

(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
20 septembre 2012 (20.09.2012)

WIPO | PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2012/123209 A1

(51) Classification internationale des brevets :
B63B 21/50 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/EP2012/052629

(22) Date de dépôt international :
15 février 2012 (15.02.2012)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
1152014 11 mars 2011 (11.03.2011) FR

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) :
NASS&WIND INDUSTRIE [FR/FR]; Rue Henri Honoré
d'Estienne d'Orves, ZAC Presqu'île de Keroman, Village
Entreprise, F-56100 Lorient (FR).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : MITZ-
LAFF, Alexander [DE/DE]; Fanny-Lewald-Ring 50,
21035 Hambourg (DE). BOURGOIN, Cyril [FR/FR]; 11
rue des Pins, F-56270 Ploemeur (FR).

(74) Mandataire : HAYS, Bertrand; Novagraaf Technologies,
12 Place des Halles Saint Louis, F-56100 Lorient (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, 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, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR,
KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME,
MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ,
OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, 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, SZ, TZ,
UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, 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, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Déclarations en vertu de la règle 4.17 :

— relative à la qualité d'inventeur (règle 4.17.iv))

Publiée :

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

(54) Title : BUOYANT DEVICE HAVING A SPECIAL ANCHORING SYSTEM

(54) Titre : DISPOSITIF FLOTTANT AVEC SYSTEME D'ANCRAGE PARTICULIER

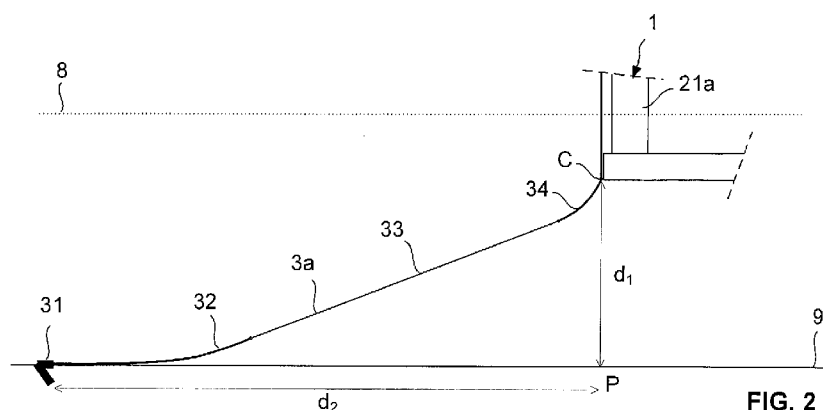


FIG. 2

(57) Abstract : The invention relates to a buoyant device including a float and an anchoring system including at least two anchoring lines (3a) and at least two anchors (31) on the seabed (9), each anchoring line being combined with an anchor and including: a first portion (32), including a first chain and/or metal cable connected to an anchor via a first end thereof; and a second portion so-called resilient portion (33) including at least one resilient rope connected via a first end thereof to the second end of the first portion, and connected via the second end thereof to a float connection point (C), characterized in that the elongation under load (ϵ_e) of the resilient portion (33) is between $4.0 \cdot 10^{-3}$ and $10.0 \cdot 10^{-3}$ m/kN.

(57) Abrégé : La présente invention concerne dispositif flottant comprenant un flotteur et un système d'ancrage comprenant au moins deux lignes d'ancrage 3a et au moins deux ancrs 31 sur le fond 9 sous-marin, chaque ligne d'ancrage étant associée à une ancre et comprenant - une première portion (32), comprenant une première chaîne

[Suite sur la page suivante]



et/ou un câble métallique connectée à une ancre (31) par une première extrémité, et - une deuxième portion, appelée portion (33) élastique, comprenant au moins une corde élastique, connectée par une première extrémité à la seconde extrémité de la première portion, et connectée par sa seconde extrémité à un point (C) de connexion du flotteur, caractérisé en ce que l'allongement sous charge (ϵ_c) de la portion (33) élastique est comprise entre $4,0 \cdot 10^{-3}$ et $10,0 \cdot 10^{-3}$ m/kN.

DISPOSITIF FLOTTANT AVEC SYSTEME D'ANCRAGE PARTICULIER

La présente invention concerne un dispositif flottant comprenant
5 un flotteur et un système d'ancrage pour ancrer le flotteur au fond sous-
marin. L'invention concerne plus particulièrement un dispositif flottant
pour éolienne, formant un dispositif d'éolienne flottante offshore, dans
lequel au moins une éolienne est montée sur ledit flotteur.

Il est connu des dispositifs flottants comprenant un flotteur et un
10 système d'ancrage pour ancrer le flotteur au fond sous-marin,
comportant des lignes d'ancrage, chaque ligne d'ancrage étant associée
à une ancre sur le fond sous-marin et comportant une première portion
comportant une première chaîne connectée à une ancre par une première
extrémité, et une deuxième portion élastique comportant au moins une
15 corde élastique connectée par une première extrémité à la seconde
extrémité de la première portion et connectée par sa seconde extrémité à
un point de connexion du flotteur.

Les lignes d'ancrage comportant des cordes élastiques,
généralement fabriquées à partir de fibres synthétiques, ont été utilisées
20 dans le domaine offshore et ont démontrées qu'elles pouvaient constituer
des alternatives durables et rentables par rapport aux lignes d'ancrages
classiques formées de chaînes et/ou de câbles métalliques. Par rapport
aux lignes d'ancrage classiques, l'utilisation de cordes élastiques permet
d'obtenir des caractéristiques d'ancrage plus souples, évitant ainsi que la
25 courbe décrivant la tension dans les lignes en fonction du déport du
flotteur par rapport à sa position nominale ne présente de dérivée trop
élevée. La corde élastique permet d'amortir le mouvement du flotteur.

