

19 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
COURBEVOIE

11 N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

3 148 214

21 N° d'enregistrement national : 23 04353

51 Int Cl⁸ : B 63 B 35/44 (2023.01), F 03 D 13/25

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 28.04.23.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 01.11.24 Bulletin 24/44.

56 Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule*

60 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

Demande(s) d'extension :

71 Demandeur(s) : COFFRATHERM Société civile — FR.

72 Inventeur(s) : DURAND Stéphanie et DURAND Phi-
lippe.

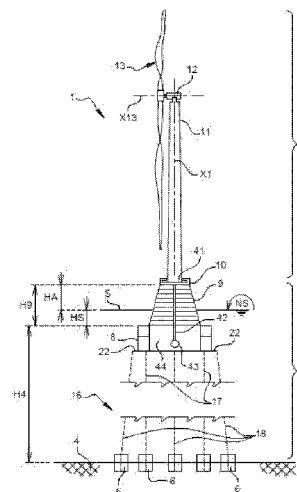
73 Titulaire(s) : COFFRATHERM Société civile.

74 Mandataire(s) : LLR.

54 Plateforme flottante, notamment pour une éolienne en mer, ayant une stabilité améliorée.

57 L'invention porte sur une plateforme flottante (2) dont
l'agencement de tendons d'ancrage (17, 18) permet une
stabilité améliorée, notamment une plateforme pour une éo-
lienne (2). L'invention porte aussi sur un procédé d'assem-
blage d'une telle plateforme et de son éolienne et sur un
procédé pour ancrer cette plateforme en mer.

Figure pour l'abrégé : figure 1



FR 3 148 214 - A1



Description

Titre de l'invention : Plateforme flottante, notamment pour une éolienne en mer, ayant une stabilité améliorée.

- [0001] La présente invention concerne le domaine des plateformes en mer, notamment des plateformes servant de support à des éoliennes off-shore.
- [0002] Notamment, une plateforme servant de support à une éolienne installée offshore doit être le plus stable possible afin de garantir une production d'énergie électrique, même dans des conditions de forte houle ou de vent fort dans les limites d'utilisation fixées par le fabricant. En effet, au-delà d'une certaine vitesse de vent, par exemple quatre-vingts kilomètres par heure, le système est automatiquement mis à l'arrêt de production.
- [0003] En outre, une plateforme plus stable permet un accès plus facile à l'éolienne ; le coût de maintenance de l'éolienne est donc réduit. Aussi, en réduisant les efforts supportés par l'éolienne, le besoin d'entretien et l'usure en sont réduits et sa durée de vie en est accrue, ce qui en augmente la productivité.
- [0004] Un but de l'invention est de proposer une plateforme flottante à la stabilité améliorée et un procédé pour installer une éolienne offshore utilisant une telle plateforme.
- [0005] Selon un premier objet de l'invention, une plateforme flottante, notamment une plateforme offshore, prévue pour supporter un équipement et organisée autour d'un axe principal sensiblement vertical, comprend un flotteur, des tendons, des moyens de fixation pour maintenir une extrémité supérieure de chacun des tendons au flotteur et des moyens d'ancrage pour fixer une extrémité inférieure de chacun des tendons à un sol marin, les tendons comprenant au moins trois tendons d'un premier type, disposés verticalement, et au moins trois tendons d'un deuxième type, disposés obliquement, entre leurs moyens d'attache et leurs moyens d'ancrage, les types de tendons étant disposés de façon alternée autour de l'axe principal et étant conçus de sorte que, dans une position fonctionnelle, le flotteur est maintenu immergé à une profondeur sous la surface moyenne des eaux, et, au moins les tendons verticaux sont maintenus tendus.
- [0006] De préférence, tous les tendons obliques forment avec l'axe principal un même angle de préférence supérieur à cinq degrés.
- [0007] Les tendons obliques peuvent être des tiges rigides, de préférence tubulaires. Avantageusement, chaque extrémité de chacun des tendons est articulée à ses moyens de fixation ou d'ancrage par des moyens de rotule. Tout aussi avantageusement, les moyens d'attache sont conçus pour ne transmettre que des efforts de traction aux extrémités supérieures des tendons obliques.
- [0008] Les tendons obliques peuvent aussi être formés de brins d'un câble continu tendu

entre des poulies portées par le flotteur et des poulies portées par des ancrs respectives.

- [0009] Le flotteur est de préférence de révolution autour de l'axe principal ; il peut être annulaire.
- [0010] La plateforme peut comprendre une hausse et une assise pour l'équipement, cette assise étant disposée sur la hausse, la hausse s'étendant vers le haut depuis le flotteur, et étant conçue pour que dans la position d'usage de la plateforme il y ait un tirant d'air sous l'assise. Avantageusement, la hausse comprend des moyens de transparence à la houle et au vent, de préférence une structure en treillis, de préférence une structure comprenant des poteaux et des barres sensiblement horizontales reliant les poteaux entre eux. De préférence la hausse est sensiblement de révolution autour de l'axe principal.
- [0011] En outre, la plateforme peut comprendre des moyens de bouée gonflable aptes à assurer une flottaison suffisante de la plateforme si le flotteur est entièrement ballasté ou partiellement ballasté. De tels moyens de bouée sont particulièrement utiles pendant la phase d'accrochage des tendons ou si un incident réduit le volume immergé de la plateforme.
- [0012] Un deuxième objet de l'invention porte sur un ensemble comprenant une plateforme selon l'invention et un équipement supporté par cette plateforme.
- [0013] Si la plateforme de cet ensemble comprend une assise, l'équipement peut comprendre une base qui forme des moyens de rotulage avec l'assise de la plateforme. L'équipement peut alors comprendre des moyens de contrepoids qui s'étendent vers le bas depuis la base au-travers de la plateforme, ces moyens de contrepoids comprenant de préférence une tige s'étendant vers le bas depuis la base et une masse fixée à une extrémité inférieure de la tige, l'assise comprenant un passage axial pour cette tige. L'équipement peut être une éolienne comprenant une hélice ayant un axe de rotation et les moyens de rotulage avoir un centre de rotation sensiblement sur l'axe de rotation.
- [0014] Un troisième objet de l'invention porte sur un procédé pour assembler une plateforme selon l'invention comprenant :
- mettre un quai à disposition ;
 - agencer plusieurs postes d'assemblage le long du quai ;
 - mettre une barge submersible à disposition ;
 - disposer la barge à un ou plusieurs postes pour la fabrication du flotteur ; puis,
 - disposer la barge à un ou plusieurs postes pour le montage de la hausse et de l'assise ; puis,
 - disposer la barge à un ou plusieurs postes pour le montage de l'équipement sur ladite plateforme ; puis,
 - disposer la barge sur un autre poste ; puis

