

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

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international



(10) Numéro de publication internationale
WO 2024/062177 A1

(43) Date de la publication internationale
28 mars 2024 (28.03.2024)

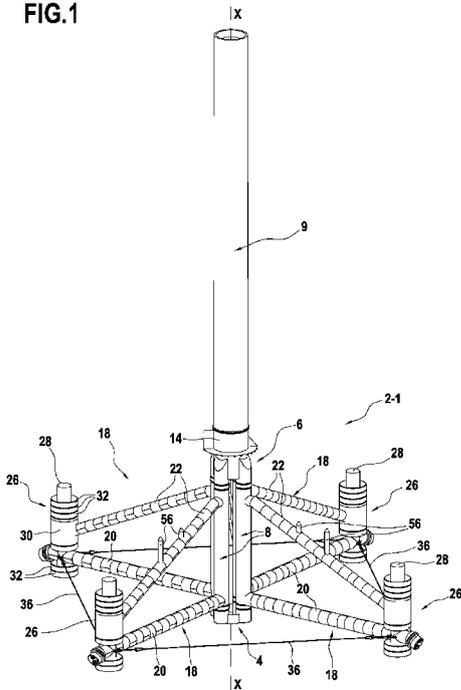
- (51) Classification internationale des brevets :
B63B 35/44 (2006.01) F03D 13/25 (2016.01)
- (21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2023/051396
- (22) Date de dépôt international :
13 septembre 2023 (13.09.2023)
- (25) Langue de dépôt : français
- (26) Langue de publication : français
- (30) Données relatives à la priorité :
FR2209538 21 septembre 2022 (21.09.2022) FR
- (71) Déposant : SAIPEM S.A. [FR/FR] ; 1/7 avenue San Fernando, 78180 MONTIGNY LE BRETONNEUX (FR).

- (72) Inventeurs : **KERDILES, Eric** ; c/o SAIPEM S.A., 1/7 avenue San Fernando, 78180 MONTIGNY LE BRETONNEUX (FR). **COLMARD, Christophe** ; c/o SAIPEM S.A., 1/7 avenue San Fernando, 78180 MONTIGNY LE BRETONNEUX (FR). **MANCA, Andrea** ; c/o SAIPEM S.A., 1/7 avenue San Fernando, 78180 MONTIGNY LE BRETONNEUX (FR). **GONZALEZ, Hugues** ; c/o SAIPEM S.A., 1/7 avenue San Fernando, 78180 MONTIGNY LE BRETONNEUX (FR).
- (74) Mandataire : **BOURA, Olivier** et al. ; CABINET BEAU DE LOMENIE, Tour Méditerranée, 65 avenue Jules Cantini, 13006 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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO,

(54) Title: FLOATING SUPPORT STRUCTURE WITH MULTIPLE CENTRAL COLUMNS FOR AN OFFSHORE WIND TURBINE AND METHOD FOR ASSEMBLING SUCH A STRUCTURE

(54) Titre : STRUCTURE DE SUPPORT FLOTTANT À MULTIPLES COLONNES CENTRALES POUR ÉOLIENNE OFFSHORE ET PROCÉDÉ D'ASSEMBLAGE D'UNE TELLE STRUCTURE

FIG.1



(57) Abstract: The invention relates to a floating support structure (2-1) for an offshore wind turbine, the structure comprising a lower connector (4) centered on an axis (X-X) of a tower (9) of the wind turbine and comprising at least three lower receptacles (10) which are regularly distributed around the axis of the tower of the wind turbine, an upper connector (6) centered on the axis of the tower of the wind turbine and comprising, in an upper portion, means (14) for accommodating a wind turbine tower and, in a lower portion, at least three upper receptacles (12) which are regularly distributed around the axis of the tower of the wind turbine, and at least three identical tubular central columns (8) which are fitted by a lower end into one of the receptacles of the lower connector and by an opposite, upper end into one of the receptacles of the upper connector so as to form a floating support pylon in the vertical extension of the tower of the wind turbine. The invention also relates to a method for assembling such a structure.

(57) Abrégé : Structure de support flottant à multiples colonnes centrales pour éolienne offshore et procédé d'assemblage d'une telle structure L'invention concerne une structure de support flottant (2-1) pour éolienne offshore, comprenant un connecteur inférieur (4) centré sur un axe (X-X) d'un mât (9) de l'éolienne et comprenant au moins trois réceptacles inférieurs (10) régulièrement répartis autour de l'axe du mât de l'éolienne, un connecteur supérieur (6) centré sur l'axe du mât de l'éolienne et comprenant, dans une partie supérieure, des moyens de réception (14) d'un mât d'éolienne et, dans une partie inférieure, au moins trois réceptacles supérieurs (12) régulièrement répartis autour de l'axe du mât de l'éolienne, et au moins trois colonnes centrales tubulaires (8) identiques qui sont assemblées à une extrémité inférieure dans l'un des réceptacles du connecteur inférieur et à une extrémité supérieure opposée dans l'un des



WO 2024/062177 A1

DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés (*sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible*) : ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), curasien (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, ME, 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))
 - avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues (règle 48.2(h))
-

réceptacles du connecteur supérieur (de façon à former un pylône de support flottant s'inscrivant dans le prolongement vertical du mât de l'éolienne. L'invention concerne aussi un procédé d'assemblage d'une telle structure.

Description

Titre de l'invention : Structure de support flottant à multiples colonnes centrales pour éolienne offshore et procédé d'assemblage d'une telle structure

5 Domaine Technique

[0001] La présente invention se rapporte au domaine général des éoliennes offshore, c'est-à-dire implantées au large des côtes, et plus particulièrement aux structures de support flottant pour éoliennes offshore flottantes.

10 [0002] L'invention concerne également un procédé d'installation d'une éolienne offshore munie d'une telle structure de support.

Technique antérieure

15 [0003] 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.

20 [0004] 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
25 structure de support flottant.

[0005] Il existe quatre 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 flotteurs avec un contrepoids pendulaire

[0006] 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 système de ballastage qui permet l'immersion d'une partie de la fondation. Cette structure est caractérisée par sa grande taille et son tirant d'eau réduit. On pourra se référer à la publication WO 2019/106283 qui décrit une structure de flotteur semi-submersible et un procédé d'installation d'une éolienne munie d'une telle structure de flotteur.

[0007] Les plateformes de type « TLP » sont des flotteurs qui présentent la particularité d'être majoritairement immergés, la plateforme étant reliée au fond marin par des câbles sous tension qui s'opposent à la remontée du flotteur en exerçant une force vers le fond.

[0008] Le flotteur de type « SPAR » se caractérise par sa forme cylindrique s'inscrivant dans le prolongement du mât de l'éolienne. Sa stabilité lui est conférée par un lourd ballast qui abaisse le centre de gravité de l'ensemble et qui est dotée d'ancrages caténaux permettant de fixer l'éolienne par accrochage au fond marin. On pourra se référer aux publications WO 2005/021961, WO 2006/121337 et WO 2006/132539 qui décrivent des exemples de réalisation d'une plateforme « SPAR », de son ancrage et de son procédé d'installation en mer.

[0009] Enfin, les flotteurs semi-submersibles de type « barge » se présentent sous la forme d'une fondation plus compacte qui est comparable à une barge rectangulaire percée en son centre et constituée principalement de béton ou d'acier.

[0010] La plupart des structures de support flottant n'ont pas été conçues pour s'inscrire dans le cadre d'une industrialisation à grande échelle. En effet, ces

flotteurs se composent généralement d'un grand nombre d'éléments à assembler, ce qui nécessite du temps et de la place au sol.

Exposé de l'invention

5 [0011] L'invention a donc pour objet de proposer une structure de support flottant (de type « SPAR », semi-submersible ou de type « TLP ») pour éolienne offshore qui permette de simplifier son assemblage et d'accélérer le temps d'assemblage tout en minimisant l'espace requis à terre.

10 [0012] Conformément à l'invention, ce but est atteint grâce à une structure de support flottant à multiples colonnes centrales pour éolienne offshore, comprenant :

- au moins deux colonnes centrales tubulaires identiques et indépendantes qui sont assemblées les unes aux autres autour d'un axe d'un mât de l'éolienne de façon à former un pylône de support flottant s'inscrivant dans le
15 prolongement vertical du mât de l'éolienne ;
- un connecteur inférieur centré sur l'axe du mât de l'éolienne et destiné à assurer un maintien et une reprise des efforts des colonnes centrales au niveau de leur extrémité inférieure respective ; et
- un connecteur supérieur centré sur l'axe du mât de l'éolienne et comprenant,
20 dans une partie supérieure, des moyens de réception du mât de l'éolienne et, dans une partie inférieure, au moins deux réceptacles supérieurs pour recevoir une extrémité supérieure des colonnes centrales.

[0013] L'invention est remarquable en ce qu'elle se base sur une approche modulaire pour la réalisation de la structure de support flottant. En particulier, à partir de
25 connecteurs inférieur et supérieur, l'invention prévoit de former le pylône de support flottant en utilisant une pluralité de colonnes centrales identiques et indépendantes qui sont assemblées grâce à ces connecteurs. Le nombre de colonnes centrales pourra être de 2, 3, 4, 5, 6, etc. et faire varier ainsi le design de la structure de support flottant en fonction des conditions du site
30 d'implantation de la structure.

[0014] Du fait que les colonnes centrales soient toutes identiques, cela simplifie grandement l'assemblage de la structure de support flottant. En effet, ces colonnes centrales, mais aussi les connecteurs inférieur et supérieur, peuvent être préfabriquées en série sur un même modèle et rapidement assemblées sur site. Il en résulte une simplification d'assemblage et un gain de temps.

[0015] Le pylône de support flottant peut être dépourvu de traverse de façon à former un flotteur de type SPAR.

[0016] Alternativement, chaque colonne centrale peut être raccordée à au moins une traverse tubulaire dont une extrémité opposée à la colonne centrale constitue un nœud de flottaison espacé radialement du pylône de support flottant de façon à former un flotteur de type semi-submersible.

[0017] Dans une variante, chaque colonne centrale est raccordée, d'une part au niveau de son extrémité inférieure à au moins une traverse radiale, et d'autre part au-dessus de son extrémité inférieure à au moins une traverse diagonale, la traverse radiale et la traverse diagonale étant raccordées l'une à l'autre au niveau du nœud de flottaison de façon à former un ensemble unitaire flottant de forme triangulaire.

[0018] Dans une autre variante, chaque colonne centrale est raccordée, d'une part au niveau de son extrémité inférieure à au moins une première traverse radiale, et d'autre part au-dessus de son extrémité inférieure à au moins une seconde traverse radiale, les traverses radiales étant raccordées l'une à l'autre au niveau du nœud de flottaison de façon à former un ensemble unitaire flottant de forme rectangulaire.

[0019] De façon avantageuse, chaque ensemble unitaire flottant comprend au moins un module de flottaison positionné au niveau de son nœud de flottaison.

[0020] Chacun de ces modules de flottaison peut comprendre une tige centrale s'étendant parallèlement à l'axe du mât de l'éolienne et sur lequel sont emboîtés au moins un anneau en acier et/ou au moins un anneau en matériau non métallique.

[0021] L'axe du mât de l'éolienne peut être aligné sur un centre de symétrie du flotteur. Alternativement, l'axe du mât de peut être excentré par rapport à un centre de symétrie du flotteur.

5 [0022] De préférence, les nœuds de flottaison respectifs des ensembles unitaires flottant sont reliés les uns aux autres par au moins un câble, les nœuds de flottaison comprenant des dispositifs de mise en tension du câble.

[0023] La structure peut comprendre en outre au moins un élément de flottaison positionné autour du câble.

10 [0024] De préférence, chaque ensemble unitaire flottant comprend un réseau de tuyauterie de ballastage logé à l'intérieur d'au moins l'une des traverses et de la colonne centrale.

[0025] Le pylône de support flottant et/ou au moins l'une des traverses radiales peut comprendre au moins une unité centrale de flottaison.

15 [0026] Dans une variante, le connecteur inférieur est une pièce indépendante des colonnes centrales et comprend au moins deux réceptacles inférieurs pour recevoir chacun une extrémité inférieure des colonnes centrales.

[0027] Dans une autre variante, le connecteur inférieur est un collier de serrage venant serrer les extrémités inférieures respectives des colonnes centrales.

20 [0028] L'invention a également pour objet un procédé d'assemblage d'une structure de support flottant telle que définie précédemment, comprenant une étape d'assemblage au sec de l'extrémité inférieure de chaque colonne centrale sur le connecteur inférieur, suivie par une étape d'assemblage au sec du connecteur supérieur sur l'extrémité supérieure de chaque colonne centrale.

25 [0029] L'invention a encore pour objet un procédé d'assemblage d'une structure de support flottant telle que définie précédemment, comprenant successivement :

- une étape d'assemblage des éléments unitaires flottant sur le connecteur inférieur en soulevant chaque élément unitaire et en le pivotant pour faire reposer le nœud de flottaison sur un support préalablement positionné à terre pour garantir le bon positionnement latéral de l'élément unitaire flottant ;

- une étape d'assemblage du connecteur supérieur sur l'extrémité supérieure de la colonne centrale de chaque élément unitaire flottant ; et
- une étape de connexion des colonnes centrales des éléments unitaires flottant aux connecteurs inférieur et supérieur par soudage, par collage ou
5 par assemblage mécanique.

[0030] Les étapes d'assemblage peuvent être réalisées sur une plateforme submersible permettant de mettre à l'eau la structure de support flottant dans une zone calme et protégée de la houle.

10 [0031] Dans ce cas, la plateforme submersible est avantageusement équipée d'un portique de levage permettant d'assembler le mât de l'éolienne sur la partie supérieure du connecteur supérieur de la structure de support flottant.

Brève description des dessins

15 [0032][Fig. 1] La figure 1 est une vue en perspective d'une structure de support flottant de type semi-submersible à quatre ensembles unitaires flottant selon un premier mode de réalisation de l'invention.

[0033][Fig. 2] La figure 2 est une vue de côté de la structure de support flottant de la figure 1.

20 [0034][Fig. 3] La figure 3 est une vue en éclaté de la structure de support flottant des figures 1 et 2.

[0035][Fig. 4A] La figure 4A est une vue en perspective d'une structure de support flottant de type SPAR selon un deuxième mode de réalisation de l'invention.

[0036][Fig. 4B] La figure 4B est une vue en éclaté d'une variante de la structure de support flottant de type SPAR selon ce deuxième mode de réalisation.

25 [0037][Fig. 5] La figure 5 est une vue en perspective d'une structure de support flottant de type semi-submersible à trois ensembles unitaires flottant selon un troisième mode de réalisation de l'invention.

[0038][Fig. 6] La figure 6 est une vue en perspective d'une structure de support flottant de type semi-submersible à cinq ensembles unitaires flottant selon un quatrième mode de réalisation de l'invention.

5 [0039][Fig. 7] La figure 7 est une vue en perspective d'une structure de support flottant de type semi-submersible à six ensembles unitaires flottant selon un cinquième mode de réalisation de l'invention.

