



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:  
**18.04.2012 Bulletin 2012/16**

(51) Int Cl.:  
**E02D 27/42 (2006.01)**

(21) Numéro de dépôt: **11306345.7**

(22) Date de dépôt: **18.10.2011**

(84) Etats contractants désignés:  
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR**  
Etats d'extension désignés:  
**BA ME**

(30) Priorité: **18.10.2010 FR 1058458**

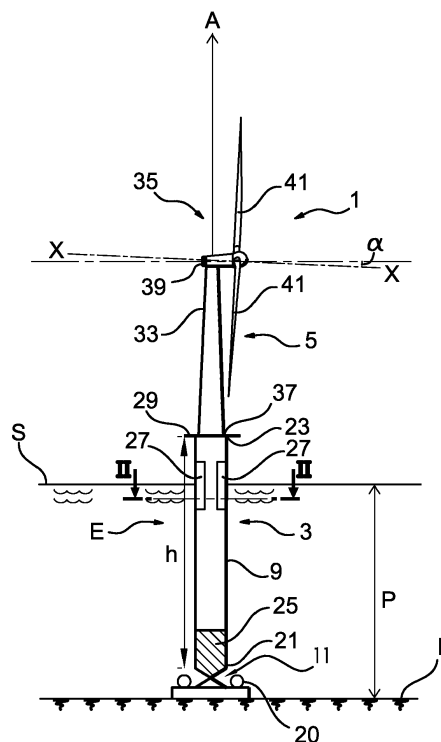
(71) Demandeurs:  
• **DORIS ENGINEERING**  
F-75013 Paris (FR)  
• **Peter Fraenkel & Partners Ltd.**  
Dorking, Surrey RH4 2JZ (GB)

(72) Inventeurs:  
• **Broughton, Peter**  
Surrey, GU15 1JX (GB)  
• **Davies, Richard**  
Hampshire, Basingstoke RG23 7EN (GB)  
• **Martin, Peter**  
Glasgow, Eaglesham G76 OBD (GB)  
• **Hamon, Michel**  
13600 La Ciotat (FR)  
• **Parsloe, Nicolas**  
77260 La Ferté sous Jouarre (FR)

(74) Mandataire: **Jacobson, Claude**  
Cabinet Lavoix  
2, Place d'Estienne d'Orves  
75441 Paris Cedex 09 (FR)

(54) **Dispositif de support d'une éolienne de production d'énergie électrique en mer, installation de production d'énergie électrique en mer correspondante.**

(57) Ce dispositif (3) de support d'une éolienne (5) de production d'énergie électrique en mer, du type comprenant une embase (7) reposant sur le fond marin (F) et une colonne (9) de support de ladite éolienne (5) reliée à ladite embase (7), est caractérisé en ce que ladite colonne (9) et ladite embase (7) sont liées par une liaison rotulante, autorisant des mouvements d'inclinaison (9) de ladite colonne (9) par rapport à ladite embase (7) dans toutes les directions par rapport à un axe vertical (A).



**FIG.1**

## Description

**[0001]** La présente invention est relative à un dispositif de support d'une éolienne de production d'énergie électrique en mer, du type comprenant une embase reposant sur le fond marin et une colonne de support de ladite éolienne reliée à ladite embase.

**[0002]** Différents types de supports ont été développés pour soutenir les éoliennes en mer, et notamment les plateformes gravitaires, dont la stabilité est due uniquement à leur propre poids sur le fond marin, les structures de type « monopile », qui sont des colonnes d'acier s'enfonçant de plusieurs mètres dans le fond marin, les structures de type « tripode », comprenant une colonne et au moins trois pieds de support de cette colonne sur le fond marin, et les supports de type « jacket », c'est-à-dire des tours en treillis métalliques.

**[0003]** Ces structures sont adaptées au support d'éoliennes en eaux peu profondes, c'est-à-dire pour des profondeurs d'eau inférieures à 40 m environ. Cependant, la taille de ces structures augmente sensiblement avec la profondeur d'eau, de même que leurs coûts de fabrication, de transport et d'installation. En effet, ces structures doivent être suffisamment massives et robustes pour résister aux forces générées par le courant, la houle et le vent.

**[0004]** Pour installer des éoliennes dans des eaux plus profondes, il est connu de disposer celles-ci sur des plateformes flottantes, comprenant une ou plusieurs colonnes immergées sur une centaine de mètres mais ne reposant pas le fond marin. Ces plateformes flottantes sont néanmoins coûteuses, et leur mise en place nécessite une profondeur d'eau supérieure à 200 m.

**[0005]** Le but de l'invention est donc de proposer un dispositif de support d'une éolienne en mer et une installation de production d'énergie électrique en mer ayant un coût réduit et une bonne résistance aux forces générées par le courant, la houle et le vent.

**[0006]** A cet effet, l'invention a pour objet un dispositif du type précité, caractérisé en ce que ladite colonne et ladite embase sont liées par une liaison rotulante, autorisant des mouvements d'inclinaison de ladite colonne par rapport à ladite embase dans toutes les directions par rapport à un axe vertical.

**[0007]** Par « liaison rotulante », on entend toute liaison permettant à la colonne de s'incliner dans toutes les directions par rapport à la verticale.

**[0008]** Suivant des modes particuliers de réalisation, le dispositif comporte l'une ou plusieurs des caractéristiques suivantes, prise(s) isolément ou suivant toutes les combinaisons techniquement possibles :

- ladite liaison rotulante comprend un joint universel, notamment un joint de cardan ;
- le dispositif comprend en outre des lignes de mouillage munies d'un lest, reliant ladite colonne au fond marin ;
- ladite colonne comprend, dans sa partie supérieure,

au moins un compartiment interne étanche ;

- ladite colonne comprend, dans sa partie supérieure, au moins deux compartiments internes étanches indépendants ;
- au moins un compartiment interne est partiellement émergé lorsque l'axe de la colonne est sensiblement aligné avec l'axe vertical ;
- ladite colonne présente en sa partie supérieure, à proximité de la surface de l'eau, une section transversale plus large qu'en sa partie inférieure ;
- le dispositif comprend au moins un caisson de flottaison attaché à ladite colonne ;
- l'embase est équipée d'au moins un caisson de flottaison pouvant être lesté ;
- ladite colonne comprend une structure en treillis métallique ;
- ladite colonne comprend en son sommet un évidement apte à recevoir une extrémité inférieure de ladite éolienne, et autorisant un mouvement de coulisement de ladite éolienne par rapport à ladite colonne.