- ballaster la barge jusqu'à ce que le flotteur assure par lui seul la flottaison de l'ensemble ainsi assemblé.
- [0015] Un quatrième objet de l'invention porte sur un procédé pour amarrer un ensemble selon l'invention sur un site choisi pour l'exploitation de cet ensemble, comprenant les étapes suivantes :
- disposer les moyens d'ancrage selon un gabarit, à une position désirée ;
 - fixer les tendons aux moyens d'ancrage ;
 - amener l'ensemble par flottaison au-dessus de la position ;
 - gonfler les moyens de bouée ;
 - ballaster le flotteur jusqu'à ce qu'il soit suffisamment immergé ;
 - fixer les extrémités supérieures des tendons au flotteur ;
 - déballaster le flotteur ;
 - dégonfler les moyens de bouée.
- [0016] Des modes de réalisation et des variantes seront décrits ci-après, à titre d'exemples non limitatifs, avec référence aux dessins annexés dans lesquels :
- [0017] [Fig.1] est une vue schématique en élévation d'un ensemble comprenant une éolienne montée sur une plate-forme flottante selon l'invention ;
- [0018] [Fig.2] est une vue schématique d'un flotteur sous-marin pour la plateforme de la [Fig.1] et d'un premier mode de disposition pour ces tendons ;
- [0019] [Fig.3] est une vue schématique d'un flotteur pour la plateforme de la [Fig.1] et d'un deuxième mode de disposition pour ces tendons ;
- [0020] [Fig.4] est une vue schématique en élévation, en perspective et partiellement coupée, de la plate-forme de la [Fig.1] ;
- [0021] [Fig.5] est une vue schématique en élévation et en perspective du flotteur de la plate-forme de la [Fig.1] ;
- [0022] [Fig.6] est une vue schématique en élévation et en perspective d'une charpente de rotulage pour la plate-forme de la [Fig.1] ;
- [0023] [Fig.7] est une vue schématique en élévation et en perspective illustrant un procédé et des postes d'assemblage, à quai, pour l'ensemble de la [Fig.1] ;
- [0024] [Fig.8] est une vue schématique en élévation d'une étape de positionnement en mer de l'ensemble de la [Fig.1] ; et,
- [0025] [Fig.9] est une vue schématique d'un flotteur sous-marin pour la plateforme de la [Fig.1] et d'un deuxième mode de réalisation pour les tendons, ces tendons étant formés par un système de palan.
- [0026] Notamment les termes « haut », « bas », « supérieur » et « inférieur », « horizontal » et « vertical » et d'autres termes du même type peuvent être arbitrairement utilisés dans la présente description et se réfèrent généralement aux positions illustrées aux figures.
- [0027] La [Fig.1] illustre un ensemble 1 de production d'électricité éolienne off-shore. Cet

ensemble est sensiblement symétrique autour d'une axe principal vertical X1 et comprend notamment une plateforme flottante 2 et une éolienne 3. L'éolienne repose sur la plateforme 2. La plateforme est ancrée au sol marin 4 par des ancres 6.

[0028] La plateforme comprend un flotteur 8 annulaire autour de l'axe principal X1 ; dans la position d'usage illustrée à la [Fig.1], ce flotteur est maintenu immergé sous une hauteur d'immersion HS, mesurée depuis une surface supérieure du flotteur jusqu'à un niveau moyen NS de la surface S de l'eau. Elle comprend aussi une hausse 9 montée sur le flotteur et s'étendant sur une hauteur H9 supérieure à la hauteur d'immersion HS, de sorte qu'elle culmine à une hauteur d'air $HA=H9-HS$, au-dessus du niveau moyen des eaux NS. La hauteur d'immersion HS est choisie de sorte que les efforts de la houle sont peu ou pas ressentis par le flotteur. Typiquement la hauteur d'immersion est choisie entre huit mètres et quinze mètres, selon le lieu d'implantation de la plateforme.

[0029] Ce flotteur est étanche ; il comprend un volume de flottaison calculé de façon à définir une poussée d'Archimède supérieure au poids total de l'ensemble 1, augmenté des valeurs de forces auxquelles il peut être soumis dans des conditions de tempêtes les plus fortes prévisibles.

[0030] La plateforme comprend en outre, implantée au sommet de la hausse 9, une assise 10 pour y installer un équipement. Dans l'exemple illustré, l'équipement porté par la plateforme est l'éolienne 3. L'éolienne comprend un mât 11 creux, tubulaire, qui s'étend vers le haut depuis l'assise 10, une nacelle 12, disposée en haut du mât 11 et une hélice 13 tripale fixée à la nacelle 12. L'hélice 13 est mobile autour d'un axe de rotation de l'hélice X13 sensiblement horizontal.

[0031] La profondeur d'eau H4 sous le flotteur 8 et au-dessus sur sol 4 peut être supérieure à soixante-dix mètres. La plateforme comprend un système d'amarrage 16 pour fixer aux ancres 6. Ce système comprend huit tendons 17, 18 dont quatre tendons verticaux 17 et un quatre tendons obliques 18.

[0032] Les tendons utilisés dans l'exemple illustré aux figures 1 et 4 sont des tubes métalliques sensiblement rigides dont la longueur est adaptée aux irrégularités du sol marin 4 ; les différences de longueurs qui en résultent étant faibles au regard de la profondeur H4, elles sont négligeables et n'influent sensiblement pas sur le fonctionnement du système d'amarrage. Le diamètre des tubes est déterminé par leurs caractéristiques mécaniques qui leur permettent de rester dans la limite élastique sous effort maximum. Dans l'exemple, ces tubes ont un diamètre de huit-cents millimètres et une épaisseur de trente millimètres.