[0040][Fig. 8] La figure 8 est une vue en perspective d'une structure de support flottant selon une variante de réalisation du premier mode de réalisation de l'invention.

10 [0041][Fig. 9] La figure 9 est une vue en perspective de la structure de support flottant selon une autre variante de réalisation du premier mode de réalisation de l'invention.

[0042][Fig. 10] à [Fig. 17] Les figures 10 à 17 sont des vues montrant un exemple des différentes étapes d'un procédé d'assemblage selon l'invention d'une
15 structure de support flottant de la figure 1.

[0043][Fig. 18] La figure 18 montre un exemple de maintenance sur une éolienne offshore montée sur la structure de support flottant de la figure 1.

[0044][Fig. 19] La figure 19 est une vue en perspective de la structure de support flottant selon encore une autre variante de réalisation du premier mode de
20 réalisation de l'invention avec une unité centrale de flottaison entre les colonnes centrales.

[0045][Fig. 20] La figure 20 est une vue en perspective d'une variante de réalisation de la structure de support flottant selon le troisième mode de réalisation de l'invention.

25 [0046][Fig. 21] La figure 21 est une vue en perspective d'une structure de support flottant de type semi-submersible et excentrée à deux ensembles unitaires flottant selon un sixième mode de réalisation de l'invention.

[0047][Fig. 22A] La figure 22A montre une variante de réalisation de la structure de support flottant selon le troisième mode de réalisation.

[0048][Fig. 22B] La figure 22B montre une autre variante de réalisation de la structure de support flottant selon le troisième mode de réalisation.

[0049][Fig. 23] La figure 23 montre un exemple de réalisation d'un réseau de tuyauterie de ballastage au sein d'une structure de support flottant selon l'invention.

Description des modes de réalisation

[0050]Les figures 1 à 3 représentent une structure de support flottant 2-1 de type semi-submersible selon un premier mode de réalisation de l'invention et destinée à recevoir un mât d'éolienne offshore (non représenté).

[0051]Selon l'invention, la structure de support flottant 2-1 comprend un assemblage entre un connecteur inférieur 4, un connecteur supérieur 6, et une pluralité (c'est-à-dire au moins deux, et au nombre de quatre sur le premier mode de réalisation des figures 1 à 3) colonnes centrales tubulaires 8 qui sont toutes identiques et indépendantes les unes des autres de façon à former un pylône s'inscrivant dans le prolongement vertical du mât 9 de l'éolienne.

[0052]Les colonnes centrales 8 ont généralement un diamètre compris entre 2 et 4 mètres. Elles peuvent être renforcées ou non à l'intérieur. Elles sont typiquement réalisées à partir de différentes technologies d'assemblage et sont faciles à fabriquer sans investissement important.

[0053]Comme représenté sur la figure 3, le connecteur inférieur 4 est, dans ce mode de réalisation, une pièce indépendante des colonnes centrales qui est centrée sur un axe vertical X-X du mât de l'éolienne et qui comprend au moins deux (au nombre de quatre sur cet exemple de réalisation) réceptacles inférieurs régulièrement répartis autour de l'axe vertical X-X, ouverts vers le haut et destinés chacun à recevoir par emboîtement de formes complémentaires l'extrémité inférieure d'une colonne centrale 8.

[0054]De même, le connecteur supérieur 6 est une pièce indépendante des colonnes centrales qui est centrée sur un axe vertical X-X du mât 9 de l'éolienne et qui comprend, dans une partie inférieure, au moins deux (au nombre de quatre sur

cet exemple de réalisation) réceptacles supérieurs 12 régulièrement répartis autour de l'axe vertical X-X, ouverts vers le bas et destinés chacun à recevoir par emboîtement de formes complémentaires l'extrémité supérieure d'une colonne centrale 8.

5 [0055]Le connecteur supérieur 6 comprend en outre, dans une partie supérieure, des moyens de réception du mât 9 de l'éolienne. Typiquement, ces moyens de réception se présentent sous la forme d'une bague 14 à l'intérieur de laquelle est emmanchée avant d'être fixée (par soudage par exemple) l'extrémité inférieure du mât de l'éolienne.

10 [0056]Bien entendu, il est possible d'envisager d'autres moyens de réception du mât de l'éolienne. De même, il est possible d'envisager que le connecteur supérieur ne fasse qu'une seule et même pièce avec une partie au moins du mât de l'éolienne.

[0057]Quant aux colonnes centrales 8, elles sont toutes identiques, indépendantes
15 les unes des autres, et se présentent chacune sous la forme d'un cylindre qui s'étend verticalement et dont l'extrémité inférieure est emboîtée puis assemblée à l'intérieur de l'un des réceptacles 10 du connecteur inférieur 4, et l'extrémité supérieure est emboîtée puis assemblée à l'intérieur de l'un des réceptacles 12 du connecteur supérieur 6.

20 [0058]De préférence, comme représenté sur la figure 4B, les réceptacles 10 du connecteur inférieur et/ou les réceptacles 12 du connecteur supérieur comportent chacun un guide de centrage 16 destiné à faciliter l'assemblage d'une extrémité correspondante de colonne centrale.

[0059]Par exemple, dans le mode de réalisation de la figure 4B, ces guides de
25 centrage 16 se présentent sous la forme de deux plaques 16a, 16b positionnées en croix et biseautées dans leur partie terminale respective pour former une pointe. Bien entendu, les guides de centrage peuvent prendre d'autres formes.

[0060]Une fois emmanchées à l'intérieur des réceptacles 10, 12 des connecteurs
inférieur et supérieur, les colonnes centrales 8 sont fixés aux connecteurs par
30 soudage, par collage ou par assemblage mécanique.

[0061] Le premier mode de réalisation de l'invention illustré par les figures 1 à 3 concerne un flotteur de type « semi-submersible » à quatre ensembles unitaires flottant.

5 [0062] Par « ensemble unitaire flottant », on entend que, pour chaque colonne centrale, il est prévu au moins une traverse tubulaire radiale et au moins une traverse tubulaire diagonale qui sont raccordées, d'une part à la colonne centrale, et d'autre part à un nœud de flottaison espacé radialement du pylône de support flottant.

10 [0063] Dans les différents modes de réalisation décrits ci-après (à l'exception de celui décrit en liaison avec les figures 4A, 4B, 22A et 22B), les ensembles unitaires flottant ont une forme triangulaire.

15 [0064] Plus précisément pour ces modes de réalisation, pour chaque colonne centrale 8, une traverse tubulaire radiale 20 est raccordée à une extrémité inférieure de la colonne en formant un angle compris entre 75° et 90° avec celle-ci, et une traverse tubulaire diagonale 22 est raccordée, d'une part à la colonne au-dessus de l'extrémité inférieure de celle-ci, et d'autre part à une extrémité libre de la traverse radiale en formant avec celle-ci un nœud de flottaison 24 espacé radialement de l'axe vertical X-X de façon à former un ensemble unitaire flottant 18 ayant une forme triangulaire.

20 [0065] Ces éléments unitaires flottant 18 de forme triangulaire sont de préférence tous identiques entre eux, ce qui facilite, d'une part leur fabrication, et d'autre part leur assemblage sur les connecteurs inférieur et supérieur.

25 [0066] Dans ce premier mode de réalisation, la structure de support flottant 2-1 présente quatre ensembles unitaires flottant 18 de forme triangulaire identiques qui sont régulièrement espacés les uns des autres (c'est-à-dire d'un même angle de 90°).

30 [0067] Bien entendu, les ensembles unitaires flottant peuvent présenter d'autres formes qu'une forme triangulaire en fonction du nombre et de la disposition des traverses radiales et diagonales. De même, ils ne sont pas forcément tous identiques les uns aux autres.

[0068] Par ailleurs, chaque ensemble unitaire flottant 18 comprend un module de flottaison 26 qui est positionné au niveau de son nœud de flottaison 24, c'est-à-dire à l'extrémité libre des traverses radiale 20 et diagonale 22 opposée à l'axe vertical X-X du mât.

5 [0069] Chaque module de flottaison 26 se compose d'une tige centrale 28 qui s'étend parallèlement à l'axe vertical X-X du mât et sur lequel sont emboîtés au moins un anneau en acier 30 formant un réservoir de ballast et/ou au moins un anneau en matériau non métallique 32.

10 [0070] Dans l'exemple de réalisation des figures 1 et 2, chaque module de flottaison 26 comprend ainsi un anneau en acier 30 surmonté de trois anneaux en matériau non métallique 32, deux autres anneaux matériau non métallique 32 étant montés sous l'anneau en acier 30.

15 [0071] De façon avantageuse, les anneaux non métallique 32 sont standardisés et tous identiques entre eux (en termes de dimensions et de matériau), ce qui permet d'ajuster leur nombre à chaque nœud de flottaison 24 en fonction des conditions d'implantation de l'éolienne.

20 [0072] Ces anneaux non métalliques 32 sont réalisés en matériaux non métalliques, soit solides, soit en mousse ou en mousse syntactique afin de jouer un rôle de flottaison. Les matériaux non métalliques peuvent être des thermdurcissables, des thermoplastiques ou des élastomères. Ces anneaux non métalliques sont maintenus sur la tige centrale 28 par tout moyen (par exemple par des circlips).

25 [0073] De plus, les anneaux en acier 30 formant réservoirs de ballast sont reliés à un réseau de tuyauterie de ballastage (décrit en liaison avec la figure 23) qui est logé à l'intérieur d'au moins l'une des traverses 20, 22 et de la colonne centrale afin de déboucher au niveau d'une zone de contrôle (non représentée sur les figures) située au-dessus du connecteur supérieur 6.

[0074] Les nœuds de flottaison 24 respectifs des ensembles unitaires flottant 18 sont reliés les uns aux autres par au moins un câble 36, au moins certains des nœuds de flottaison étant équipés d'un dispositif de mise en tension du câble. Le ou les

câbles 36 sont ainsi précontraints et permettent de réduire le poids global de la structure de support flottant et de diminuer le temps d'assemblage de celle-ci.

[0075] Comme représenté sur la figure 1 relative au premier mode de réalisation, il peut s'agir d'une pluralité de câbles 36 métalliques reliant deux à deux les nœuds de flottaison des ensembles unitaires flottant 18.

[0076] Dans ce cas, la mise en tension des câbles 36 peut être assurée par un système vis-écrou, ou un vérin hydraulique (fonctionnant en traction) permettant de tirer l'extrémité du câble vers l'un des nœuds de flottaison, tandis que l'autre extrémité du câble est connectée au nœud de flottaison voisin. Dans cette configuration, il y a autant de dispositifs de mise en tension des câbles que d'éléments unitaires flottant 18. Ces dispositifs de mise en tension peuvent être amovibles dans le cas de vérins hydrauliques.

[0077] Dans une variante à plusieurs câbles (non représentée), il peut être prévu un seul dispositif de mise en tension du câble. En tendant celui-ci, les autres câbles sont également tendus car, dans cette variante, les éléments unitaires flottant possèdent un degré de rotation possible autour de l'axe vertical X-X au niveau de leur ancrage dans les connecteurs inférieur et supérieur.

[0078] Dans une variante de réalisation non représentée, il peut s'agir d'un même et unique câble ou chaîne métallique qui relie tous les nœuds de flottaison des ensembles unitaires flottant. Dans cette variante, le seul câble passe des rainures ménagées à chaque nœud de flottaison, ces rainures étant munies de bloqueurs (serre-câbles) permettant de fixer la position du câble une fois la tension obtenue. Ainsi, le trajet du câble correspond à la circonférence de la structure de support flottant définie par les ensembles unitaires flottant 18. La tension du câble ou de la chaîne est réalisée par un dispositif tel qu'un vérin ou un système vis-écrou fixé aux deux extrémités du câble (ou de la chaîne).

[0079] Enfin, une alternative possible aux câbles est de recourir à des entretoises horizontales en acier reliant entre eux les nœuds de flottaison des éléments unitaires flottant. Des connecteurs mécaniques rapides assurent alors la liaison

entre les entretoises et les nœuds de flottaison afin de réduire au maximum le temps de montage.

[0080] La figure 4A et la figure 4B représentent deux variantes d'une structure de support flottant 2-2, 2-2' selon un deuxième mode de réalisation de l'invention, respectivement en perspective et en éclaté.

[0081] Les structures de support flottant 2-2, 2-2' selon le deuxième mode de réalisation de l'invention forment des flotteurs de type « SPAR » (pour « Single Point Anchor Reservoir »), c'est-à-dire des flotteurs de forme cylindrique s'inscrivant dans le prolongement du mât de l'éolienne.

[0082] Plus précisément, la structure de support flottant 2-2 selon la variante de la figure 4A comprend quatre colonnes centrales tubulaires 8 qui sont toutes identiques entre elles et indépendantes les unes des autres de façon à former un pylône s'inscrivant dans le prolongement vertical du mât de l'éolienne.

[0083] De même, la structure de support flottant 2-2' selon la variante de la figure 4B comprend trois colonnes centrales tubulaires 8 qui sont toutes identiques entre elles de façon à former un pylône.

[0084] De plus, contrairement au premier mode de réalisation, les colonnes centrales 8 formant le pylône de ces deux structures de support flottant 2-2, 2-2' sont toutes dépourvues de traverse (aussi bien radiales que diagonales).

[0085] La figure 5 est une vue en perspective d'une structure de support flottant 2-3 selon un troisième mode de réalisation de l'invention.

[0086] Dans ce mode de réalisation, la structure de support flottant 2-3 forme un flotteur semi-submersible à trois ensembles unitaires flottant 18 qui sont espacés angulairement les uns des autres d'un même angle de 120°. Dans cette configuration, les câbles 36 forment un triangle.

[0087] Les autres caractéristiques de cette structure de support flottant sont similaires à celles décrites en liaison avec le premier mode de réalisation.

[0088] La figure 6 est une vue en perspective d'une structure de support flottant 2-4 selon un quatrième mode de réalisation de l'invention.

[0089] Dans ce mode de réalisation, la structure de support flottant 2-4 forme un flotteur semi-submersible à cinq ensembles unitaires flottant 18 qui sont espacés angulairement les uns des autres d'un même angle de 72° . Dans cette configuration, les câbles 36 forment un pentagone.

5 [0090] Les autres caractéristiques de cette structure de support flottant sont similaires à celles décrites en liaison avec le premier mode de réalisation.

[0091] La figure 7 est une vue en perspective d'une structure de support flottant 2-5 selon un cinquième mode de réalisation de l'invention.

10 [0092] Dans ce mode de réalisation, la structure de support flottant 2-5 forme un flotteur semi-submersible à six ensembles unitaires flottant 18 qui sont espacés angulairement les uns des autres d'un même angle de 60° . Dans cette configuration, les câbles 36 forment un hexagone.

[0093] Les autres caractéristiques de cette structure de support flottant sont similaires à celles décrites en liaison avec le premier mode de réalisation.

