

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

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international



WIPO | PCT



(10) Numéro de publication internationale
WO 2016/132056 A1

(43) Date de la publication internationale
25 août 2016 (25.08.2016)

(51) Classification internationale des brevets :
B63B 35/44 (2006.01) *E04H 12/10* (2006.01)
E02B 17/02 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2016/050340

(22) Date de dépôt international :
15 février 2016 (15.02.2016)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
1551372 18 février 2015 (18.02.2015) FR

(71) Déposant : SAIPEM S.A. [FR/FR]; 1/7 avenue San Fernando, 78180 Montigny Le Bretonneux (FR).

(72) Inventeur : COLMARD, Christophe; 16, rue Maurice Ravel, 78280 Guyancourt (FR).

(74) Mandataires : DOMANGE, Maxime et al.; Cabinet Beau de Lomenie, 232 Avenue du Prado, 13008 Marseille (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), eurasien (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).

Publiée :

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

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : LATTICE-TOWER-TYPE STRUCTURE FOR SUPPORTING AND ANCHORING AN OFFSHORE WIND TURBINE, AND METHOD FOR TOWING AND INSTALLING SAME IN THE SEA

(54) Titre : STRUCTURE DE SUPPORT ET D'ANCRAGE D'EOLIENNE MARITIME DU TYPE TOUR TREILLIS ET PROCÉDE DE REMORQUAGE ET DEPOSE EN MER

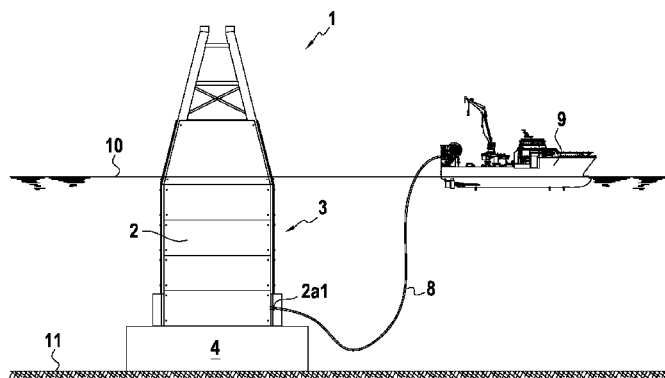


FIG.6

(57) Abstract : The invention relates to a method for transporting and installing an underwater structure on the seabed, said underwater structure being intended to support and anchor marine equipment and comprising an open structure formed by beams and/or tubes assembled into a lattice that forms a tower (1), in which the following steps are carried out: a) the tower is towed in the sea, and subsequently b) the tower is lowered to the seabed, characterised in that: prior to step (b), and preferably prior to step (a), panels (2, 2a, 2b, 2c) are applied at least to a lower part (1-1) of the tower, such as to form at least one first sealed flotation and ballast caisson (3), said first caisson preferably being equipped with at least one valve that opens to the exterior; and, in step (b), the first caisson is filled with seawater in order to lower the tower to the seabed, said first caisson preferably remaining only partially filled with seawater.

(57) Abrégé :

[Suite sur la page suivante]

WO 2016/132056 A1



-
- avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues (règle 48.2.h))

La présente invention concerne un procédé de transport et dépose au fond de la mer d'une structure sous-marine de support et d'ancrage d'un équipement marin, ladite structure sous-marine de support et d'ancrage comprenant une structure ouverte constituée de poutres et/ou tubes assemblés en treillis formant une tour (1), dans lequel on réalise les étapes suivantes: a) on remorque ladite tour en mer, puis b) on descend ladite tour au fond de la mer, caractérisé en ce que : - avant l'étape b), de préférence avant l'étape a), on applique des panneaux (2, 2a, 2b, 2c) au moins sur une partie inférieure (1-1) de ladite tour, de manière à former au moins un premier caisson de flottaison et ballastage (3) étanche, ledit premier caisson étant de préférence équipé d'au moins une vanne ouvrant sur l'extérieur, et - à l'étape b), on remplit ledit premier caisson en eau de mer pour descendre ladite tour jusqu'au fond de la mer, de préférence ledit premier caisson restant partiellement seulement rempli d'eau de mer.

Structure de support et d'ancrage d'éolienne maritime du type
tour treillis et procédé de remorquage et dépose en mer

La présente invention est relative aux éoliennes installées au large des côtes, en mer. Plus particulièrement, le domaine technique de l'invention est celui de la fabrication, du transport et de l'installation de structure de support et d'ancrage au sol marin d'éolienne de production d'énergie électrique, plus particulièrement d'éoliennes offshore de très grande capacité, destinées à être installées en mer, plus particulièrement au large des côtes et en grand nombre pour former des champs d'éoliennes.

Une éolienne marine comporte généralement un moteur à plusieurs pales et à axe horizontal, ainsi qu'un générateur électrique accouplé au moteur, qui sont fixés à l'extrémité supérieure d'un support allongé verticalement tel qu'un mât ou pylône supporté par une structure de support et d'ancrage au fond de la mer. Les éoliennes installées en mer sont en général assemblées sur site sur une structure de support et d'ancrage formant une embase reposant et/ou ancrée au fond, structure support dont l'extrémité supérieure comprend un dispositif supérieur apte à recevoir le pylône de l'éolienne, notamment un dispositif muni d'une bride sur laquelle une contre-bride identique, solidaire du pylône de l'éolienne est boulonnée pour assurer l'encastrement de l'ensemble.

L'invention s'applique particulièrement, c'est-à-dire non limitativement, aux éoliennes comportant un générateur dont la puissance est située dans une plage allant de 100kW à 10 MW ; la masse d'un tel générateur peut atteindre ou dépasser 300 ou 500 tonnes ; la longueur d'un pylône supportant ce générateur peut être de l'ordre de 50 à 100 mètres, et la masse du pylône peut être située dans une plage allant de 100 à 500 tonnes.

La construction, le transport et l'installation de telles structure support d'éoliennes et leur installation en mer présente de grandes

difficultés. On a proposé différentes solutions pour la construction, le transport et l'installation des éoliennes offshore et de leur structure de support et d'ancrage.

Les solutions proposées impliquent la mise en œuvre en général de
5 moyens de levage par traction conventionnelle avec des engins de levage du type grue. Toutefois, les structures support et éoliennes une fois construites représentent de grandes dimensions et des charges importantes, et leur installation à l'aide de grues agissant par traction requiert des grues de grandes dimensions, et notamment d'une hauteur
10 supérieure à celle de la structure et de l'éolienne. Pour des éoliennes des dimensions mentionnées ci-dessus, il est nécessaire de mettre en œuvre des grues d'au moins 350 tonnes munies de flèche de levage d'au moins 50m, généralement de près de 100 m de long, de telles grues étant difficiles à monter et à déplacer, notamment à transporter et à
15 opérer en mer. On peut difficilement envisager de transporter de tels moyens de levage du type grue sur des barges flottantes, comme cela peut être le cas dans certaines opérations des champs pétroliers offshore, compte tenu des couts importants occasionnés.

Des éoliennes maritimes ont été décrites dans WO 01/34977 et
20 WO 03/004870 par exemple. Elles sont montées à terre puis transportées par bateau sur leur site d'opération en mer au large des côtes.

Plusieurs types de structure de support et d'ancrage d'éolienne sont connus.

25 Un premier mode de réalisation consiste à poser sur le sol une structure de type embase gravitaire massive pleine ou creuse mais lestée reposant sur le sol marin et assurant un ancrage de par son propre poids, au sommet de laquelle est solidaire une bride sur laquelle on vient positionner le pylône de l'éolienne équipée d'une contre-bride
30 identique.

Selon un autre mode de réalisation, la structure de support et

d'ancrage du type dénommé « Jacket » comprend une structure en treillis formant une tour de forme de polyèdre tronqué, notamment forme parallélépipédique ou de préférence de forme pyramidale tronquée, constituée d'un assemblage de:

5 - une pluralité d'au moins trois, de préférence au moins 4 tubes ou poutres en élévation disposés de manière à former les arêtes de ladite tour, et

 - chaque tube ou poutre en élévation étant assemblé à chacun des deux tubes adjacents par (a) des premiers tubes ou poutres de jonctions
10 horizontaux (perpendiculaires à l'axe de la tour), et (b) des deuxièmes tubes ou poutres de jonction disposés en inclinaison en chevrons ou de préférence en diagonal en s'entrecroisant entre deux dits tubes ou poutres en élévation, lesdits deuxièmes tubes ou poutres de jonction s'étendant entre lesdits premiers tubes de jonction horizontaux et les
15 reliant également, et ces premiers et deuxièmes tubes de jonction formant les faces en partie ouverte de ladite tour.