[0033] Dans l'exemple illustré à la [Fig.9], les tendons obliques 18 sont formés par un câble continu relié aux ancres 6 et au flotteur 8 par un système de poulies ; ce système de tendons obliques formé d'un système de câble et poulies permet notamment de

reprendre des efforts très élevés.

- [0034] Comme particulièrement illustré à la [Fig.5], le flotteur 8 a une forme annulaire de section radiale rectangulaire. Il comprend des cloisons radiales 21 régulièrement réparties autour de l'axe principal X1 ; dans l'exemple illustré, les cloisons 21 sont au nombre de huit. Les parois 21 divisent le flotteur en huit caissons étanches indépendants. Elles constituent en outre des renforts pour que le flotteur résiste à la pression de l'eau. Le flotteur comprend en outre huit attaches 22. Dans l'exemple de la [Fig.5], chacune est disposée sur un bord inférieur 23 de la paroi externe cylindrique 24 du flotteur. Dans l'exemple illustré, chaque attache a la forme d'une patte 22 ; elle est formée dans le prolongement radial d'une des huit parois radiales respective. Chaque patte est prévue pour maintenir une extrémité supérieure d'un respectif des huit tendons. Un guidage sphérique permet de laisser les attaches libres en rotation.
- [0035] Chaque extrémité supérieure d'un tendon vertical 17 est fixée à sa patte 22 respective, de sorte que la patte ne peut pas coulisser verticalement, le long du tendon.
- [0036] Chaque extrémité supérieure d'un tendon oblique 18 est maintenue à son attache respective par une butée 26 (voir [Fig.4]), fixée au tendon et disposée au-dessus de la patte. Ainsi disposée, la patte peut transmettre un effort de traction sur le tendon, mais ne transmet sensiblement pas d'effort de flambement. En outre, chaque extrémité haute ou basse de chaque tendon 17, 18, forme une rotule avec la fixation respective. Ainsi, sensiblement aucune force de compression n'est transmise aux tendons obliques.
- [0037] Chaque tendon oblique 18, est aussi relié, par une extrémité inférieure, à son ancre respective par des moyens de rotule respectifs. Chaque tendon oblique est disposé sensiblement dans un plan radial vertical comprenant l'axe principal X1. Chaque plan axial comprenant un tendon oblique est angulairement équidistant de deux plans axiaux comprenant un tendon vertical. Ainsi, les tendons sont disposés de façon alternée autour de l'axe principal X1. C'est-à-dire que lorsqu'on fait le tour de cet axe X1 on rencontre alternativement un tendon vertical puis un tendon oblique.
- [0038] Dans le mode de réalisation des figures 1, 3, 4 et 8, les tendons sont extérieurs, c'est-à-dire qu'ils s'éloignent de l'axe principal X1 lorsqu'on se déplace de haut en bas.
- [0039] Dans le mode de réalisation de la [Fig.2], les tendons sont intérieurs, c'est-à-dire qu'ils se rapprochent de l'axe principal X1 lorsqu'on se déplace de haut en bas. Dans l'exemple de la [Fig.2], les extrémités basses des tendons 18 sont sensiblement jointives sur l'axe X1.
- [0040] De préférence, les tendons obliques 18 forment avec la verticale un angle A18 supérieur à cinq degrés d'angle.
- [0041] Dans l'exemple illustré aux figures, la hausse 9 est de forme sensiblement tronconique. Elle comprend des poteaux inclinés 31 régulièrement disposés autour de

l'axe principal X1 et s'étendant de bas en haut selon des génératrices de la forme conique. Elle comprend aussi des cerces 32 disposées horizontalement, reliant les poteaux entre eux afin d'éviter le flambement des poteaux sous le poids de l'assise et de l'équipement, ici de l'éolienne 3. La hausse peut, par exemple, être réalisée en acier ou en béton, ou en une association des deux matériaux.

[0042] La forme de la hausse 9, très ajourée, lui permet d'être sensiblement transparente aux effets du vent et de la houle, qui peuvent la traverser avec des efforts réduits.

[0043] L'assise 10 a une forme de berceau sphérique, concave vers le haut, dont un axe de révolution est l'axe principal X1 et dont le centre de révolution est le plus proche possible de l'axe de rotation X13 de l'hélice 13. Dans l'exemple illustré, l'assise comprend une structure 34 formée de poutres radiales 35 et d'anneaux 36 concentriques. Les poutres s'étendent sensiblement horizontalement radialement à l'axe principal X1, elles sont de préférence métalliques et évidées à proximité de leur fibre neutre. Cette structure, composée de poutres évidées et d'anneaux est ainsi allégée, ce qui permet de maintenir un centre de gravité bas pour l'ensemble 1.

[0044] Parmi les anneaux concentriques, l'anneau 36 C, le plus central, forme un passage libre cylindrique 37 autour de l'axe principal X1.

[0045] Dans l'exemple illustré, le mât de l'éolienne est un mât creux, sensiblement tubulaire autour de l'axe principal X1 ; il repose sur l'assise. Il a, d'une part une embase 41 sensiblement sphérique, convexe vers le bas, prévue pour reposer, au moins indirectement, sur l'assise et pour former une quasi-rotule avec l'assise, et, d'autre part une surface homothétique concave dont le foyer est celui du centre de l'assise. L'embase sphérique 41 a un centre approximativement identique au centre de révolution de l'assise. Par sécurité, cette surface concave est guidée avec jeu dans un couvercle dont la partie inférieure est sphérique convexe de centre identique à celui de l'assise.

[0046] Plusieurs moyens de liaison peuvent être prévus entre la base 41 et l'assise 10. Par exemple on peut utiliser des appuis à billes. On peut aussi utiliser des contacts élastiques, par exemple des appuis néoprènes. En effet, les déplacements angulaires maximaux sont très faibles, de l'ordre de plus ou moins cinq centièmes de degré d'angle, soit, pour un mât de cent-vingt mètres de haut, ou plus, un déplacement inférieur à neuf centimètres.