15 [0094] La figure 8 est une vue en perspective d'une structure de support flottant 2-1' selon une variante de réalisation du premier mode de réalisation de l'invention, c'est-à-dire une structure de support flottant formant un flotteur semi-submersible à quatre ensembles unitaires flottant 18 qui sont espacés angulairement les uns des autres d'un même angle de 90° .

20 [0095] Cette variante de réalisation présente la particularité que des éléments de flottaison 38 sont positionnés autour de chaque câble 36. Par exemple, ces éléments de flottaison 38 se présentent sous la forme de cylindres en mousse montés autour des câbles.

25 [0096] Ces éléments de flottaison 38 viennent en complément des modules de flottaison 26 positionnés au niveau des nœuds de flottaison des ensembles unitaires flottant 18.

[0097] Les autres caractéristiques de cette structure de support flottant sont similaires à celles décrites en liaison avec le premier mode de réalisation.

[0098] La figure 9 est une vue en perspective d'une structure de support flottant 2-1" selon une autre variante de réalisation du premier mode de réalisation de l'invention, c'est-à-dire une structure de support flottant formant un flotteur semi-submersible à quatre ensembles unitaires flottant 18 qui sont espacés angulairement les uns des autres d'un même angle de 90°.

[0099] Cette variante de réalisation présente la particularité que des unités de flottaison 40 sont positionnées autour des traverses radiales 20 de chaque ensemble unitaire flottant 18. Par exemple, ces unités de flottaison 40 se présentent sous la forme de cylindres en mousse montés autour des traverses radiales.

[0100] Ici, ces unités de flottaison 40 viennent en remplacement des modules de flottaison positionnés au niveau des nœuds de flottaison 24 des ensembles unitaires flottant 18.

[0101] Les autres caractéristiques de cette structure de support flottant sont similaires à celles décrites en liaison avec le premier mode de réalisation.

[0102] En liaison avec les figures 10 à 17, on décrira maintenant un exemple d'assemblage et d'installation d'une structure de support flottant selon l'invention, en particulier la structure de support flottant 2-5 selon le cinquième mode de réalisation de l'invention.

[0103] Bien entendu, le procédé d'assemblage appliqué aux autres modes de réalisation de l'invention découle de manière évidente de celui décrit ci-après.

[0104] L'assemblage peut être réalisé à quai ou sur une plateforme d'assemblage en mer (de type catamaran) pouvant être submersible. Le recours à un catamaran submersible permet de gagner en autonomie, de ne pas être dépendant du site de montage et surtout de la disponibilité des moyens de levage sur le site.

[0105] Préalablement au démarrage de l'assemblage, les connecteurs inférieur et supérieur, ainsi que les ensembles unitaires flottant peuvent être construits en série.

[0106] Dans une première étape, un contrepoids 42 de forme cylindrique est posé au sol sur le site d'assemblage, ce contrepoids étant destiné à être arrimé par des

tendons 50 aux nœuds de flottaison 24 des ensembles unitaires flottant 18 afin d'assurer un ancrage gravitaire de la structure de support flottant (voir la mise en situation illustrée à la figure 18).

[0107] Dans le mode de réalisation représenté sur la figure 10, ce contrepoids 42 présente un évidement central 44 destiné à recevoir le connecteur inférieur de la structure de support flottant.

[0108] Dans l'étape suivante illustrée par la figure 11, le connecteur inférieur 4 de la structure de support flottant est déplacé (par exemple à l'aide d'une grue ou d'un portique de levage) pour être positionné dans l'évidement 44 du contrepoids 40. En absence d'un tel évidement, le connecteur inférieur est déposé directement sur le contrepoids.

[0109] Au cours de l'étape suivante (figure 12), des supports de positionnement 46 sont avantageusement disposés sur le site d'assemblage autour du contrepoids 42 aux endroits précis où devront reposer les modules de flottaison des ensembles unitaires flottant.

[0110] Ces supports de positionnement 46 permettront un positionnement rapide et précis des éléments unitaires flottant ainsi qu'un ajustement parfait de la verticalité des colonnes centrales lors de la mise en place du connecteur supérieur. Bien entendu, ils seront réutilisables.

[0111] Comme représenté sur la figure 13, les éléments unitaires flottant 18 sont assemblés les uns après les autres sur le connecteur inférieur 4. A cet effet, chaque élément unitaire flottant 18 est soulevé (à l'aide de la grue ou du portique de levage) pour introduire verticalement l'extrémité inférieure de sa colonne centrale 8 dans l'un des réceptacles 10 du connecteur inférieur. L'élément unitaire flottant est également pivoté autour de sa colonne centrale pour faire reposer son module de flottaison 26 sur l'un des supports de positionnement 46.

[0112] La figure 14 représente l'avancement du processus avec l'assemblage d'un second élément unitaire flottant 18 sur le connecteur inférieur 4.

[0113] La figure 15 représente la structure une fois l'ensemble des éléments unitaires flottant 18 assemblés sur le connecteur inférieur 4.

[0114] Une fois l'ensemble des éléments unitaires flottant 18 assemblés puis fixés (par soudage, par collage ou par assemblage mécanique) sur le connecteur inférieur 4, l'étape suivante représentée à la figure 16 consiste à assembler (à l'aide de la grue ou du portique d'assemblage) le connecteur supérieur 6 sur l'extrémité supérieure des colonnes centrales, puis d'assurer une fixation de ces pièces entre elles (par soudage, par collage ou par assemblage mécanique).

[0115] Une plateforme de contrôle 48 peut ensuite être montée autour de l'extrémité supérieure du connecteur supérieur 6.

[0116] Dans une dernière étape d'assemblage de la structure de support flottant 2-5 (figure 17), les câbles 36 sont fixés aux nœuds de flottaison 24 respectifs des ensembles unitaires flottant 18 puis sont mis en tension. Le mât et la turbine de l'éolienne peuvent alors être installés à l'aide de la grue ou du portique de levage.

[0117] Comme représenté sur la figure 18, la maintenance de l'éolienne offshore montée sur une structure de support flottant selon l'invention (ici la structure 2-1 à quatre ensembles unitaires flottant de la figure 1) est possible notamment pour permettre le remplacement des composants de la turbine 52 ou des pales 54.

[0118] A cet effet, les traverses diagonales 22 d'au moins certains des ensembles unitaires flottant 18 de la structure de support flottant 2-1 sont équipées de broches 56 (voir également la figure 1) afin de permettre l'installation d'une plateforme temporaire 58 afin d'installer une structure télescopique 60.

[0119] On notera que les broches 56 peuvent également recevoir d'autres structures de maintenance associées à des options de grues grimpantes.

[0120] Quel que soit le mode de réalisation de l'invention, on notera qu'il est possible, au cours de l'assemblage de la structure de support flottant, d'insérer au moins une unité centrale de flottaison 62 entre les colonnes centrales 8 formant le pylône (voir la figure 19 avec une structure de support flottant 2-1 à quatre ensembles unitaires flottant 18 et la figure 21 avec une structure de

support flottant 2-6 à deux ensembles unitaires flottant). Cette unité centrale de flottaison 62 permet d'augmenter la flottaison de la structure de support flottant.

[0121] Ainsi, dans l'exemple illustré sur la figure 19, cette unité centrale de flottaison 62 (par exemple un cylindre en mousse) est insérée verticalement le long de l'axe X-X entre les colonnes centrales avant l'étape de mise en place du connecteur supérieur sur l'extrémité supérieure des colonnes centrales.

[0122] Dans une alternative non représentée sur les figures, une telle unité centrale de flottaison peut être pré-installée sur la première colonne centrale qui est assemblée lors du montage de la structure de support flottant.

[0123] La figure 20 est une vue en perspective d'une variante de réalisation de la structure de support flottant 2-3' selon le troisième mode de réalisation de l'invention.

[0124] Cette variante de réalisation se distingue de celle décrite en liaison avec la figure 5 en ce que le connecteur inférieur de la structure ne comprend pas des réceptacles inférieurs pour recevoir les extrémités inférieures des colonnes. Ici, il s'agit d'un simple collier de serrage 4' venant serrer les extrémités inférieures respectives des colonnes centrales.

[0125] Dans cette variante de réalisation, pour faciliter l'assemblage des colonnes centrales de la structure de support flottant 2-3', un connecteur inférieur du type celui décrit en liaison avec la figure 5 peut être installé temporairement au sol.

[0126] L'ensemble des modes de réalisation de la structure de support flottant selon l'invention qui ont été décrits jusqu'ici concernent des structures dont l'axe X-X du mât de l'éolienne est aligné sur un centre de symétrie du flotteur (le pylône de support flottant est aligné sur le centre de symétrie de la structure).

[0127] Par contraste, la figure 21 est une vue en perspective d'une structure de support flottant de type semi-submersible selon un sixième mode de réalisation de l'invention qui est excentrée.

[0128] Dans ce sixième mode de réalisation, la structure de support flottant 2-6 ne comprend que deux ensembles unitaires flottant 18 qui forment entre eux un

angle qui est différent de 180°. Aussi, l'axe X'-X' du mât 9 de l'éolienne est excentré par rapport au centre de symétrie de la structure.

[0129] De plus, dans ce sixième mode de réalisation, chacun des deux ensembles unitaires flottant 18 comprend deux modules de flottaison 26 qui sont positionné
5 au niveau de leur nœud de flottaison 24 respectif. Bien entendu, la présence de deux modules de flottaison par ensemble unitaire flottant peut s'appliquer aux structures de support de flottant des autres modes de réalisation.

[0130] Toujours dans ce sixième mode de réalisation, le câble reliant les nœuds de flottaison 24 respectifs des deux ensembles unitaires flottant 18 est remplacé par
10 un élément de contreventement 36'.

[0131] Par ailleurs, ce sixième mode de réalisation prévoit de positionner une unité centrale de flottaison 62 entre les colonnes centrales 8 formant le pylône.

[0132] La figure 22A et la figure 22B montrent deux variantes de réalisation de la structure de support flottant 2-3'' de type semi-submersible à trois ensembles
15 unitaires flottant de forme rectangulaire selon le troisième mode de réalisation.

[0133] Dans ces deux variantes de réalisation, chaque ensemble unitaire flottant 18' présente une forme rectangulaire avec une colonne centrale 8, ainsi que deux traverses radiales 20a, 20b (à savoir une traverse radiale haute 20a et une
20 traverse radiale basse 20b espacées l'une de l'autre selon l'axe X-X du mât 9) et une traverse diagonale 22.

[0134] Par ailleurs, dans la variante de réalisation de la figure 22A, les modules de flottaison 26' se présentent sous la forme de colonnes verticales de section droite polygonale (ici hexagonale) qui peuvent être réalisées par assemblage de
panneaux plans.

25 [0135] Dans la variante de réalisation de la figure 22B, les modules de flottaison 26'' se présentent sous la forme de colonnes verticales de forme cylindrique.

[0136] La figure 23 montre un exemple de réalisation d'un réseau de tuyauterie de ballastage au sein d'une structure de support flottant selon l'invention (partiellement représentée sur la figure), et plus particulièrement au sein d'un
30 ensemble unitaire flottant 18 de forme triangulaire.

[0137] Ce réseau de tuyauterie de ballastage comprend ainsi des canalisations 64 qui sont logées à l'intérieur des traverses radiale 20 et diagonale 22 de l'ensemble unitaire flottant. Ces canalisations 64 débouchent au niveau des modules de flottaison à l'intérieur de compartiments de ballastage 66 et s'ouvrent dans une
5 même conduite centrale 68 logée à l'intérieur de la colonne centrale 8 de l'ensemble unitaire flottant.

[0138] Au niveau de son extrémité supérieure, la conduite centrale 68 est avantageusement munie d'un système de branchement 70 apte à coopérer avec un système d'utilisation complémentaire 72 logé dans le connecteur supérieur 6
10 de la structure de support flottant. En d'autres termes, ces systèmes 70, 72 forment un ensemble de type « plug and play » qui facilite l'assemblage et la mise en fonctionnement de la structure de support flottant.

Revendications

[Revendication 1] Structure de support flottant (2-1 à 2-6) à multiples colonnes centrales pour éolienne offshore, comprenant :

- 5 - au moins deux colonnes centrales tubulaires (8) identiques et indépendantes qui sont assemblées les unes aux autres autour d'un axe (X-X ; X'-X') d'un mât (9) de l'éolienne de façon à former un pylône de support flottant s'inscrivant dans le prolongement vertical du mât de l'éolienne ;
- 10 - un connecteur inférieur (4) centré sur l'axe (X-X) du mât (9) de l'éolienne et destiné à assurer un maintien et une reprise des efforts des colonnes centrales au niveau de leur extrémité inférieure respective ; et
- un connecteur supérieur (6) centré sur l'axe du mât de l'éolienne et comprenant, dans une partie supérieure, des moyens de réception (14) du mât de l'éolienne et, dans une partie inférieure, au moins deux réceptacles
15 supérieurs (12) pour recevoir une extrémité supérieure des colonnes centrales,
- chaque colonne centrale étant raccordée à au moins une traverse tubulaire (20, 22) dont une extrémité opposée à la colonne centrale
20 constitue un nœud de flottaison (24) espacé radialement du pylône de support flottant de façon à former un flotteur de type semi-submersible.

[Revendication 2] Structure selon la revendication 1, dans laquelle chaque colonne centrale (8) est raccordée, d'une part au niveau de son extrémité inférieure à au moins une traverse radiale (20 ; 20a, 20b), et d'autre part au-
25 dessus de son extrémité inférieure à au moins une traverse diagonale (22), la traverse radiale et la traverse diagonale étant raccordées l'une à l'autre au niveau du nœud de flottaison (24) de façon à former un ensemble unitaire flottant (18) de forme triangulaire.

[Revendication 3] Structure selon la revendication 1, dans laquelle chaque
30 colonne centrale (8) est raccordée, d'une part au niveau de son extrémité inférieure à au moins une première traverse radiale (20a), et d'autre part au-

dessus de son extrémité inférieure à au moins une seconde traverse radiale (20b), les traverses radiales étant raccordées l'une à l'autre au niveau du nœud de flottaison (24) de façon à former un ensemble unitaire flottant (18) de forme rectangulaire.

5 [Revendication 4] Structure selon l'une des revendications 2 et 3, dans laquelle chaque ensemble unitaire flottant (18) comprend au moins un module de flottaison (26 ; 26' ; 26'') positionné au niveau de son nœud de flottaison (24).

10 [Revendication 5] Structure selon la revendication 4, dans laquelle chaque module de flottaison (26) comprend une tige centrale (28) s'étendant parallèlement à l'axe (X-X) du mât de l'éolienne et sur lequel sont emboîtés au moins un anneau en acier (30) et/ou au moins un anneau en matériau non métallique (32).

15 [Revendication 6] Structure selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans laquelle l'axe (X-X) du mât (9) de l'éolienne est aligné sur un centre de symétrie du flotteur.

[Revendication 7] Structure selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans laquelle l'axe (X'-X') du mât (9) de l'éolienne est excentré par rapport à un centre de symétrie du flotteur.

