

⑫

BREVET D'INVENTION

B1

⑤④ Flotteur semi-submersible à contrepoids pendulaire pour éolienne offshore et son procédé d'installation.

②② Date de dépôt : 02.06.23.

③③ Priorité :

⑥⑥ Références à d'autres documents nationaux apparentés :

☐ Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : *SAIPEM S.A. Société anonyme — FR.*

④③ Date de mise à la disposition du public de la demande : 06.12.24 Bulletin 24/49.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du brevet d'invention : 06.06.25 Bulletin 25/23.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de recherche :

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑦② Inventeur(s) : COLMARD Christophe.

⑦③ Titulaire(s) : SAIPEM S.A. Société anonyme.

⑦④ Mandataire(s) : Cabinet Beau de Loménie.

FR 3 149 292 - B1



Description

Titre de l'invention : Flotteur semi-submersible à contrepoids pendulaire pour éolienne offshore et son procédé d'installation

Domaine technique

[0001] La présente invention se rapporte au domaine général des flotteurs semi-submersibles équipés d'un contrepoids pendulaire pour éoliennes offshore. Elle concerne plus précisément un flotteur semi-submersible dont le mât de support de l'éolienne est fixé à la périphérie du flotteur, le centre de gravité étant corrigé par un système pendulaire.

Technique antérieure

[0002] Une éolienne offshore a pour but d'utiliser l'énergie du vent afin de produire de l'électricité grâce à une turbine et à un générateur électrique. Il existe deux principaux types d'éoliennes offshore : les éoliennes fixes qui sont implantées sur les fonds marins (à de faibles profondeurs typiquement inférieures à 50m), et les éoliennes flottantes qui offrent l'avantage de pouvoir être construites sur terre et implantées dans des zones où la profondeur des fonds marins dépasse typiquement 50m.

[0003] Les éoliennes flottantes qui sont concernées par la présente invention comprennent une turbine généralement formée par un moteur à plusieurs pales rotatives à axe horizontal et un générateur électrique accouplé au moteur, le moteur et le générateur étant fixés à une extrémité supérieure d'un mât (ou pylône) vertical. L'extrémité inférieure du mât est quant à elle montée sur une structure de support flottant.

[0004] Il existe plusieurs familles principales de structure de support flottant pour éolienne offshore : les flotteurs semi-submersibles, les flotteurs immergés avec câbles tendus (ou plateformes « TLP » pour « Tension-Leg Platform » en anglais), les flotteurs de type « SPAR » (pour « Single Point Anchor Reservoir »), les flotteurs semi-submersibles de type « barge », et les flotteurs semi-submersibles avec un contrepoids pendulaire.

[0005] Les flotteurs semi-submersibles constituent le modèle de flotteur le plus répandu actuellement. Il s'agit d'une fondation en acier ou en béton qui se présente généralement sous la forme d'un trépied avec trois colonnes cylindriques (ou quatre) reliées entre elles par des structures métalliques. La stabilité de la structure est assurée grâce à un contrepoids qui permet l'immersion d'une partie de la fondation. Cette structure est caractérisée par sa grande taille et son tirant d'eau réduit.

[0006] Les flotteurs semi-submersibles de type pendulaire comprennent typiquement un contrepoids qui est immobilisé sous le flotteur par des tendons. Ce contrepoids permet d'abaisser le centre de gravité pour stabiliser l'ensemble sans avoir besoin de nombreux éléments de flottabilité au niveau de la surface libre du flotteur.

[0007] Par ailleurs, les flotteurs semi-submersibles ont généralement leur pièce de transition, c'est à dire l'endroit où le mât de support de l'éolienne est fixé, au centre géométrique du flotteur afin de présenter un volume de flottabilité optimisé. Cependant, un tel centrage du mât rend l'accès à l'éolienne souvent compliqué et nécessite des grues de grande capacité pour l'installation de la nacelle et du mât en raison du grand rayon de la grue nécessaire.

[0008] Il est connu de recourir à des flotteurs semi-submersibles ayant leur pièce de transition en périphérie de la structure afin de grandement simplifier l'accès à l'éolienne. Toutefois, le volume de la coque de tels flotteurs est le plus souvent moins bien optimisé car il est nécessaire d'avoir une compensation symétrique en poids et en flottabilité du côté opposé au mât pour équilibrer le poids de l'éolienne.

Exposé de l'invention

[0009] L'invention a pour objet de proposer une structure de flotteur semi-submersible qui présente les avantages des flotteurs à pièce de transition excentrée sans en présenter les inconvénients.

[0010] Conformément à l'invention, ce but est atteint grâce à un flotteur semi-submersible à contrepoids pendulaire pour éolienne offshore, comprenant :

- deux structures tubulaires qui comprennent chacune trois branches tubulaires formant un triangle rectangle avec une branche horizontale, une branche verticale et une branche en diagonale, les structures tubulaires étant assemblées entre elles par leur branche verticale respective pour former un pylône destiné à être aligné avec un axe d'un mât de l'éolienne, les sommets respectifs des structures tubulaires qui sont opposés au pylône étant espacés l'un de l'autre d'un angle compris entre 25° et 80° ;
- un tube de connexion reliant les branches horizontales ou les branches en diagonale des deux structures tubulaires ; et
- un contrepoids fixé par trois tendons aux deux structures tubulaires, d'une part au niveau du pylône, et d'autre part au niveau de leurs sommets opposés au pylône, la longueur du tendon fixé au pylône étant supérieure à la longueur des deux autres tendons de façon, en situation, à éloigner le contrepoids de l'axe du mât de l'éolienne pour contrebalancer le poids de l'éolienne.

[0011] Le flotteur selon l'invention présente une pièce de transition (c'est à dire l'endroit où le mât de support de l'éolienne est fixé) qui est excentrée par rapport à son centre géométrique. Une telle géométrie du flotteur permet de simplifier grandement l'accès à l'éolienne, notamment pour son installation et sa maintenance.