[0047] Comme particulièrement illustré à la [Fig.1], l'éolienne 3 comprend une tige 42 qui s'étend sensiblement verticalement vers le bas depuis la base 41 du mât. La tige est sensiblement rigide et rigidement fixée à la base. La tige traverse le passage 37 dans l'assise 10. Elle porte, à une extrémité inférieure une masse 43. La masse est disposée à l'intérieur de l'espace intérieur cylindrique formé par le flotteur annulaire 8. La tige 42 est de préférence un tube en acier. La masse 43 peut être de forme quelconque, elle peut notamment comprendre une hélice d'un générateur électrique.

- [0048] Comme particulièrement illustré à la [Fig.4], la plateforme 2 comprend une bouée 46 gonflable disposée sous l'assise 10, à l'intérieur de la hausse 9. La bouée est de préférence en une forme de soufflet et en une matière de type néoprène. Comme illustré à la [Fig.8], la bouée est creuse et forme un cylindre qui laisse passer dans son espace intérieur la tige 42.
- [0049] A la [Fig.4], la bouée est représentée dégonflée, de sorte qu'elle n'entre pas en contact avec l'eau. A la [Fig.8], la bouée 46 est représentée gonflée de sorte qu'elle s'étend vers le bas, depuis l'assise 10 jusque dans l'espace intérieur 44 du flotteur 8, sous la surface S de l'eau.
- [0050] Lors de son gonflage, la bouée est guidée verticalement par des guides 47 verticaux. Pour chaque guide 47, la bouée comprend, sur un bord périphérique inférieur 45, une coulisse 50 respective assurant un guidage glissant lors du gonflage de la bouée. Dans l'exemple illustré à la [Fig.4], les guides sont au nombre de trois, ils pourraient être plus nombreux.
- [0051] Chacun des guides est fixé d'une part sous l'assise 10 et d'autre part à une paroi interne 48 du flotteur, à une extrémité libre d'une console 49 s'étendant radialement depuis la paroi 48 en direction de l'axe principal X1. Les consoles servent avantageusement de butée pour le déploiement, vers le bas, de la bouée lors de son gonflage.
- [0052] De préférence, dans la position gonflée, le bord inférieur de la bouée 46 est au-dessus d'un plan de flottaison libre de la plateforme. On entend par flottaison libre, la flottaison de la plateforme lorsqu'elle n'est pas tirée vers le fond par les tendons 17,18 mais qu'elle flotte librement.
- [0053] Dans sa position gonflée, la bouée forme avec le flotteur 8, la hausse 9 et la base 10 un ensemble sensiblement rigide.
- [0054] La bouée constitue une sécurité évitant la ruine de l'ensemble 1. Ainsi, par exemple en cas de rupture de l'étanchéité d'un caisson du flotteur ou de rupture d'un tendon, La plateforme comprend des moyens pour gonfler immédiatement la bouée de façon à assurer la flottaison de l'ensemble jusqu'à réparation de la plateforme.
- [0055] Les ancres 6 sont avantageusement des ancres à succion. Elles peuvent aussi être fixées à des pieux. Afin d'implanter le plus précisément possible les ancres, et permettre une bonne disposition des tendons, on utilise de préférence un gabarit.
- [0056] On va maintenant décrire un procédé d'assemblage d'un ensemble de production électrique selon l'invention, en référence aux figures 7 et 8.
- [0057] Selon l'invention, l'assemblage se fait au port sur une ligne d'assemblage 100 comprenant plusieurs postes. La ligne 100 illustrée à la [Fig.7] comprend cinq postes P1-P5 répartis le long d'un quai non représenté, chaque poste correspondant à une phase d'assemblage particulière.
- [0058] Une barge submersible, non représentée, permet de déplacer l'ensemble au cours de

son montage, parallèlement au quai, d'un poste au suivant.

- [0059] Au premier poste P1, le flotteur ici décrit étant en béton armé, on assemble sur la barge le coffrage 99 servant de moule pour le béton du flotteur. On dispose dans le coffrage les armatures de ferrailage pour le béton. On y inclut des inserts, notamment pour les pattes 22 de maintien des tendons et des canalisations pour pouvoir ballaster le caisson.
- [0060] Au deuxième poste P2, on coule le béton, de préférence de façon continue afin d'éviter des reprises, susceptibles de favoriser une fissuration préjudiciable à l'étanchéité du flotteur. On décoffre ensuite le flotteur 8, une fois qu'une résistance suffisante est atteinte. On peut aussi utiliser un coffrage type décrit dans le brevet publié sous le numéro FR 3 111 651, au nom de la société Coffratherm. Au troisième poste P3, on monte la hausse 9 et l'assise 10 sur le flotteur 8 ainsi réalisé.
- [0061] Au quatrième poste P4, on monte l'éolienne 3 sur la plateforme 2 ainsi réalisée.
- [0062] Au cinquième poste P5, l'ensemble 1 étant ainsi réalisé, la barge est ballastée et évacuée entre le fond du port et le flotteur. C'est alors le flotteur qui assure la flottaison de l'ensemble 1.
- [0063] On entame ensuite une sixième phase P6, correspondant à la mise en place de l'ensemble 1.
- [0064] Comme illustré à la [Fig.8], l'ensemble 1 ainsi assemblé est amené en mer par des remorqueurs 102 pour y être ancré sur son lieu d'exploitation. Afin d'augmenter la stabilité de l'ensemble au cours du remorquage, une fois sortie de la zone de construction et dès que la profondeur d'eau sera suffisante, le centre gravité de l'ensemble sera abaissé. Pour cela, on ballaste le caisson tout en prenant la précaution de conserver une flottabilité positive.
- [0065] De préférence on utilise trois remorqueurs disposés en étoile, dont deux sont visibles à la figure.
- [0066] Les ancres 6 et les tendons 17, 18 sont préalablement disposés sur le sol marin 4. Les tendons sont maintenus sensiblement verticalement. L'ensemble étant à l'aplomb des ancres. Si cela n'a pas été réalisé dans la phase du remorquage, la bouée 46 est entièrement gonflée et le flotteur est ballasté, de sorte qu'une flottaison résiduelle est assurée par la bouée 46 ; l'utilisation de la bouée permet de maîtriser la profondeur d'immersion du flotteur.
- [0067] Une fois le flotteur à la bonne profondeur, on y fixe d'abord les tendons verticaux 17, puis les tendons obliques 18.
- [0068] On déballaste ensuite le flotteur 8, ce qui met en tension les tendons 17, 18. On dégonfle ensuite la bouée 46. C'est le volume interne du flotteur, rempli d'air qui assure alors la flottabilité de l'ensemble 1. Un tel ensemble peut typiquement peser 12.000 tonnes pour un volume de 21.000 mètres-cubes.