**[0009]** L'invention a également pour objet une installation de production d'énergie électrique en mer, caractérisée en ce qu'elle comprend une éolienne et un dispositif de support de cette éolienne suivant l'invention.

**[0010]** L'invention a encore pour objet un procédé de construction et de mise en place d'une installation de production d'énergie électrique en mer comprend les étapes suivantes :

- construction d'une éolienne et d'un dispositif de support de ladite éolienne, comprenant une embase destinée à reposer sur le fond marin et une colonne de support de ladite éolienne reliée à l'embase, ladite colonne et ladite embase étant liés par une liaison rotulante, autorisant des mouvements d'inclinaison de ladite colonne par rapport à ladite embase dans toutes les directions par rapport à un axe vertical,
- transport dudit dispositif de support et de ladite éolienne jusqu'à un site d'exploitation,
- descente dudit dispositif de support jusqu'au fond marin par ballastage dudit dispositif de support.

**[0011]** Dans un mode de mise en oeuvre de ce procédé :

- il est prévu en outre une étape de fixation de ladite éolienne audit dispositif de support, réalisée après l'étape de descente du dispositif de support jusqu'au fond marin ;
- l'étape de fixation de ladite éolienne audit dispositif de support est mise en oeuvre au moyen d'une grue flottante amarrée audit dispositif de support.

**[0012]** L'invention sera mieux comprise à la lecture qui va suivre, donnée uniquement à titre d'exemple, et faite en se référant aux dessins annexés, sur lesquels :

- la figure 1 représente schématiquement, vue de côté, une installation de production d'énergie électrique en mer selon un mode de réalisation de l'invention ;
- la figure 2 est une vue schématique prise en coupe suivant la ligne II-II de la figure 1 ;
- la figure 3 est un schéma détaillé d'une partie de l'installation de la figure 1 ;
- les figures 4 à 7 illustrent schématiquement des étapes de la construction et de la mise en place de l'installation de la figure 1 ;
- la figure 8 représente, vue de côté, une installation de production d'énergie électrique en mer selon un autre mode de réalisation de l'invention ;
- la figure 9 représente schématiquement une autre variante ;
- la figure 10 représente, vue de côté, une installation de production d'énergie électrique en mer selon un autre mode de réalisation de l'invention ; et
- la figure 11 est une vue schématique prise en coupe suivant la ligne XI-XI de la figure 10.

**[0013]** On a représenté sur la figure 1 une installation 1 de production d'énergie électrique en mer ou « off-shore », installée sur un fond marin F horizontal à une profondeur P de la surface S de l'eau E.

**[0014]** L'installation 1 comprend un dispositif 3 de support d'une éolienne, reposant sur le fond marin F, et une éolienne 5, fixée à une extrémité supérieure du dispositif 3 de support.

**[0015]** Le dispositif 3 de support comprend une embase 7, reposant sur le fond marin F, une colonne 9 de support, et un joint rotulant 11 reliant l'embase 7 et la colonne 9.

**[0016]** L'embase 7 repose sur le fond marin F. Elle est fixée au joint rotulant 11. L'embase 7 peut être lestée.

**[0017]** L'embase 7 comprend également des caissons de flottaison 20, positionnés et dimensionnés de manière à assurer la flottaison et la stabilité de la structure 3 de support pendant son remorquage sur le site final d'exploitation de l'installation de production d'électricité suivant l'invention. Les caissons de flottaison 20 assurent également la stabilité du dispositif 3 lors de sa descente vers le fond marin F.

**[0018]** L'embase 7 est par exemple réalisée en béton armé précontraint ou en métal, ou comme une structure composite acier-béton comprenant deux enveloppes concentriques en acier entre lesquelles est coulé du béton.

**[0019]** La colonne 9 est de forme sensiblement cylindrique, et est fermée à ses deux extrémités inférieure 21 et supérieure 23.

**[0020]** La colonne 9 comprend, à son extrémité inférieure 21, un lest 25 solide, par exemple en béton, ou liquide. La colonne 9 comprend dans sa partie supérieure plusieurs compartiments internes étanches et indépendants 27, comme représenté sur la figure 2. Ces compartiments 27 ne sont pas entièrement immergés, de telle

sorte qu'en cas de choc entre un navire et l'installation 1 entraînant une brèche et un envahissement de ces compartiments, la colonne ne se remplit pas entièrement d'eau.

**[0021]** La colonne 9 comprend par ailleurs à son extrémité supérieure ou sommet 23 une plateforme d'accès 29 annulaire, permettant à du personnel d'accéder à l'éolienne 5.

**[0022]** La hauteur  $h$  de la colonne 9 est telle que son sommet 23 soit positionné au-dessus de la surface S de l'eau, de telle sorte que la plateforme d'accès 29 reste hors d'atteinte des plus hautes vagues, quelle que soit l'inclinaison de la colonne 9 par rapport à un axe vertical A en situation de tempête maximale.

**[0023]** La colonne 9 est par exemple réalisée en béton armé précontraint ou en métal, ou comme une structure composite acier-béton comprenant deux enveloppes concentriques en acier entre lesquelles est coulé du béton. En variante, une partie de la colonne peut être une structure en treillis métallique.

**[0024]** L'extrémité inférieure 21 de la colonne 9 est reliée à l'embase 7 par l'intermédiaire du joint rotulant 11, et la base de l'éolienne 5 est fixée au sommet 23 de la colonne 9.

**[0025]** Le joint rotulant 11 relie la colonne 9 à l'embase 7, tout en permettant des mouvements d'inclinaison de la colonne 9 par rapport à l'embase 7, donc par rapport au fond marin F, dans toutes les directions par rapport à l'axe vertical A.