 Une telle structure supporte un dispositif supérieur de support et fixation destiné à recevoir la base du pylône de ladite éolienne, notamment sous forme d'une cavité tubulaire, ledit dispositif supérieur
20 restant émergé au-dessus de la surface de la mer lorsque la dite structure est installée au fond de la mer.

 Typiquement, ladite tour est de forme au moins en partie de pyramide tronquée, s'élevant sur une hauteur (H) d'au moins 2 fois, de préférence 3 fois la largeur (L) de sa base.

25 Ce type d'embase à structure tubulaire ouverte est très avantageux du fait de sa faible prise à la houle une fois installée au fond de la mer. Toutefois le transport et la dépose de cet embase à structure tubulaire soulève des difficultés du fait de sa grande dimension.

30 Il existe plusieurs façons de transporter et d'installer des

structures tubulaires perméables de grandes dimensions de ce type.

Une première solution consiste en un transport sur une barge puis dépose par une grue de tailles importantes et donc couteuses compte tenu de la masse et encombrement de cette structure tubulaire.

- 5 Une autre solution consiste dans l'ajout de flotteurs fixés à la structure pour transporter par remorquage la structure en flottaison puis dépose au fond de la mer par ballastage des flotteurs. Mais, cette solution est aussi onéreuse car elle nécessite des renforts locaux sur la structure de manière à faire passer les efforts au niveau des fixations
- 10 des flotteurs sur la structure.

Dans WO 03/0666426 et WO2011/007066 au nom de la demanderesse on a décrit des moyens de transport et dépose au fond de la mer d'éolienne et de leur structure de support et d'ancrage à l'aide d'un navire du type catamaran.

- 15 Du fait du nombre important d'embases à poser par champ, il est nécessaire de développer une embase impliquant des moyens de transport et de pose moins couteux à mettre en œuvre.

- La présente invention vise à faciliter l'installation d'une structure de support et ancrage d'éolienne du type à structure tubulaire ou
- 20 « jacket » sur un site immergé loin des côtes, proposant structure de support et ancrage d'éolienne plus simple à construire et à installer.

- Plus particulièrement, le but de la présente invention est de fournir un nouveau procédé de transport et dépose d'embase du type à structure tubulaire amélioré, notamment à la fois plus facile et moins
- 25 couteux à mettre en œuvre que les procédés de l'art antérieur.

Aussi, le problème à résoudre selon la présente invention est de réaliser une nouvelle embase d'éolienne à structure tubulaire dont le transport et l'installation est améliorée.

Pour ce faire, la présente invention fournit un procédé de transport et dépose au fond de la mer d'une structure sous-marine de support et d'ancrage d'un équipement marin, de préférence une éolienne, ladite structure sous-marine de support et d'ancrage
5 comprenant une structure ouverte constituée de poutres et/ou tubes assemblés en treillis formant une tour, de préférence une structure tubulaire, dans lequel on réalise les étapes suivantes:

a) on remorque ladite tour en mer, puis

b) on descend ladite tour au fond de la mer,

10 caractérisé en ce que :

- avant l'étape b), de préférence avant l'étape a), on applique des panneaux au moins sur une partie inférieure de ladite tour, des panneaux latéraux obturant ainsi les ouvertures desdites faces externes de ladite tour de manière à former les parois latérales d'au moins un
15 premier caisson de flottaison et ballastage fermé par au moins un panneau inférieur appliqué dessous lesdits panneaux latéraux, ledit premier caisson étant de préférence équipé d'au moins une vanne ouvrant sur l'extérieur, et

- à l'étape b), on remplit au moins partiellement ledit premier
20 caisson en eau de mer pour descendre ladite tour jusqu'au fond de la mer, de préférence ledit premier caisson restant partiellement seulement rempli d'eau de mer.

En général la tour et ledit premier caisson ont une hauteur supérieure à la profondeur du sol marin ou ils doivent être installés de
25 sorte qu'un panneau supérieur fermant le premier caisson n'est pas nécessaire. Toutefois, si ledit premier caisson est entièrement immergé lors de la descente, on applique préalablement au moins un panneau supérieur appliqué dessus lesdits panneaux latéraux pour réaliser un premier caisson de flottaison et ballastage étanche fermé.

De préférence, ladite tour est fixée à son extrémité inférieure sur une embase apte à reposer au fond de la mer, de préférence une galette en béton, la surface supérieure de ladite embase formant ledit panneau inférieur d'un dit premier caisson. Ce mode de réalisation est
5 avantageux car il ne nécessite pas le montage du panneau inférieur.

Ladite embase peut être massive pleine ou de préférence creuse apte à être remplie de moyens de lestage, notamment des granulats de matériaux de haute densité tels que des granulats de fer, ou de préférence de l'eau. Une embase creuse facilite la flottaison de la tour
10 pour l'application desdits panneaux puis le remorquage de la tour, ledit deuxième caisson flottant avec la tour entièrement hors d'eau, avant le remplissage de ladite embase puis le remplissage dudit premier caisson pour la descente de la tour et de ladite embase jusqu'au sol marin.

De préférence, ladite embase est creuse et forme un deuxième
15 caisson, de préférence en béton, que l'on remplit de moyens de lestage, de préférence de l'eau, à l'étape b).

A l'étape a) de remorquage, le volume interne dudit premier caisson peut rester entièrement ou partiellement vide ; et la tour peut flotter en étant entièrement ou partiellement hors d'eau.

20 Toutefois, à l'étape a), si le premier caisson est rempli partiellement d'eau. Dans ce cas, à l'étape b), on remplit davantage ledit premier caisson en eau de mer (ainsi que le cas échéant ladite embase creuse sur laquelle elle est fixée) pour descendre ladite tour jusqu'au fond de la mer.

25 De préférence, à l'étape b), on remplit progressivement ledit premier caisson en eau de mer pour descendre ladite tour jusqu'au fond de la mer.

La tour de par son poids propre ne présente aucune flottabilité en l'absence d'élément de flottaison apporté par ledit premier caisson au

moins partiellement vide et/ou ladite embase creuse sur laquelle elle est fixée.

On comprend que le dimensionnement dudit premier caisson dépend du poids et de la dimension de la tour et de ladite embase d'une
5 part et de la profondeur d'installation de l'embase au fond de la mer.

La présente invention consiste essentiellement à ajouter des panneaux autour de la structure tubulaire pour aménager par la même un caisson de flottaison et ballastage utilisé pour immerger la structure partiellement pour son remorquage en mer et complètement pour sa
10 dépose au fond de la mer. C'est la structure elle-même qui devient flotteur et l'espace vide intérieur ainsi aménagé devient un compartiment de ballastage simple à utiliser pour réaliser l'immersion.

Le procédé selon la présente invention implique la mise en œuvre de plusieurs panneaux qui sont faciles à construire en béton ou en
15 acier, et facile à installer ne nécessitant pas de moyens de manutention gigantesque.

Le procédé selon l'invention revient à utiliser la structure tubulaire comme un châssis sur lequel on vient fixer temporairement des panneaux qui vont boucher les trous de la structure pour la rendre
20 flottante pour son transport et de l'installation. Les panneaux forment une coque autour de la structure et il devient possible d'utiliser le volume à l'intérieur de cette coque en le remplissant plus ou moins d'eau pour modifier l'immersion de la structure.

Avantageusement, le dimensionnement et positionnement dudit
25 premier caisson et le taux de remplissage partiel éventuel peuvent être déterminés en fonction du poids et volume de ladite structure tubulaire de manière à ce que la hauteur métacentrique (GM) de ladite structure tubulaire reste positif et que la structure tubulaire de l'embase une fois équipée desdits panneaux selon l'invention reste stable pendant son
30 remorquage en mer, de préférence avec un faible tirant d'eau.