- [0069] L'ensemble est alors opérationnel et peut entrer en phase d'exploitation aussitôt qu'il sera électriquement relié à un réseau électrique ou à une unité de stockage d'énergie.
- [0070] Un tel procédé d'assemblage permet de minimiser les opérations à réaliser en mer. Il permet aussi d'accélérer la production d'un grand nombre d'ensemble. Ceci est particulièrement avantageux pour des champs d'éoliennes pouvant comprendre plusieurs centaines d'éoliennes.
- [0071] Le volume intérieur du flotteur sous-marin est supérieur à celui nécessaire pour équilibrer son propre poids, le poids de tous les équipements, notamment celui de l'éolienne, et la poussée verticale de houles centennales s'exerçant sur ce flotteur tout en conservant une poussée résultante vers le haut ; cette poussée vers le haut permet de maintenir en traction au moins les tendons verticaux. En outre, ce volume intérieur est calculé pour que tirant d'eau de l'ensemble 1 soit suffisamment faible pour pouvoir évacuer la barge, au poste 5, puis pour tracter l'ensemble dans le port où il a été assemblé, jusqu'en mer.
- [0072] La [Fig.9] illustre des tendons obliques formés d'un câble 101 tendu sur des poulies 102 et formant un système de type palan. Dans l'exemple illustré, un câble unique est utilisé.
- [0073] Des chappes 122 supérieures et des poulies 102 respectives forment des attaches pour le câble 101 au flotteur 8. Des chappes inférieures 120 et des poulies respectives 102 forment des attaches pour le câble à des ancrs 6 respectives. De préférence, les chappes 120, 122 sont articulées, de façon à ce que les poulies puissent librement s'orienter sous des efforts exercés sur chaque poulie par la tension du câble 101.
- [0074] Comme illustré, lorsqu'une ancre 6 comprend une seule poulie 102, l'attache 22 en vis-à-vis en comprend deux, et inversement, lorsqu'une ancre 6 comprend deux poulies 102, l'attache en vis-à-vis en comprend deux. Ainsi, chaque tendon oblique 18 est formé de deux brins 118 du câble 101. Ces deux brins 118 d'un même tendon 18 sont parallèles entre eux.
- [0075] Chaque poulie 102 d'une attache en comportant deux est reliée à autre une poulie d'une ancre voisine qui en comprend deux, par un brin biais 119 du câble 101.
- [0076] Bien sûr, l'invention n'est pas limitée aux exemples qui viennent d'être décrits. Au contraire, l'invention est définie par les revendications qui suivent.
- [0077] Il apparaîtra en effet à l'homme de l'art que diverses modifications peuvent être apportées aux modes de réalisation décrits ci-dessus, à la lumière de l'enseignement qui vient de lui être divulgué.
- [0078] Ainsi, au lieu d'être de section rectangulaire, le flotteur annulaire peut avoir une section trapézoïdale ou quelconque ; le flotteur peut aussi être de forme torique. Dans un mode de réalisation ne comprenant pas de balancier, le flotteur peut ne pas être annulaire et, ainsi, ne pas comprendre d'évidement central.

Le flotteur est préférentiellement réalisé en béton. Il peut aussi l'être en acier ou en tout autre matériau compatible avec les efforts qui lui sont appliqués et avec le milieu marin.

- [0079] Les cerces de la hausse sont représentées en forme d'arc de cercle reliant deux poteaux voisins. Elles peuvent, par exemple, être remplacées ou complétées par des tiges rectilignes, horizontales ou obliques, reliant deux poteaux voisins ou pas.
- [0080] Le nombre de tendons peut être différent de celui précédemment décrit, c'est-à-dire de quatre tendons verticaux et quatre tendons obliques. Les tendons peuvent être trois de chaque type, ou plus nombreux.
- [0081] Aussi, le nombre des tendons d'un type peut être un multiple du nombre de ceux d'un autre type. Par exemple on peut avoir trois tendons obliques et six tendons obliques ; dans cas, l'alternance des tendons peut être : deux tendons verticaux suivis d'un tendon oblique, puis deux verticaux puis un oblique, etc.
- [0082] Au lieu d'être réparties sur périphérie externe du bord inférieur externe 23 du flotteur, tout ou partie des pattes 22 peuvent être disposées sur un bord inférieur de la paroi interne 48.
- [0083] La plateforme peut recevoir tout type d'éolienne, notamment de grande puissance, supérieure à quinze mégawatts.
- [0084] Une plateforme du type décrit peut supporter tout autre type d'équipement qu'une éolienne. L'équipement peut par exemple être un équipement de forage ou présenter une surface destinée à recevoir des bâtiments techniques ou d'habitation.
- [0085] Il apparaît que la disposition des tendons permet de garantir une stabilité quasiment parfaite de l'ensemble. La plateforme étant ainsi devenu sensiblement insensible aux effets de la houle et du vent, la production électrique n'est plus limitée que par la vitesse de rotation maximale admissible par les pales de l'éolienne. En outre, la stabilité de l'ensemble permet d'en réduire les coûts de maintenance et d'en augmenter la durée de vie.