[0012] Par ailleurs, l'invention utilise les avantages du contrepoids pour stabiliser le flotteur en abaissant le centre de gravité de celui-ci, mais également en modifiant fortement le

centre de gravité dans la direction horizontale pour compenser l'excentricité des masses du mât et de l'éolienne. Ainsi, le contrepoids nécessaire à la stabilité est également utilisé pour corriger fortement la position horizontale du centre de gravité. Le contrepoids étant environ deux fois plus lourd sous l'eau que le poids du mât et de la nacelle, il n'est pas nécessaire de trop décaler le contrepoids pour obtenir une correction de l'assiette.

- [0013] En outre, le flotteur selon l'invention a peu d'éléments de flottabilité sur la surface libre comme les flotteurs à contrepoids pendulaire traditionnels, ce qui rend le flotteur presque transparent à la houle, mais avec un mât qui est localisé à la périphérie du flotteur comme certains semi-submersibles, ce qui est très pratique pour installer l'éolienne et pour amarrer le flotteur lorsqu'il est en phase de production.
- [0014] Selon un mode de réalisation, le flotteur comprend en outre un connecteur comprenant une plateforme supérieure et une plateforme inférieure sur lesquelles sont montées les extrémités respectives des branches verticales des deux structures tubulaires, les plateformes étant reliées entre elles par un tube vertical afin d'augmenter la flottabilité du pylône.
- [0015] Selon un autre mode de réalisation, les branches verticales des deux structures tubulaires forment une seule et même pièce qui est destinée à recevoir le mât de l'éolienne.
- [0016] Selon encore un autre mode de réalisation, le flotteur comprend en outre un connecteur inférieur sur lequel sont montées des extrémités inférieures des branches verticales des deux structures tubulaires afin d'assurer leur maintien et une reprise des efforts, et un connecteur supérieur sur lequel sont montées des extrémités supérieures des branches verticales des deux structures tubulaires, le connecteur supérieur étant destiné à recevoir le mât de l'éolienne.
- [0017] De préférence, les trois tendons fixés au contrepoids sont doublés.
- [0018] De préférence également, le tube de connexion est positionné de façon à qu'il soit à moitié immergé lors de la phase de transport du flotteur afin d'en améliorer la stabilité.
- [0019] Au moins l'une des branches des deux structures tubulaires peut être munie d'éléments de flottaison.
- [0020] Le tube de connexion peut être fixé aux branches des deux structures tubulaires par soudage ou par un système de fixation par goupille.
- [0021] Dans un mode de réalisation, le tube de connexion est fixé aux extrémités des branches horizontales ou des branches en diagonale des deux structures tubulaires qui sont opposées au pylône.
- [0022] En particulier, le tube de connexion peut être fixé aux extrémités des branches en diagonale des deux structures tubulaires en étant positionné entre deux tubes verticaux montés aux extrémités des branches en diagonale.

- [0023] Dans un autre mode de réalisation, le tube de connexion est fixé aux branches horizontales ou aux branches en diagonale des deux structures tubulaires entre leurs extrémités respectives.
- [0024] Dans cet autre mode de réalisation, les sommets des deux structures tubulaires qui sont opposés au pylône sont avantageusement munis de bouées de flottaison de type crayon.
- [0025] L'invention a également pour objet un procédé d'installation d'un flotteur selon l'invention dont le tube de connexion est fixé aux extrémités des branches horizontales des deux structures tubulaires qui sont opposées au pylône, le procédé comprenant le remorquage du flotteur jusqu'à son site d'installation en maintenant le contrepoids flottant dans la zone de forme triangulaire délimitée par des branches horizontales des structures tubulaires et par le tube de connexion, puis la descente du contrepoids sous les structures tubulaires.
- [0026] Dans ce procédé, pendant le remorquage du flotteur, le contrepoids flottant peut être maintenu dans la zone de forme triangulaire à l'aide de lignes de remorquage ou des chaînes de ballastage.
- [0027] Toujours dans ce procédé, lorsqu'immobilisé sous les structures tubulaires par les tendons sous tension, le contrepoids peut être désaligné de l'axe du mât de l'éolienne et abaisser le centre de gravité du flotteur, ce désalignement permettant d'obtenir un centre de gravité global centré horizontalement sur le centre de poussée global permettant ainsi de stabiliser l'éolienne verticalement.
- [0028] L'invention a encore pour objet un procédé d'installation d'un flotteur selon l'invention dont le tube de connexion est fixé aux extrémités des branches horizontales des deux structures tubulaires qui sont opposées au pylône, le procédé comprenant le remorquage du flotteur jusqu'à son site d'installation, suivi de l'installation du contrepoids coulant par une barge munie d'une grue en faisant descendre le contrepoids au travers de la zone de forme triangulaire délimitée par les branches horizontales respectives des structures tubulaires et par le tube de connexion, le contrepoids étant préalablement fixé aux deux structures tubulaires par les tendons.
- [0029] Dans ce procédé, le tube de connexion peut être escamoté lors de l'installation du contrepoids afin de faciliter le passage de celui-ci au travers de la zone de forme triangulaire.
- [0030] L'invention a encore pour objet un procédé d'installation d'un flotteur selon l'invention dont le tube de connexion est fixé aux branches horizontales ou aux branches en diagonale des deux structures tubulaires entre leurs extrémités respectives, le procédé comprenant le remorquage du flotteur jusqu'à son site d'installation, suivi de l'installation du contrepoids coulant par une barge munie d'une grue ou d'un treuil en faisant descendre verticalement le contrepoids à l'extérieur d'une zone de forme tri-

angulaire délimitée par les branches horizontales respectives des structures tubulaires et par le tube de connexion, le contrepoids étant préalablement fixé aux deux structures tubulaires par les tendons.

