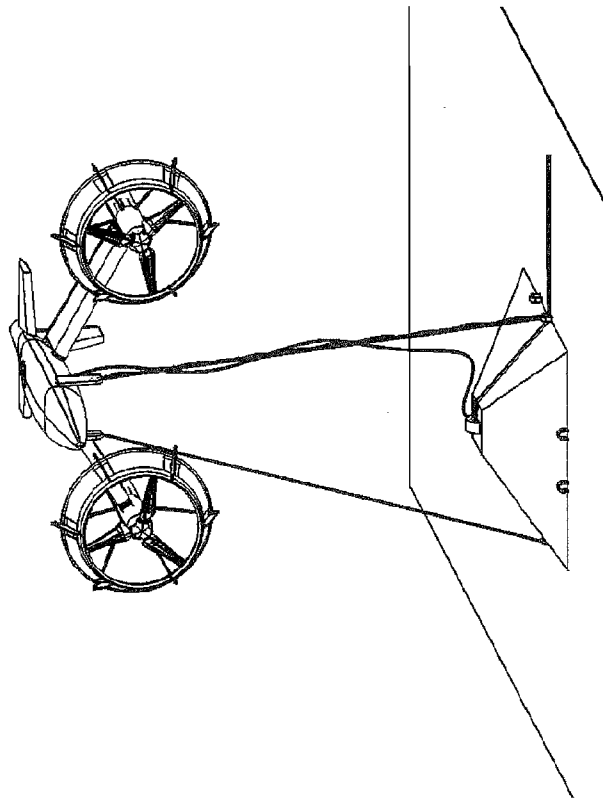


Fig 4

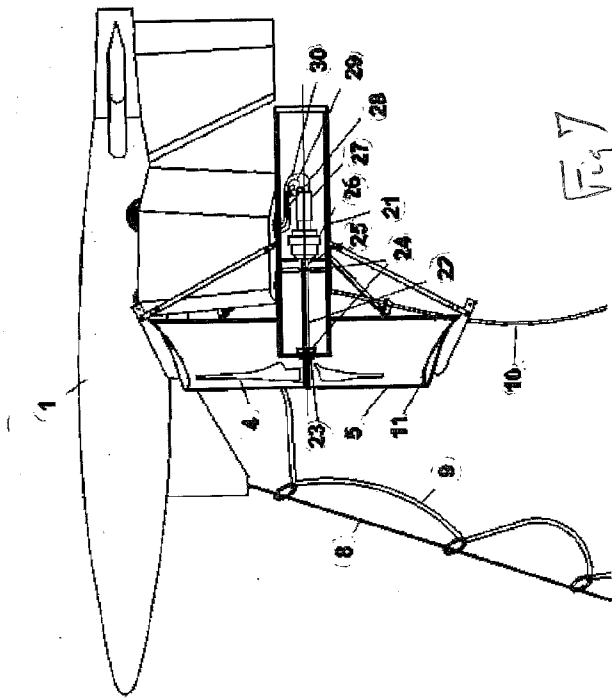


Fig 7

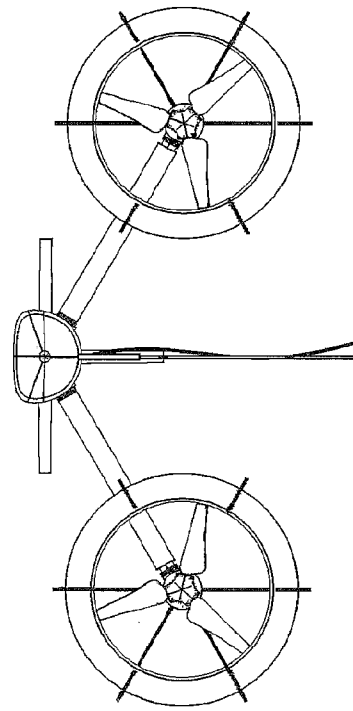


Fig 8

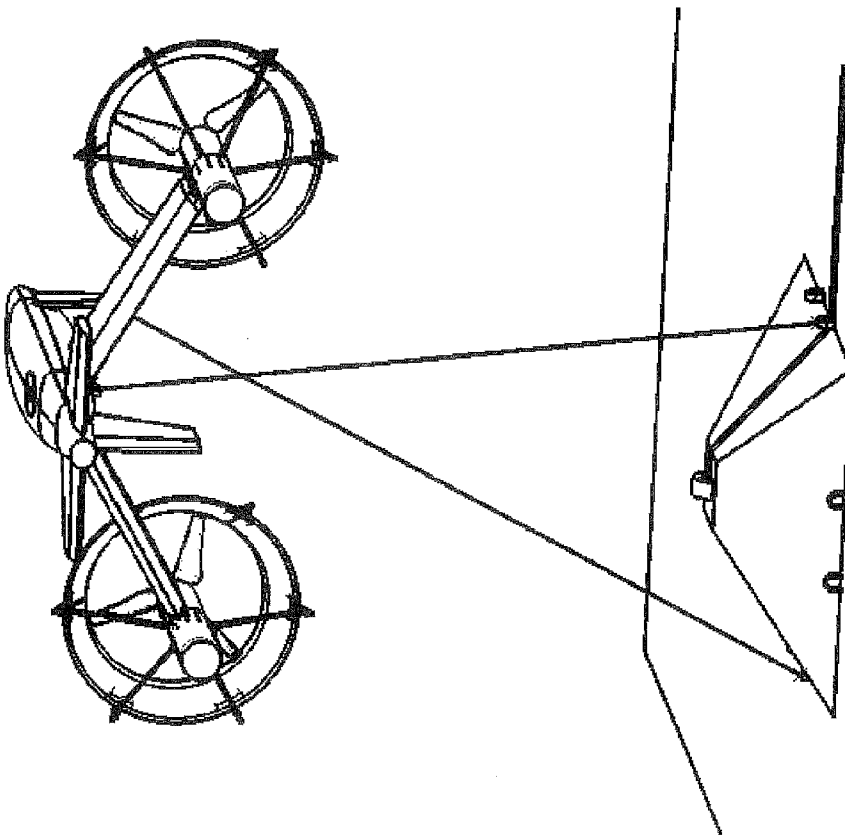


Fig 6

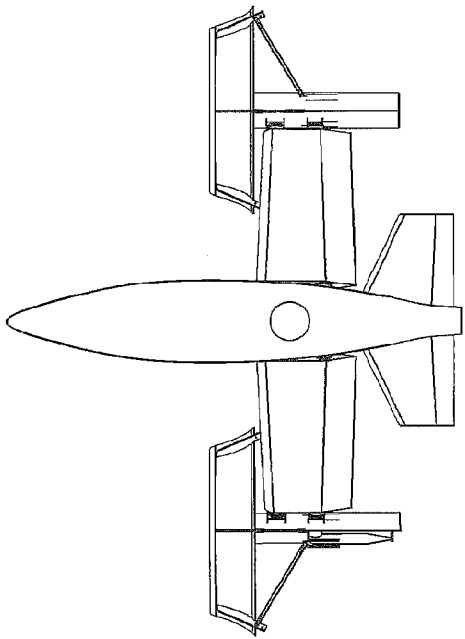


Fig 9

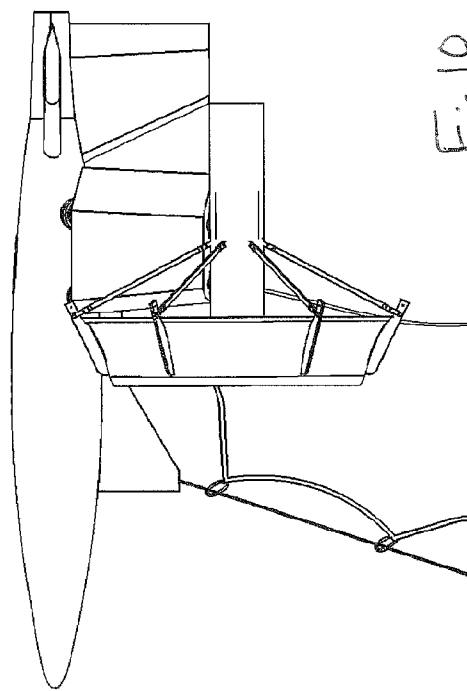


Fig 10

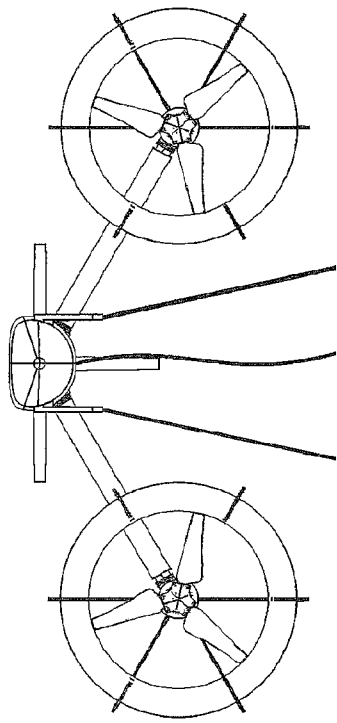


Fig 11

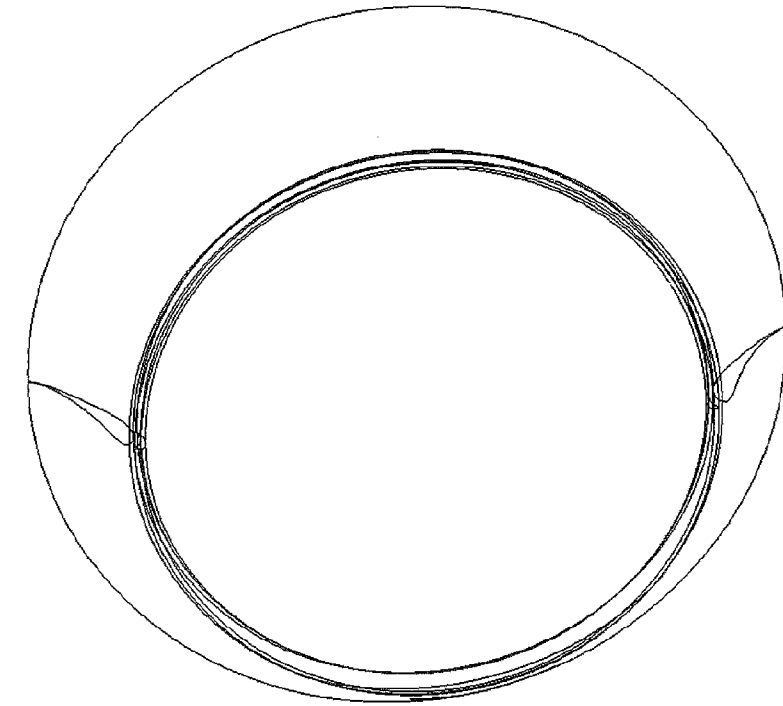


Fig 14

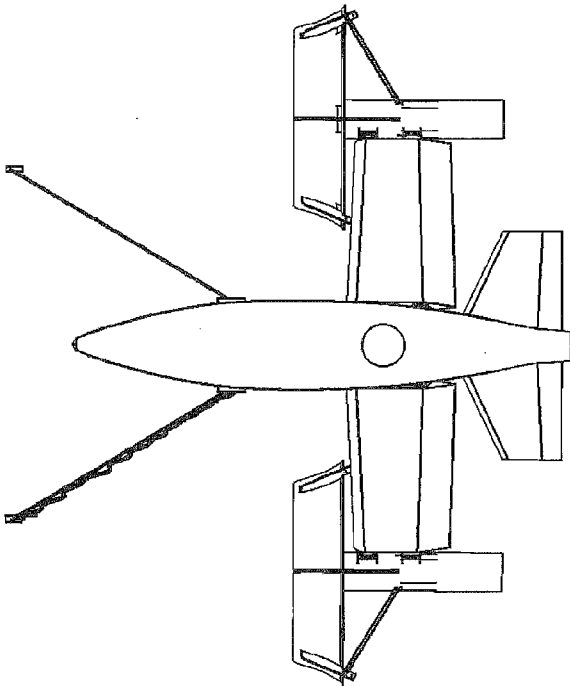


Fig 12

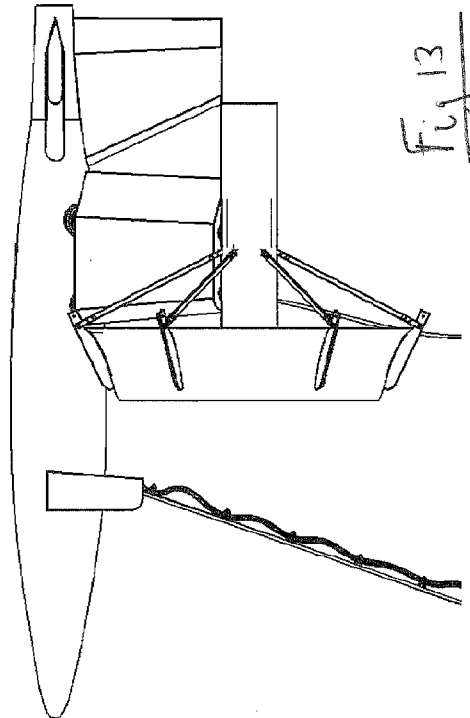


Fig 13

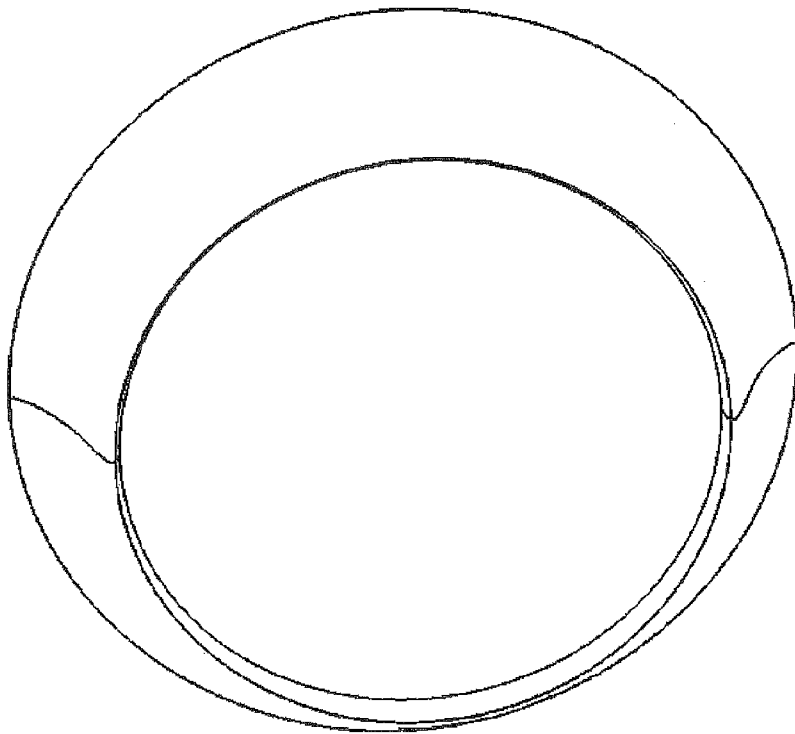


Fig 15