20 [Revendication 8] Structure selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, les nœuds de flottaison (24) respectifs des ensembles unitaires flottant sont reliés les uns aux autres par au moins un câble (36), les nœuds de flottaison comprenant des dispositifs de mise en tension du câble.

25 [Revendication 9] Structure selon la revendication 8, comprenant en outre au moins un élément de flottaison (38) positionné autour du câble (36).

[Revendication 10] Structure selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, dans laquelle chaque ensemble unitaire flottant (18) comprend un réseau de tuyauterie de ballastage logé à l'intérieur d'au moins l'une des traverses (20, 22) et de la colonne centrale (8).

30 [Revendication 11] Structure selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, dans laquelle le pylône de support flottant et/ou au moins l'une des traverses radiales comprend au moins une unité centrale de flottaison (62).

[Revendication 12] Structure selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, dans laquelle le connecteur inférieur (4) est une pièce indépendante des colonnes centrales et comprend au moins deux réceptacles inférieurs (12) pour recevoir chacun une extrémité inférieure des colonnes centrales.

5 [Revendication 13] Structure selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, dans laquelle le connecteur inférieur est un collier de serrage (4') venant serrer les extrémités inférieures respectives des colonnes centrales.

[Revendication 14] Procédé d'assemblage d'une structure de support flottant selon l'une quelconque des revendications 1 à 13, comprenant une étape
10 d'assemblage au sec de l'extrémité inférieure de chaque colonne centrale (8) sur le connecteur inférieur (4), suivie par une étape d'assemblage au sec du connecteur supérieur (6) sur l'extrémité supérieure de chaque colonne centrale.

[Revendication 15] Procédé d'assemblage d'une structure de support flottant
15 selon l'une des revendications 2 et 3, comprenant successivement :

- une étape d'assemblage des éléments unitaires flottant (18) sur le connecteur inférieur (4) en soulevant chaque élément unitaire et en le pivotant pour faire reposer le nœud de flottaison (24) sur un support (46) préalablement positionné à terre pour garantir le bon positionnement
20 latéral de l'élément unitaire flottant ;
- une étape d'assemblage du connecteur supérieur (6) sur l'extrémité supérieure de la colonne centrale (8) de chaque élément unitaire flottant (18) ; et
- une étape de connexion des colonnes centrales des éléments unitaires
25 flottant aux connecteurs inférieur et supérieur par soudage, par collage ou par assemblage mécanique.

[Revendication 16] Procédé selon la revendication 15, dans lequel les étapes d'assemblage sont réalisées sur une plateforme submersible permettant de
30 mettre à l'eau la structure de support flottant dans une zone calme et protégée de la houle.

[Revendication 17] Procédé selon la revendication 16, dans lequel la plateforme submersible est équipée d'un portique de levage permettant

d'assembler le mât de l'éolienne sur la partie supérieure du connecteur supérieur de la structure de support flottant.

.....

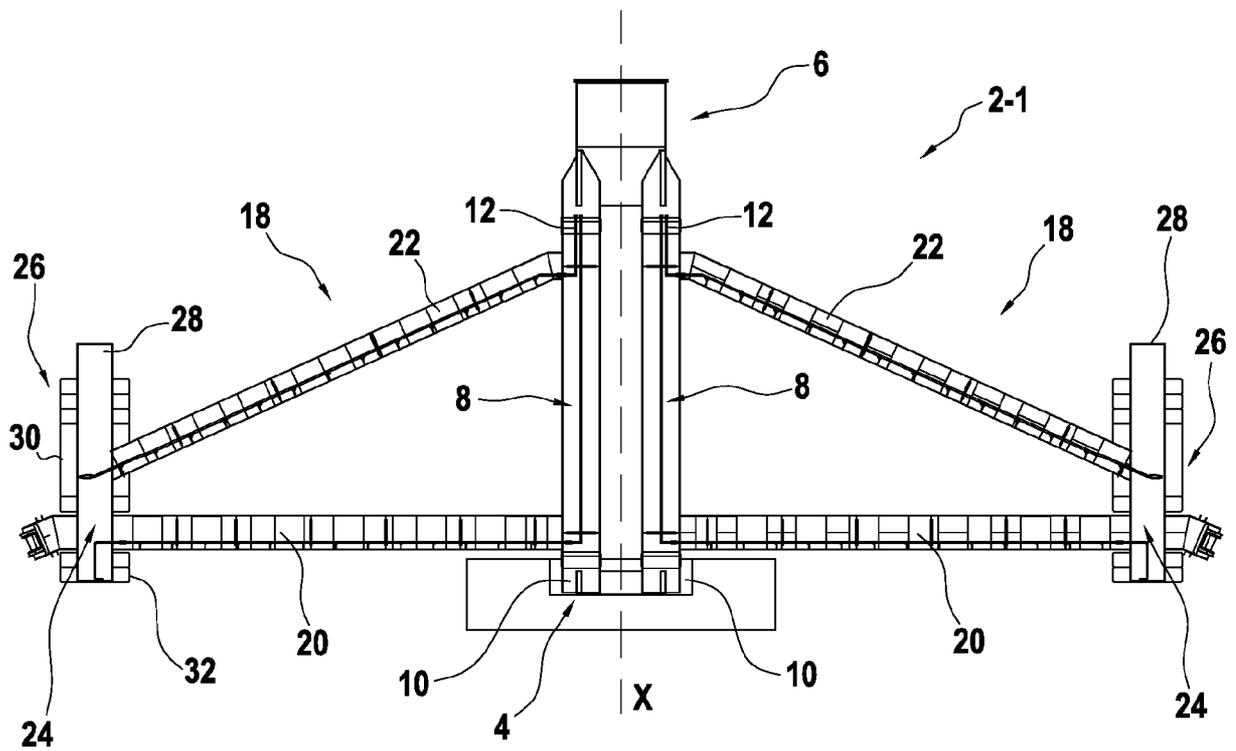


FIG. 2

3/22

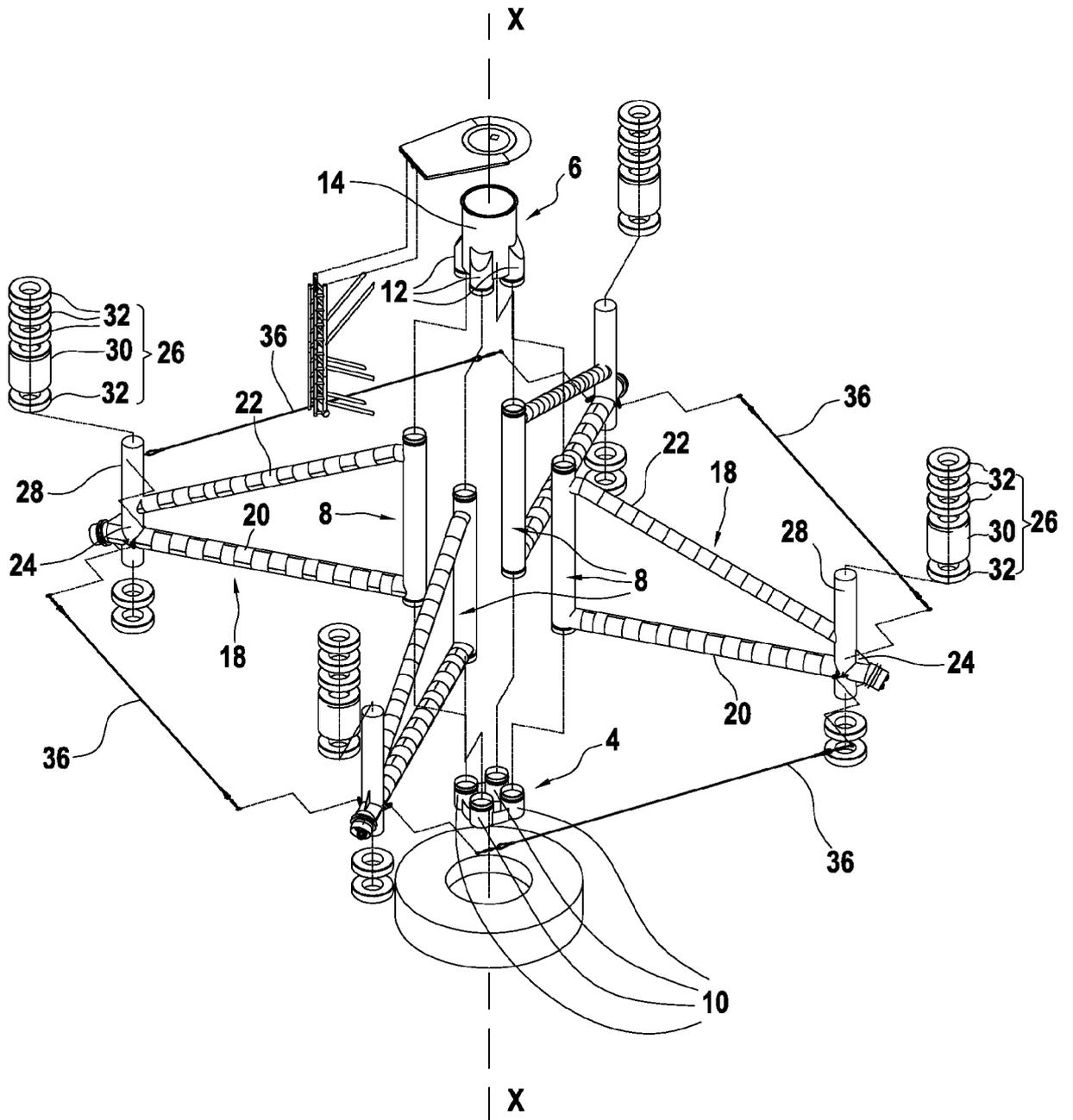


FIG.3

4/22

FIG.4A

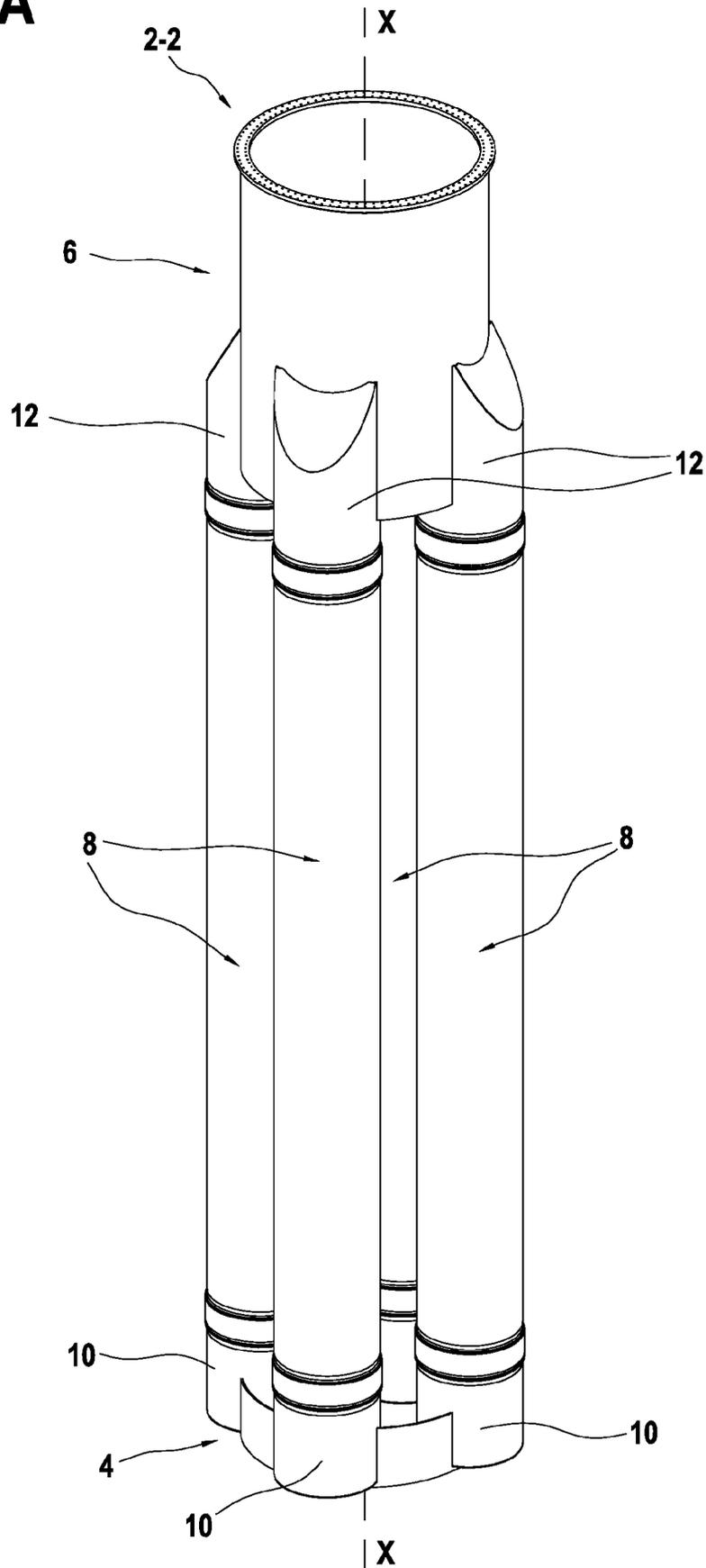
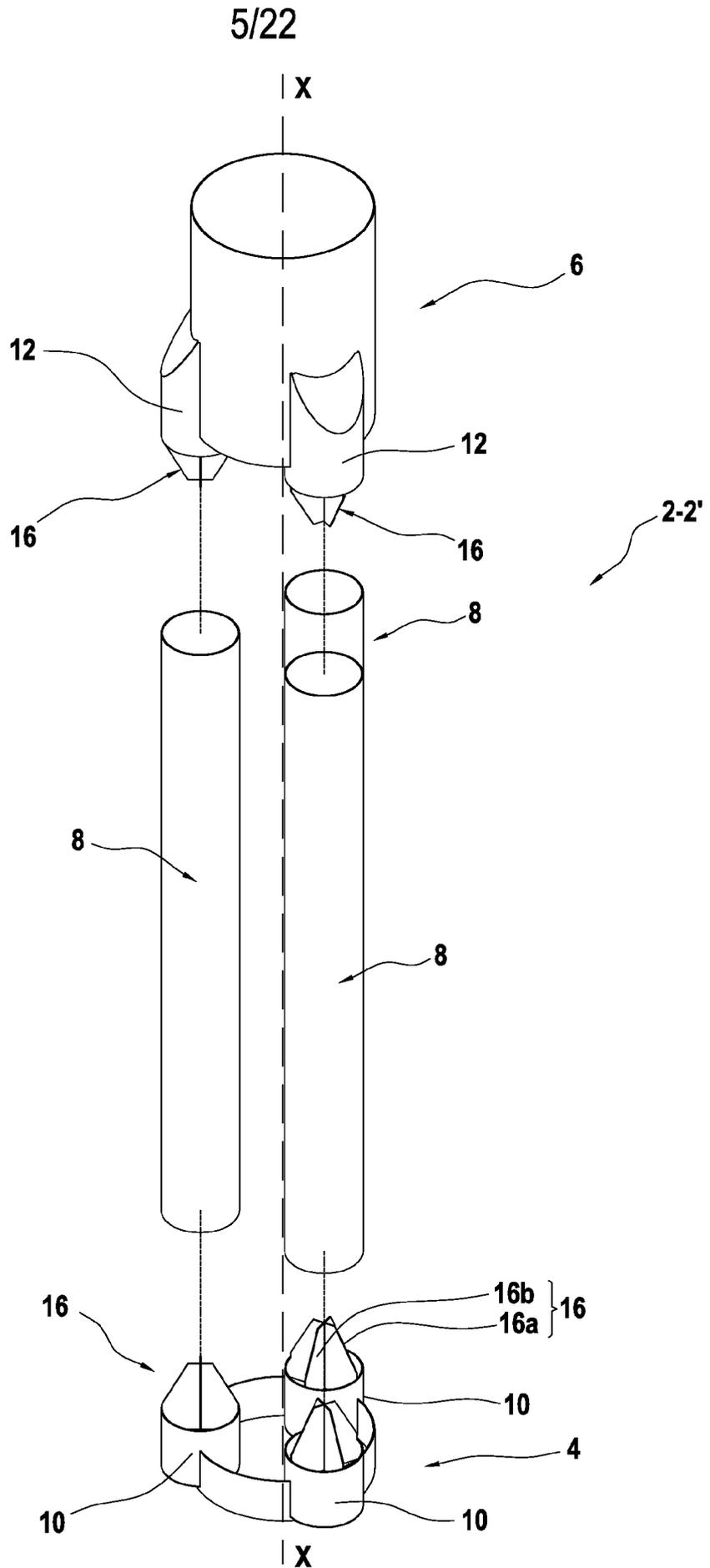