**[0026]** Comme représenté sur la figure 3, le joint rotulant 11 est par exemple un joint du type joint de cardan, comprenant une première chape 30 fixée sur la surface supérieure de l'embase 7, une deuxième chape 31 fixée à l'extrémité inférieure de la colonne 9, ces deux chapes étant reliés l'un à l'autre par un croisillon 32 de manière à ce que leurs plans respectifs soient perpendiculaires lorsque l'axe de la colonne 9 est vertical.

**[0027]** L'éolienne 5, qui se trouve entièrement au-dessus de la surface S de l'eau E, comprend un mât 33 et un dispositif 35 de production d'énergie électrique à partir d'énergie éolienne.

**[0028]** Le mât 33 est de forme sensiblement tronconique convergente vers le haut. Son extrémité inférieure 37 est fixée au sommet 23 de la colonne 9, et son axe vertical est aligné avec l'axe vertical de la colonne 9.

**[0029]** Le dispositif 35 de production d'énergie électrique comprend un générateur électrique 39 dont le rotor est entraîné en rotation par des pales 41 mises en mouvement par le vent, de manière connue.

**[0030]** Les pales 41 sont dimensionnées en fonction de la puissance électrique requise. Le mât 33 est dimensionné en longueur de manière à ce que les pales 41 puissent tourner au-dessus de la plateforme d'accès 29, à une distance minimale de l'ordre de plusieurs mètres au-dessus de cette plateforme 29.

**[0031]** Par temps calme, c'est-à-dire en l'absence de vent, de courant marin et de houle, l'installation 1 est soumise à des très faibles forces extérieures. Dans ces

conditions, l'axe vertical de la colonne 9 est sensiblement aligné avec l'axe vertical A, c'est-à-dire perpendiculaire au fond marin F.

**[0032]** En présence de vent, de courant marin et/ou de houle, l'installation 1 est soumise à des forces tendant à incliner la colonne 9 par rapport à l'axe vertical A. La liaison rotulante entre l'embase 7 et la colonne 9 permet alors à celle-ci de s'incliner par rapport à l'axe vertical A, dans la direction de la résultante des forces exercées sur l'installation 1, l'embase restant fixe par rapport au fond marin F.

**[0033]** La colonne 9 est alors soumise à des forces de rappel, qui tendent à s'opposer à son inclinaison, et qui sont dues à la flottabilité de la colonne 9 et à un rappel hydrostatique. La flottabilité de la colonne 9 est accrue par l'air contenu dans ses compartiments 27 et dans le reste de la colonne, et la poussée d'Archimède exercée sur la colonne 9 est d'autant plus élevée que cette colonne est plus inclinée, donc immergée. Par ailleurs, la force de rappel hydrostatique exercée sur la colonne 9, fonction du déplacement de cette colonne, de sa masse, de son inertie au passage de la surface S et de la position relative du centre de flottabilité de cette colonne et de son centre de masse, est également d'autant plus élevée que la colonne 9 est plus inclinée.

**[0034]** Sous l'effet des forces exercées par le vent, le courant et la houle et des forces de rappel, la colonne 9 a des mouvements d'oscillation autour d'une position d'équilibre.

**[0035]** En cas d'arrêt du vent, du courant marin et de la houle, l'axe de la colonne 9 s'aligne de nouveau avec l'axe vertical A, sous l'effet des forces de rappel.

**[0036]** On décrira maintenant, au regard des figures 4 à 7, les étapes successives d'un procédé de construction et de mise en place de l'installation 1.

**[0037]** Dans une première étape de construction, le dispositif 3 de support et l'éolienne 5 sont construits de manière indépendante. L'embase 7 et la colonne 9 sont ainsi construits et assemblés par l'intermédiaire du joint rotulant 11, par exemple à quai ou en cale sèche. Un lest 25 solide ou liquide peut être introduit dans la colonne 9 lors de cette construction.

**[0038]** Une fois assemblé, le dispositif 3 de support est mis en flottaison, sa flottaison étant assurée par les volumes d'air contenus dans les compartiments 27 et dans le reste de la colonne 9, ainsi que par les caissons 20 de flottaison de l'embase 7.

**[0039]** Puis, dans une étape de chargement illustrée sur la figure 4, le dispositif 3 de support est chargé 77 à l'horizontale sur un navire 78 de transport submersible, puis transporté jusqu'au site final d'exploitation de l'installation.

**[0040]** Dans une étape de mise à flot, illustrée sur la figure 5, le tirant d'eau  $t$  du navire 78 de transport est augmenté, par lestage avec de l'eau, de manière à immerger au moins partiellement le dispositif 3 de support, et le dispositif 3 est progressivement redressé en position verticale, par ballastage.

**[0041]** Le ballastage se poursuit ensuite jusqu'à ce que l'embase 7 soit posée sur le fond marin F. La position du dispositif 3 de support à l'issue de cette étape est représentée sur la figure 6.

5 **[0042]** Puis, lors d'une étape illustrée sur la figure 7, l'éolienne 5 est fixée au dispositif 3 de support. Les plateformes autoélevatrices, généralement utilisées pour les constructions en mer, ne sont pas adaptées à des profondeurs supérieures à 50 m. Dans un tel cas, comme  
10 représenté, l'étape de fixation est donc réalisée au moyen d'un navire 88 muni d'une grue 90, également appelé grue flottante.

15 **[0043]** En présence de courant ou de houle, la position de la grue flottante 88 n'est pas fixe par rapport au dispositif 3 de support, ce qui rend la fixation de l'éolienne 5 difficile.

**[0044]** Pour résoudre ce problème, la grue flottante 88 est amarrée à la colonne 9, cet amarrage étant rendu possible par le fait que la colonne 9 est apte à s'incliner  
20 dans toutes les directions par rapport à l'axe vertical A, donc à suivre les mouvements de la grue flottante 88 induits par le courant ou la houle. Cet amarrage permet ainsi de minimiser les mouvements relatifs entre la colonne 9 et la grue flottante 88.