Brève description des dessins

- [0031] [Fig.1] La [Fig.1] est une vue en perspective d'un flotteur selon un mode de réalisation de l'invention.
- [0032] [Fig.2] La [Fig.2] est une vue en perspective d'un flotteur selon un autre mode de réalisation de l'invention.
- [0033] [Fig.3] La [Fig.3] est une vue en perspective d'un flotteur selon encore un autre mode de réalisation de l'invention.
- [0034] [Fig.4] La [Fig.4] illustre une mise en œuvre d'un procédé d'installation du flotteur selon l'invention dont le tube de connexion est fixé aux extrémités des branches horizontales des deux structures tubulaires qui sont opposées au pylône.
- [0035] [Fig.5] La [Fig.5] illustre une variante de mise en œuvre du procédé d'installation du flotteur selon l'invention.
- [0036] [Fig.6] La [Fig.6] illustre une autre variante de mise en œuvre du procédé d'installation du flotteur selon l'invention.
- [0037] [Fig.7] La [Fig.7] illustre une mise en œuvre du procédé d'installation du flotteur selon l'invention dont le tube de connexion est fixé entre les extrémités respectives des branches horizontales des deux structures tubulaires.
- [0038] [Fig.8] La [Fig.8] une vue en perspective d'un flotteur selon encore un autre mode de réalisation de l'invention.

Description des modes de réalisation

- [0039] La [Fig.1] représente en perspective un flotteur 2a semi-submersible à contrepoids pendulaire pour éolienne offshore selon un premier mode de réalisation de l'invention.
- [0040] Le flotteur 2a selon l'invention comprend deux structures tubulaires identiques 4 qui comprennent chacune trois branches tubulaires formant un triangle rectangle, à savoir : une branche horizontale 6, une branche verticale 8, et une branche en diagonale 10.
- [0041] Les deux structures tubulaires 4 sont assemblées l'une à l'autre par leur branche verticale 8 respective pour former un pylône destiné à être aligné avec un axe vertical X-X du mât 12 de l'éolienne.
- [0042] De plus, les sommets respectifs des deux structures tubulaires 4 qui sont opposés au pylône sont espacés l'un de l'autre d'un angle α compris entre 25° et 80°, et de préférence de l'ordre de 40°.
- [0043] Le flotteur 2a selon l'invention comprend également un tube de connexion 14 qui relie les branches en diagonale 10 respectives des deux structures tubulaires 4 entre elles. Alternativement, le tube de connexion pourrait relier les branches horizontales 6

entre elles.

- [0044] Par ailleurs, le tube de connexion 14 peut être fixé aux extrémités des branches en diagonale 10 (ou des branches horizontales) des deux structures tubulaires qui sont opposées au pylône (cas des modes de réalisation des figures 1 à 6) ou être fixé aux branches horizontales 6 (ou aux branches en diagonale) des deux structures tubulaires entre leurs extrémités respectives (cas du mode de réalisation de la [Fig.7]).
- [0045] La fixation du tube de connexion 14 sur les branches des structures tubulaires qu'il relie peut être réalisée par soudage ou par un système de fixation par goupille (ou « pin and hole » en anglais). Avec un tel système de fixation par goupille, les pitons (ou « padeye » en anglais) sont préfabriqués mais leur perçage pour faire passer les goupilles de fixation sont réalisées lors de l'assemblage du tube de connexion.
- [0046] Ce tube de connexion 14 permet à la fois de connecter les deux structures tubulaires 4 entre elles, mais il joue également le rôle de flotteur de stabilisation lorsque le contrepoids du flotteur n'est pas encore suspendu aux structures tubulaires (typiquement pendant les phases de remorquage du flotteur).
- [0047] Le flotteur 2a selon l'invention comprend encore un contrepoids 16 qui est fixé par trois tendons aux deux structures tubulaires 4 : d'une part au niveau du pylône par un premier tendon 18-1, et d'autre part au niveau de leurs sommets opposés au pylône par deux autres tendons 18-2.
- [0048] Compte-tenu de l'excentricité du mât 12 de l'éolienne par rapport au centre de gravité des deux structures tubulaires 4, il est nécessaire d'éloigner le contrepoids 16 de l'axe X-X du mât de l'éolienne pour contrebalancer le poids de l'éolienne et assurer ainsi une stabilité du flotteur. A cet effet, il est prévu que la longueur du premier tendon 18-1 fixé au pylône est supérieure à la longueur des deux autres tendons 18-2.
- [0049] Par ailleurs, dans ce premier mode de réalisation de l'invention, le flotteur 2a comprend en outre un connecteur inférieur 20 sur lequel sont montées les extrémités inférieures des branches verticales 8 respectives des deux structures tubulaires 4, ainsi qu'un connecteur supérieur 22 sur lequel sont montées les extrémités supérieures de ces branches verticales.
- [0050] Ces connecteurs inférieur 20 et supérieur 22 ont pour fonction d'assurer le maintien des structures tubulaires entre elles, ainsi qu'une reprise des efforts. De plus, le connecteur supérieur 22 est également destiné à recevoir le mât 12 de l'éolienne.
- [0051] La [Fig.2] représente en perspective un flotteur 2b semi-submersible à contrepoids pendulaire pour éolienne offshore selon un deuxième mode de réalisation de l'invention.
- [0052] Le flotteur 2b selon ce mode de réalisation se distingue de celui précédemment décrit notamment par l'assemblage des structures tubulaires 4 entre elles.
- [0053] En effet, dans ce deuxième mode de réalisation, les branches verticales respectives

des deux structures tubulaires forment une seule et même pièce 24 qui est destinée à recevoir dans sa partie supérieure le mât 12 de l'éolienne.