Dans ce type de système, afin d'éviter une détérioration par
frottement de la corde élastique, celle-ci ne doit jamais être en contact
30 avec le fond sous-marin, et doit donc toujours rester sous tension. La
corde élastique est dans ce but connectée au flotteur via un câble ou
chaîne de connexion, et des poids d'ajustement, classiquement appelés
« clump weights », et/ou des éléments de type ressort ou amortisseur,
doivent être prévus le long de la ligne d'ancrage. Par exemple un poids
35 est placé à la jonction de la corde élastique et de la chaîne de connexion,
afin de maintenir la ligne d'ancrage sous tension. Les poids tirent vers le

bas la corde élastique, réduisant ainsi l'angle entre la ligne d'ancrage et le fond sous-marin. De tels poids augmentent de façon significative le coût de la ligne d'ancrage, compliquent et augmentent les coûts d'installation, de maintenance et d'inspection des lignes d'ancrage.

5 Le but de la présente invention est de proposer un système d'ancrage à coûts réduits, avec des composants simples, et qui soit simple d'installation, de maintenance et d'inspection.

A cet effet, la présente invention a pour objet un dispositif flottant, par exemple un dispositif d'éolienne flottante offshore, comprenant un
10 flotteur, par exemple de type semi-submersible, et un système d'ancrage, pour ancrer le flotteur au fond sous-marin, ledit système d'ancrage comprenant au moins deux lignes d'ancrage et au moins deux ancres sur le fond sous-marin, chaque ligne d'ancrage étant associée à une ancre et comprenant

15 - une première portion, comprenant une première chaîne et/ou un câble métallique, de préférence une première chaîne métallique, connectée à une ancre par une première extrémité, et

- une deuxième portion, appelée portion élastique, comprenant au moins une corde élastique, connectée par une première extrémité à la
20 seconde extrémité de la première portion, et connectée, directement ou indirectement, par sa seconde extrémité à un point de connexion du flotteur,

caractérisé en ce que l'allongement sous charge (ϵ_c) de la portion élastique est comprise entre 4.10^{-3} et 10.10^{-3} m/kN, de préférence entre
25 5.10^{-3} et 8.10^{-3} m/kN.

Selon l'invention, chaque ligne d'ancrage comprend une portion élastique ayant un allongement sous charge particulier, qui est supérieur à celui des portions élastiques de l'art antérieur. De telles propriétés d'allongement particulières de la portion élastique permettent d'effectuer
30 une pré-tension de la portion élastique de manière à maintenir la ligne d'ancrage dans une configuration tendue, tout en maintenant de bonnes caractéristiques en termes de tension dans les lignes d'ancrage en fonction du déport du flotteur, sans utiliser de poids et/ou d'éléments de type ressort ou amortisseur. Cette configuration "tendue" de la ligne
35 d'ancrage permet d'améliorer considérablement la tenue en position du flotteur.

De telles lignes d'ancrage selon l'invention, réalisées avec des composants simples et d'installation offshore aisée, permettent de proposer un système d'ancrage à coûts réduits.

Pour des efforts attendus pour un flotteur donné sur un site donné,
 5 le nouveau système d'ancrage selon l'invention s'avère moins lourd que ceux de l'art antérieur. En effet, grâce à sa modularité, le système d'ancrage peut être adapté à des efforts attendus en augmentant/diminuant le nombre de cordes élastiques de la portion élastique d'une ligne d'ancrage.

10 En adaptant l'élasticité de la portion élastique, la tension maximale dans la ligne d'ancrage peut être réduite, et une longueur réduite de première portion empêchera l'ancre de se lever.

L'élasticité de la portion élastique permet d'amortir les mouvements du flotteur tout en ne restreignant pas les mouvements du
 15 flotteur dits du premier ordre ou incoercibles. En adaptant l'élasticité de la portion élastique, la ligne d'ancrage selon l'invention confère une meilleure caractéristique d'amortissement des mouvements du flotteur et une meilleure caractéristique tension-déport que ce qu'il est possible d'obtenir par le soulèvement de poids dans une ligne d'ancrage de l'art
 20 antérieur, par exemple constituée uniquement de chaîne.

Dans la présente invention, l'allongement (ε), et l'allongement sous charge (ε_c) exprimée en m/kN sont définis comme suit:

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0},$$

dans laquelle L_0 est la longueur de la portion élastique, au repos, et
 25 $\Delta L = (L - L_0)$ est la variation de longueur de la portion élastique,

$$\varepsilon_c = \varepsilon \times \frac{L_0}{F},$$

dans laquelle, F est la force de réaction ou Force de tension de la portion élastique, en réaction à un effort appliqué sur ladite portion élastique.

Dans le cas d'une approche linéaire, la raideur (k) de la portion
 30 élastique, exprimée en kN est définie par la formule suivante :

$$k = \frac{F \times L_0}{\Delta L} = \frac{F}{\varepsilon}$$

et l'allongement sous charge (ε_c) peut être défini comme suit :

$$\varepsilon_c = \frac{L_0}{k}$$

Dans la présente description, les plages de valeurs s'entendent bornes incluses, les plages de valeurs libellées sous la forme « de... à ... » ou « entre ...et... » incluant les bornes précisées.

5 Selon un mode de réalisation, pour chaque ligne d'ancrage, le rapport de la longueur totale de la ligne d'ancrage sur la somme de la hauteur d'eau sous le point de connexion au flotteur, qui correspond à la distance entre le point de connexion et le point de projection au fond sous-marin, et de la distance de la première extrémité de la première
10 portion au point de projection est compris entre 0,75 and 0,90, de préférence entre 0,78 et 0,88, mieux encore entre 0,80 et 0,85, un tel ratio définissant la pré-tension de la portion élastique dans la ligne d'ancrage. La pré-tension de la ligne d'ancrage est définie de sorte que, pour un déplacement maximal prévu du flotteur, la portion élastique ne
15 repose pas sur le fond sous-marin.

Selon un mode de réalisation, pour chaque ligne d'ancrage, le rapport de la longueur de la première portion sur la longueur de la portion élastique est compris entre 0,05 et 0,30, de préférence entre 0,10 et 0,25, mieux encore entre 0,15 et 0,20.