Revendications

- [Revendication 1] Plateforme flottante (2), notamment plateforme offshore, prévue pour supporter un équipement (3) et organisée autour d'un axe principal sensiblement vertical (X1), caractérisée en ce qu'elle comprend un flotteur (8), des tendons (17,18), des moyens de fixation (22) pour maintenir une extrémité supérieure de chacun desdits tendons audit flotteur et des moyens d'ancrage (6) pour fixer une extrémité inférieure de chacun desdits tendons à un sol marin (4),
lesdits tendons comprenant au moins trois tendons d'un premier type (17), disposés verticalement et au moins trois tendons d'un deuxième type (18), disposés obliquement, entre leurs moyens d'attache et leurs moyens d'ancrage,
les types de tendons étant disposés de façon alternée autour dudit axe principal (X1), étant conçus de sorte que, dans une position fonctionnelle, ledit flotteur (8) est maintenu immergé à une profondeur (HS) sous la surface moyenne (S) des eaux, et, au moins les tendons verticaux (17) sont maintenus tendus.
- [Revendication 2] Plateforme selon la revendication 1, caractérisée en ce que tous les tendons obliques (18) forment avec l'axe principal (X1) un même angle (A18), de préférence supérieur à cinq degrés.
- [Revendication 3] Plateforme selon l'une des revendications 1 et 2, caractérisée en ce que les tendons obliques sont des tiges rigides, de préférence tubulaires.
- [Revendication 4] Plateforme selon la revendication 3, caractérisée en ce que chaque extrémité de chacun des tendons (17, 18) est articulée à ses moyens de fixation ou d'ancrage par des moyens de rotule.
- [Revendication 5] Plateforme selon l'une des revendication 3 et 4, caractérisée en ce que les moyens d'attache (22) sont conçus pour ne transmettre que des efforts de traction aux extrémités supérieures des tendons obliques (18).
- [Revendication 6] Plateforme selon l'une des revendications 1 et 2, caractérisée en ce que les tendons obliques sont formés de brins (118) d'un câble (101) continu tendu entre des poulies (102) portées par le flotteur (8) et des poulies (102) portées par des ancres (6) respectives.
- [Revendication 7] Plateforme selon l'une des revendications 1 à 6, caractérisée en ce que le flotteur (8) est de révolution autour de l'axe principal, de préférence le flotteur est annulaire.
- [Revendication 8] Plateforme selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce qu'elle comprend en outre une hausse (9) et une assise (10) pour ledit

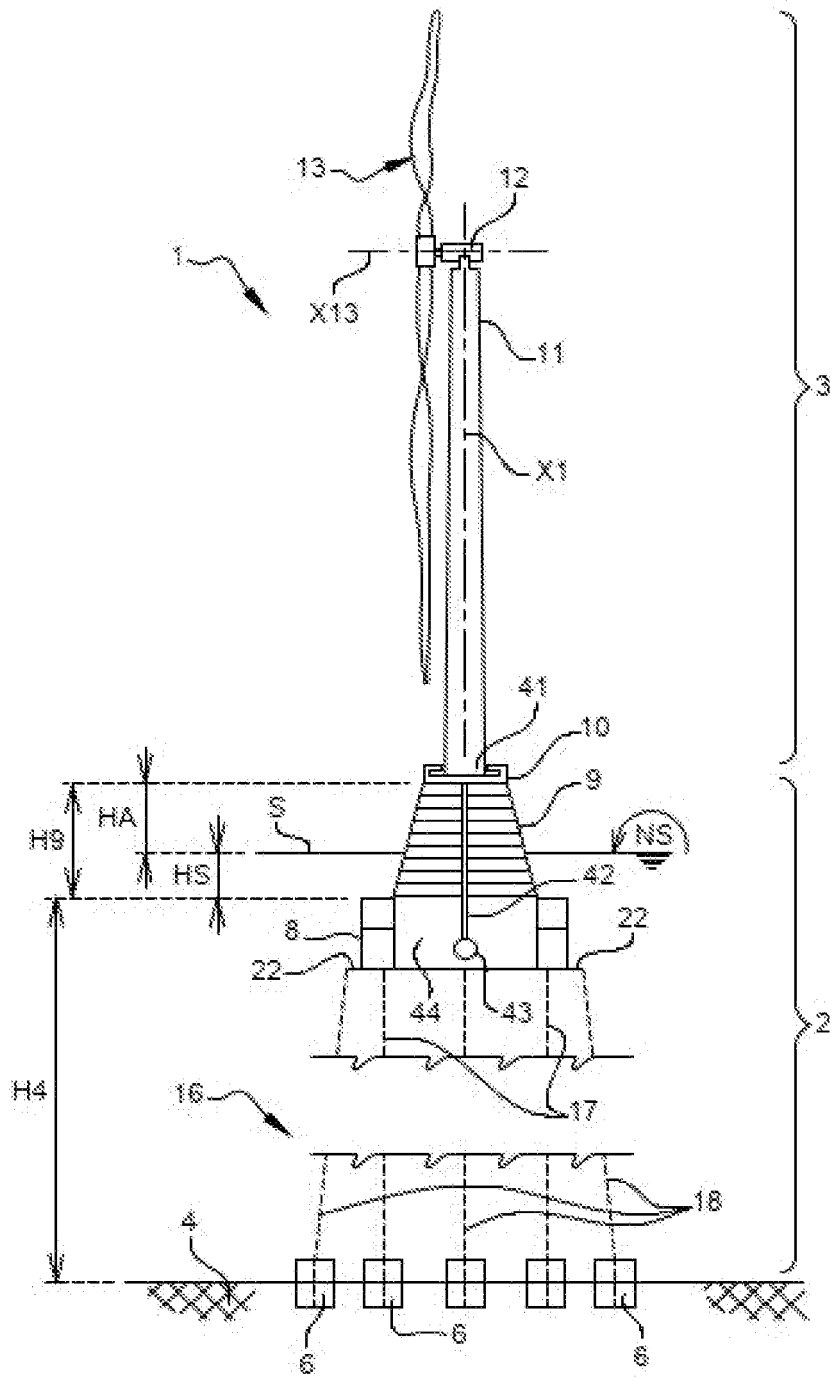
- équipement, ladite assise étant disposée sur ladite hausse, ladite hausse s'étendant vers le haut depuis le flotteur (8), et étant conçue pour que dans la position d'usage il y ait un tirant d'air (HA) sous ladite assise.
- [Revendication 9] Plateforme selon la revendication 8, caractérisée en ce que la hausse comprend des moyens de transparence (31, 32) à la houle et au vent, de préférence une structure en treillis, encore plus de préférence une structure comprenant des poteaux (31) et des barres (32) sensiblement horizontales reliant les poteaux entre eux.
- [Revendication 10] Plateforme selon l'une des revendications 1 à 9, caractérisée en ce qu'elle comprend en outre des moyens (46) de bouée gonflable aptes à assurer une flottaison de la plateforme si le flotteur (8) est entièrement ballasté.
- [Revendication 11] Ensemble (1) comprenant une plateforme (2) selon l'une des revendications 1 à 10 et un équipement (3) supporté par ladite plateforme.
- [Revendication 12] Ensemble selon la revendication 11, comprenant une plateforme la revendication 8, caractérisé en ce que l'équipement (3) comprend, une base (41) qui forme des moyens de rotulage avec l'assise (10) de ladite plateforme.
- [Revendication 13] Ensemble selon la revendication 12, caractérisé que l'équipement comprend des moyens de contrepoids (42, 43) qui s'étendent vers le bas depuis la base (41) au-travers de la plateforme (2), lesdits moyens de contrepoids comprenant de préférence une tige (42) s'étendant vers le bas depuis ladite base et une masse (43) fixée à une extrémité inférieure de ladite tige, ladite assise comprenant un passage axial (37) pour ladite tige.
- [Revendication 14] Ensemble selon l'une des revendications 12 et 13, caractérisé en ce que l'équipement est une éolienne (3) comprenant une hélice (13) ayant un axe de rotation (X13) et en ce que les moyens de rotulage ont un centre de rotation sensiblement sur ledit axe de rotation (X13).
- [Revendication 15] Procédé pour assembler une plateforme selon la revendication 9, caractérisé en ce qu'il comprend :
- mettre un quai à disposition ;
 - agencer plusieurs postes (P1-P5) d'assemblage le long dudit quai ;
 - mettre une barge submersible à disposition ;
 - disposer la barge à un ou plusieurs postes (P1-P2) pour la fabrication du flotteur (8) ; puis,