De façon connue, on entend ici par « hauteur métacentrique » (GM) la distance entre le centre de gravité de ladite tour (G) et son métacentre (M). Le métacentre se définit comme l'intersection entre l'axe de la résultante de la poussée d'Archimède appliquée au centre de flottabilité ou centre de carène et l'axe vertical passant par le centre de gravité.

Lors de l'immersion de la structure de support et d'ancrage, la stabilité de la structure donnée par l'invention est suffisamment importante pour qu'il soit possible de réaliser l'installation en ne ballastant qu'un seul grand compartiment dudit premier caisson ainsi défini par l'invention, ce qui simplifie la séquence d'installation.

Ledit premier caisson est équipé de vanne ouvrant sur l'extérieur, de préférence une pluralité de vannes de différents diamètres les ouvrant sur l'extérieur pour permettre pour celles de plus petit diamètre un ballastage lent et contrôlé durant la phase d'immersion et pour les autres de plus grand diamètre un ballastage rapide une fois l'embase posée. Ces vannes peuvent aussi être connectées à des tuyaux souples reliés à un bateau d'assistance disposant de pompes dans le but de déballaster ledit premier caisson en tant que de besoin.

A titre illustratif, pour une tour de 50-100m et 500-1000T à vide, le compartiment dudit premier caisson peut être de 10000 à 15000 m³, pour l'installer à 10 à 100m de profondeur avec une embase de 2500 à 15000 T.

Durant l'installation, de préférence, il y a toujours plus de hauteur d'eau à l'extérieur qu'à l'intérieur dudit premier caisson défini par les panneaux. Ainsi les panneaux sont principalement maintenus par la différence de pression d'eau et le système de fixation et d'étanchéité en est du coup très simplifié. Les panneaux n'ont pas besoins d'être fixés très solidement car c'est la pression de l'eau extérieure qui assure de façon prédominante leur maintien sur la structure. Pour ce faire, plus particulièrement, lesdits panneaux sont équipés de joints d'étanchéité

qui assurent l'étanchéité dudit premier caisson sous la force de la pression extérieure de l'eau à l'étape b).

Avantageusement, au moins lesdits panneaux latéraux sont constitués de parois creuses constituant des troisièmes caissons plats
5 apportant une flottabilité additionnelle. Ce mode de réalisation permet de faciliter la manutention et améliorer la flottaison, les panneaux. On entend ici par « caisson plat », un caisson dont l'épaisseur est inférieure à 1/5 de la largeur.

De préférence lesdits troisièmes caissons sont équipés de vannes
10 ouvrant sur l'extérieur, de préférence des vannes de différents diamètres selon les dis deuxièmes caissons pour permettre pour celles de plus petit diamètre un ballastage lent et contrôlé durant la phase d'immersion et pour les autres de plus grand diamètre un ballastage rapide une fois l'embase posée. Ces vannes peuvent aussi être
15 connectées à des tuyaux souples reliés à un bateau d'assistance disposant de pompes dans le but de déballaster ledit troisième caisson en tant que de besoin.

Plus particulièrement, après l'étape b), on remplit entièrement ledit premier caisson avant de démonter et remonter en surface lesdits
20 panneaux. Les panneaux sont ensuite récupérés. Le remplissage du compartiment central permet que la pression s'égalise des deux côtés des panneaux et ainsi pouvoir les démonter sans forcer.

Dans tous les cas, le panneau inférieur peut être laissé en place sans être démonté car il peut participer à la stabilité de la structure
25 tubulaire, en particulier s'agissant du panneau inférieur dans le cas où le fond marin serait meuble.

Plus particulièrement, ledit premier caisson s'étend sur une hauteur H1 dépassant au-dessus du niveau de la surface de la mer lorsque ladite structure de support et d'ancrage repose au fond de la
30 mer.

Plus particulièrement, ledit premier caisson s'étend sur une hauteur (H1) au moins égale à la moitié de la hauteur (H) de ladite tour depuis son extrémité inférieure.

Avantageusement, ledit premier caisson définit un unique grand
5 compartiment central non cloisonné.

Avantageusement encore, ladite tour comprend une plateforme supérieure supportant un dispositif supérieur, notamment une cavité tubulaire, supportant ou apte à recevoir la base du pylône d'une éolienne, que l'on met en place de préférence après l'étape b).

10 La présente invention a également pour objet une structure sous-marine de support et d'ancrage comprenant une structure ouverte constituée de poutres et/ou tubes assemblés en treillis formant une tour, de préférence une structure tubulaire, équipée de panneaux formant au moins un premier caisson d'au moins un premier caisson
15 utile dans un procédé selon l'invention et tel que définie ci-dessus, desdits panneaux étant appliqués de manière amovible au moins sur une partie inférieure de ladite tour, des panneaux latéraux obturant ainsi les ouvertures des faces externes de ladite tour de manière à former les parois latérales d'au moins un premier caisson fermé par au moins un
20 panneau inférieur appliqué dessous lesdits panneaux latéraux.

D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront à la lumière de la description qui va suivre, qui se réfère aux dessins annexés et qui illustre sans aucun caractère limitatif des modes préférentiels de réalisation de l'invention :

25 - la figure 1 représente une vue d'une structure de support et d'ancrage du type tour treillis (1) selon l'invention en cours de montage des panneaux pour la fabrication dudit premier caisson ;

- la figure 2 représente une vue d'une structure de support et d'ancrage du type tour treillis (1) équipée d'une embase gravitaire
30 massive 4 à sa base,

- la figure 3 représente la fixation de panneaux 2 sur une tour treillis 1 à l'aide d'une grue 13 sur un quai 12,

- la figure 4 représente une vue d'une structure de support et d'ancrage du type tour treillis (1) équipée d'un dit premier caisson de flottabilité et ballastage (3) en cours de ballastage en surface,

- la figure 5 représente une vue schématique du remplissage seulement partiel dudit premier caisson d'une tour treillis selon l'invention lors de son immersion en mer ;

- la figure 6 représente une structure support avec son caisson de flottaison 3 totalement immergé au fond de la mer ;

- la figure 7 représente le détail de la fixation avec joints d'étanchéité 5 des panneaux creux formant un deuxième caisson 6 sur la structure tubulaire, et

- la figure 8 représente une tour au fond de la mer après enlèvement des panneaux, la structure support en place supportant une éolienne.

Sur la figure 1, on décrit un premier mode de réalisation d'une tour treillis 1 selon l'invention de forme de pyramide tronquée, comprenant l'assemblage d'éléments tubulaires suivants.

Quatre assemblages tubulaires rectilignes inclinés 1a disposés symétriquement par rapport à un axe central vertical ZZ' formant ainsi les 4 arêtes de la pyramide. Chaque face de la pyramide tronquée formant ladite tour est constituée par, d'une part, deux tubes en élévation 1a adjacents et, d'autre part, par des tubes de jonctions 1b, 1c assurant la liaison entre les tubes en élévation 1a adjacents. Les tubes de jonction entre deux tubes en élévation 1a comprennent des premiers tubes de jonction horizontaux 1c ainsi que des couples de deuxièmes tubes de jonction disposés en diagonale 1b et s'entrecroisant en leur milieu. Sur les quatre faces, les différents tubes de jonction

arrivent aux mêmes niveaux en hauteur entre les quatre faces.

Au sommet des quatre tubes en élévation 1a se trouve une plateforme supérieure 1d fermant la pyramide tronquée et supportant une cavité tubulaire 1e, destinée à recevoir un pylône 5a d'une éolienne 5 (comme représenté figure 4). La cavité tubulaire 1e est elle-même supportée par des tubes de jonction inclinés 1k assurant sa tenue sur la plateforme 1d.

A la base des tubes en élévation 1a, des goussets externes 1h assurent la jonction avec des tubes de guidage 1f au sein desquels des pieux d'ancrage 1g sont introduits pour ancrer la tour treillis 1 dans le sol au fond de la mer 11.

Sur la figure 1, on a représenté des panneaux latéraux 2a appliqués contre deux faces en élévation de la structure pyramidale 1, les panneaux 2a étant appliqués contre desdits tubes en élévation 1a et desdits tubes de jonction 1c, 1b.