20 Selon un mode de réalisation, pour chaque ligne d'ancrage, le rapport de la masse de la première portion sur la force de pré-tension dans une ligne d'ancrage est compris entre 1 et 10 kg/kN, de préférence entre 1 et 5 kg/kN, mieux encore entre 2 et 3 kg/kN.

Selon un mode de réalisation, pour chaque ligne d'ancrage, le
25 rapport de la longueur totale de la ligne d'ancrage sur la distance entre le point de connexion et le point de projection au fond sous-marin est compris entre 3,5 et 6,5, de préférence entre 4,5 et 5,5, mieux encore entre 4,8 et 5,2.

Selon un mode de réalisation, pour chaque ligne d'ancrage, le
30 rapport de la longueur de la portion élastique sur la longueur totale de la ligne d'ancrage est compris entre 0,7 et 0,8.

Selon un mode de réalisation, pour chaque ligne d'ancrage, la raideur de la portion élastique est comprise entre $3 \cdot 10^4$ et $7 \cdot 10^4$ kN, de préférence entre $3,5 \cdot 10^4$ et $6,0 \cdot 10^4$ kN.

35 Dans la présente, la raideur indiquée est la raideur à 50% de la force de rupture minimale de la portion élastique.

La raideur de la portion élastique selon l'invention est significativement inférieure à celle de cordes élastiques utilisées à ce jour dans les systèmes d'ancrage, qui est typiquement comprise entre $10 \cdot 10^5$ kN et $40 \cdot 10^5$ kN.

5 Selon un mode de réalisation, pour chaque ligne d'ancrage, la masse linéique de la première portion est comprise entre 400 et 650 kg/m. Cette première portion doit empêcher tout soulèvement de l'ancre. De préférence, cette première portion est formée d'une chaîne métallique.

10 Selon un mode de réalisation, chaque ligne d'ancrage comprend en outre une troisième portion pour connecter la portion élastique au flotteur, comprenant une chaîne de connexion et/ou un câble de connexion métallique. Des chaînes ou des câbles métalliques pour la connexion au flotteur sont particulièrement avantageux en raison des
15 efforts hydrodynamiques importants présents dans cette zone qui pourraient endommager les cordes élastiques.

 Selon un mode de réalisation, pour chaque ligne d'ancrage, la portion élastique comprend au moins deux cordes élastiques, chaque corde élastique étant connectée par une première extrémité à la deuxième
20 extrémité de la première portion, et par sa seconde extrémité au flotteur, directement ou indirectement, de préférence indirectement via la troisième portion précitée. Le nombre de cordes élastiques par portion élastique dépend des conditions environnementales qui seront rencontrées par le dispositif flottant en opération.

25 Selon un mode de réalisation, chaque corde élastique est formée d'une corde en fibre polyester.

 Selon un mode de réalisation, le système d'ancrage comprend au moins trois lignes d'ancrage. Le système d'ancrage comprend de préférence trois lignes d'ancrage, mais peut comprendre plus de trois
30 lignes d'ancrage.

 Selon un mode de réalisation, le flotteur est de type semi-submersible, comprenant au moins trois colonnes, rigidement connectées les unes aux autres par des éléments de connexion, chaque ligne d'ancrage étant de préférence connectée à une colonne, le point de
35 connexion d'une ligne d'ancrage étant de préférence disposé sur une portion immergée de la colonne, par exemple sensiblement à l'extrémité inférieure de la colonne.

Selon un mode de réalisation, pour former un dispositif d'éolienne flottante offshore, le dispositif flottant comprend en outre au moins une éolienne montée sur ledit flotteur, ladite éolienne comprenant des pales, un rotor, de préférence à axe de rotation horizontal, une nacelle et un
5 mât, le mât étant connecté audit flotteur.

Le système d'ancrage est particulièrement adapté pour des dispositifs flottants destinés à être ancrés sur des sites de profondeurs peu importantes, de moins de 300 mètres de profondeur, pouvant être aussi réduites que 25 mètres, et notamment pour des applications en
10 éolien flottant sur des sites allant de 30 à 200 mètres de profondeur, de préférence de 50 à 150 mètres de profondeur, avec des flotteurs de type semi submersible ayant de l'ordre de 10 à 30 mètres de tirant d'eau.

L'invention sera mieux comprise, et d'autres buts, détails, caractéristiques et avantages apparaîtront plus clairement au cours de la description explicative détaillée qui va suivre d'un mode de réalisation
15 particulier actuellement préféré de l'invention, en référence aux dessins schématiques annexés, sur lesquels :

- la figure 1 est une vue schématique partielle en perspective d'un dispositif flottant selon un mode de réalisation de l'invention ;

- la figure 2 est une vue partielle de côté du dispositif flottant de la figure 1 dans sa position nominale, illustrant une ligne d'ancrage de son système d'ancrage ;

- la figure 3 est une vue de côté du dispositif flottant de la figure 1, dans sa position nominale et dans une position déportée ;

- la figure 4 est une courbe illustrant le déport du dispositif flottant selon l'invention en fonction de la force de tension dans une ligne d'ancrage ;

- la figure 5 est une courbe illustrant l'allongement en % d'une corde élastique d'une portion élastique du système d'ancrage en fonction de l'effort appliqué sur ladite corde élastique exprimé en pourcentage de la force de rupture minimale de ladite corde.

Dans le mode de réalisation illustré, le dispositif 1 flottant est destiné à recevoir une éolienne, et constitue un dispositif d'éolienne flottante.

35 Le dispositif 1 d'éolienne flottante comprend une éolienne 10 et une coque ou flotteur 20 de type semi-submersible. L'éolienne 10

comprend de manière connue des pales 11, un moyeu ou rotor 12 à axe de rotation horizontal, une nacelle 13 et un mât 14. L'éolienne comprend en outre une génératrice, placée dans la nacelle pour produire de l'énergie électrique à partir du mouvement de rotation des pales, des
5 moyens de conversion électrique pour convertir l'énergie électrique produite par la génératrice en une énergie électrique ayant une fréquence donnée, et des moyens de transformation électrique pour transformer la tension entre les phases de l'énergie électrique délivrée par les moyens de conversion pour l'amener à une tension plus élevée, par exemple de
10 l'ordre de 33 000 volts.