FIG.4B



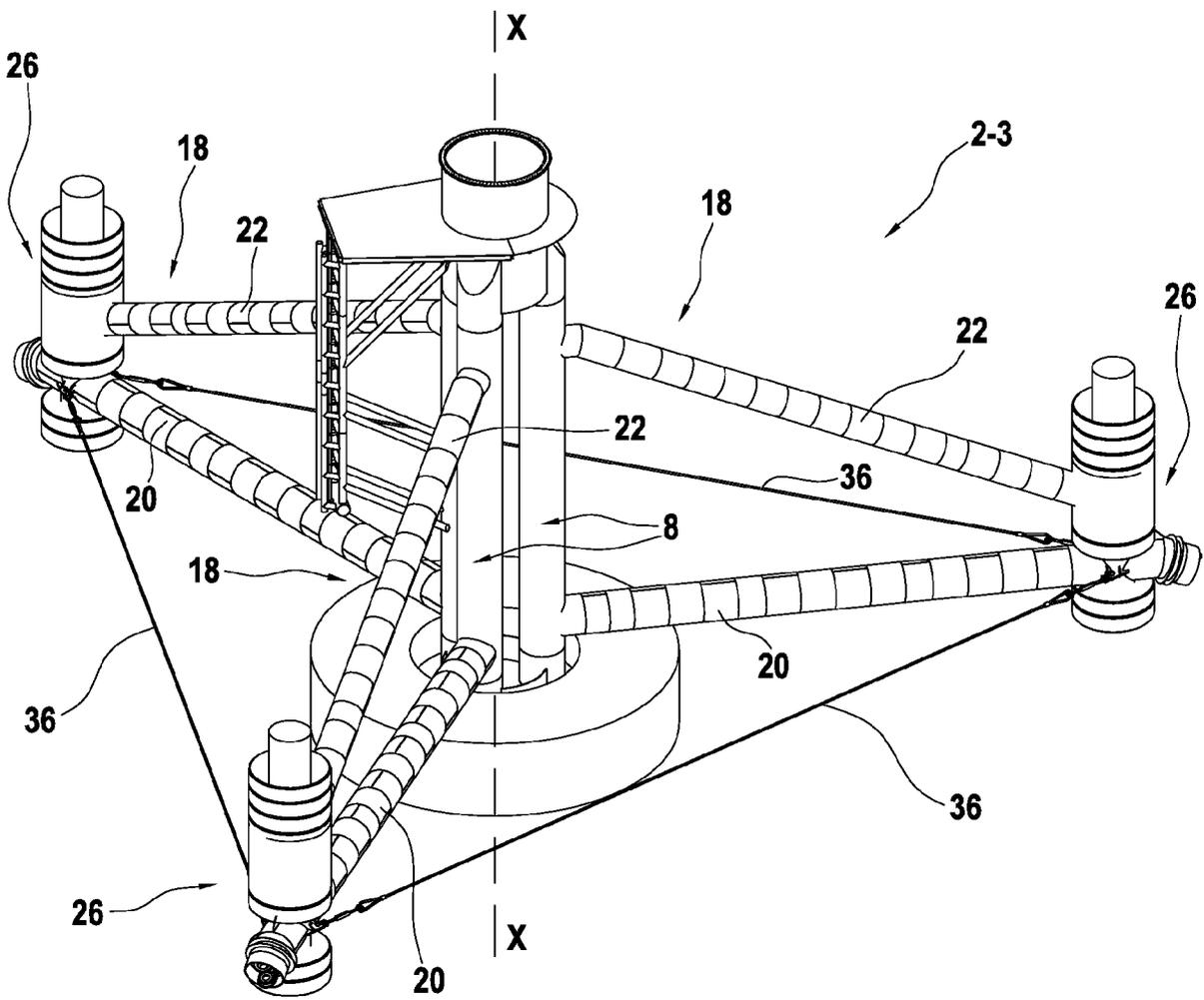


FIG.5

7/22

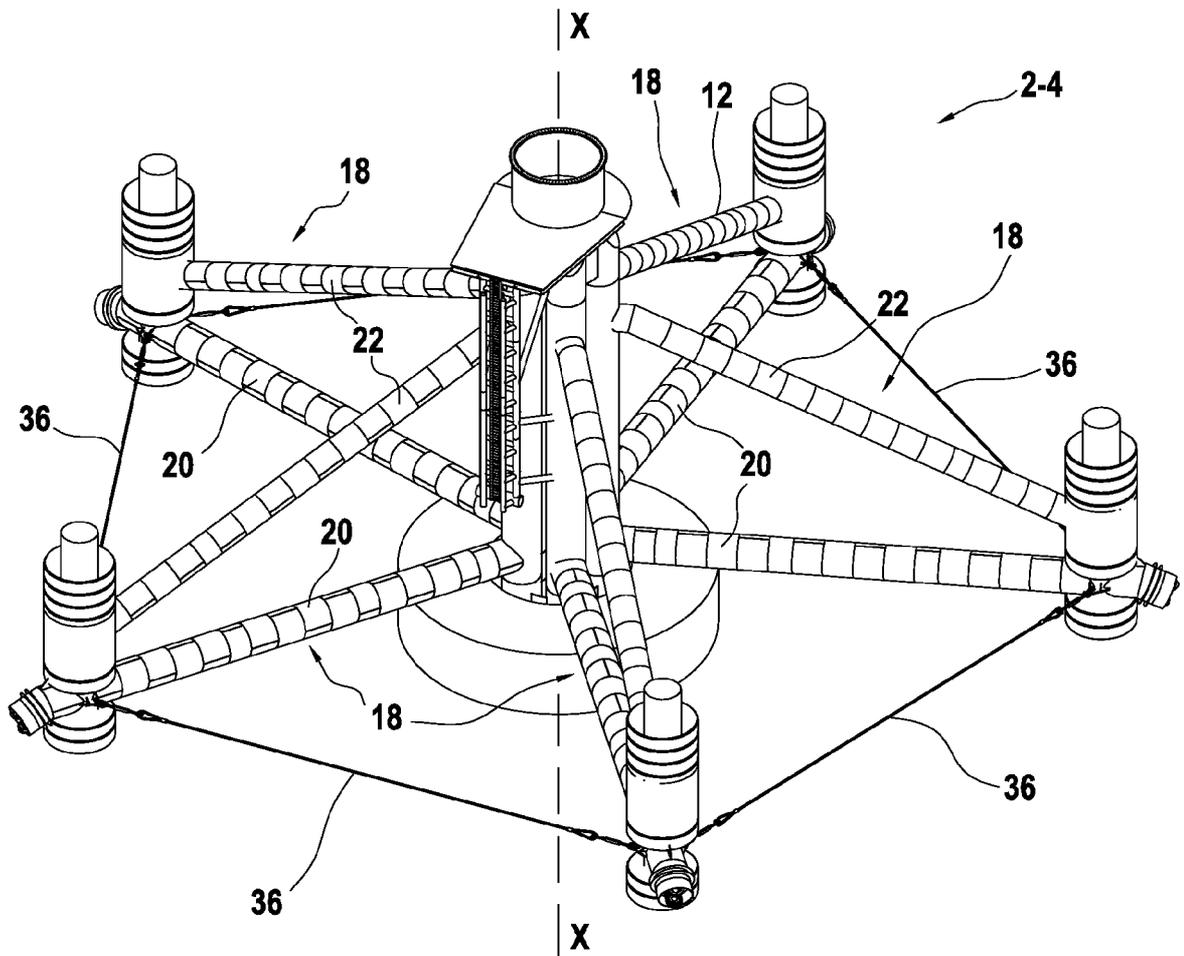


FIG.6

8/22

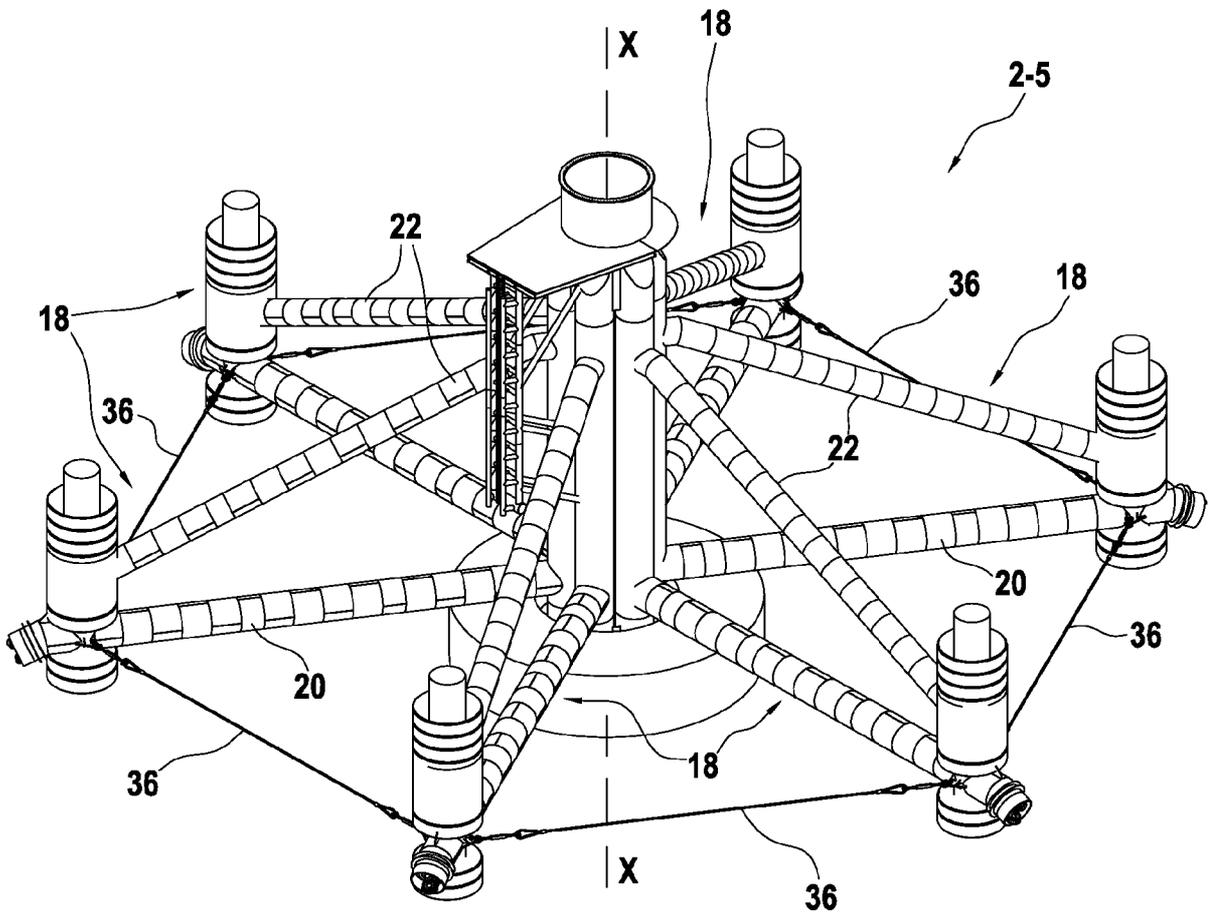


FIG.7

9/22

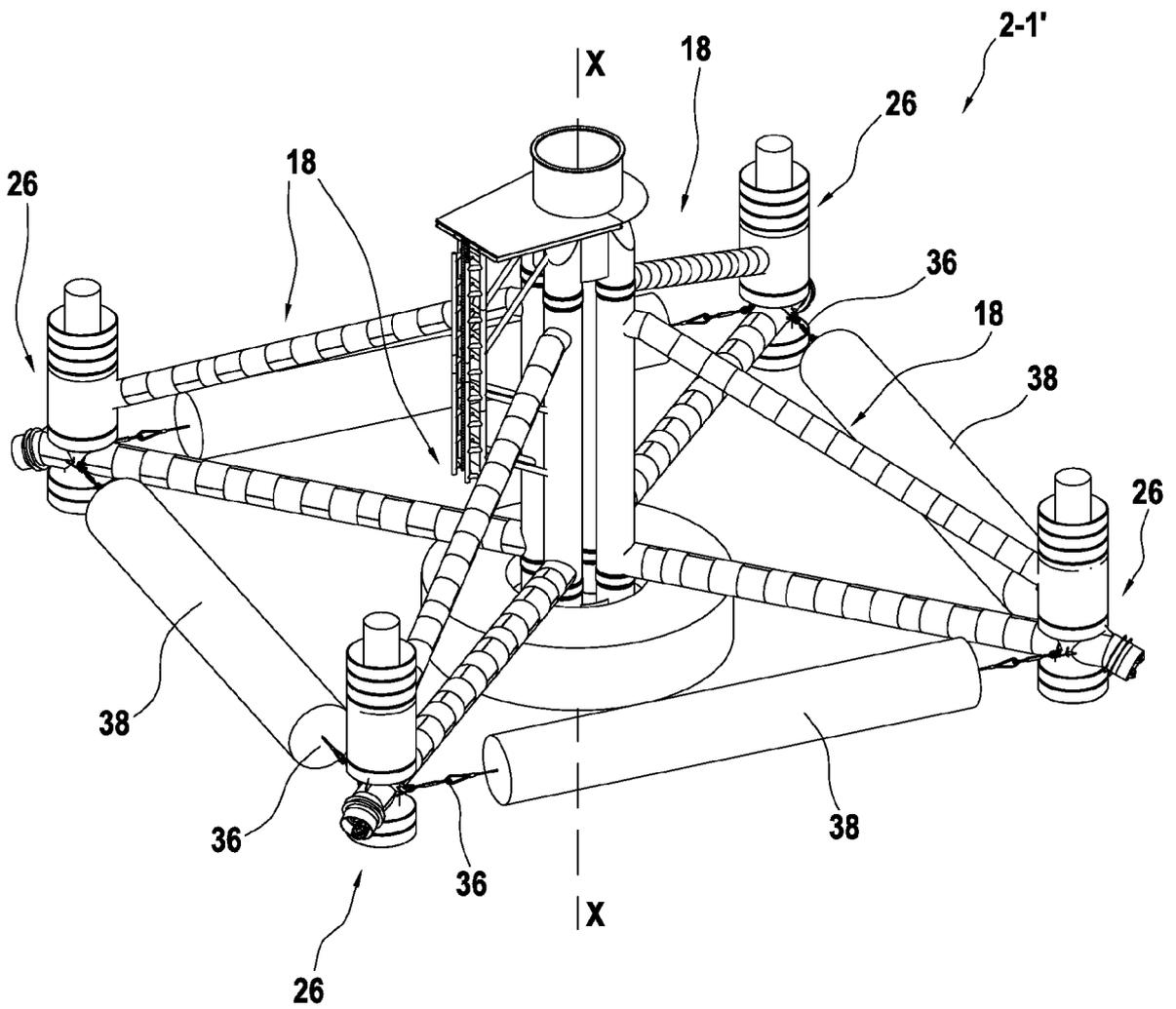


FIG.8

10/22

FIG.9