[0054] La [Fig.3] représente en perspective un flotteur 2c semi-submersible à contrepoids pendulaire pour éolienne offshore selon un troisième mode de réalisation de l'invention.

[0055] Le flotteur 2c selon ce troisième mode de réalisation se distingue de ceux précédemment décrits par l'assemblage des structures tubulaires 4 entre elles.

[0056] Le flotteur 2c selon ce mode de réalisation comprend en outre un connecteur 26 formé d'une plateforme supérieure 28 sur laquelle sont fixées les extrémités supérieures des branches verticales 8 des deux structures tubulaires et d'une plateforme inférieure 30 sur lesquelles sont fixées les extrémités inférieures des branches verticales des deux structures tubulaires.

[0057] Par ailleurs, les plateformes 28, 30 du connecteur sont reliées entre elles par un tube vertical 32 permettant d'augmenter la flottabilité du pylône.

[0058] Quel que soit le mode de réalisation, les trois tendons 18-1, 18-2 fixés au contrepoids 16 sont avantageusement doublés afin d'augmenter la sécurité si l'un des tendons lâche.

[0059] De plus, au moins l'une des branches des deux structures tubulaires du flotteur selon l'invention est avantageusement munie d'éléments de flottaison. Ainsi, dans les modes de réalisation des figures 2 et 3, les branches horizontales 6 respectives des deux structures tubulaires du flotteur 2b, 2c sont chacune munies d'éléments de flottaison 34 (de type bouées). Ces éléments de flottaison peuvent envelopper la branche horizontale ou bien être fixés sur son pourtour comme représenté sur la [Fig.4].

[0060] En liaison avec la [Fig.4], on décrira un mode de mise en œuvre d'un procédé d'installation du flotteur 2a selon le premier mode de réalisation de l'invention.

[0061] Le procédé d'installation consiste à remorquer le flotteur 2a jusqu'à son site d'installation en maintenant le contrepoids 16 dans un état flottant dans une zone Z de forme triangulaire délimitée par les deux branches horizontales 6 des structures tubulaires et par le tube de connexion 14.

[0062] Ainsi, le contrepoids 16 peut flotter à l'intérieur du flotteur 2a avec une grande marge. Cette grande marge est nécessaire pour éviter que le contrepoids ne touche le flotteur pendant le remorquage.

[0063] Pendant le remorquage du flotteur, le contrepoids flottant peut être maintenu dans cette zone de forme triangulaire à l'aide de lignes de remorquage ou des chaînes de ballastage (non représentées sur la [Fig.4]).

[0064] Il est ainsi possible de connecter les tendons 18-1, 18-2 au flotteur et au contrepoids 16 dans un endroit abrité, tel qu'un port, puis de remorquer le flotteur jusqu'à son site d'installation, puis de descendre le contrepoids sous le flotteur en le ballastant.

- [0065] Lorsqu'il est immobilisé sous le flotteur, le contrepoids 16 est désaligné de l'axe X-X du mât 12 de l'éolienne et abaisse le centre de gravité du flotteur, ce désalignement permettant d'obtenir un centre de gravité global centré horizontalement sur le centre de poussée global permettant ainsi de stabiliser l'éolienne verticalement.
- [0066] En liaison avec la [Fig.5], on décrira un autre mode de mise en œuvre du procédé d'installation du flotteur 2a.
- [0067] Dans cet autre mode de réalisation, le flotteur 2a sans son contrepoids est remorqué jusqu'à son site d'installation. Le contrepoids 16 est transporté en parallèle sur une barge 36. Il n'est pas nécessairement flottant.
- [0068] Une fois parvenu à la zone d'installation du flotteur, le contrepoids 16, dans un état coulant et préalablement fixé aux deux structures tubulaires par les tendons 18-1, 18-2, est descendu par une grue 38 montée sur la barge 36 en le faisant passer par-dessus le tube de connexion 14 puis au travers de la zone de forme triangulaire délimitée par les deux branches horizontales 6 des structures tubulaires et par le tube de connexion.
- [0069] Dans une variante de réalisation représentée par la [Fig.6], le tube de connexion est escamoté lors de l'installation du contrepoids 16 de façon à faciliter le passage de celui-ci au travers de la zone de forme triangulaire.
- [0070] En liaison avec la [Fig.7], on décrira encore un autre mode de mise en œuvre du procédé d'installation du flotteur selon l'invention.
- [0071] Dans ce mode de réalisation, le tube de connexion 14 du flotteur 2d est fixé aux branches horizontales 6 des deux structures tubulaires 4 entre leurs extrémités respectives.
- [0072] Cette disposition particulière du tube de connexion présente l'avantage que le contrepoids 16 du flotteur peut être descendu à l'extérieur (et non à l'intérieur) de la zone de forme triangulaire délimitée par les deux branches horizontales des structures tubulaires et par le tube de connexion.
- [0073] Ainsi, ce procédé d'installation prévoit le remorquage du flotteur jusqu'à son site d'installation, suivi de l'installation du contrepoids 16 (dans un état coulant) par une barge 36 munie d'un simple treuil 40 (ou d'une grue) en faisant descendre verticalement le contrepoids à l'extérieur de la zone Z de forme triangulaire délimitée par les branches horizontales des structures tubulaires et par le tube de connexion.
- [0074] Préalablement à sa descente, le contrepoids 16 est fixé aux deux structures tubulaires du flotteur par les tendons 18-1, 18-2.
- [0075] Par ailleurs, afin d'améliorer la stabilité du flotteur lors de son remorquage, les sommets des deux structures tubulaires 4 qui sont opposés au pylône sont avantageusement munis de bouées de flottaison 42 de type crayon.
- [0076] La [Fig.8] représente en perspective un flotteur 2e semi-submersible à contrepoids pendulaire pour éolienne offshore selon encore un autre mode de réalisation de

l'invention.