Dans le présent mode de réalisation illustré, le flotteur 20 comprend trois colonnes 21a, 21b, 21c verticales externes, de forme cylindrique, disposées à espaces angulaires réguliers autour de l'axe central vertical du flotteur, et reliées entre elles par des éléments de
15 liaison. Le flotteur est par exemple celui décrit dans la demande de brevet français, déposée au nom de la demanderesse le 22 novembre 2010, sous le n °1059603, et intitulée « Dispositif d'éolienne offshore avec flotteur semi-submersible particulier ». Les éléments de liaison comprennent des poutres inférieures ou pontons 22 horizontaux
20 entièrement immergés, des poutres 23 supérieures, appelées également passerelles ou ponts, et une pièce de jonction 24 centrale. Les pontons 22 inférieurs, par exemple de section rectangulaire, relient les colonnes deux à deux en partie inférieure, en particulier au niveau de portions 211 inférieures dite de stabilisation, de section plus importante. Les poutres
25 23 supérieures, par exemple de section rectangulaire sont disposées en partie supérieure des colonnes. Chaque poutre supérieure s'étend radialement depuis l'axe central du flotteur vers l'une des colonnes. Les trois poutres 23 sont reliées au niveau de l'axe central à la pièce de jonction 24. Une pièce intermédiaire 27 verticale est assemblée à la pièce
30 de jonction 24 pour le support du mât 14 de l'éolienne. Pour une meilleure résistance structurelle et une meilleure rigidité, les colonnes 21a, 21b, 21c, les pontons 22, les poutres 23 et la pièce intermédiaire 27 sont interconnectés avec une structure en treillis comprenant des entretoises 25 primaires et des entretoises 26 secondaires. En variante, le
35 flotteur comprend plus de trois colonnes extérieures, et/ou une colonne centrale sur laquelle repose le mât de l'éolienne. Les colonnes forment

avantageusement des ballasts. De préférence, le volume intérieur des colonnes est compartimenté afin de former des compartiments de ballast séparés. Chaque ponton peut également constituer un compartiment de ballast séparé.

5 Sur le site de production, le dispositif d'éolienne est relié par un câble électrique (non représenté), dit câble ombilical ou câble dynamique, à un câble de puissance sous-marin destiné à acheminer l'énergie électrique produite par l'éolienne vers le réseau de distribution électrique.

10 Le dispositif comprend également un système d'ancrage, pour le positionnement du dispositif d'éolienne flottante sur le site de production.

Dans le mode de réalisation illustré, le système d'ancrage comprend trois lignes d'ancrage 3a, 3b, 3c. Chaque ligne d'ancrage est ancrée au fond 9 sous-marin via une ancre 31, et est reliée à une colonne, l'angle de déploiement de chaque ligne d'ancrage étant d'environ 120°.

En référence à la figure 2, chaque ligne d'ancrage est associée à une ancre 31 sur le fond 9 sous-marin et comprend une première portion consistant en une première chaîne 32 lourde métallique, une portion 33 élastique composée d'au moins une corde élastique, et une portion 34 de connexion.

L'ancre est par exemple constituée selon le type de sol rencontré sur le site d'installation, d'une ancre conventionnelle ou d'un pieu foré, ou d'une ancre gravitaire.

25 La première chaîne 32 lourde est connectée par une première extrémité à l'ancre 31. La portion 33 élastique est connectée par une première extrémité à la seconde extrémité de la première chaîne lourde, et sa seconde extrémité est connectée à une première extrémité de la portion 34 de connexion, la seconde extrémité de la portion de connexion étant fixée à une colonne 21a du flotteur.

30 Le système d'ancrage est notamment défini de sorte que le déport du dispositif flottant par rapport à sa position nominale soit acceptable vis à vis des possibilités de déplacement statique et dynamique du câble dynamique et de sorte que la raideur en lacet apportée par le système d'ancrage soit suffisante pour permettre le bon fonctionnement de la nacelle. Le déport est le déplacement moyen dû notamment aux efforts

statiques moyens induits par l'éolienne, aux efforts statiques moyens induits par le vent agissant sur le mât et le flotteur, aux efforts statiques moyens induits par le courant agissant sur le flotteur et les lignes d'ancrages et aux efforts statiques moyens de dérive dus à la houle.

5 D'autre part, le système d'ancrage doit autoriser, sans les contraindre, les mouvements du premier ordre induits par la houle et l'éolienne, ainsi qu'une partie des mouvements de second ordre, et ceci même dans les conditions extrêmes. Le déport correspond ainsi au déplacement moyen dû aux efforts statiques précités, ainsi qu'aux efforts dynamiques induits
10 par l'éolienne et la houle. Tous les composants doivent avoir des résistances suffisantes vis-à-vis des efforts statiques induits par l'éolienne, le vent, le courant et la dérive due à la houle, et vis-à-vis des efforts dynamiques induits par l'éolienne et la houle.

Le système d'ancrage est conçu pour une plage de profondeurs
15 entre 40 et 300 m. La portion élastique travaille toujours en tension, tandis que la première chaîne travaille toujours en poids.

La première chaîne connectée à l'ancre empêche l'ancre de se soulever et de chasser. Le poids de la première chaîne est défini principalement par les efforts de dérive moyens et les mouvements du
20 flotteur dans les vagues. L'angle des lignes d'ancrage par rapport à l'horizontal ne doit pas excéder 6° au niveau de l'ancre.

La portion élastique est formée d'une seule corde élastique ou de plusieurs cordes élastiques. Dans ce dernier cas, les cordes élastiques sont connectées par leur première extrémité à la première chaîne et par
25 leur seconde extrémité à la portion de connexion, les cordes élastiques étant de préférence identiques et sensiblement de même longueur. Les cordes élastiques peuvent par exemple être disposées sensiblement parallèlement les unes à côté des autres, ou être tressées. Les cordes élastiques sont des cordes de fibres synthétiques, de préférence
30 fabriquées de fibres polyester.