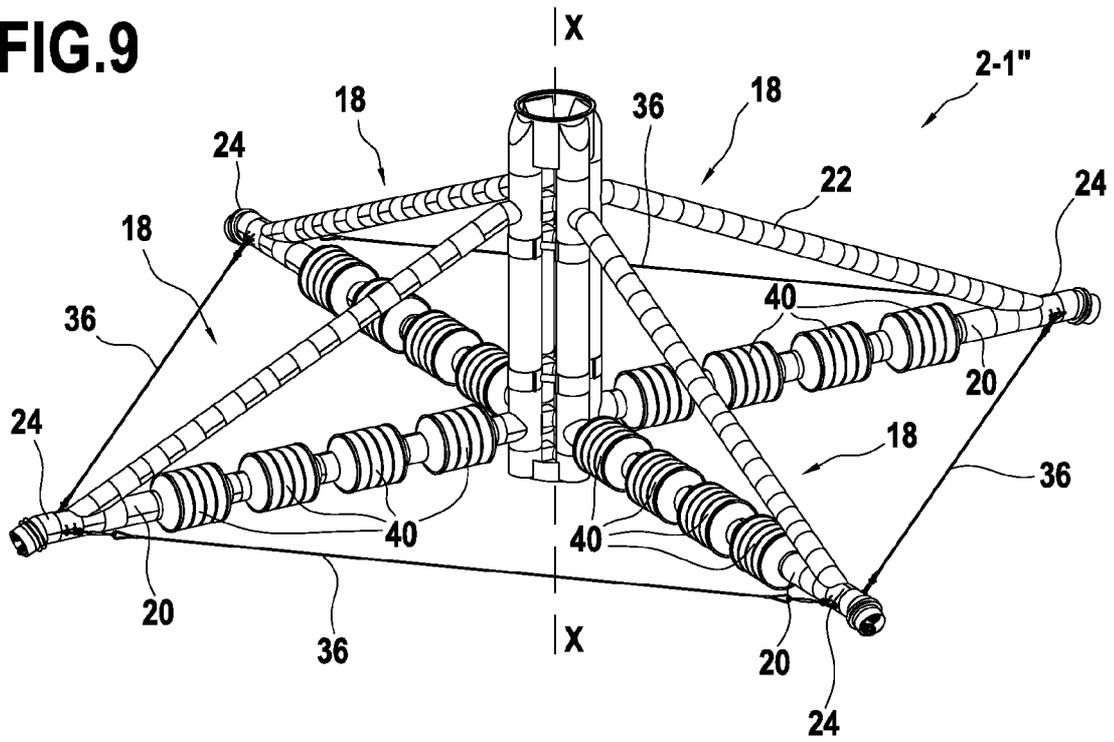


FIG.10

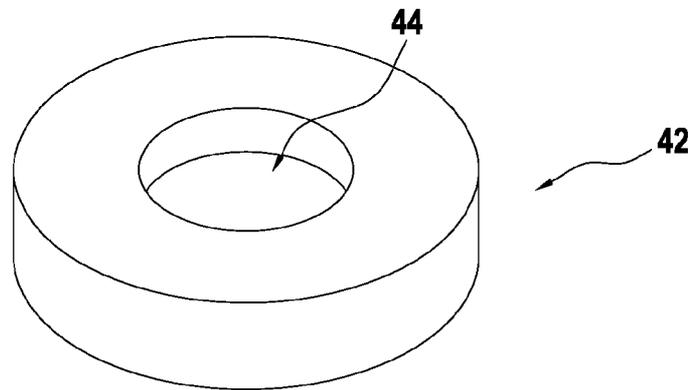
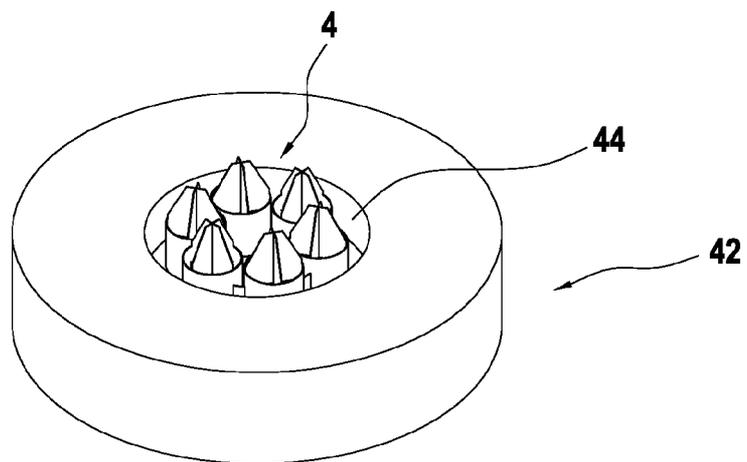


FIG.11



11/22

FIG.12

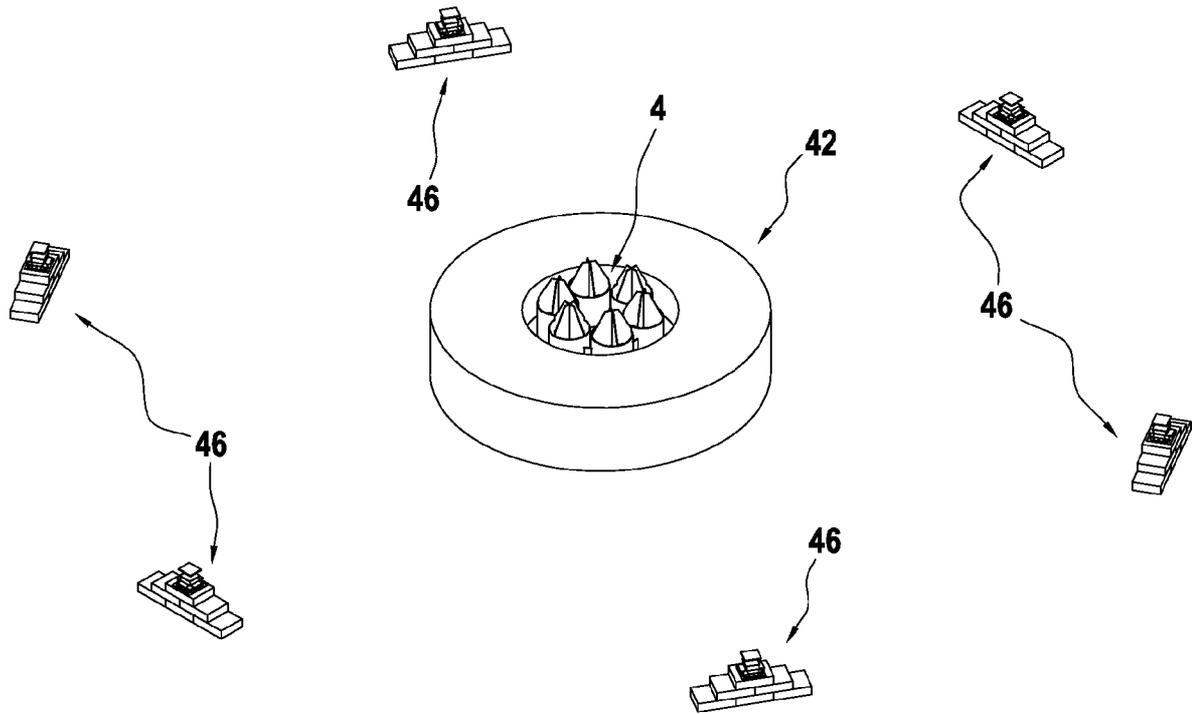
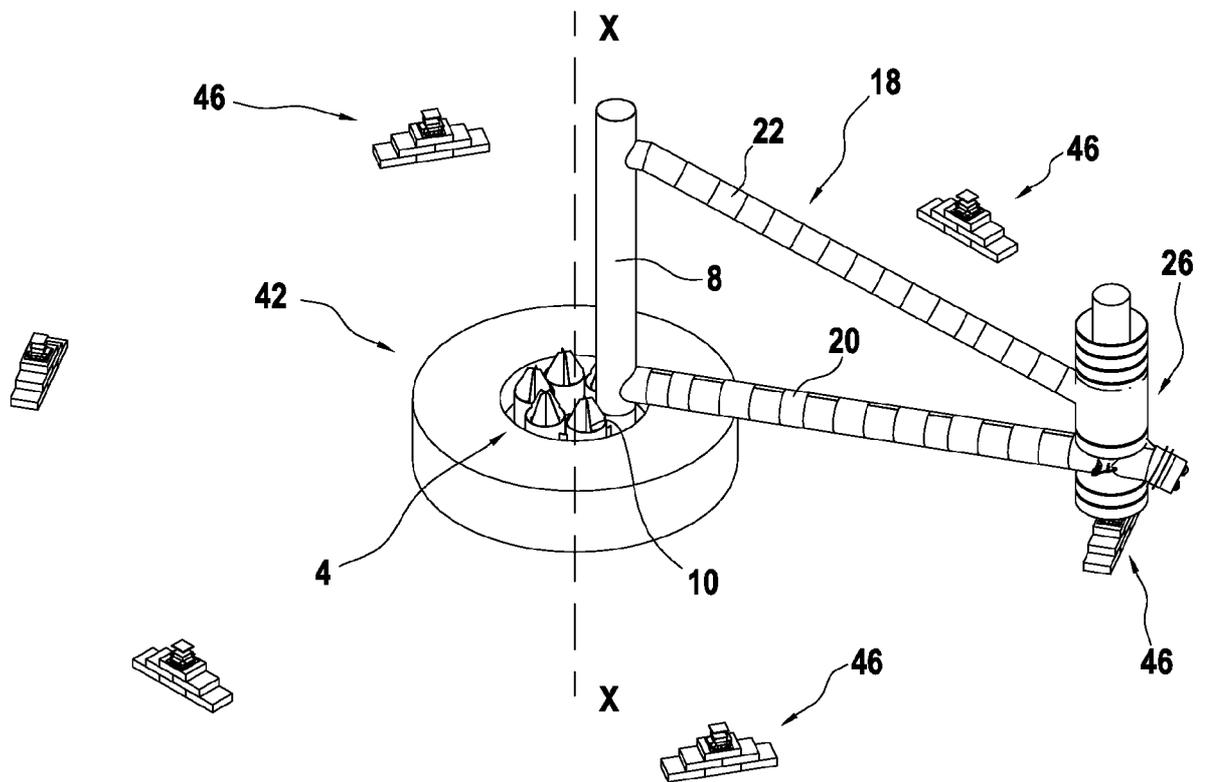