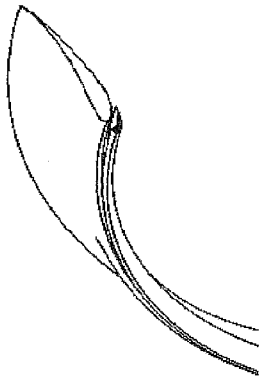


Fig 16

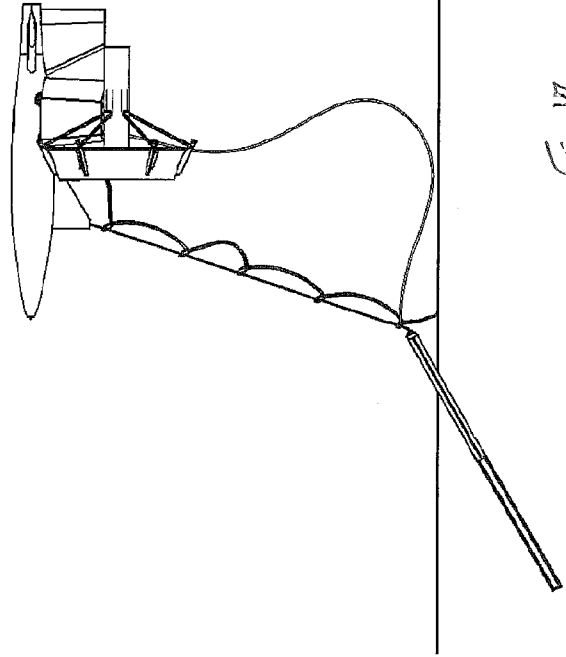


Fig 17

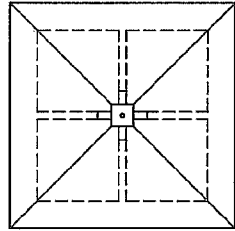


Fig 20A

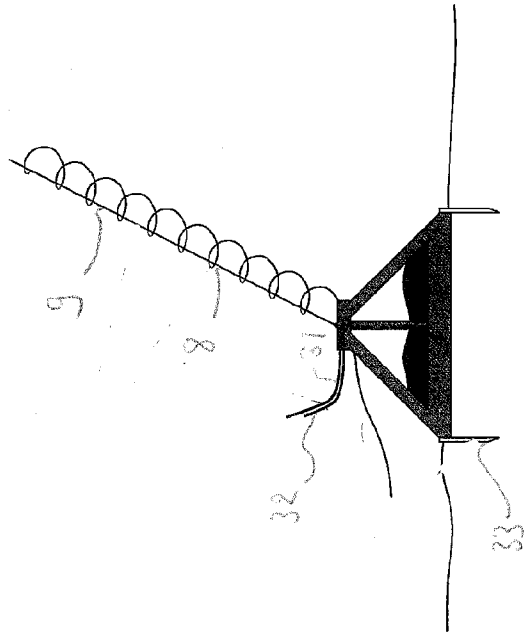


Fig 20B

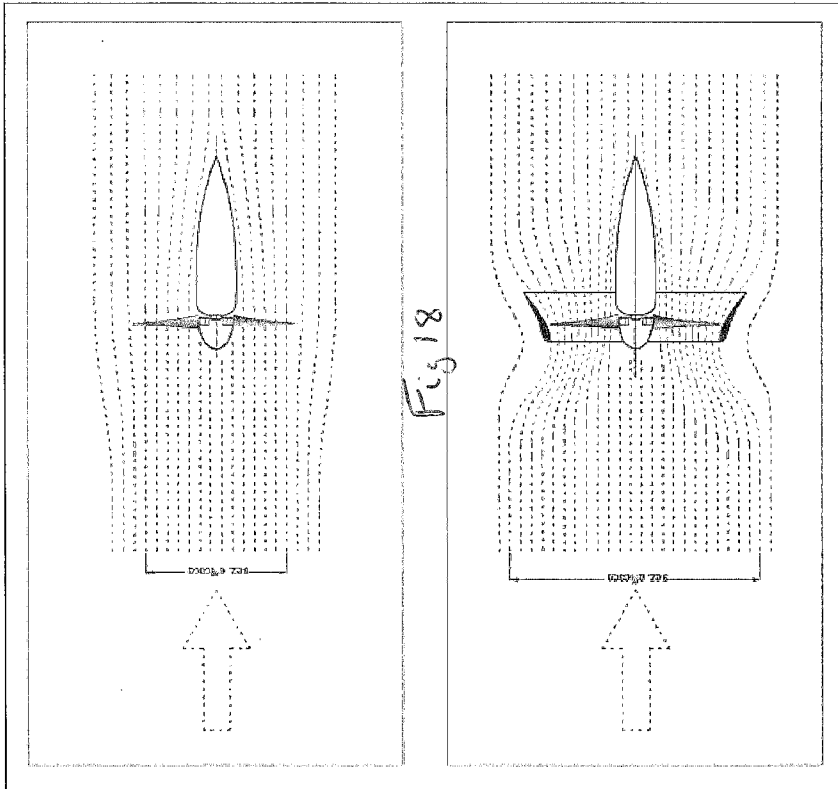


Fig 18

Fig 19

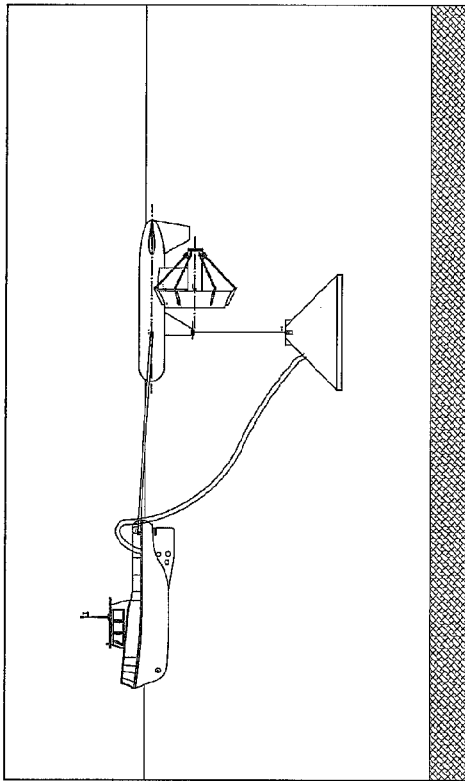


Fig 20

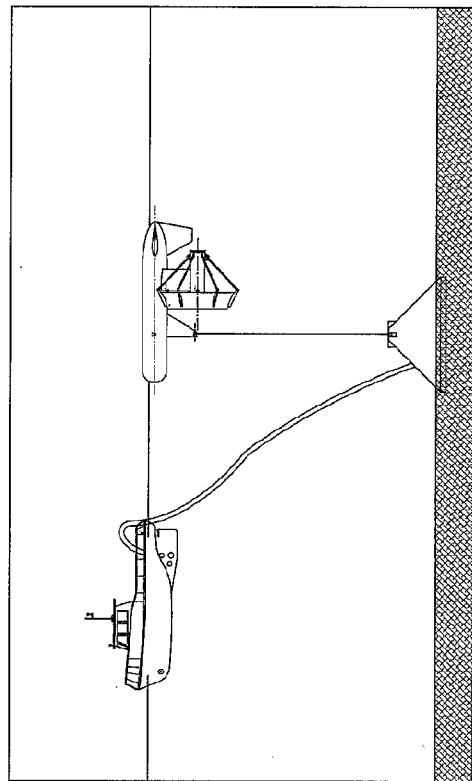


Fig 21

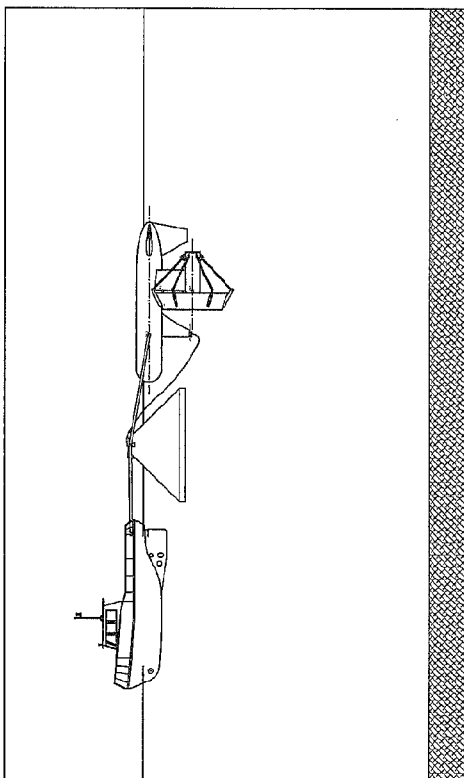


Fig 22

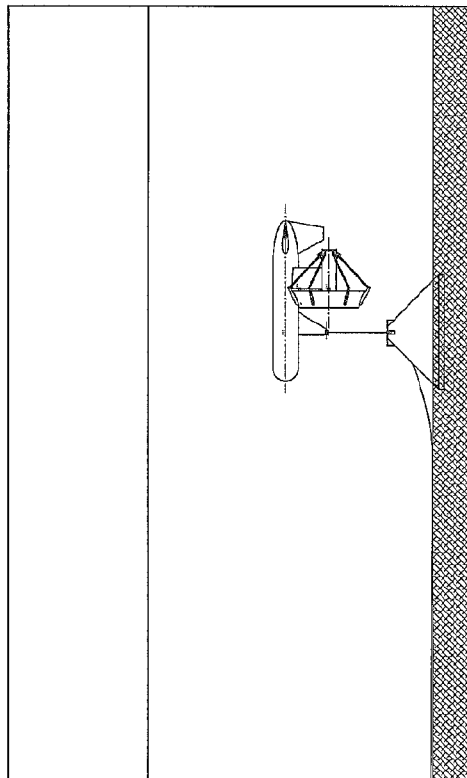


Fig. 24

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/FR2015/051346