- [0077] Ce mode de réalisation se distingue de celui décrit en liaison avec la [Fig.1] en ce que le tube de connexion 14 qui relie les branches en diagonale 10 respectives des deux structures tubulaires entre elles est positionné entre deux tubes verticaux 44 montés aux extrémités des branches en diagonale. Un système de bridage vertical additionnel (non représenté) permet de fixer le tube de connexion 14 aux branches en diagonale 10.
- [0078] Ces tubes verticaux 44 permettent de simplifier la fixation du tube de connexion 14 et d'augmenter sensiblement la stabilité du flotteur en phase de remorquage.

Revendications

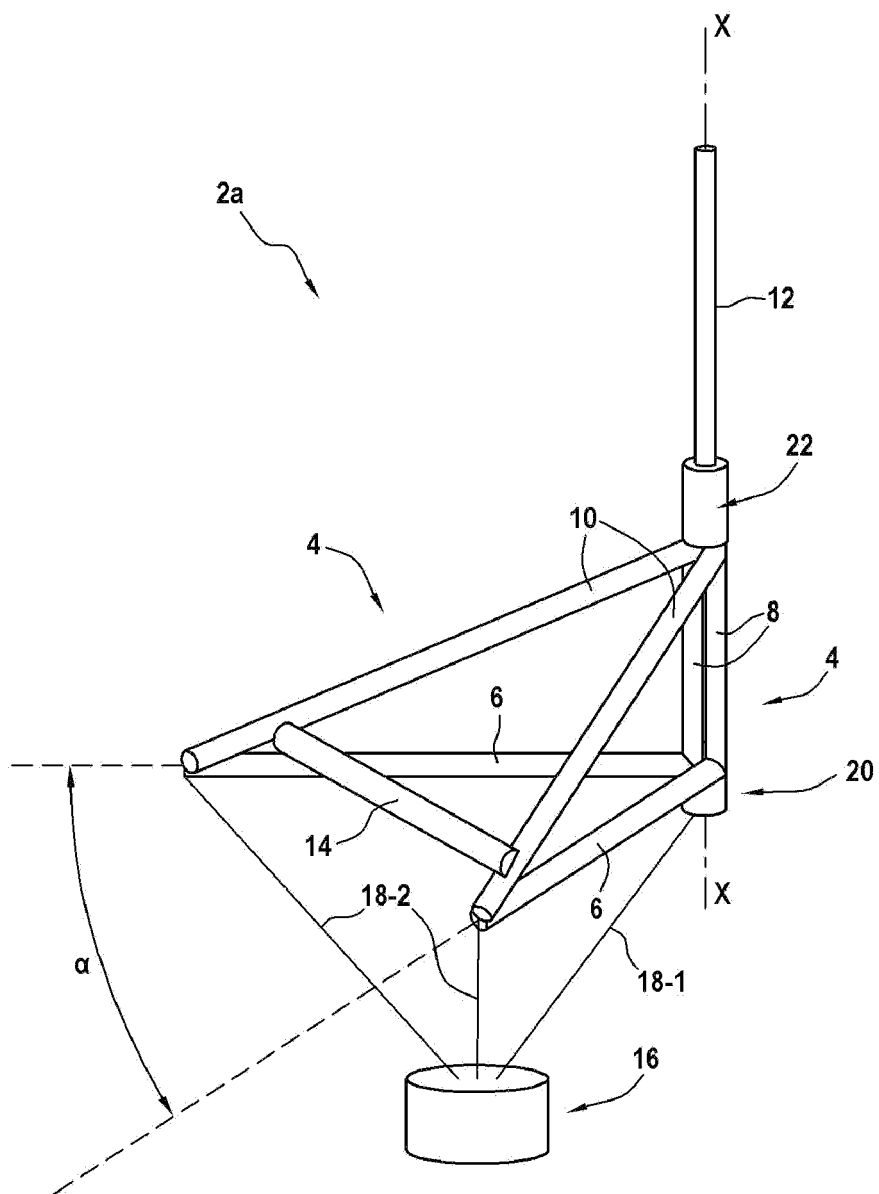
- [Revendication 1] Flotteur (2a à 2d) semi-submersible à contrepoids pendulaire pour éolienne offshore, comprenant :
- deux structures tubulaires (4) qui comprennent chacune trois branches tubulaires formant un triangle rectangle avec une branche horizontale (6), une branche verticale (8) et une branche en diagonale (10), les structures tubulaires étant assemblées entre elles par leur branche verticale (8) respective pour former un pylône destiné à être aligné avec un axe (X-X) d'un mât (12) de l'éolienne, les sommets respectifs des structures tubulaires qui sont opposés au pylône étant espacés l'un de l'autre d'un angle (α) compris entre 25° et 80° ;
 - un tube de connexion (14) reliant les branches horizontales ou les branches en diagonale des deux structures tubulaires (4) ;
et
 - un contrepoids (16) fixé par trois tendons aux deux structures tubulaires, d'une part au niveau du pylône, et d'autre part au niveau de leurs sommets opposés au pylône, la longueur du tendon (18-1) fixé au pylône étant supérieure à la longueur des deux autres tendons (18-2) de façon, en situation, à éloigner le contrepoids de l'axe du mât de l'éolienne pour contrebalancer le poids de l'éolienne.
- [Revendication 2] Flotteur (2c) selon la revendication 1, comprenant en outre un connecteur (26) comprenant une plateforme supérieure (28) et une plateforme inférieure (30) sur lesquelles sont montées les extrémités respectives des branches verticales (8) des deux structures tubulaires (4), les plateformes étant reliées entre elles par un tube vertical (32) afin d'augmenter la flottabilité du pylône.
- [Revendication 3] Flotteur (2b) selon la revendication 1, dans lequel les branches verticales (8) des deux structures tubulaires (4) forment une seule et même pièce (24) qui est destinée à recevoir le mât (12) de l'éolienne.
- [Revendication 4] Flotteur (2a) selon la revendication 1, comprenant en outre un connecteur inférieur (20) sur lequel sont montées des extrémités inférieures des branches verticales (8) des deux structures tubulaires (4) afin d'assurer leur maintien et une reprise des efforts, et un connecteur