- disposer la barge à un ou plusieurs postes (P3) pour le montage de la hausse (9) et de l'assise (10) ; puis,
- disposer la barge à un ou plusieurs postes (P4) pour le montage de l'équipement sur ladite plateforme ; puis,
- disposer la barge sur un autre poste (P5) ; puis
- ballaster la barge jusqu'à ce que le flotteur assure par lui seul la flottaison de l'ensemble ainsi assemblé.

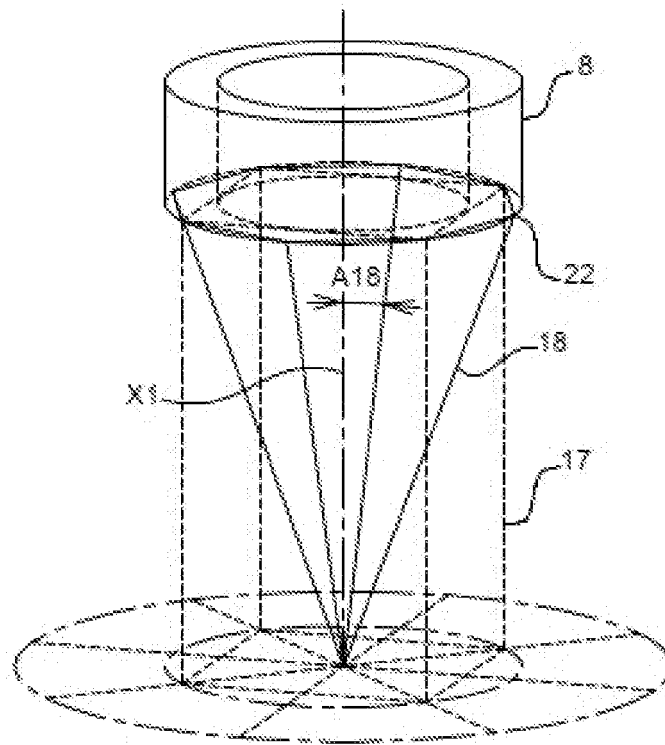
[Revendication 16] Procédé pour amarrer un ensemble (1) selon l'une des revendications 12 à 14 comprenant une plateforme (2) selon la revendication 10 caractérisé en ce qu'il comprend les étapes suivantes :

- disposer les moyens d'ancrage (6) selon un gabarit, à une position désirée ;
- fixer les tendons (17, 18) auxdits moyens d'ancrage ;
- amener l'ensemble par flottaison au-dessus de ladite position ;
- gonfler les moyens de bouée (46) ;
- ballaster le flotteur jusqu'à ce qu'il soit suffisamment immergé ;
- fixer les extrémités supérieures desdits tendons au flotteur ;
- déballaster le flotteur ;
- dégonfler les moyens de bouée.

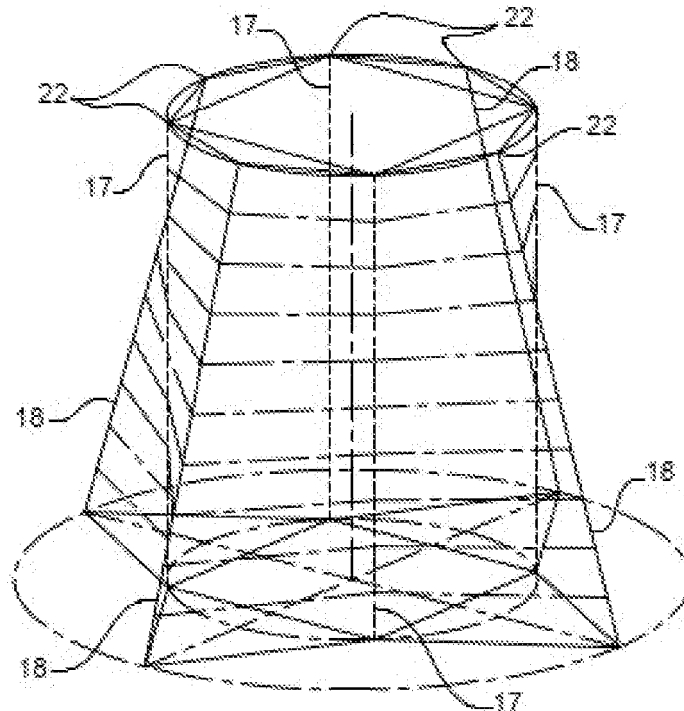
[Fig. 1]