De telles cordes élastiques synthétiques ont généralement des caractéristiques de raideur quadratiques. La corde élastique est choisie de sorte que la charge maximale attendue sur la corde élastique, comprenant les efforts statiques maximum et les efforts dynamiques maximum,
35 n'excède pas 50% de la force de rupture minimale de la corde élastique.

Comme approximation, la raideur peut être considérée comme étant limitée à sa composante linéaire :

$$k = \frac{F \times L_0}{\Delta L} = \frac{F}{\varepsilon}$$

A titre d'exemple, la portion élastique est formée de deux ou trois
5 cordes élastiques en fibre polyester, ayant un diamètre de 128mm, et une force de rupture minimale d'environ 3850 kN, chaque corde élastique étant caractérisée par sa courbe d'allongement exprimée en %, en fonction des efforts appliqués sur la corde, exprimée en % de la force de rupture minimale (MBS) , telle qu'illustrée à la figure 5.

10 Chaque corde élastique a une raideur d'environ $1,9.10^4$ kN, à 50% de sa force de rupture minimale. La raideur d'une portion élastique composée de trois cordes élastiques est d'environ $5,7.10^4$ kN, et la raideur d'une portion élastique composée de deux cordes élastiques est d'environ $3,8.10^4$ kN.

15 Pour une portion élastique ayant une longueur L_0 au repos d'environ 300 mètre (m), l'allongement sous charge de la portion élastique est défini par la formule suivante, dans l'hypothèse d'une approximation linéaire de la raideur :

$$\varepsilon_c = \varepsilon \times \frac{L_0}{F} = \frac{L_0}{k}$$

20 L'allongement sous charge ε_c pour une portion élastique formée de trois cordes élastiques est d'environ $5,2.10^{-3}$ m/kN, et l'allongement sous charge ε_c pour une portion élastique formée de deux cordes élastiques est d'environ $7,8.10^{-3}$ m/kN.

La portion 34 de connexion, par exemple formée d'une chaîne de
25 connexion métallique, procure une connexion robuste entre la ligne d'ancrage et la structure métallique du flotteur. Cette chaîne de connexion passe dans un chaumard disposé sur une portion immergée de la colonne s'étendant sous le niveau 8 de la mer, par exemple disposé à l'extrémité inférieure de la colonne du dispositif flottant. Une première
30 partie de la chaîne de connexion s'étend sous le chaumard, tandis qu'une deuxième partie de la chaîne de connexion s'étendant le long de la colonne sert à connecter la ligne d'ancrage à un équipement d'ancrage disposé sur le pont supérieur du flotteur. Dans le présent mode de

réalisation, le point de connexion C de la ligne d'ancrage au flotteur correspond audit chaumard, la longueur totale de la ligne d'ancrage étant égale à la longueur de la première chaîne, additionnée de la longueur de la portion élastique et de la longueur de la première partie de la chaîne de connexion sous le chaumard.

En référence à la figure 2, la distance référencée d_1 est la distance entre le point de connexion C et le point de projection P, qui est la projection verticale du point de connexion sur le fond 9 sous-marin. Dans le mode de réalisation illustré, le point de connexion est disposé à l'extrémité inférieure de la colonne, la distance d_1 correspond à la hauteur d'eau sous le flotteur. La distance référencée d_2 est la distance entre le point de projection P et la première extrémité de la première chaîne 32 connectée à l'ancre 31.

En l'absence d'efforts statiques et dynamiques appliqués sur le dispositif flottant, le dispositif flottant est dans une position nominale. Dans cette position nominale, les portions élastiques des lignes d'ancrage sont prétendues.

La figure 3 illustrent deux des trois lignes d'ancrage du dispositif flottant, par exemple les lignes d'ancrages 3a et 3b. Le dispositif flottant illustré en pointillés représente une position déportée du dispositif flottant lorsque des efforts F horizontaux sont appliqués sur le flotteur, par exemple sensiblement dans l'axe de la ligne d'ancrage 3a, de sorte que ces efforts soient repris sensiblement en totalité par cette ligne d'ancrage 3a. Grâce à la pré-tension des lignes d'ancrage, les portions élastiques des lignes d'ancrage ne reposent jamais sur le fond 9 sous-marin, notamment les lignes d'ancrages qui ne sont pas soumises aux efforts horizontaux, telle que la ligne 3b sur la figure 3. Les lignes d'ancrage ainsi prétendues évitent l'encrassement par des salissures marines des portions élastiques et le frottement sur le fond sous-marin.

A titre d'exemple, le système d'ancrage est défini de manière à avoir un déport maximal dû aux efforts statiques moyens d'environ 15 m, et un déport maximal dû aux efforts statiques moyens et dynamiques d'environ 25 m. Deux exemples de système d'ancrage sont définis dans le tableau 1 ci-dessous.

Tableau 1

	Dénomination	Symbole	Unité	Exemple 1	Exemple 2
Première chaîne	Longueur	L'	[m]	100	75
	masse linéique	W'	[kg/m]	540	611
Portion élastique	Longueur	L ₀	[m]	300	300
	Nombre de corde élastique	**	**	2	3
	Raideur	k	[kN]	3.8.10 ⁴	5.7 .10 ⁴
	Allongement sous charge	ε _c	[m/kN]	7,8 .10 ⁻³	5,2 .10 ⁻³
Chaîne de connexion	Longueur	L''	[m]	10	10
	masse linéique	W''	[kg/m]	370	370
Ligne d'ancrage	Longueur	L _T = L ₀ +L'+L''	[m]	410	385
	Profondeur d'eau	h	[m]	100	100
	Distance 1	d ₁	[m]	80	80
	Distance 2	d ₂	[m]	400	400
	Force de pré-tension	F _p	[kN]	20	20
Ratios	Ratio R ₁	$R_1 = \frac{L_T}{(d_1 + d_2)}$	**	0,85	0,80
	Ratio R ₂	$R_2 = \frac{L'}{L_T}$	**	0,24	0,19
	Ratio R ₃	$R_3 = \frac{W' \times L'}{(F_p)}$	[kg/kN]	2,7	2,29
	Ratio R ₄	$R_4 = \frac{L_T}{d_1}$	**	5,1	4,81
	Ratio R ₅	$R_5 = \frac{L_0}{L_T}$	**	0,73	0,78