A la base de la tour 1 est appliqué un panneau inférieur 2c destiné à fermer le caisson 3 formé par les panneaux latéraux 2a, ledit caisson 3 peut être également fermé en partie supérieure par un panneau supérieur 2b. Au moins des panneaux latéraux 2a et/ou supérieur 2b peuvent comprendre au moins une vanne 2a1, 2b1, permettant d'évacuer et/ou d'introduire de l'eau à l'intérieur du caisson de flottaison 3 formé par l'assemblage des panneaux 2a, 2b et 2c.

Sur la figure 2, on a représenté une variante de réalisation d'une tour treillis 1 selon l'invention, comprenant une partie inférieure 1-1 de forme parallélépipédique se prolongeant par une partie supérieure 1-2 de forme de pyramide tronquée qui comporte à son sommet une plateforme supérieure 1d supportant une cavité tubulaire 1e de fixation du mat.

Dans le mode de réalisation de la figure 2, la tour treillis est fixée à sa base à une galette en béton pleine ou évidée 4 constituant une

embase gravitaire apte à assurer l'ancrage de la tour treillis 1 au fond de la mer. Les panneaux 2a formant le caisson de flottaison 3 arrivent juste au niveau de la face supérieure 4a de la base gravitaire 4, ladite face supérieure 4a formant ainsi le panneau inférieur 2c dudit caisson de flottaison 3.

Sur la figure 3, on a représenté la fixation de panneaux 2 sur une tour treillis 1 à l'aide d'une grue 13 sur un quai 12 de port. La tour treillis est maintenue en surface en l'absence de ballastage du premier caisson 3 et de l'embase 4 qui est elle-même un deuxième caisson creux comme représenté sur les figures 3 et 4.

Sur la figure 4, après le remorquage de la tour reposant sur ledit deuxième caisson flottant de l'embase creuse jusqu'à l'aplomb de son site d'installation au fond de la mer, on réalise le ballastage de l'embase 4 creuse avec de l'eau avant le ballastage du premier caisson 3 que l'on remplit d'eau à l'aide d'un tuyau 8 relié à la vanne 2a1 et une pompe 9a à bord d'un navire d'assistance 9 pour effectuer la descente de la tour au fond de la mer.

Si l'embase 4 est pleine et massive, on peut, avant son remorquage en mer, immerger ladite embase à l'aide d'un dispositif de type ascenseur et d'appliquer les panneaux une fois la tour et son embase déposées au fond de la mer pour ensuite déballaster ledit premier caisson pour remettre la tour en flottaison avant son remorquage en mer jusqu'au site d'installation au fond de la mer.

Sur la figure 5, on a représenté la tour treillis 1 en immersion partielle du fait du remplissage partiel sur une hauteur h_1 du caisson de flottaison 3, permettant la descente de la tour treillis 1 jusqu'à son site d'installation au fond de la mer. Du fait que la hauteur h_1 d'eau à l'intérieur du caisson de flottaison 3 reste toujours inférieur à la hauteur d'eau h_2 à l'extérieur d'une part et que les panneaux latéraux 2a sont toujours partiellement immergés, le différentiel de pression hydrostatique entre l'extérieur et l'intérieur du caisson assure une

fixation assurant l'étanchéité du caisson de flottaison 3.

Pour ce faire, les panneaux 2a et 2b sont appliqués sur la structure tubulaire avec des joints d'étanchéité 5 intercalés entre les côtés latéraux des panneaux et les tubes 1a et respectivement tubes 1c
5 comme représenté figure 7. D'autre part, des joints 5 non représentés peuvent être intercalés entre les tubes horizontaux 1c et le côté inférieur d'un premier panneau et entre le côté supérieur d'un deuxième panneau juxtaposé dessous ledit premier panneau, la taille des panneaux étant telle qu'il y ait toujours un tube de la structure
10 tubulaire au niveau de la juxtaposition et jonction de deux panneaux. Alternativement. Alternativement, les panneaux peuvent s'emboîter les uns dans les autres aux niveaux de leurs bords adjacents de formes complémentaires formant rails et rainures en écrasant un joint dans une dite rainure.

Pour descendre la tour treillis 1 jusqu'à ce que son embase 4 repose au fond de la mer comme représenté sur la figure 6, on augmente le volume d'eau 3b à l'intérieur du caisson 3 et on diminue le volume vide 3a du premier caisson de flottaison 3 progressivement comme montré figure 5. Une fois, la structure support 21 reposant au
15 fond de la mer 11, on remplit entièrement d'eau le caisson de flottaison 3 pour supprimer le différentiel de pression hydrostatique et faciliter le démontage et la récupération en surface des panneaux latéraux 2a.

Les panneaux latéraux 2a peuvent être remplacés par des troisièmes caissons comme montré figure 7. Dans ce cas, on remplit
25 progressivement les troisièmes caissons 6 d'eau pour la descente de la structure au fond de la mer et on les vides via les vannes 6a et tuyau 8 par pompage 9a depuis le navire 9 en surface pour les remonter en surface après leur démontage.

Sur la figure 8, le pylône 5a de l'éolienne 5 est adapté à la cavité tubulaire 1e au sommet de la tour 1, une fois les panneaux 2 démontés
30 et remontés en surface à l'aide de moyens de grutage 9b à bord du

navire 9 en surface 10.

- 5 A titre illustratif, l'éolienne selon l'invention comprend un pylône d'une hauteur de 5 à 150 m, de préférence au moins 100 m de hauteur, dont la paroi tubulaire présente un diamètre de plus de 2 à 10 m, plus particulièrement de 6 à 7 m. La tour comporte une structure parallélépipédique et/ou pyramidale à section carrée à sa base d'au moins 10 m, de préférence d'au moins 20 m de côté et s'élève à une hauteur H de 60 m. Le premier caisson de flottaison 3 s'élève sur une hauteur H1 représentant environ entre $\frac{1}{2}$ et 1 de la hauteur H.
- 10 A titre illustratif, pour un premier caisson s'étendant sensiblement sur toute la hauteur de la tour sur une hauteur H1 de 60m et une tour de 800T et une embase de 5000T une fois remplie d'eau, on remplit le premier caisson un compartiment de premier caisson de 12000m³ à 50% pour installer la tour à 20m de profondeur.
- 15 A titre d'exemple, l'éolienne offshore est constituée d'un moteur générateur de 300 à 500 T et d'un pylône d'environ 6 m de diamètre et environ 90 à 120 m de hauteur, pesant environ 300 à 400 T.

REVENDEICATIONS

1. Procédé de transport et dépose au fond de la mer d'une structure sous-marine de support et d'ancrage d'un équipement marin, de préférence une éolienne, ladite structure sous-marine de support et
5 d'ancrage comprenant une structure ouverte constituée de poutres et/ou tubes assemblés en treillis formant une tour (1), de préférence une structure tubulaire, dans lequel on réalise les étapes suivantes:

a) on remorque ladite tour en mer, puis

b) on descend ladite tour au fond de la mer,

10 caractérisé en ce que :

- avant l'étape b), de préférence avant l'étape a), on applique des panneaux (2, 2a, 2b, 2c) au moins sur une partie inférieure (H1) de ladite tour, des panneaux latéraux (2a) obturant ainsi les ouvertures desdites faces externes de ladite tour de manière à former les parois
15 latérales d'au moins un premier caisson de flottaison et ballastage (3) fermé par au moins un panneau inférieur (2c, 4a) appliqués dessous lesdits panneaux latéraux (2a), ledit premier caisson étant de préférence équipé d'au moins une vanne (2a1) ouvrant sur l'extérieur, et

20 - à l'étape b), on remplit au moins partiellement ledit premier caisson en eau de mer pour descendre ladite tour jusqu'au fond de la mer, de préférence ledit premier caisson restant partiellement seulement rempli d'eau de mer.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que ladite
25 tour est fixée à son extrémité inférieure sur une embase (4) apte à reposer au fond de la mer, de préférence une galette en béton, la surface supérieure (4a) de ladite embase formant ledit panneau inférieur d'un dit premier caisson.

3. Procédé selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que ladite embase (4) est creuse et forme un deuxième caisson que l'on remplit de moyens de lestage, de préférence de l'eau, à l'étape b).