Fig. 1

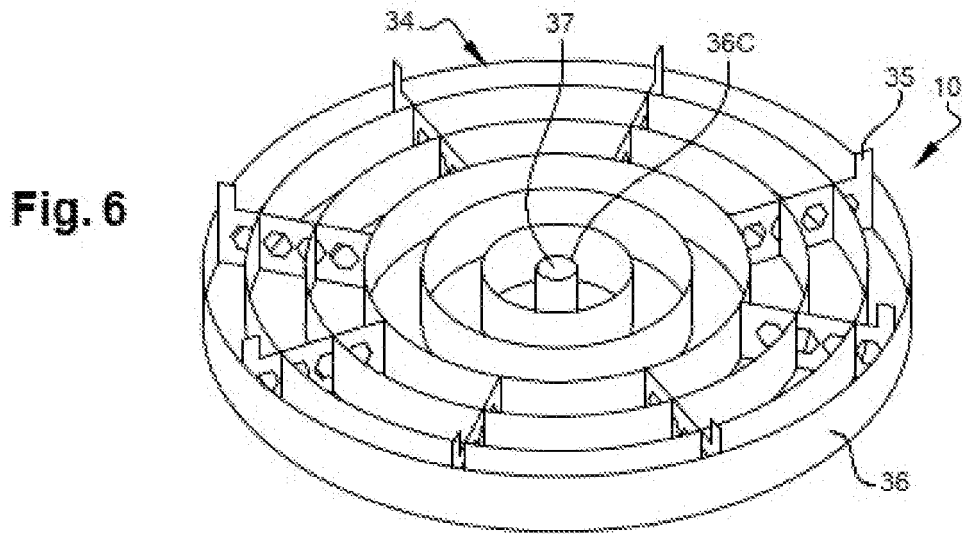
[Fig. 2]

Fig. 2

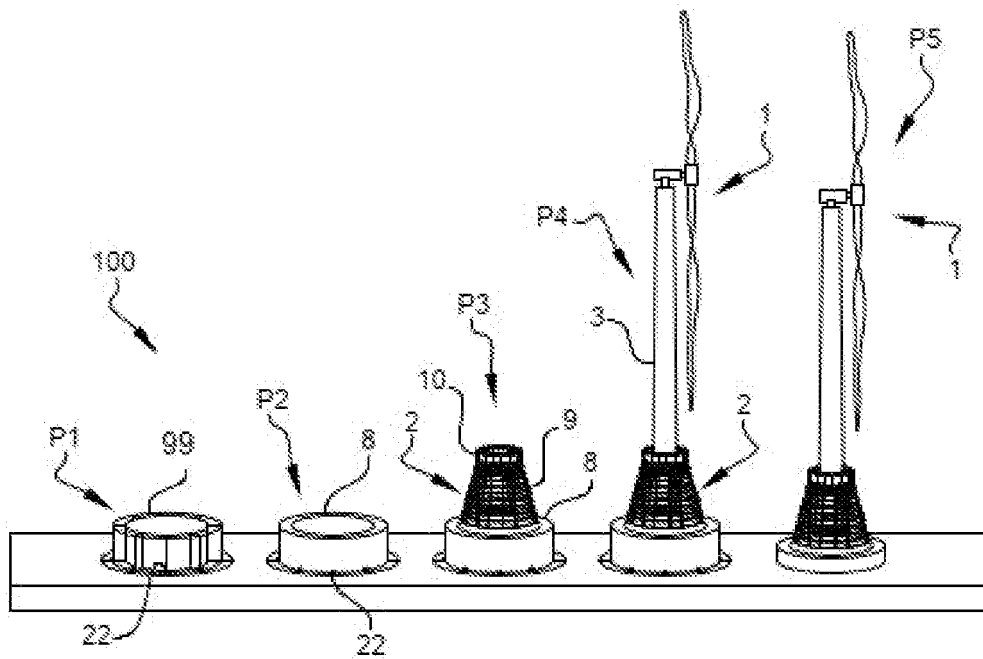
[Fig. 3]

Fig. 3

[Fig. 6]



[Fig. 7]

Fig. 7

**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement
national

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

FA 920073
FR 2304353

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	EP 1 288 122 A2 (RUND STAHL BAU GMBH & CO [AT]) 5 mars 2003 (2003-03-05) * abrégé; figure 9 * * alinéas [0024], [0026] * -----	1, 2, 4, 7, 10-16	B63B 35/44 F03D 13/25
X	US 5 707 178 A (SRINIVASAN NAGAN [US]) 13 janvier 1998 (1998-01-13) * abrégé; figures * -----	1	
X	US 2007/212170 A1 (HAWLEY PHILIP R [US]) 13 septembre 2007 (2007-09-13) * alinéa [0030]; figures 4, 7 * -----	1, 3, 5, 6, 8, 9	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			B63B
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
14 décembre 2023		Balzer, Ralf	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention	
X : particulièrement pertinent à lui seul		E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure	
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un		à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date	
autre document de la même catégorie		de dépôt ou qu'à une date postérieure.	
A : arrière-plan technologique		D : cité dans la demande	
O : divulgation non-écrite		L : cité pour d'autres raisons	
P : document intercalaire		
		& : membre de la même famille, document correspondant	

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2304353 FA 920073**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.
Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **14-12-2023**
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 1288122	A2	05-03-2003	AT E467551 T1
			15-05-2010
			DK 1288122 T3
			06-09-2010
			EP 1288122 A2
			05-03-2003

US 5707178	A	13-01-1998	AUCUN

US 2007212170	A1	13-09-2007	AUCUN