25 **[0045]** L'éolienne 5 est alors mise en place par la grue 90 au sommet 23 de la colonne 9, puis fixée au sommet 23 de cette colonne 9. La grue flottante 88 est alors détachée de la colonne 9, comme représenté sur la figure 7.

30 **[0046]** La structure de l'installation 1 de production d'énergie électrique en mer, et en particulier du dispositif 3 de support, assure une grande résistance de cette structure face aux conditions extérieures, tout en facilitant sa construction et sa mise en place.

35 **[0047]** La liaison rotulante entre la colonne 9 et l'embase 7 du dispositif 3 de support permet en effet non seulement d'améliorer la robustesse de l'installation faces à la houle, au courant et au vent, mais également de faciliter la mise en place de cette installation.

40 **[0048]** En effet, cette liaison rotulante permet à la colonne 9 de s'incliner par rapport à l'axe vertical A, de telle sorte que les efforts et moments induits sur la colonne 9 et l'éolienne 5 par le vent, la houle et le courant sont diminués de manière significative par rapport au cas d'un support fixe. Cette inclinaison reste cependant contrôlée,  
45 en raison des forces de rappel exercées sur la colonne 9 lorsqu'elle est inclinée.

**[0049]** De plus, puisque la colonne 9 est libre de s'incliner, il est possible d'amarrer cette colonne 9 à une grue flottante.

50 **[0050]** En outre, l'indépendance des compartiments 27 de la colonne 9 permet de se prémunir d'un envahissement complet de la colonne 9 en cas de rupture de la paroi de cette colonne, par exemple suite à un choc avec un navire.

55 **[0051]** On a représenté sur la figure 8 une installation de production d'énergie électrique en mer selon un autre mode de réalisation de l'installation. Sur cette figure, les éléments identiques aux éléments représentés sur la fi-

gure 1 portent les mêmes numéros.

**[0052]** L'installation de la figure 8 diffère de l'installation 1 décrite en référence à la figure 1 en ce qu'elle comprend des lignes 92 de mouillage, reliant la colonne 9 au fond marin. Chacune de ces lignes 92 de mouillage est ancrée à l'une de ses extrémités au fond marin F, et fixée à sa seconde extrémité dite libre à la colonne 9, au voisinage de la surface S de l'eau.

**[0053]** L'ancrage de chaque ligne 92 de mouillage au fond marin est réalisé comme suit. La ligne 92 est fixée à son extrémité inférieure à un bloc 100 de lest, posé sur le fond marin. Par ailleurs, chaque bloc 100 de lest est fixé à une première extrémité d'une chaîne 98 d'ancrage, dont la deuxième extrémité est fixée à un pieu 96 enfoncé dans le fond marin, de telle sorte que la ligne 92 de mouillage et la chaîne 98 d'ancrage se situent sensiblement dans un même plan vertical.

**[0054]** Les lignes 92 de mouillage sont par exemple au nombre de trois, et disposées selon un angle de 120 ° l'une de l'autre.

**[0055]** Elles permettent d'augmenter les forces de rappel exercées sur la colonne 9 lorsqu'elle s'écarte de sa position verticale, donc de réduire l'amplitude des mouvements d'oscillation de la colonne 9, tout en gardant suffisamment de souplesse grâce à la possibilité de soulèvement des blocs 100, pour autoriser des oscillations de cette colonne nécessaires à la réduction des efforts et des moments générés par le vent, la houle et le courant.

**[0056]** Pour augmenter la sécurité et faciliter les opérations de maintenance, les lignes 92 peuvent par ailleurs être doublées, chaque bloc 100 étant alors fixé à deux lignes 92.

**[0057]** Les lignes 92 sont par exemple réalisées en acier.

**[0058]** Le procédé de construction et de mise en place de l'installation représentée sur la figure 8 comprend les mêmes étapes que le procédé décrit en référence aux figures 4 à 7, mais comporte en outre une étape d'ancrage de la colonne 9 au fond marin F. Lors de cette étape, chaque ligne 92 de mouillage est fixée à l'une de ses extrémités à un bloc 100 de béton. Chaque bloc de béton est alors mis à l'eau, puis ancré au fond marin F par l'intermédiaire d'un pieu 96 et d'une chaîne 98 d'ancrage.

**[0059]** La tension de chaque ligne 92 de mouillage est alors ajustée, puis chaque ligne 92 est fixée à la colonne 9 par des moyens de blocage.

**[0060]** D'autres modes de réalisation de l'installation de production d'énergie électrique en mer selon l'invention sont envisageables.

**[0061]** Notamment, la colonne 9 ne présente pas nécessairement une forme cylindrique, mais peut présenter une forme conique ou polygonale. En outre (figure 9), la colonne peut être réalisée à partir de plusieurs segments 102, 104, 106 de longueurs et de sections différentes, fixés les uns au-dessus des autres. Une telle structure permet d'améliorer le comportement hydrodynamique de

la colonne 9 et de minimiser ses oscillations. Par exemple, un élargissement de la section de la colonne à proximité de la surface de l'eau permet d'augmenter la force de rappel hydrostatique exercée sur cette colonne.

**[0062]** Selon un autre mode de réalisation, illustré sur les figures 10 et 11, l'installation comporte des caissons 108 de flottaison, attachés à la colonne 9 et entourant celle-ci à proximité de la surface S de l'eau E, à une hauteur ajustable. Ces caissons 108 permettent d'optimiser le comportement hydrodynamique de l'installation 1 indépendamment du diamètre de la colonne 9, donc de minimiser ce diamètre, tout en simplifiant la construction du dispositif 3 de support. La flottabilité de l'installation 1 est par exemple ajustée en modifiant la position des caissons 108 par rapport à la surface de l'eau ou encore en modifiant leur taille. Ces caissons 108 peuvent également remplacer les compartiments 27 de la colonne 9.

**[0063]** De plus, la liaison rotulante entre la colonne et l'embase ne comprend pas nécessairement un joint universel, mais peut être réalisée par tout moyen offrant une liaison rotulante entre la colonne et l'embase, c'est-à-dire autorisant des mouvements d'inclinaison de la colonne par rapport à l'embase, dans toutes les directions par rapport à son axe vertical.