5 4. Procédé selon l'une des revendications 1, 2 ou 3, caractérisé en ce que lesdits panneaux sont équipés de joints d'étanchéité (5) qui assurent l'étanchéité dudit premier caisson sous la force de la pression extérieure de l'eau à l'étape b).

10 5. Procédé selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce qu'au moins lesdits panneaux latéraux (2a) et/ou panneau supérieur (2b) sont constitués de parois creuses constituant des troisièmes caissons plats (6) apportant une flottabilité additionnelle.

6. Procédé selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce qu'après l'étape b), on remplit entièrement ledit premier caisson (3) avant de démonter et remonter en surface lesdits panneaux.

15 7. Procédé selon l'une des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que ledit premier caisson s'étend sur une hauteur (H1) dépassant au-dessus du niveau de la surface de la mer (10) lorsque ladite structure de support et d'ancrage (1) repose au fond de la mer.

20 8. Procédé selon l'une des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que ledit premier caisson définit un unique grand compartiment central non cloisonné.

25 9. Procédé selon l'une des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que ladite tour (1) comprend une plateforme supérieure (1d) supportant un dispositif supérieur (1e) supportant ou apte à recevoir la base du pylône (5a) d'une éolienne (5), que l'on met en place de préférence après l'étape b).

10. Structure sous-marine de support et d'ancrage comprenant une structure ouverte constituée de poutres et/ou tubes assemblés en treillis formant une tour (1), de préférence une structure tubulaire,

équipée de panneaux (2, 2a, 2b, 2c) formant au moins un dit premier caisson (3) utile dans un procédé selon l'une des revendications 1 à 8, desdits panneaux (2, 2a-2c) étant appliqués de manière amovible au moins sur une partie inférieure (1a) de ladite tour, des panneaux
5 latéraux (2a) obturant ainsi les ouvertures des faces externes de ladite tour de manière à former les parois latérales d'au moins un premier caisson fermé par au moins un panneau inférieur (2c, 4a) appliqués dessous lesdits panneaux latéraux.

11. Structure sous-marine de support et d'ancrage selon la
10 revendication 10, caractérisée en ce que ladite tour est fixée à son extrémité inférieure sur une embase (4) apte à reposer au fond de la mer, de préférence une galette en béton, la surface supérieure (4a) de ladite embase formant ledit panneau inférieur d'un dit premier caisson.

12. Structure sous-marine de support et d'ancrage selon l'une
15 des revendications 10 ou 11, caractérisée en ce que lesdits panneaux sont équipés de joints d'étanchéité (5) qui assurent l'étanchéité dudit premier caisson sous la force de la pression extérieure de l'eau.

13. Structure sous-marine de support et d'ancrage selon l'une
20 des revendications 10 à 12, caractérisée en ce qu'au moins lesdits panneaux latéraux (2a) et le panneau supérieur (2b) sont constitués de parois creuses constituant des troisièmes caissons plats (6) apportant une flottabilité additionnelle.

14. Structure sous-marine de support et d'ancrage selon l'une
25 des revendications 10 à 13, caractérisée en ce que ledit premier caisson s'étend sur une hauteur (H1) au moins égale à la moitié de la hauteur (H) de ladite tour depuis son extrémité inférieure, ledit premier caisson définissant un unique grand compartiment central non cloisonné.

15. Structure sous-marine de support et d'ancrage selon l'une
30 des revendications 10 à 14, caractérisée en ce que ladite tour comprend une plateforme supérieure (1d) supportant une cavité tubulaire supportant ou apte à recevoir la base du pylône (5a) d'une éolienne (5).