- supérieur (22) sur lequel sont montées des extrémités supérieures des branches verticales des deux structures tubulaires, le connecteur supérieur étant destiné à recevoir le mât (12) de l'éolienne.
- [Revendication 5] Flotteur selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel les trois tendons (18-1, 18-2) fixés au contrepoids (16) sont doublés.
- [Revendication 6] Flotteur selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel le tube de connexion (14) est positionné de façon à qu'il soit à moitié immergé lors de la phase de transport du flotteur afin d'en améliorer la stabilité.
- [Revendication 7] Flotteur selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, dans lequel au moins l'une des branches des deux structures tubulaires est munie d'éléments de flottaison.
- [Revendication 8] Flotteur selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, dans lequel le tube de connexion (14) est fixé aux branches des deux structures tubulaires par soudage ou par un système de fixation par goupille.
- [Revendication 9] Flotteur selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, dans lequel le tube de connexion (14) est fixé aux extrémités des branches horizontales (6) ou des branches en diagonale (10) des deux structures tubulaires qui sont opposées au pylône.
- [Revendication 10] Flotteur (2e) selon la revendication 9, dans lequel le tube de connexion (14) est fixé aux extrémités des branches en diagonale (10) des deux structures tubulaires en étant positionné entre deux tubes verticaux (44) montés aux extrémités des branches en diagonale.
- [Revendication 11] Flotteur selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, dans lequel le tube de connexion (14) est fixé aux branches horizontales (6) ou aux branches en diagonale (10) des deux structures tubulaires entre leurs extrémités respectives.
- [Revendication 12] Flotteur selon la revendication 11, dans lequel les sommets des deux structures tubulaires qui sont opposés au pylône sont munis de bouées de flottaison (42) de type crayon.
- [Revendication 13] Procédé d'installation d'un flotteur selon l'une des revendications 9 et 10, comprenant le remorquage du flotteur jusqu'à son site d'installation en maintenant le contrepoids flottant dans une zone de forme triangulaire délimitée par les branches horizontales des structures tubulaires et par le tube de connexion, puis la descente du contrepoids sous les structures tubulaires.
- [Revendication 14] Procédé selon la revendication 13, dans lequel, pendant le remorquage du flotteur, le contrepoids flottant est maintenu dans la zone de forme

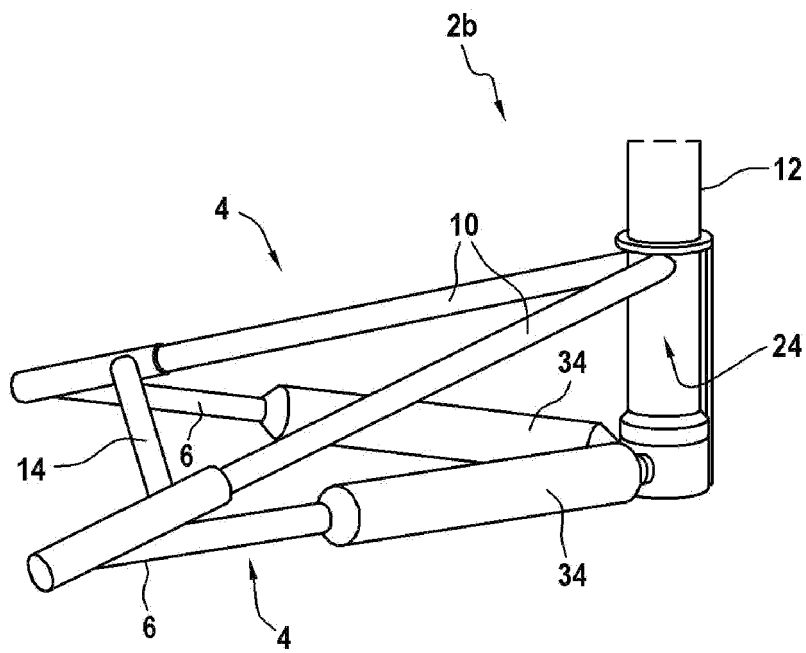
triangulaire à l'aide de lignes de remorquage ou des chaînes de ballastage.

- [Revendication 15] Procédé selon l'une des revendications 13 et 14, dans lequel, lorsqu'immobilisé sous les structures tubulaires, le contrepoids est désaligné de l'axe du mât de l'éolienne et abaisse le centre de gravité du flotteur, ce désalignement permettant d'obtenir un centre de gravité global centré horizontalement sur le centre de poussée global permettant ainsi de stabiliser l'éolienne verticalement.
- [Revendication 16] Procédé d'installation d'un flotteur selon l'une des revendications 9 et 10, comprenant le remorquage du flotteur jusqu'à son site d'installation, suivi de l'installation du contrepoids coulant par une barge munie d'une grue en faisant descendre le contrepoids au travers d'une zone de forme triangulaire délimitée par les branches horizontales respectives des structures tubulaires et par le tube de connexion, le contrepoids étant préalablement fixé aux deux structures tubulaires par les tendons.
- [Revendication 17] Procédé selon la revendication 16, dans lequel le tube de connexion est escamoté lors de l'installation du contrepoids afin de faciliter le passage de celui-ci au travers de la zone de forme triangulaire.
- [Revendication 18] Procédé d'installation d'un flotteur selon l'une des revendications 11 et 12, comprenant le remorquage du flotteur jusqu'à son site d'installation, suivi de l'installation du contrepoids coulant par une barge munie d'une grue ou d'un treuil en faisant descendre verticalement le contrepoids à l'extérieur d'une zone de forme triangulaire délimitée par les branches horizontales respectives des structures tubulaires et par le tube de connexion, le contrepoids étant préalablement fixé aux deux structures tubulaires par les tendons.