**[0064]** Selon une variante, l'embase est fixée au fond marin F, par exemple au moyen d'une ancre à succion ou de pieux battus.

**[0065]** En outre, l'axe vertical du mât 33 peut être excentré de l'axe vertical de la colonne.

**[0066]** D'autres modes de réalisation du procédé de construction et de mise en place selon l'invention sont également envisageables.

**[0067]** Notamment, selon une variante, le dispositif de support est transporté jusqu'au site d'utilisation par remorquage. Dans cette variante, le dispositif de support est ainsi redressé en position verticale ou oblique avant son transport jusqu'au site d'exploitation, puis transporté par un remorqueur, dans cette position.

**[0068]** Par ailleurs, selon un autre mode de réalisation, l'éolienne est fixée au dispositif de support avant leur transport jusqu'au site d'exploitation, ce qui évite l'utilisation de grues flottantes sur le site d'exploitation. Dans ce mode de réalisation, la colonne peut avantageusement présenter en son sommet un évidement central sensiblement cylindrique, apte à recevoir l'extrémité inférieure du mât de l'éolienne. Le mât de l'éolienne est alors inséré dans la colonne dans un site protégé, puis relevé par des vérins après la mise en place de l'ensemble sur le site d'exploitation, ce qui permet d'accroître la stabilité de l'ensemble lors du transport jusqu'au site d'exploitation.

**[0069]** On comprendra que l'invention peut être utilisée avec tout type d'éolienne. En particulier, on peut avantageusement prévoir une éolienne qui abaisse le centre de poussée du vent, telle qu'une éolienne à axe vertical et/ou une éolienne qui abaisse le centre de gravité de l'installation, telle qu'une éolienne dont le géné-

rateur est disposé sur la plateforme 29 ou au voisinage de celle-ci.

**[0070]** En outre, l'axe X-X de rotation des pales 41 peut avantageusement être préréglé selon un angle incliné par rapport l'horizontale, lorsque la colonne 9 est verticale. Ce préréglage permet de limiter l'écart de l'axe de rotation des pales 41 par rapport à son angle de fonctionnement optimal lorsque la colonne 9 s'incline par rapport à la verticale.

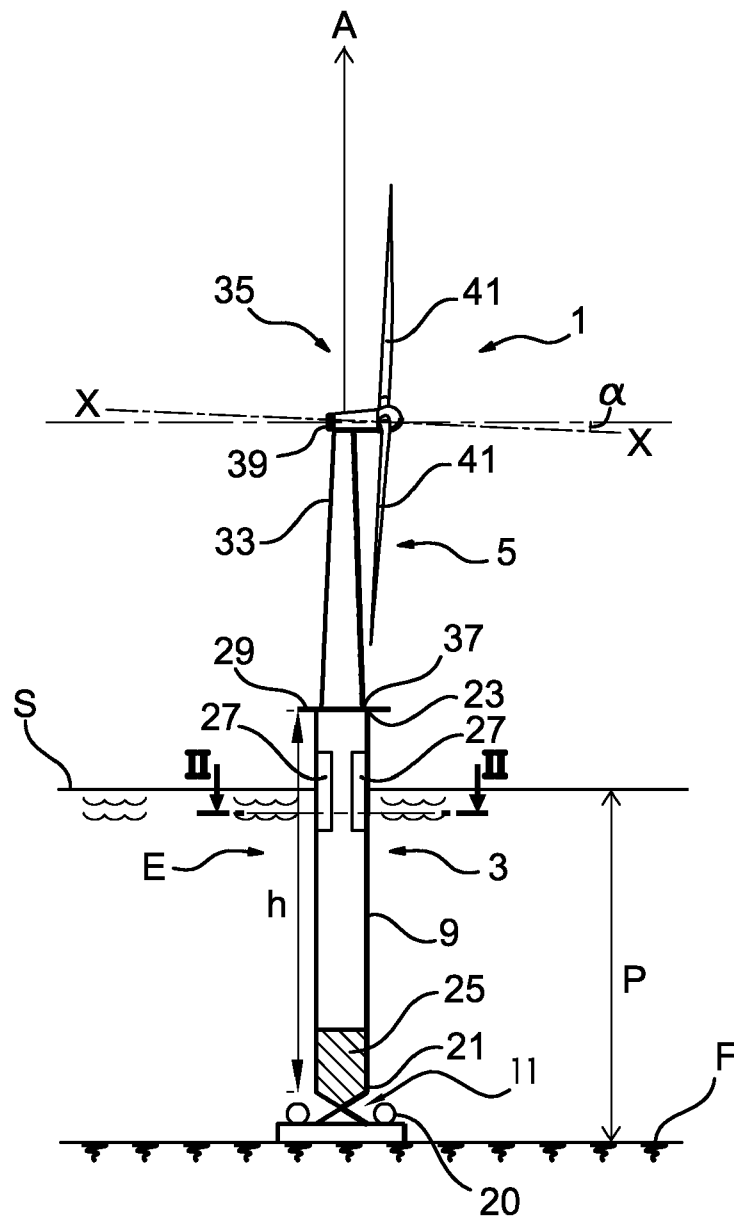
**[0071]** L'angle formé par l'axe de rotation des pales 41 et la colonne 9 peut également être ajustable, en fonction de l'inclinaison de la colonne 9, de telle sorte que l'axe de rotation des pales 41 ait une direction sensiblement horizontale, quelle que soit l'inclinaison de la colonne 9.