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. F03B17/06
ADD.

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

B. FIELDS SEARCHED
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
F03B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 3 986 787 A (MOUTON JR WILLIAM J ET AL) 19 October 1976 (1976-10-19) column 6, line 46 - column 8, line 2 column 14, line 1 - line 12 figures 1-3,10	1-9
A	----- WO 81/00595 A1 (BBC BROWN BOVERI & CIE [DE]; KELM H [DE]) 5 March 1981 (1981-03-05) page 3, line 4 - line 10 page 6, line 5 - line 15 page 7, line 17 - line 24 figures 1-3,5 -----	1-9

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search 26 January 2016	Date of mailing of the international search report 05/02/2016
--	--

Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer Lux, Ralph
--	--------------------------------------

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/FR2015/051346

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 3986787	A	19-10-1976	NONE

WO 8100595	A1	05-03-1981	DE 2933907 A1 12-03-1981
			EP 0034605 A1 02-09-1981
			WO 8100595 A1 05-03-1981

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2015/051346

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. F03B17/06 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) F03B		
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche		
Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	US 3 986 787 A (MOUTON JR WILLIAM J ET AL) 19 octobre 1976 (1976-10-19) colonne 6, ligne 46 - colonne 8, ligne 2 colonne 14, ligne 1 - ligne 12 figures 1-3,10	1-9
A	----- WO 81/00595 A1 (BBC BROWN BOVERI & CIE [DE]; KELM H [DE]) 5 mars 1981 (1981-03-05) page 3, ligne 4 - ligne 10 page 6, ligne 5 - ligne 15 page 7, ligne 17 - ligne 24 figures 1-3,5 -----	1-9
<input type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents <input checked="" type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe		
* Catégories spéciales de documents cités:		
"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée) "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée	"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier "&" document qui fait partie de la même famille de brevets	
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée <p style="text-align: center;">26 janvier 2016</p>		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale <p style="text-align: center;">05/02/2016</p>
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 <p style="text-align: center;">Lux, Ralph</p>

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2015/051346

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 3986787	A	19-10-1976	AUCUN

WO 8100595	A1	05-03-1981	DE 2933907 A1 12-03-1981
			EP 0034605 A1 02-09-1981
			WO 8100595 A1 05-03-1981