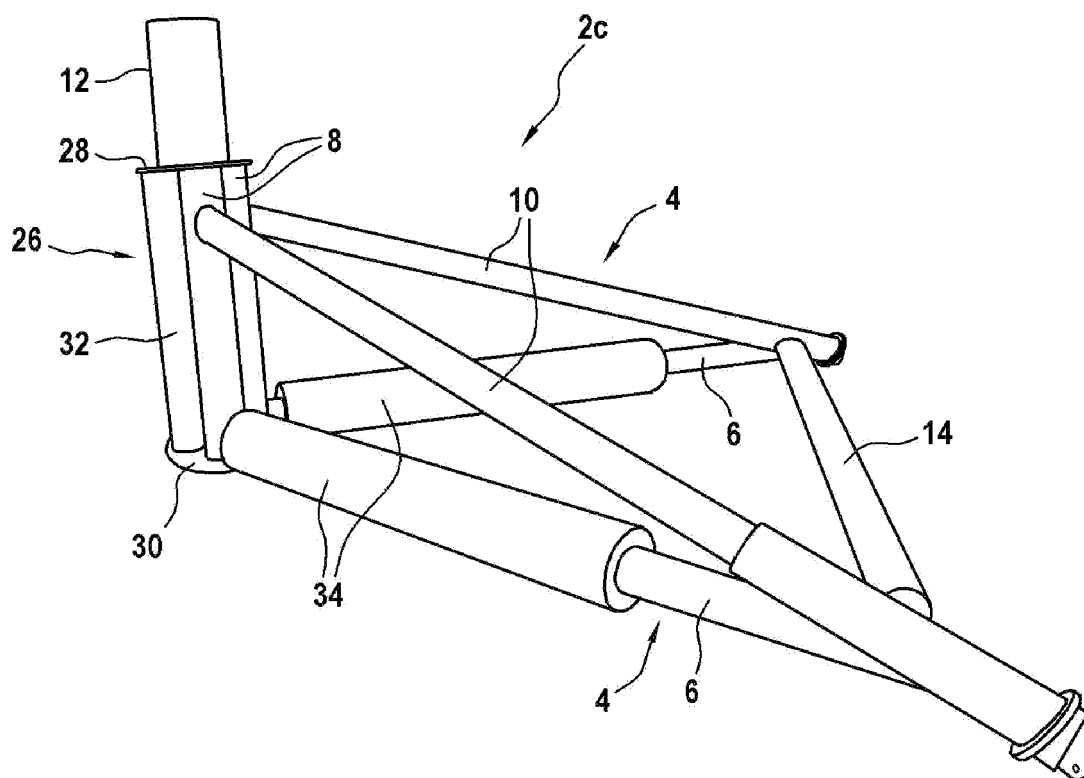
[Fig. 1]



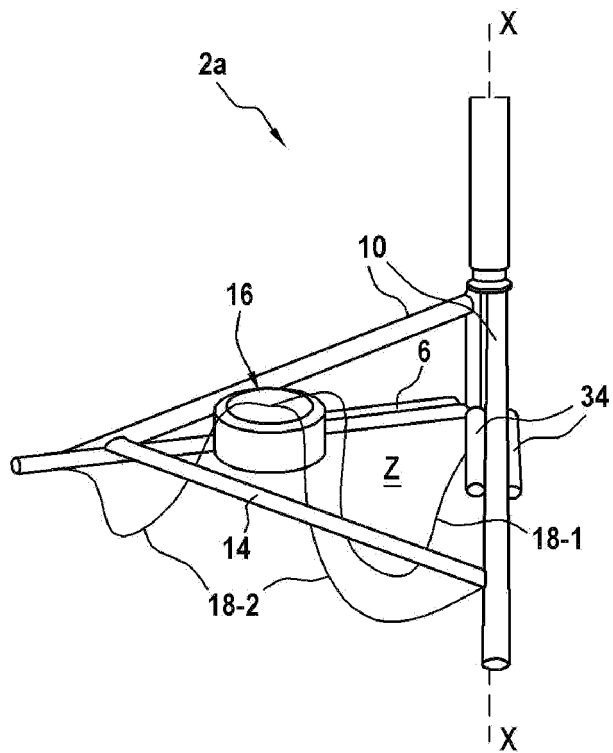
[Fig. 2]



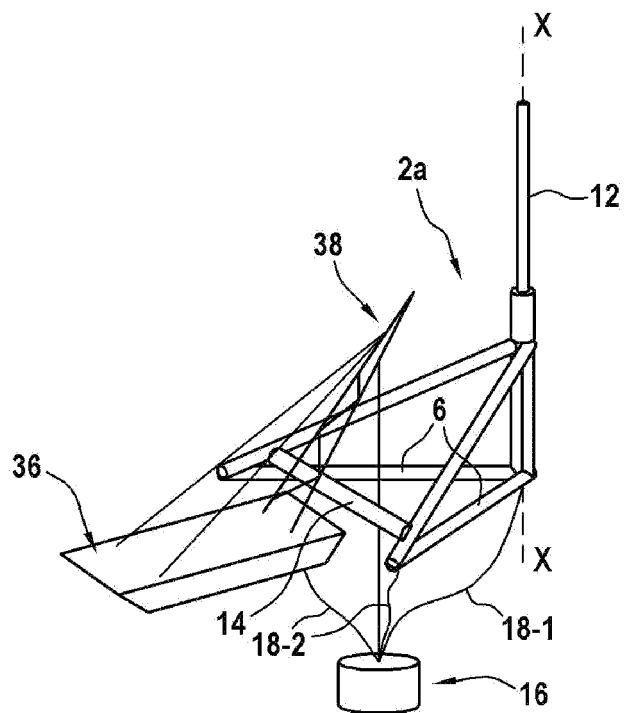
[Fig. 3]