## Revendications

1. Dispositif (3) de support d'une éolienne (5) de production d'énergie électrique en mer, du type comprenant une embase (7) reposant sur le fond marin (F) et une colonne (9) de support de ladite éolienne (5) reliée à ladite embase (7), **caractérisé en ce que** ladite colonne (9) et ladite embase (7) sont liées par une liaison rotulante, autorisant des mouvements d'inclinaison (9) de ladite colonne (9) par rapport à ladite embase (7) dans toutes les directions par rapport à un axe vertical (A).
2. Dispositif (3) selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** ladite liaison rotulante comprend un joint universel (11), notamment un joint de cardan.
3. Dispositif (3) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'il** comprend en outre des lignes (92) de mouillage munies d'un lest (100), reliant ladite colonne (9) au fond marin (F).
4. Dispositif (3) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** ladite colonne (9) comprend, dans sa partie supérieure, au moins un compartiment interne étanche (27).
5. Dispositif (3) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** ladite colonne (9) comprend, dans sa partie supérieure, au moins deux compartiments internes étanches indépendants (27).
6. Dispositif (3) selon l'une des revendications 4 ou 5, **caractérisé en ce qu'au** moins un compartiment interne (27) est partiellement émergé lorsque l'axe de la colonne (9) est sensiblement aligné avec l'axe vertical (A).
7. Dispositif (3) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** ladite colonne (9) présente en sa partie supérieure, à proximité de la

surface (S) de l'eau (E), une section transversale plus large qu'en sa partie inférieure.

8. Dispositif (3) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'il** comprend au moins un caisson (108) de flottaison attaché à ladite colonne (9).
9. Dispositif (3) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'embase (7) est équipée d'au moins un caisson (20) de flottaison pouvant être lesté.
10. Dispositif (3) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** ladite colonne (9) comprend une structure en treillis métallique.
11. Dispositif (3) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** ladite colonne (9) comprend en son sommet un évidement apte à recevoir une extrémité inférieure de ladite éolienne (5), et autorisant un mouvement de coulissement de ladite éolienne (5) par rapport à ladite colonne (9).
12. Installation (1) de production d'énergie électrique en mer, **caractérisée en ce qu'elle** comprend une éolienne (5) et un dispositif (3) de support de cette éolienne (5) suivant l'une quelconque des revendications 1 à 11.