La courbe de la figure 4 illustre le déport (D) du dispositif flottant de l'Exemple 2 par rapport à sa position nominale en fonction de la force de tension (F_T) dans une ligne d'ancrage, lorsque les efforts sont dans l'axe de ladite ligne d'ancrage et sont entièrement repris par cette dernière. Pour des efforts statiques moyens attendus d'environ 225 t, le déport (D_{moyen}) est d'environ 13,5 m et pour des efforts maximum attendus en conditions de survie (efforts statiques maximum + efforts

dynamiques maximum) d'environ 475 t, le déport (Dmax) est d'environ 22,5 m. Il ressort que cette courbe ne présente pas de zone à forte pente, ce qui réduit les risques de rupture de la ligne d'ancrage en cas de conditions environnementales plus dures que celles prévues.

- 5 La ligne d'ancrage de l'Exemple 1, comprenant une portion élastique formée de deux cordes élastiques, est prévue pour un système d'ancrage d'un flotteur destiné à être placé sur un site dont les efforts maximum en conditions de survie sont de l'ordre de 300 t.

- 10 Pour un déport donné souhaité, une baisse de la tension dans la ligne d'ancrage peut être obtenue en augmentant la longueur de la portion élastique, cette augmentation de longueur étant de 10 à 20 fois moins chère qu'une augmentation de longueur d'une ligne d'ancrage fabriquée uniquement à partir de chaîne.

- 15 Bien que l'invention ait été décrite en liaison avec différents modes de réalisation particuliers, il est bien évident qu'elle n'y est nullement limitée et qu'elle comprend tous les équivalents techniques des moyens décrits ainsi que leurs combinaisons si celles-ci entrent dans le cadre de l'invention.

REVENDICATIONS

1. Dispositif (1) flottant comprenant un flotteur (20) et un système d'ancrage comprenant au moins deux lignes d'ancrage (3a, 3b, 3c) et au moins deux ancres (31) sur le fond (9) sous-marin, chaque ligne d'ancrage étant associée à une ancre et comprenant

- une première portion (32), comprenant une première chaîne et/ou un câble métallique connectée à une ancre (31) par une première extrémité, et
- 10 - une deuxième portion, appelée portion (33) élastique, comprenant au moins une corde élastique, connectée par une première extrémité à la seconde extrémité de la première portion, et connectée par sa seconde extrémité à un point (C) de connexion du flotteur, caractérisé en ce que l'allongement sous charge (ϵ_c) de la portion (33) élastique est comprise entre $4,0 \cdot 10^{-3}$ et $10,0 \cdot 10^{-3}$ m/kN.

2. Dispositif flottant selon la revendication 1, caractérisé en ce que, pour chaque ligne d'ancrage (3a, 3b, 3c), le rapport (R_1) de la longueur totale (L_T) de la ligne d'ancrage sur la somme de la hauteur d'eau sous le point de connexion (C) au flotteur, qui correspond à la distance (d_1) entre le point de connexion (C) et le point de projection (P) au fond sous-marin, et de la distance (d_2) de la première extrémité de la première portion (32) au point de projection est compris entre 0,75 and 0,90.

3. Dispositif flottant selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que, pour chaque ligne d'ancrage (3a, 3b, 3c), le rapport (R_2) de la longueur de la première portion (32) sur la longueur de la portion (33) élastique est compris entre 0,05 et 0,30.

4. Dispositif flottant selon la revendication 2 ou 3, caractérisé en ce que, pour chaque ligne d'ancrage, le rapport (R_3) de la masse de la première portion (32) sur la force de pré-tension (F_p) dans une ligne d'ancrage est compris entre 1 et 10 kg/kN.

5. Dispositif flottant selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que, pour chaque ligne d'ancrage (3a, 3b, 3c), le rapport (R_4) de la longueur totale (L_T) de la ligne d'ancrage sur la distance (d_1) entre le point de connexion (C) et le point de projection (P) au fond sous-marin est compris entre 3,5 et 6,5.

6. Dispositif flottant selon l'une des revendications 2 à 5, caractérisé en ce que, pour chaque ligne d'ancrage (3a, 3b, 3c), le rapport (R_5) de la longueur (L_0) de la portion (33) élastique sur la longueur totale (L_T) de la ligne d'ancrage est compris entre 0,7 et 0,8.

5 7. Dispositif flottant selon l'une des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que, pour chaque ligne d'ancrage, la raideur (k) de la portion (33) élastique est comprise entre $3 \cdot 10^4$ et $7 \cdot 10^4$ kN.

8. Dispositif flottant selon l'une des revendications 2 à 7, caractérisé en ce que, pour chaque ligne d'ancrage, la masse linéique (W') de la première portion (32) est comprise entre 400 et 650 kg/m.

9. Dispositif flottant selon l'une des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que chaque ligne d'ancrage (3a, 3b, 3c) comprend en outre une troisième portion (34), pour connecter la portion (33) élastique au flotteur, comprenant une chaîne de connexion et/ou un câble de connexion métallique.

10. Dispositif flottant selon l'une des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que la portion élastique (33) comprend au moins deux cordes élastiques.

11. Dispositif flottant selon l'une des revendications 1 à 10, caractérisé en ce que chaque corde élastique est formée d'une corde en fibre polyester.

12. Dispositif flottant selon l'une des revendications 1 à 11, caractérisé en ce que le système d'ancrage comprend au moins trois lignes d'ancrage (3a, 3b, 3c).

13. Dispositif flottant selon l'une des revendications 1 à 12, caractérisé en ce que le flotteur (20) est de type semi-submersible, comprenant au moins trois colonnes (21a, 21b, 21c), chaque ligne d'ancrage (3a, 3b, 3c) étant connectée à une colonne.