1/6

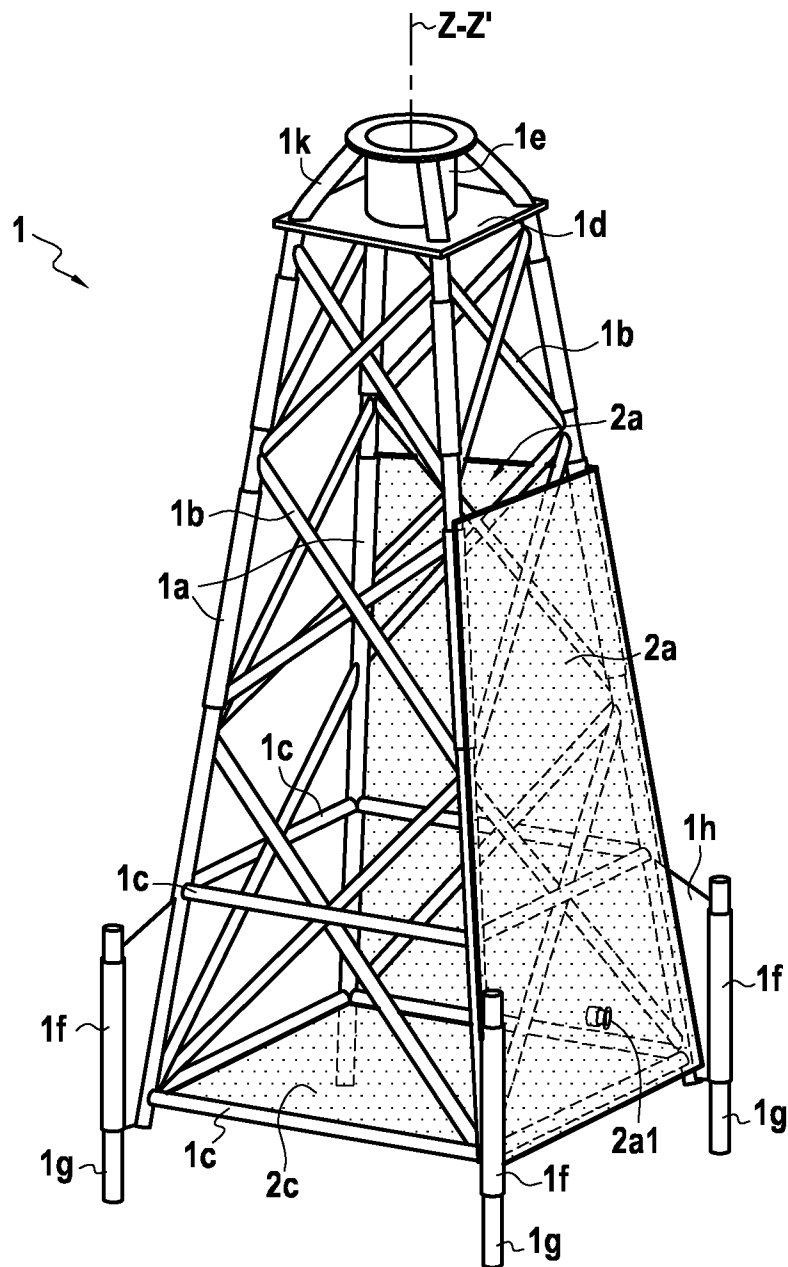


FIG.1

2/6

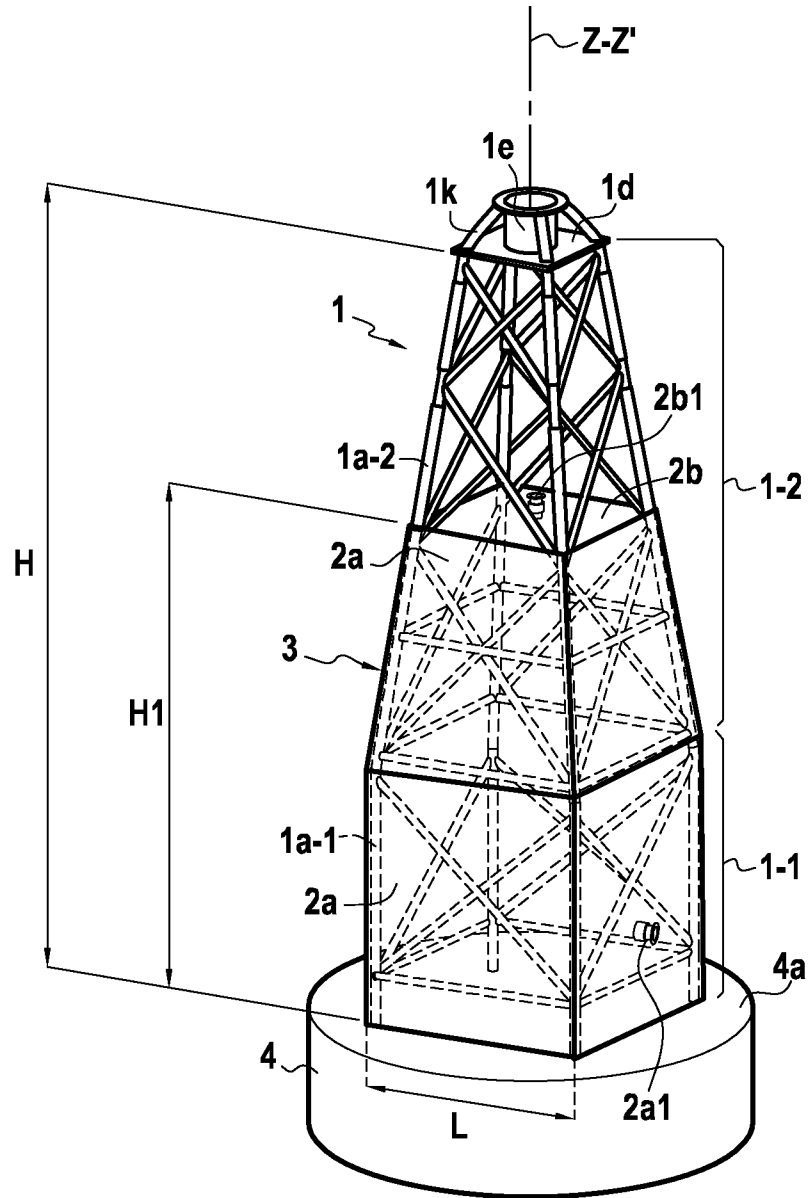
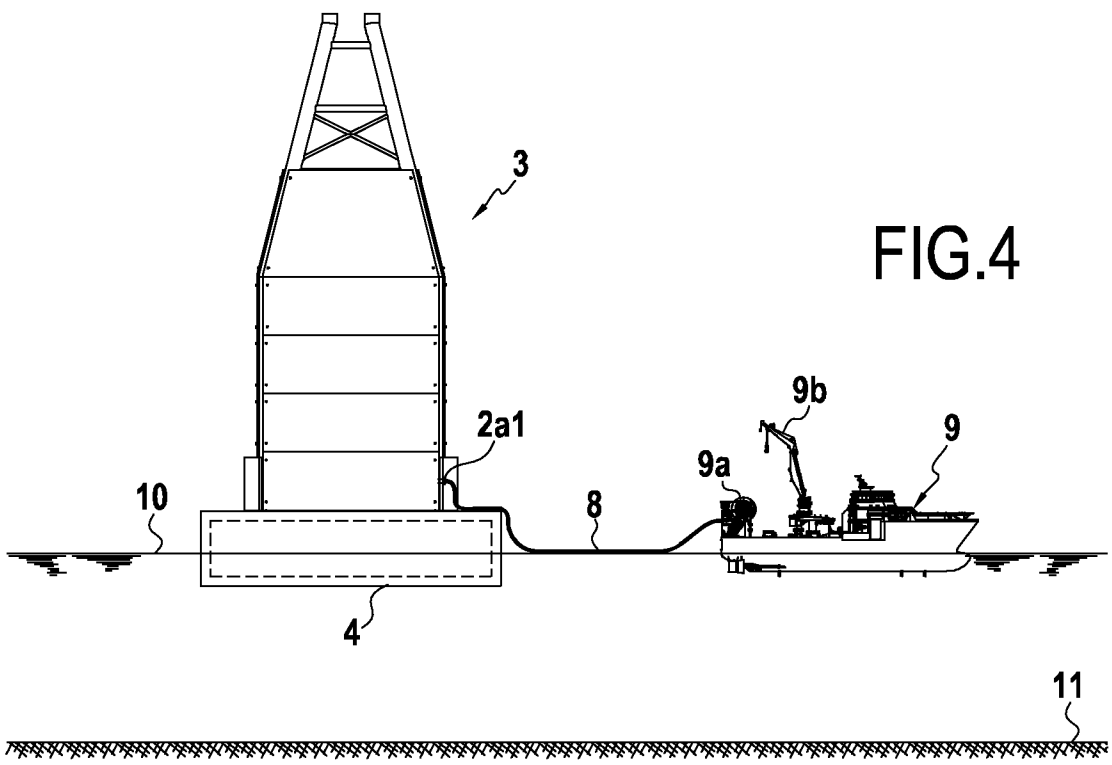
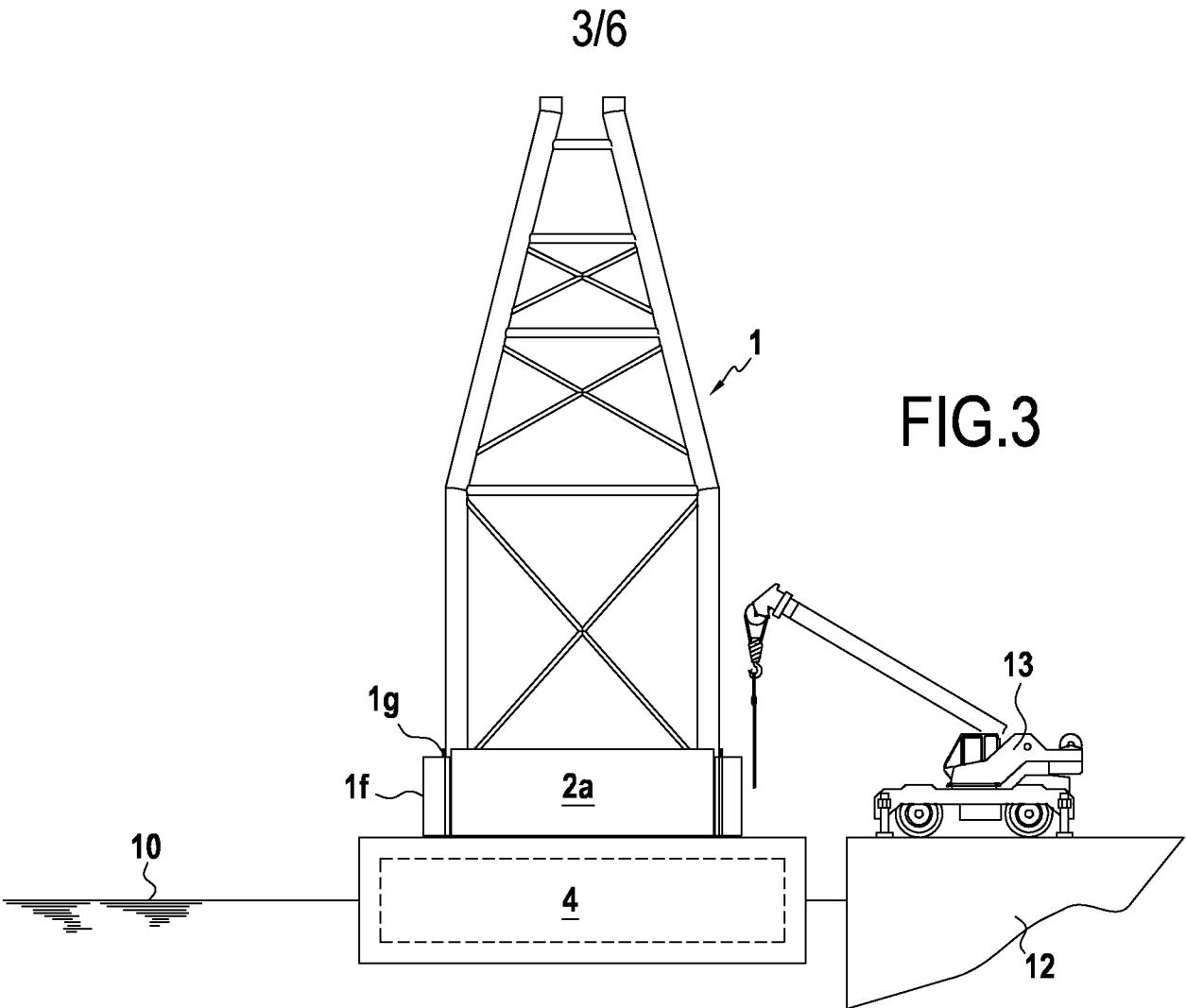