**FIG.1**

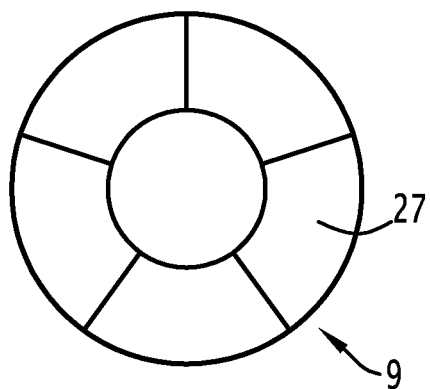


FIG. 2

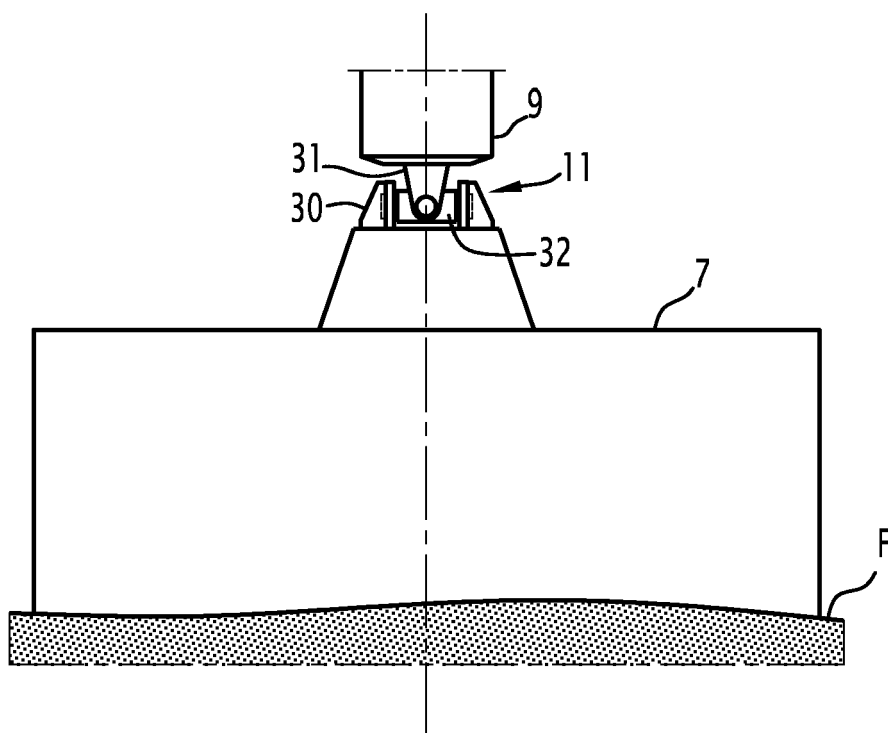


FIG. 3



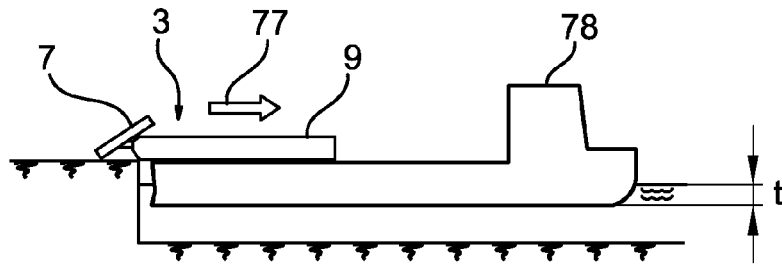


FIG. 4

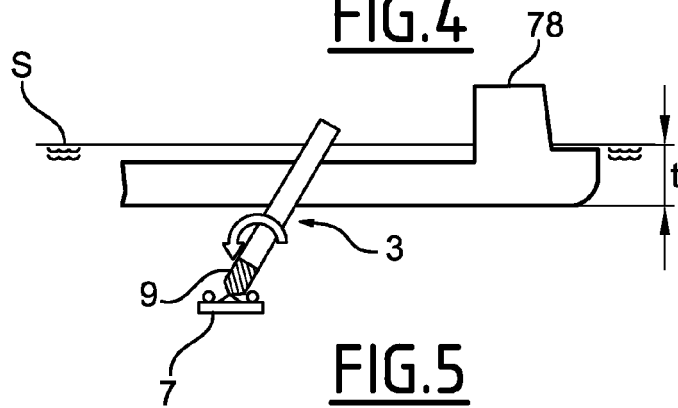


FIG. 5

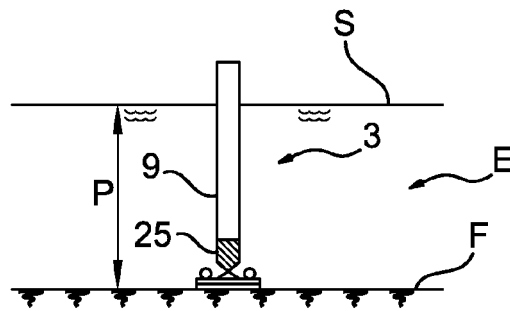


FIG. 6

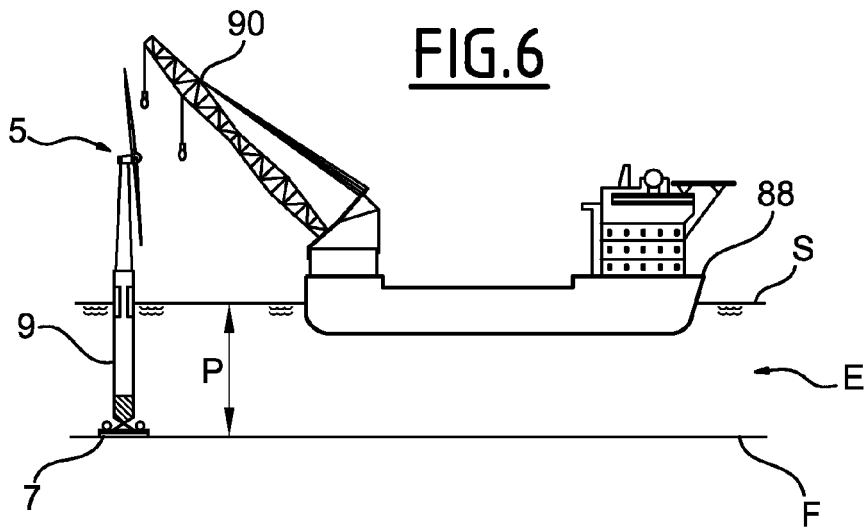
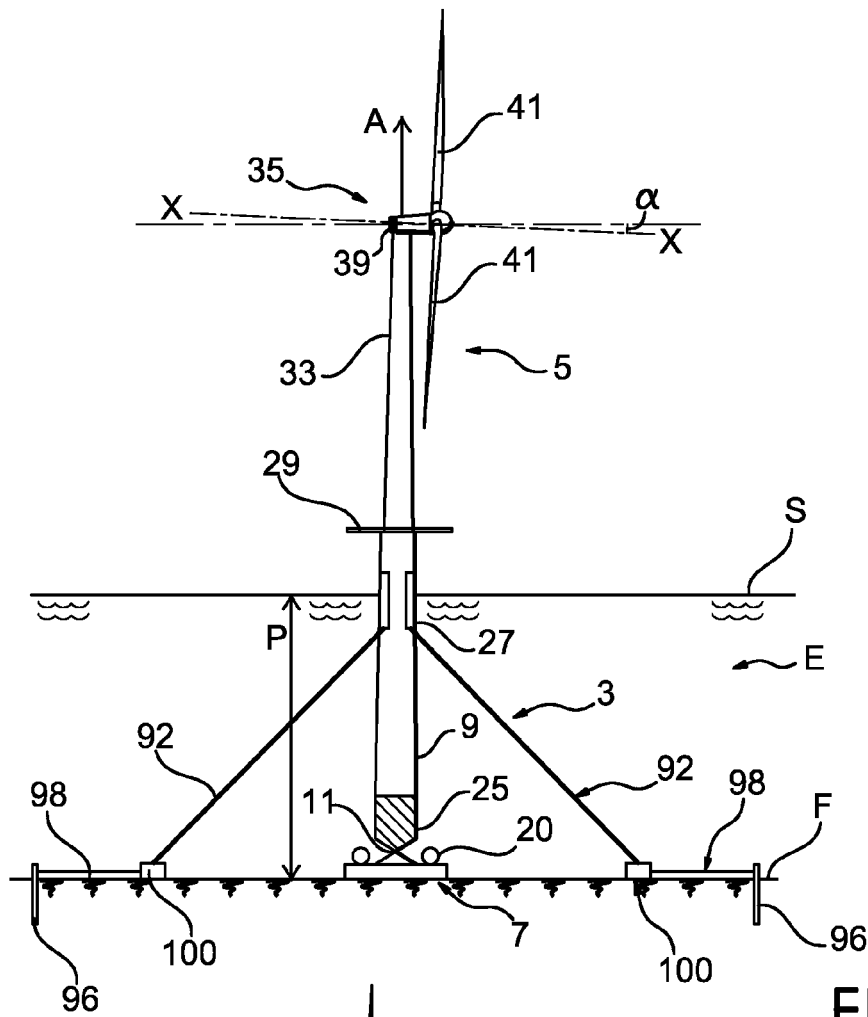
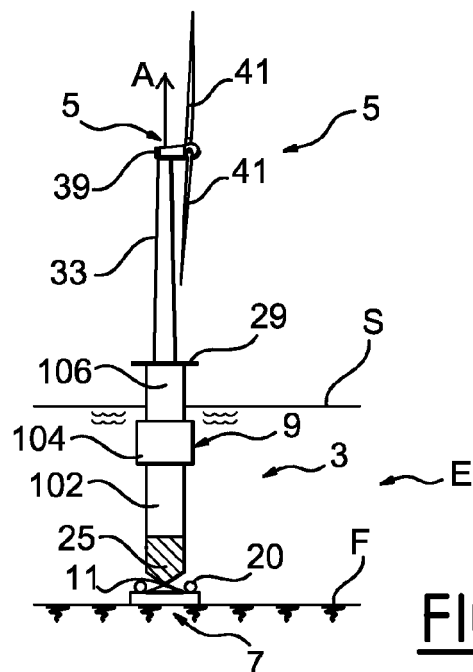