FIG.13



12/22

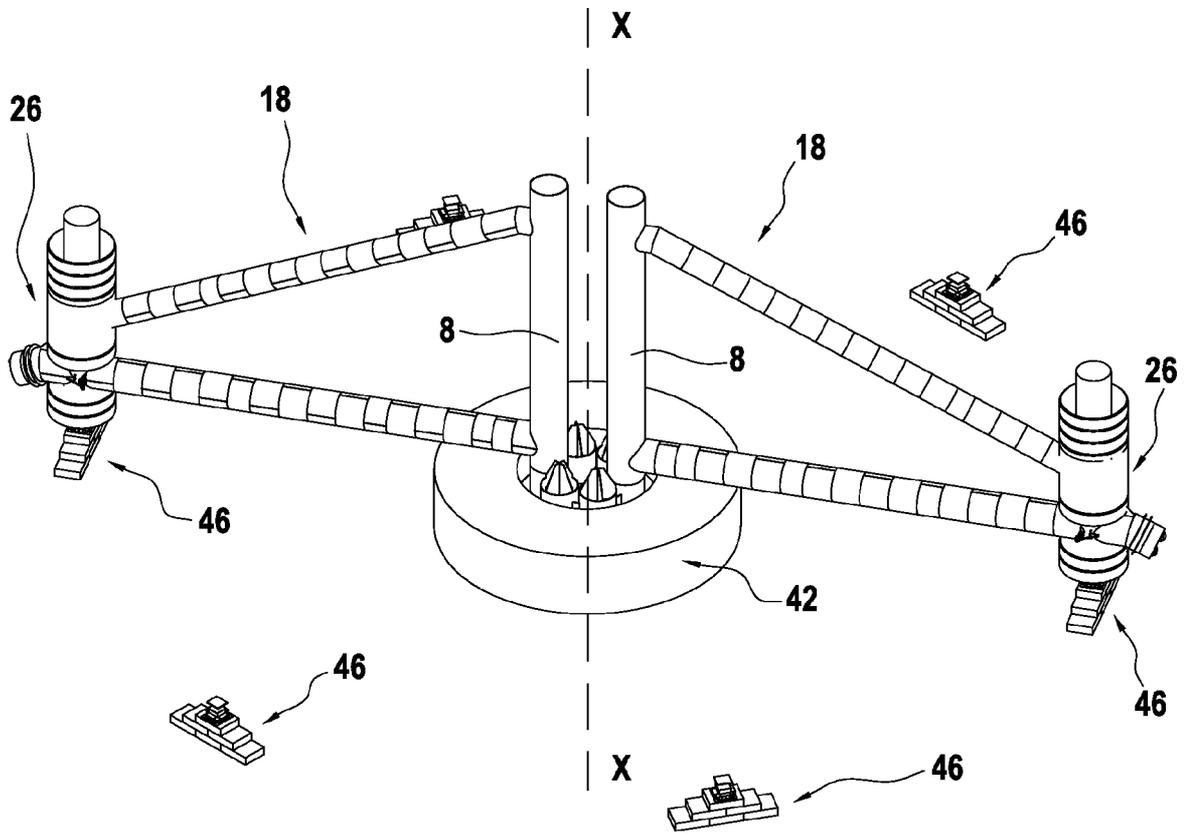


FIG.14

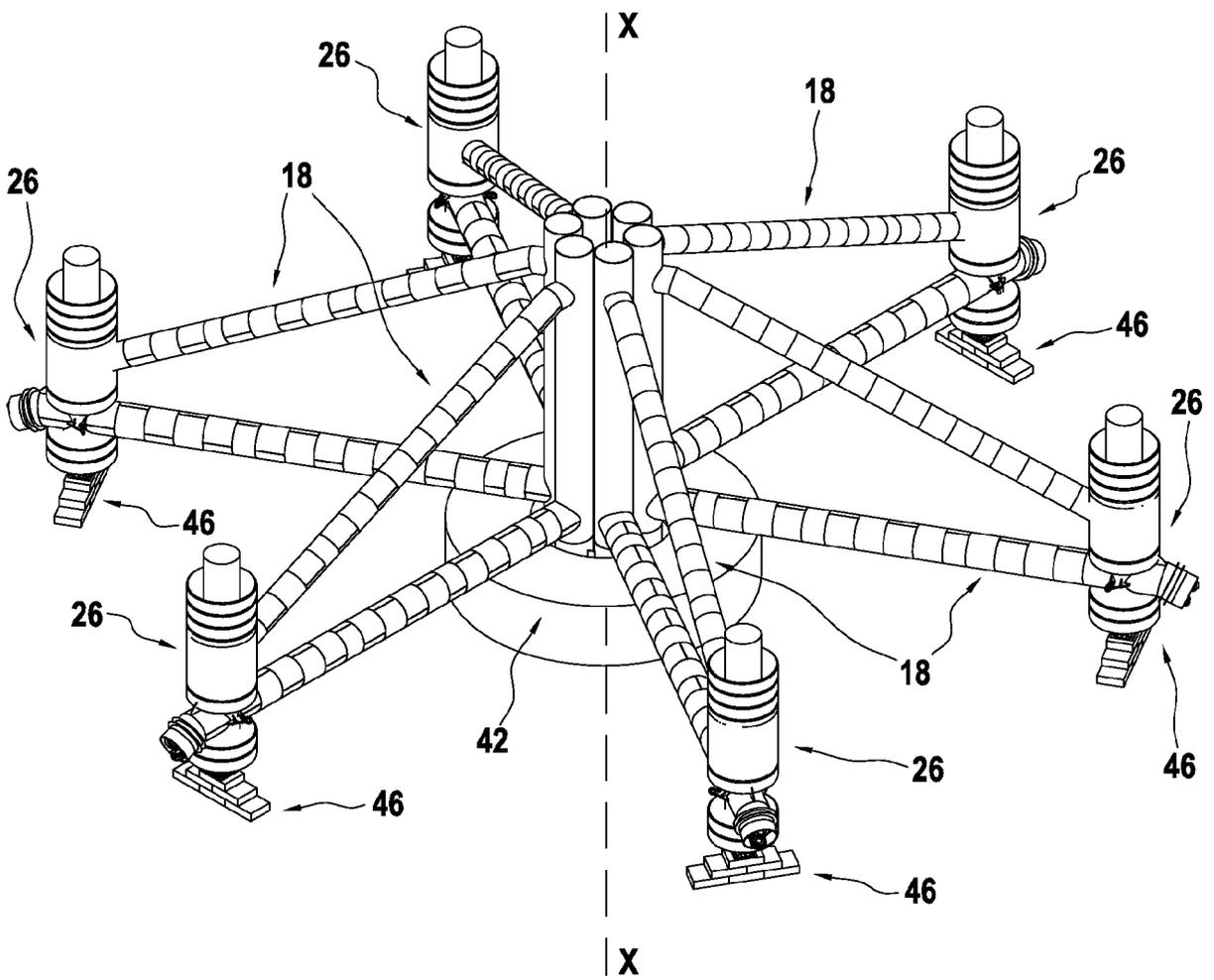


FIG.15

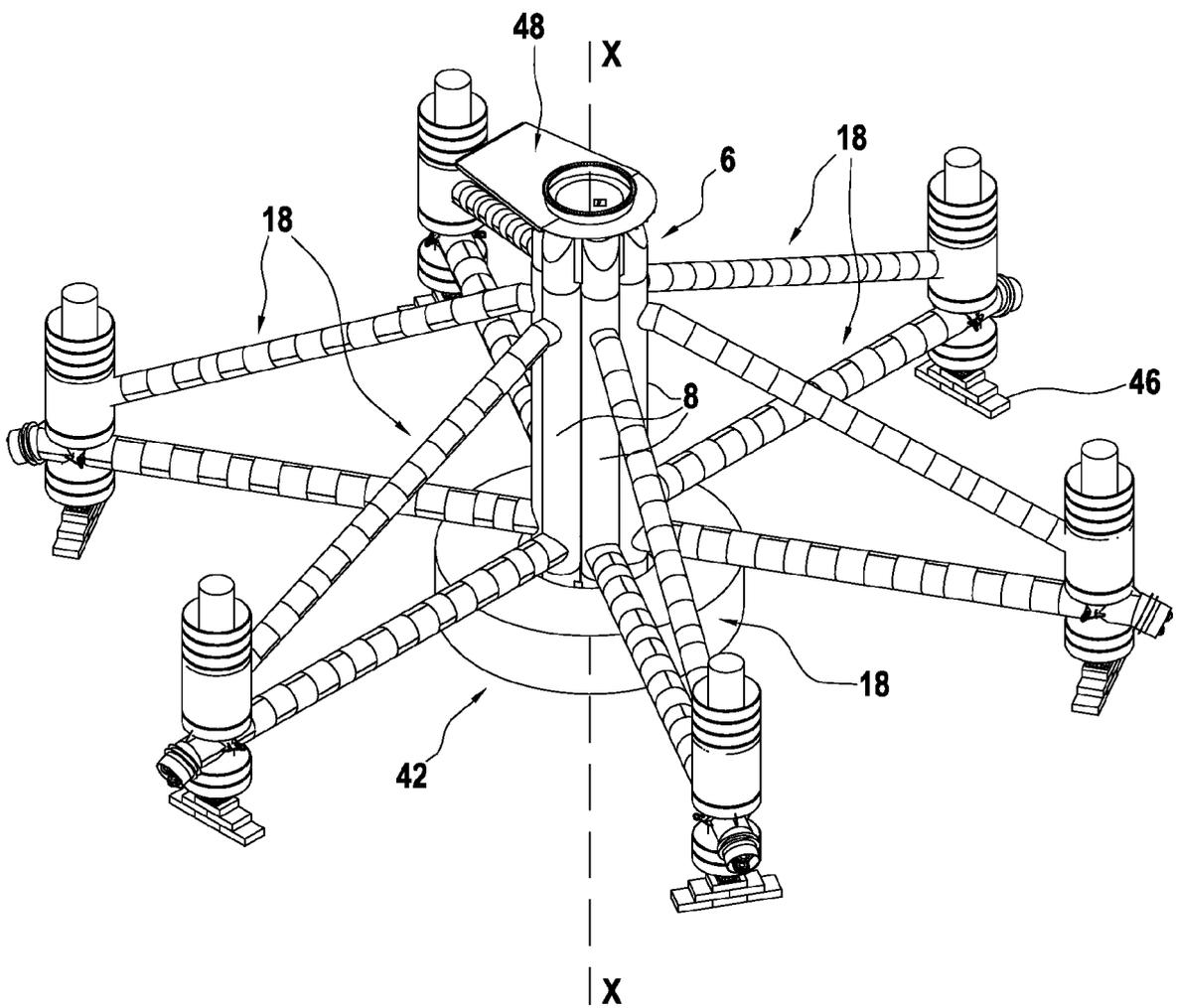


FIG.16

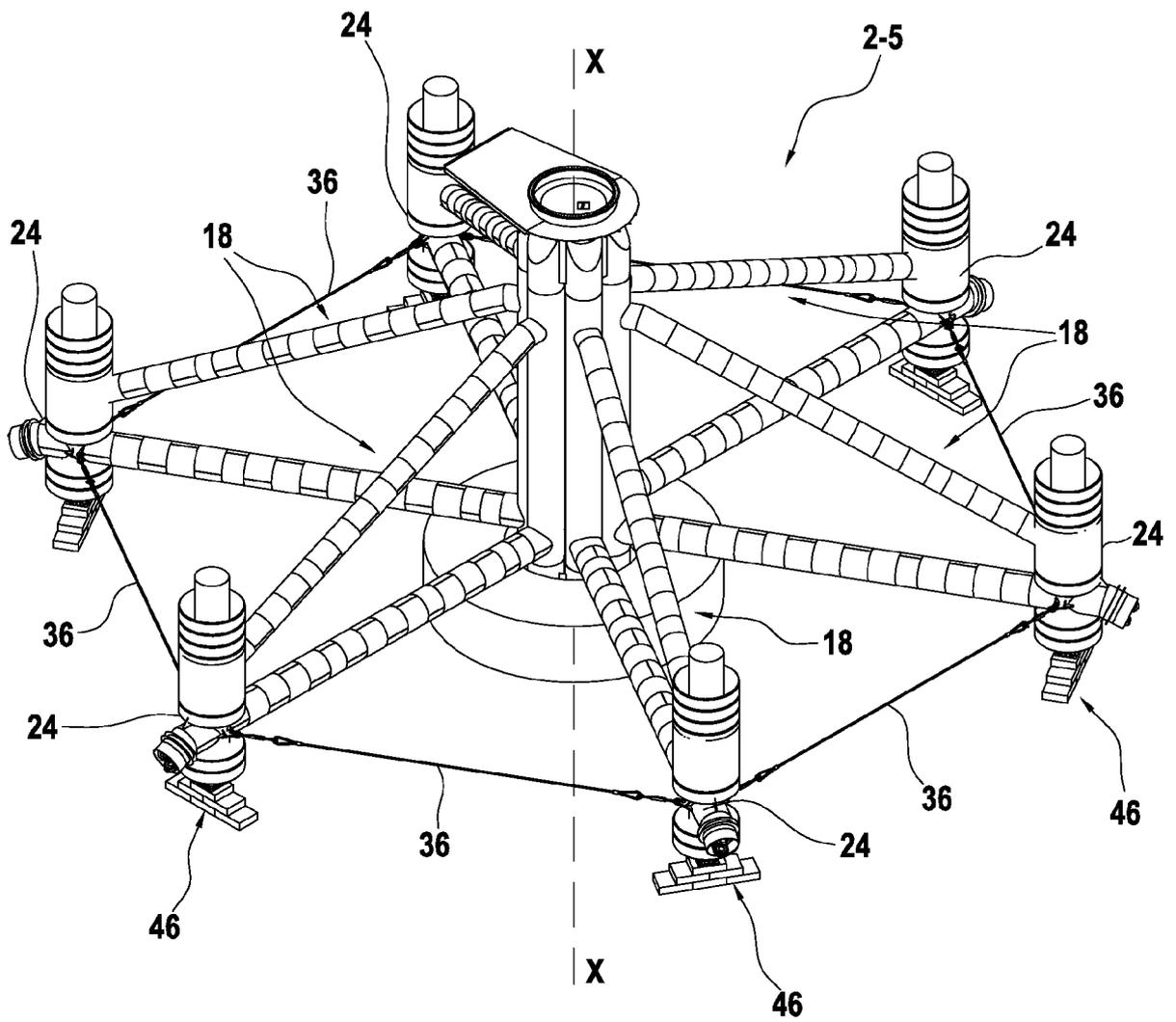
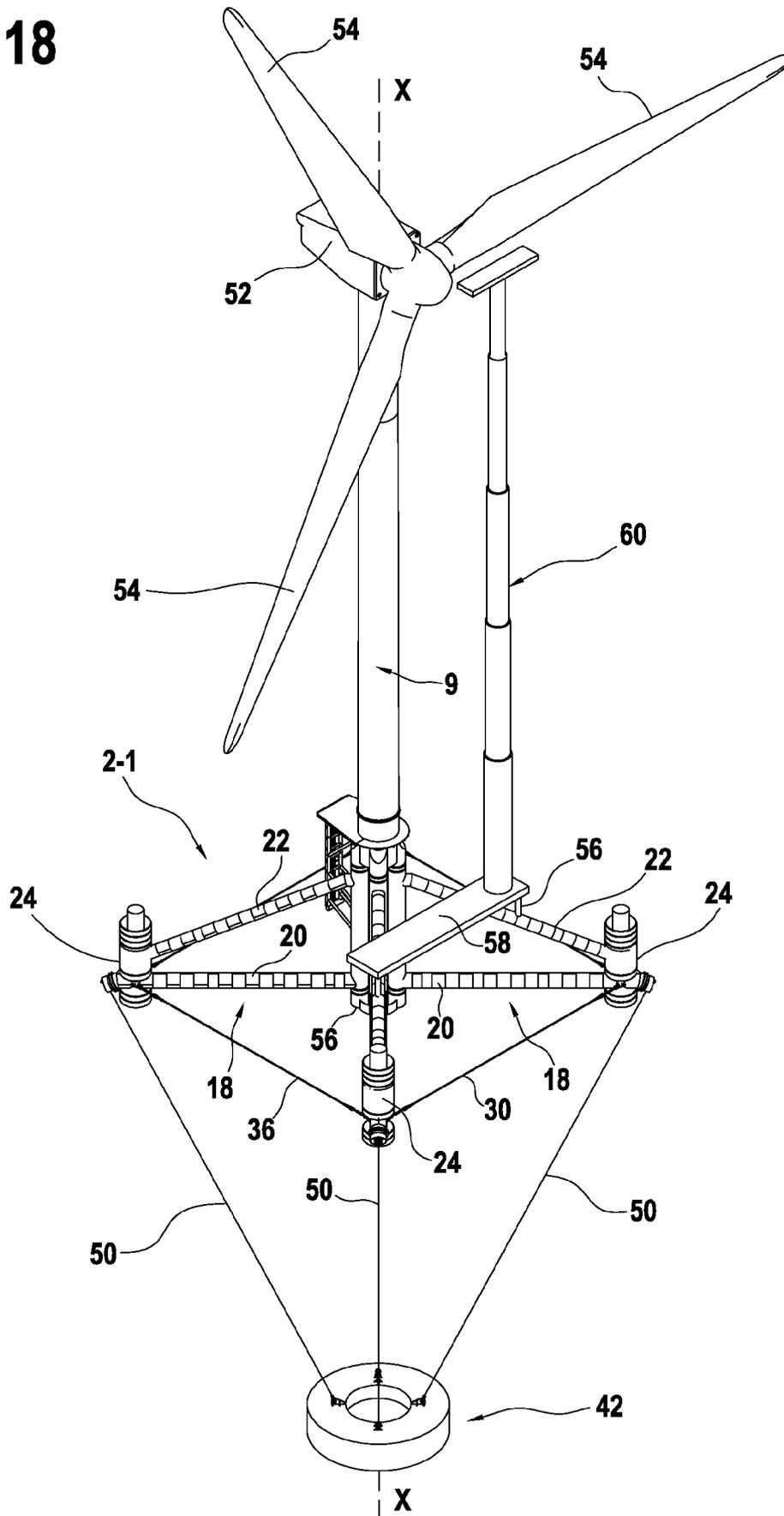