FIG.2



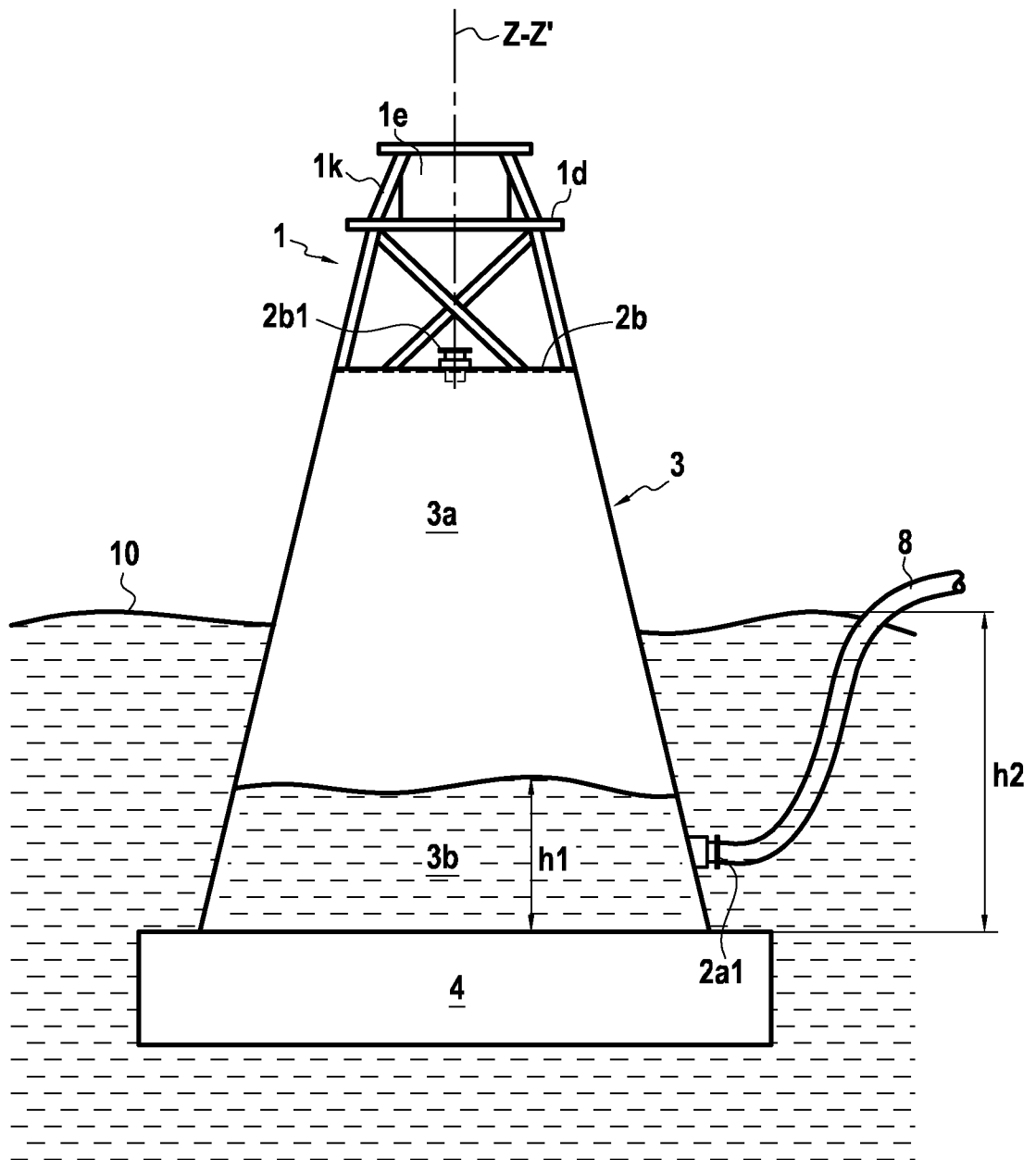


FIG.5

5/6

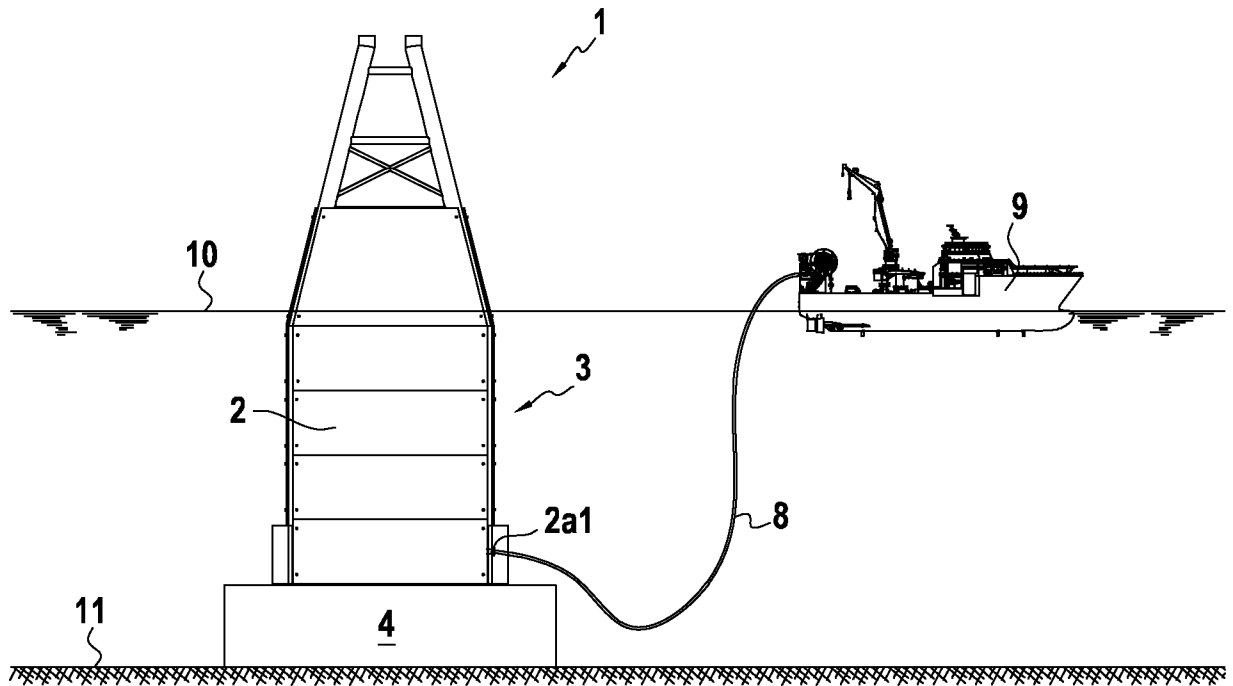


FIG. 6

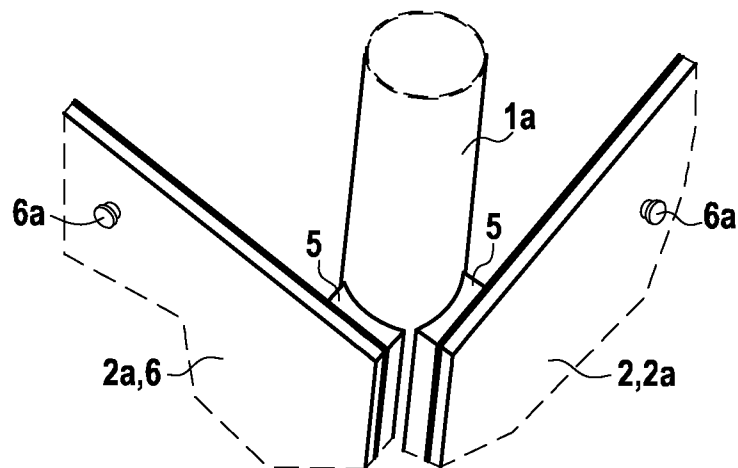
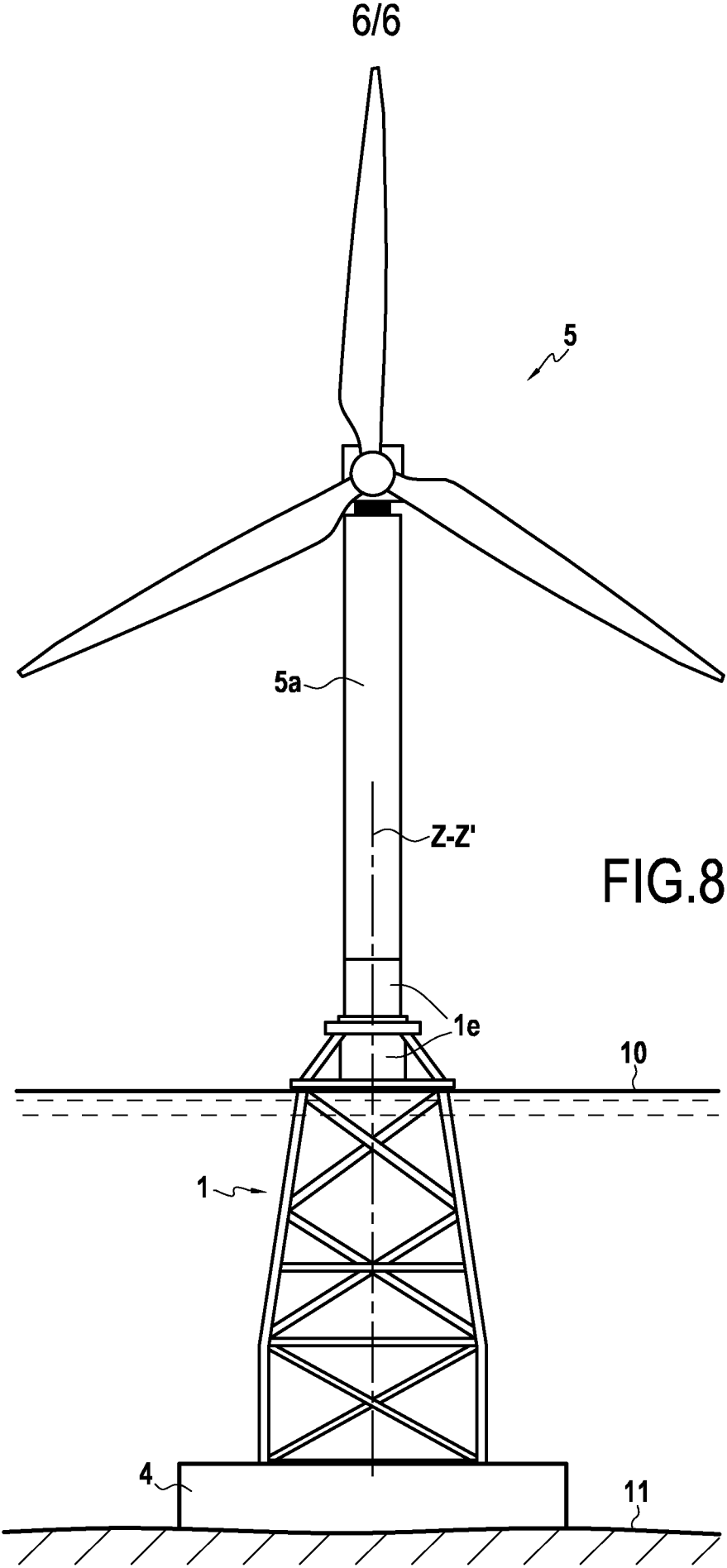


FIG. 7



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/FR2016/050340

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. B63B35/44 E02B17/02 E04H12/10
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 F03D E02B E04H

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	FR 2 472 631 A2 (DORIS DEV RICHESSE SOUS MARINE [FR]) 3 July 1981 (1981-07-03) page 12, line 20 - page 14, line 17; figures 23-30 -----	1-15
A	US 3 937 027 A (KOEHLER ALBERT M ET AL) 10 February 1976 (1976-02-10) column 12, line 30 - column 14, line 47; figures 6-11 -----	1-15
A	DE 20 2008 001606 U1 (PRASS GREGOR [DE]) 10 April 2008 (2008-04-10) paragraphs [0011] - [0035]; figures 1-3 -----	1-15
A	US 4 606 674 A (CAPRON MARK E [US]) 19 August 1986 (1986-08-19) column 7, line 29 - column 8, line 46; figures 8-10 ----- -/-	1-15



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

2 June 2016

Date of mailing of the international search report

27/06/2016

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

Brumer, Alexandre

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/FR2016/050340

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 01/34977 A1 (RINTA JOUPPI YRJÖE [FI]) 17 May 2001 (2001-05-17) cited in the application page 3, line 23 - page 6, line 6; figures 1-7 -----	1-15

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/FR2016/050340

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)		Publication date
FR 2472631	A2	03-07-1981	FR	2472631 A2		03-07-1981
			NO	822762 A		29-06-1981

US 3937027	A	10-02-1976	NONE			

DE 202008001606	U1	10-04-2008	NONE			

US 4606674	A	19-08-1986	AU	4291485 A		15-11-1985
			US	4606674 A		19-08-1986
			WO	8504924 A1		07-11-1985

WO 0134977	A1	17-05-2001	AT	361424 T		15-05-2007
			AU	770613 B2		26-02-2004
			AU	1150801 A		06-06-2001
			CA	2390884 A1		17-05-2001
			CN	1390280 A		08-01-2003
			DE	60034695 T2		17-01-2008
			DK	1228310 T3		10-09-2007
			EP	1228310 A1		07-08-2002