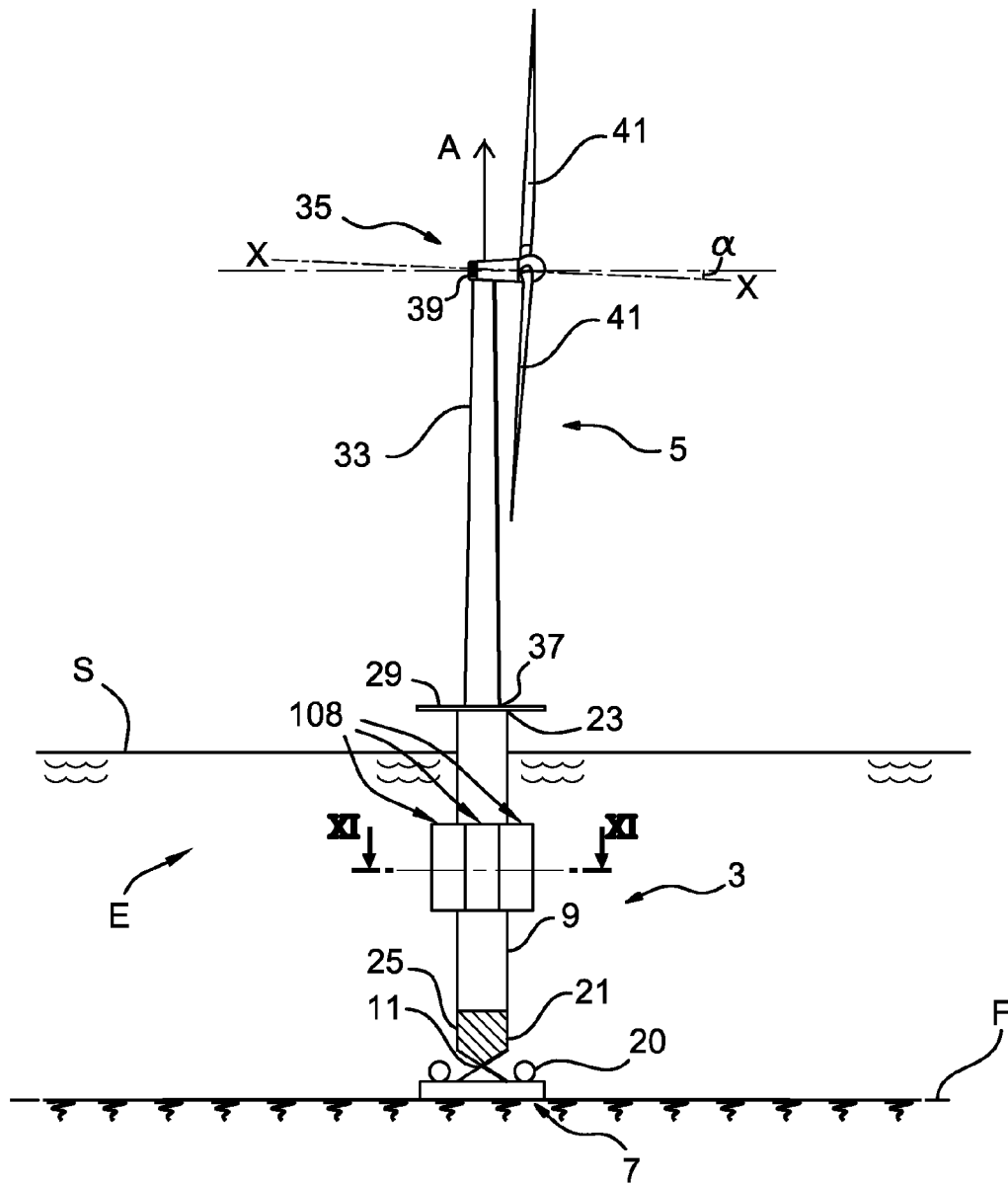
FIG. 7



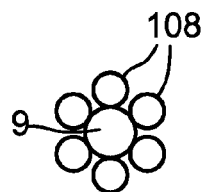
**FIG.8**



**FIG.9**



**FIG.10**



**FIG.11**



## RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 11 30 6345

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
X	WO 03/098038 A1 (INOCEAN CONSTRUCTION AS [NO]; BORGEN EYSTEIN [NO]) 27 novembre 2003 (2003-11-27) * page 4, ligne 16 - page 9 * -----	1,3,4,8, 10-12	INV. E02D27/42
A	GB 2 460 172 A (MARINE CURRENT TURBINES LTD [GB]) 25 novembre 2009 (2009-11-25) * le document en entier * -----	1-12	
A	JP 57 127022 A (KAWASAKI STEEL CO) 7 août 1982 (1982-08-07) * abrégé * -----	1-12	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
			E02D
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche <b>Munich</b>		Date d'achèvement de la recherche <b>21 février 2012</b>	Examineur <b>Geiger, Harald</b>
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons ..... & : membre de la même famille, document correspondant	
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			

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE  
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 11 30 6345

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.

Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

21-02-2012

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 03098038 A1	27-11-2003	AT 392550 T	15-05-2008
		AU 2003241229 A1	02-12-2003
		CA 2486929 A1	27-11-2003
		DE 60320400 T2	09-04-2009
		DK 1509696 T3	11-08-2008
		EP 1509696 A1	02-03-2005
		ES 2305462 T3	01-11-2008
		JP 4308754 B2	05-08-2009
		JP 2005526213 A	02-09-2005
		NO 20022426 A	24-11-2003
		PT 1509696 E	17-07-2008
		US 2005229836 A1	20-10-2005
		WO 03098038 A1	27-11-2003
GB 2460172 A	25-11-2009	CA 2762787 A1	03-12-2009
		EP 2300667 A1	30-03-2011
		GB 2460172 A	25-11-2009
		WO 2009144445 A1	03-12-2009
JP 57127022 A	07-08-1982	AUCUN	

EPO FORM P0460

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82