14. Dispositif flottant selon l'une des revendications 1 à 13, pour former un dispositif (1) d'éolienne flottante offshore, caractérisé en ce qu'il comprend en outre au moins une éolienne (10) montée sur ledit flotteur (20).

1/3

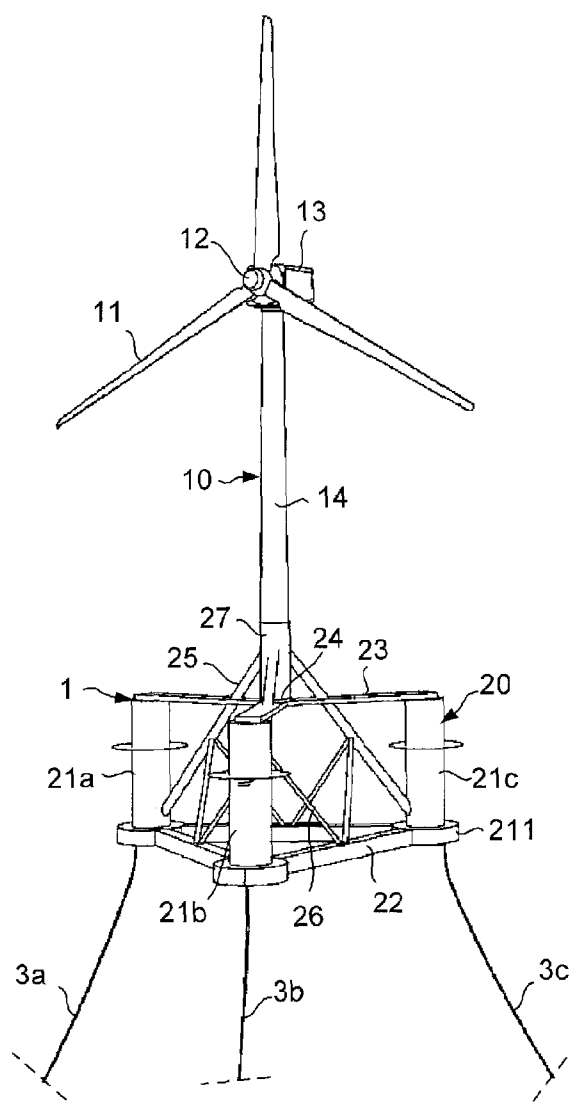


FIG. 1

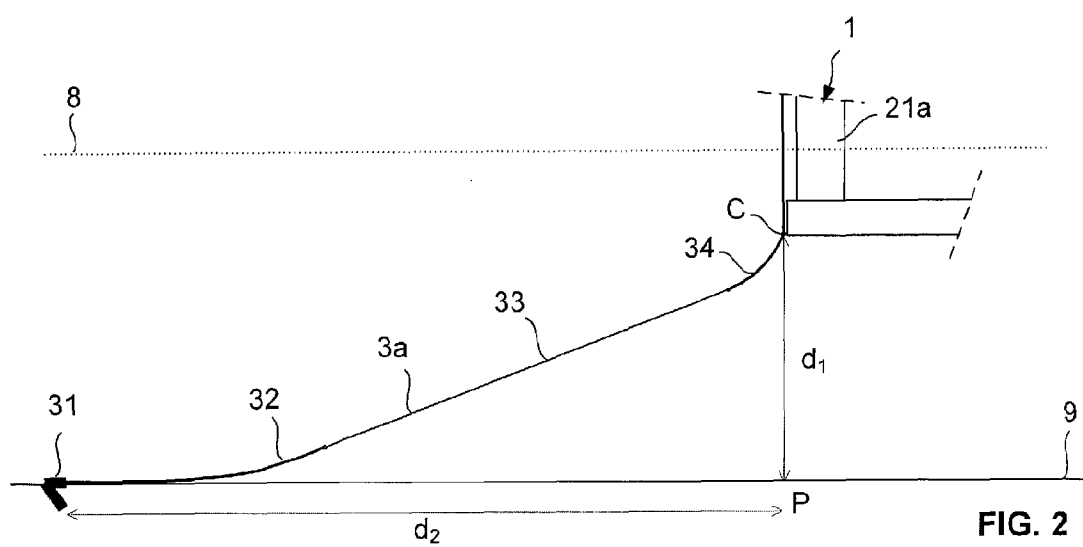


FIG. 2

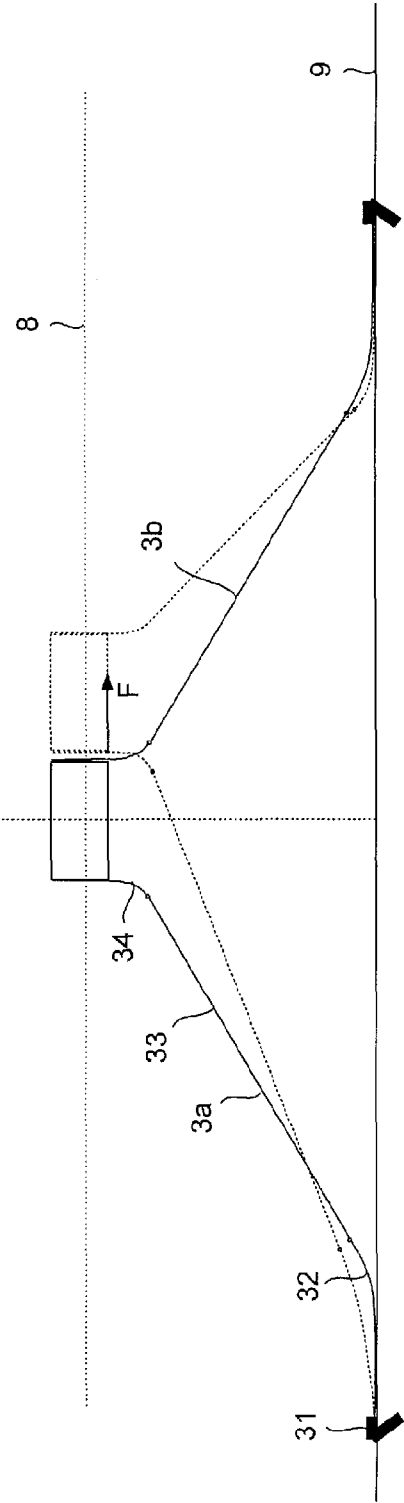


FIG. 3

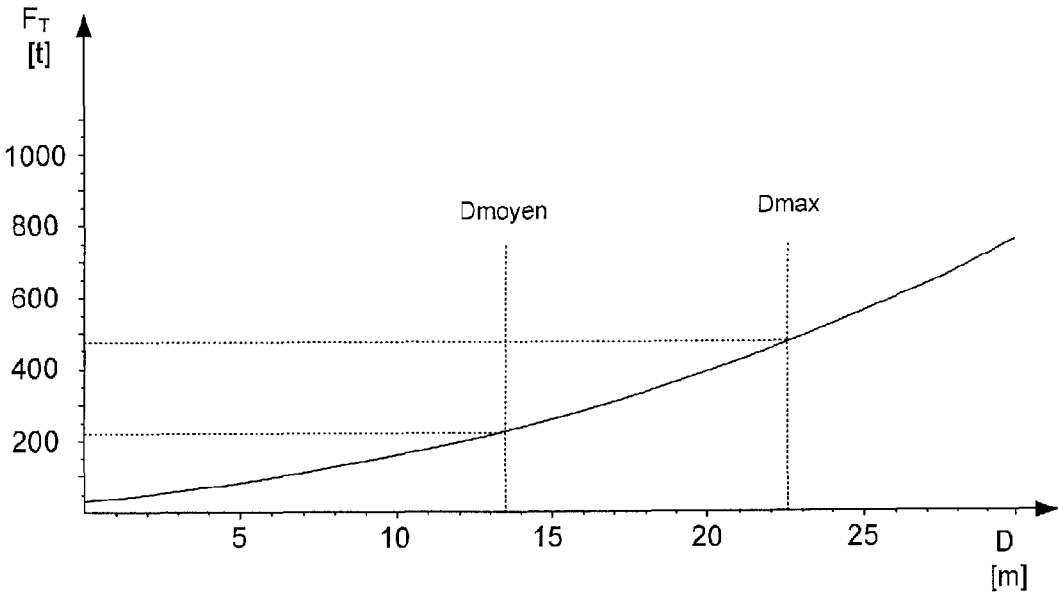


FIG. 4

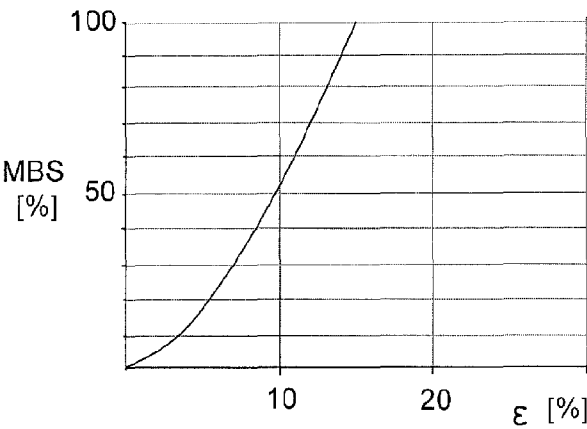


FIG. 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2012/052629

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 INV. B63B21/50
 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)
 B63B

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 2002/166698 A1 (BEATO CHRISTOPHER LOUIS [US] ET AL) 14 November 2002 (2002-11-14) paragraphs [0070] - [0073] abstract figure 2	1-14
X	WO 2009/131826 A2 (PRINCIPLE POWER INC [US]; RODDIER DOMINIQUE [US]; CERELLI CHRISTIAN []) 29 October 2009 (2009-10-29) page 16, line 24 - page 17, line 6 abstract figure 13	1-14
A	GB 2 143 191 A (BALMORAL GLASSFIBRE) 6 February 1985 (1985-02-06) page 4, lines 85-99 abstract figures 1-4	1



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

18 May 2012

Date of mailing of the international search report

29/05/2012

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

Blazquez Lainez, R

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2012/052629

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2002166698	A1	14-11-2002	NONE

WO 2009131826	A2	29-10-2009	AU 2009238456 A1 29-10-2009
			CA 2719694 A1 29-10-2009