			ES	2286039 T3		01-12-2007
			HK	1052043 A1		21-07-2006
			PT	1228310 E		31-07-2007
			WO	0134977 A1		17-05-2001
			ZA	200203162 A		28-04-2004

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2016/050340

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. B63B35/44 E02B17/02 E04H12/10 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 F03D E02B E04H		
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		
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	FR 2 472 631 A2 (DORIS DEV RICHESSE SOUS MARINE [FR]) 3 juillet 1981 (1981-07-03) page 12, ligne 20 - page 14, ligne 17; figures 23-30 -----	1-15
A	US 3 937 027 A (KOEHLER ALBERT M ET AL) 10 février 1976 (1976-02-10) colonne 12, ligne 30 - colonne 14, ligne 47; figures 6-11 -----	1-15
A	DE 20 2008 001606 U1 (PRASS GREGOR [DE]) 10 avril 2008 (2008-04-10) alinéas [0011] - [0035]; figures 1-3 -----	1-15
A	US 4 606 674 A (CAPRON MARK E [US]) 19 août 1986 (1986-08-19) colonne 7, ligne 29 - colonne 8, ligne 46; figures 8-10 -----	1-15
-/-		
☒ 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		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale
2 juin 2016		27/06/2016
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 Brumer, Alexandre

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	WO 01/34977 A1 (RINTA JOUPPI YRJOE [FI]) 17 mai 2001 (2001-05-17) cité dans la demande page 3, ligne 23 - page 6, ligne 6; figures 1-7 -----	1-15

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2016/050340

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
FR 2472631 A2	03-07-1981	FR 2472631 A2	03-07-1981
		NO 822762 A	29-06-1981
US 3937027 A	10-02-1976	AUCUN	
DE 202008001606 U1	10-04-2008	AUCUN	
US 4606674 A	19-08-1986	AU 4291485 A	15-11-1985
		US 4606674 A	19-08-1986
		WO 8504924 A1	07-11-1985
WO 0134977 A1	17-05-2001	AT 361424 T	15-05-2007
		AU 770613 B2	26-02-2004
		AU 1150801 A	06-06-2001
		CA 2390884 A1	17-05-2001
		CN 1390280 A	08-01-2003
		DE 60034695 T2	17-01-2008
		DK 1228310 T3	10-09-2007
		EP 1228310 A1	07-08-2002
		ES 2286039 T3	01-12-2007
		HK 1052043 A1	21-07-2006
		PT 1228310 E	31-07-2007
		WO 0134977 A1	17-05-2001
		ZA 200203162 A	28-04-2004