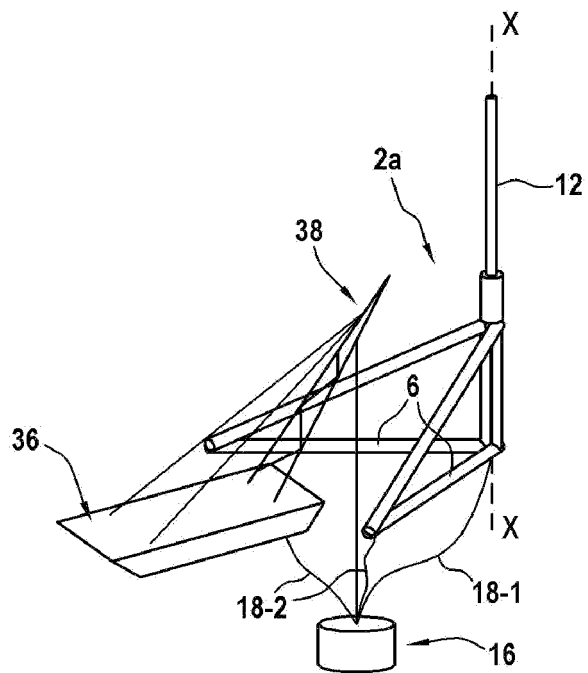
[Fig. 4]



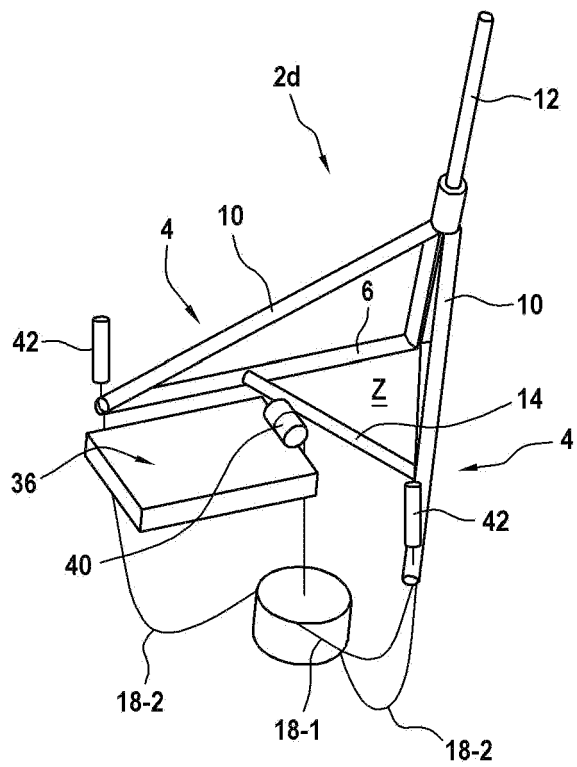
[Fig. 5]



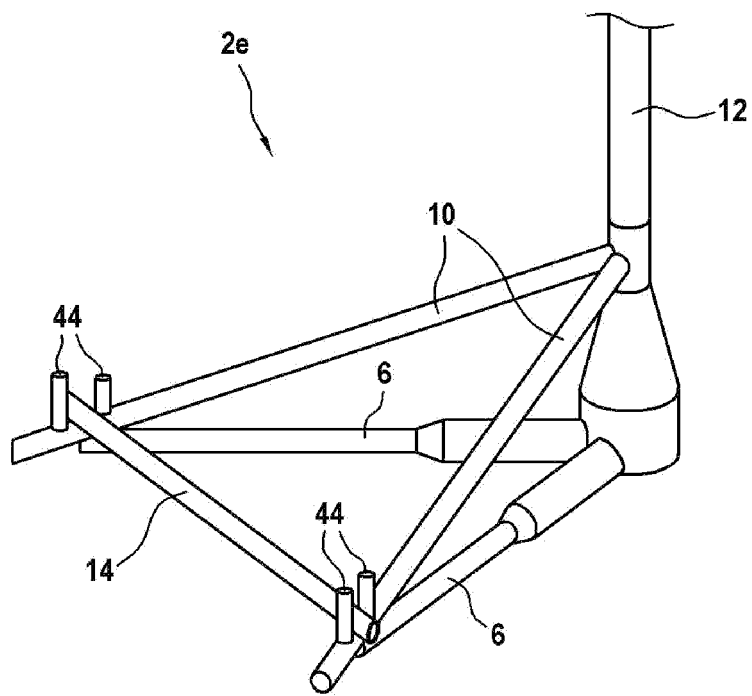
[Fig. 6]



[Fig. 7]



[Fig. 8]



RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveau) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.

Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

☐ Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.

☒ Le demandeur a maintenu les revendications.

☐ Le demandeur a modifié les revendications.

☐ Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.

☐ Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.

☐ Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

☐ Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.

☒ Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.

☐ Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.

☐ Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

**1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN
CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION**

NEANT

**2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN
TECHNOLOGIQUE GENERAL**

EP 3 854 673 A1 (SAIPEM SA [FR])
28 juillet 2021 (2021-07-28)

WO 2017/157399 A1 (STIESDAL AS [DK])
21 septembre 2017 (2017-09-21)

WO 2021/211121 A1 (UNIV MAINE SYSTEM [US])
21 octobre 2021 (2021-10-21)

EP 2 479 101 A1 (DCNS [FR])
25 juillet 2012 (2012-07-25)

SE 545 065 C2 (BASOE TECH AB [SE])
21 mars 2023 (2023-03-21)

**3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND
DE LA VALIDITE DES PRIORITES**

NEANT