			CN 102015435 A 13-04-2011
			EP 2271547 A2 12-01-2011
			JP 2011521820 A 28-07-2011
			KR 20110015418 A 15-02-2011
			US 2011037264 A1 17-02-2011
			WO 2009131826 A2 29-10-2009

GB 2143191	A	06-02-1985	NONE

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2012/052629

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
INV. B63B21/50
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)
B63B

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 2002/166698 A1 (BEATO CHRISTOPHER LOUIS [US] ET AL) 14 novembre 2002 (2002-11-14) alinéas [0070] - [0073] abrégé figure 2	1-14
X	WO 2009/131826 A2 (PRINCIPLE POWER INC [US]; RODDIER DOMINIQUE [US]; CERMELLI CHRISTIAN []) 29 octobre 2009 (2009-10-29) page 16, ligne 24 - page 17, ligne 6 abrégé figure 13	1-14
A	GB 2 143 191 A (BALMORAL GLASSFIBRE) 6 février 1985 (1985-02-06) page 4, ligne 85-99 abrégé figures 1-4	1



Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents



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

18 mai 2012

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

29/05/2012

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

Blazquez Lainez, R

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/EP2012/052629

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2002166698	A1	14-11-2002	AUCUN	

WO 2009131826	A2	29-10-2009	AU 2009238456 A1	29-10-2009
			CA 2719694 A1	29-10-2009
			CN 102015435 A	13-04-2011
			EP 2271547 A2	12-01-2011
			JP 2011521820 A	28-07-2011
			KR 20110015418 A	15-02-2011
			US 2011037264 A1	17-02-2011
			WO 2009131826 A2	29-10-2009

GB 2143191	A	06-02-1985	AUCUN	