FIG.17

16/22

FIG.18



17/22

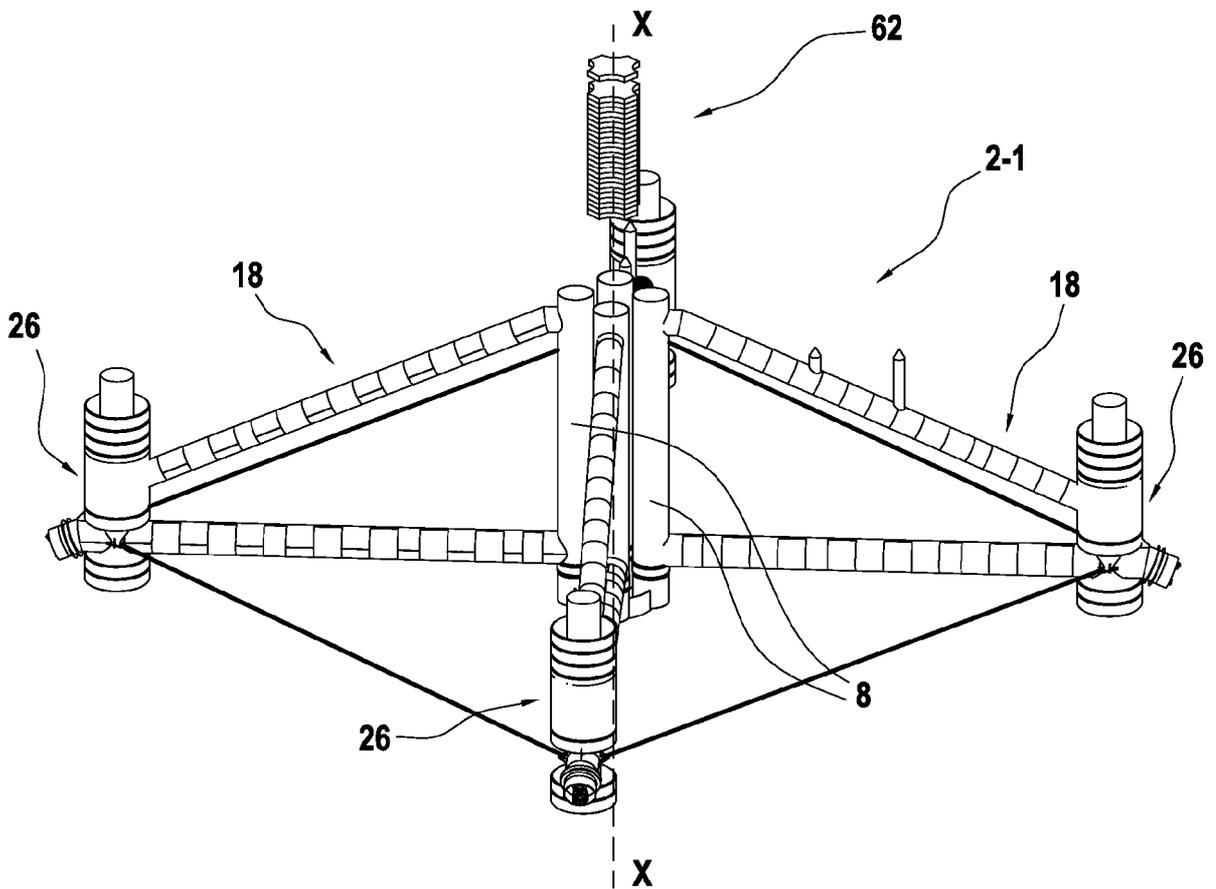


FIG.19

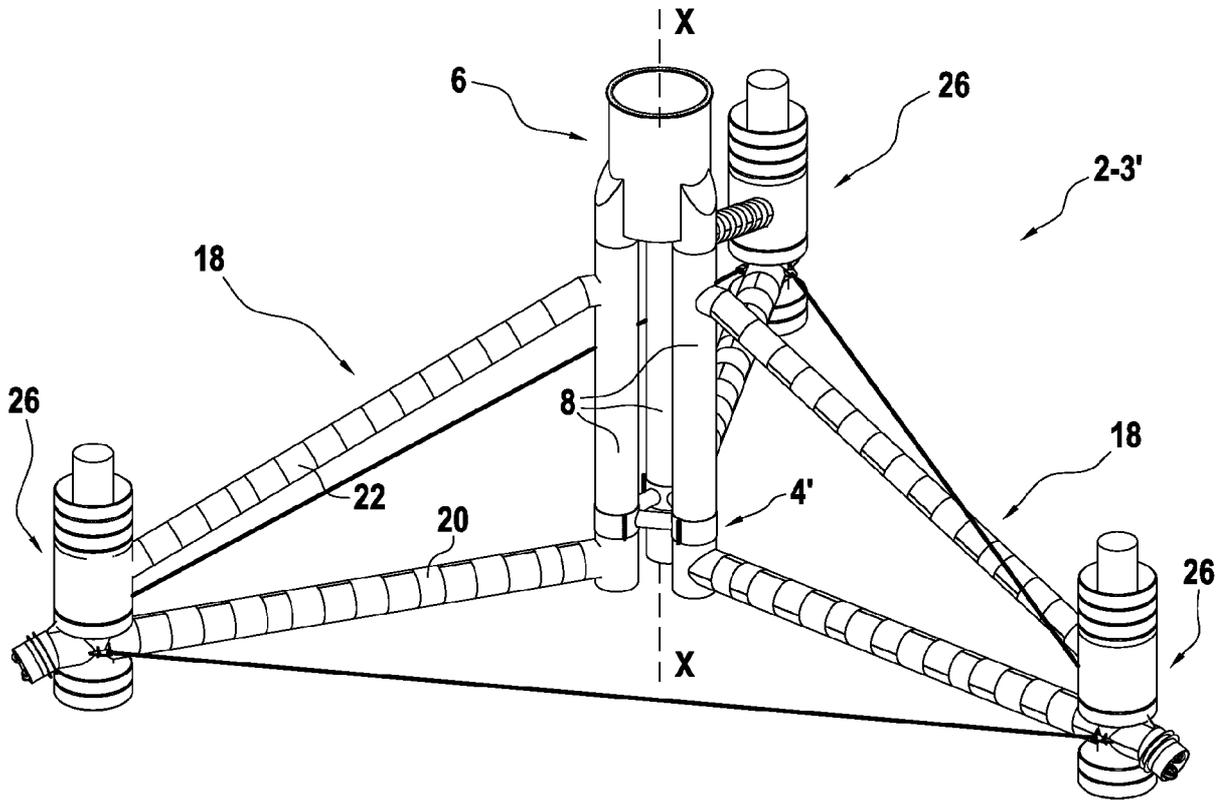
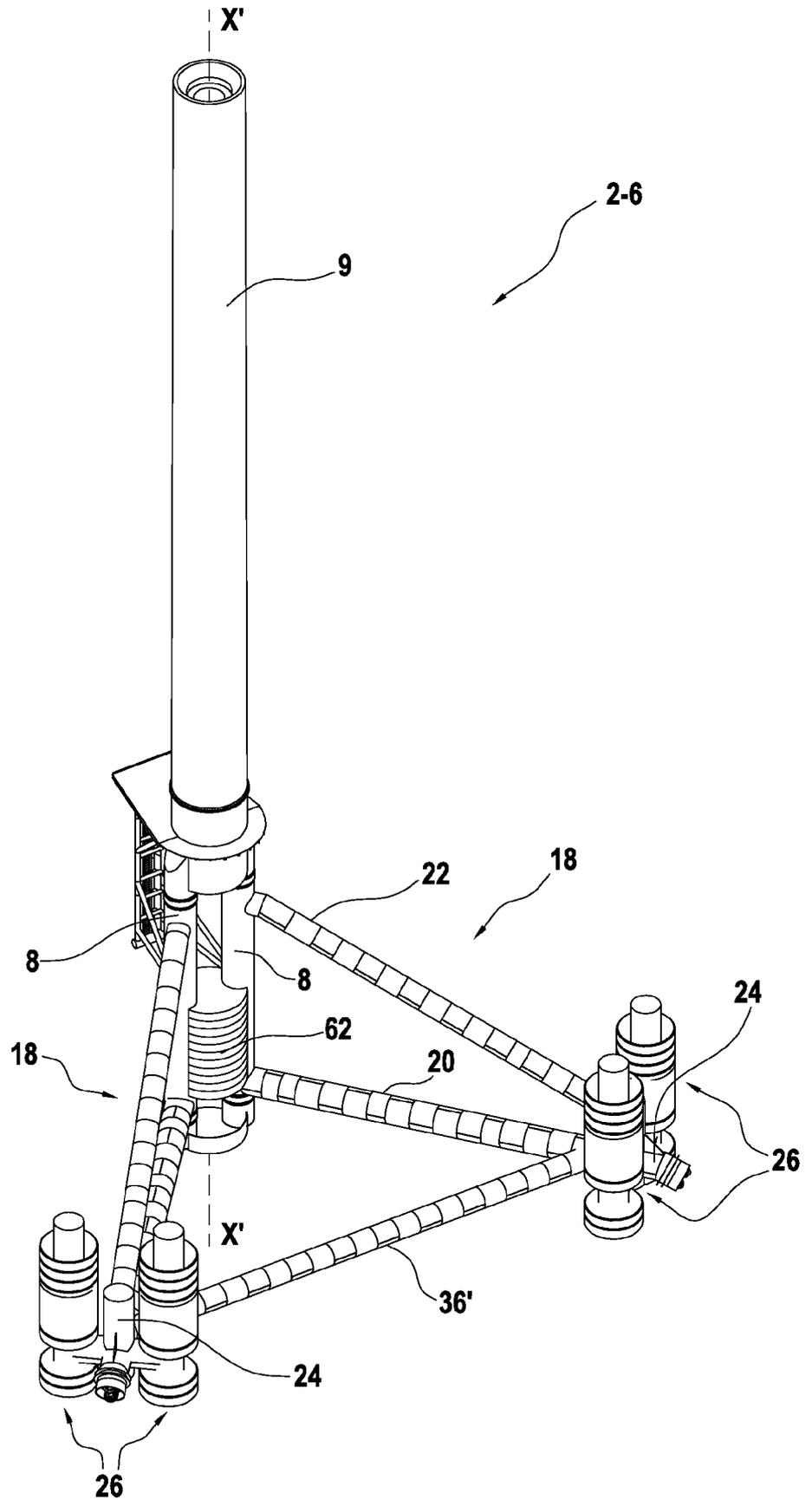


FIG.20

19/22

FIG.21



20/22

FIG.22A

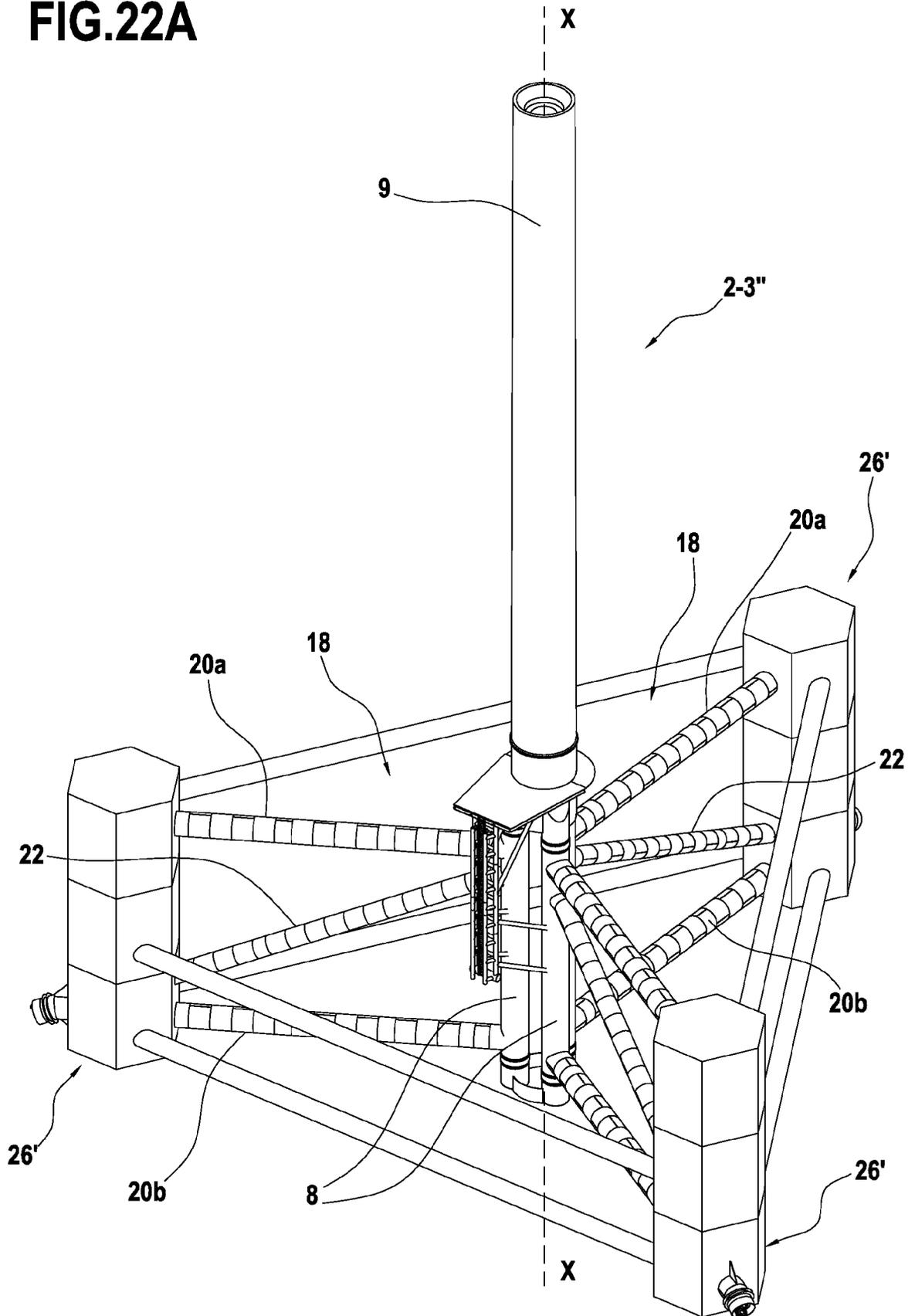
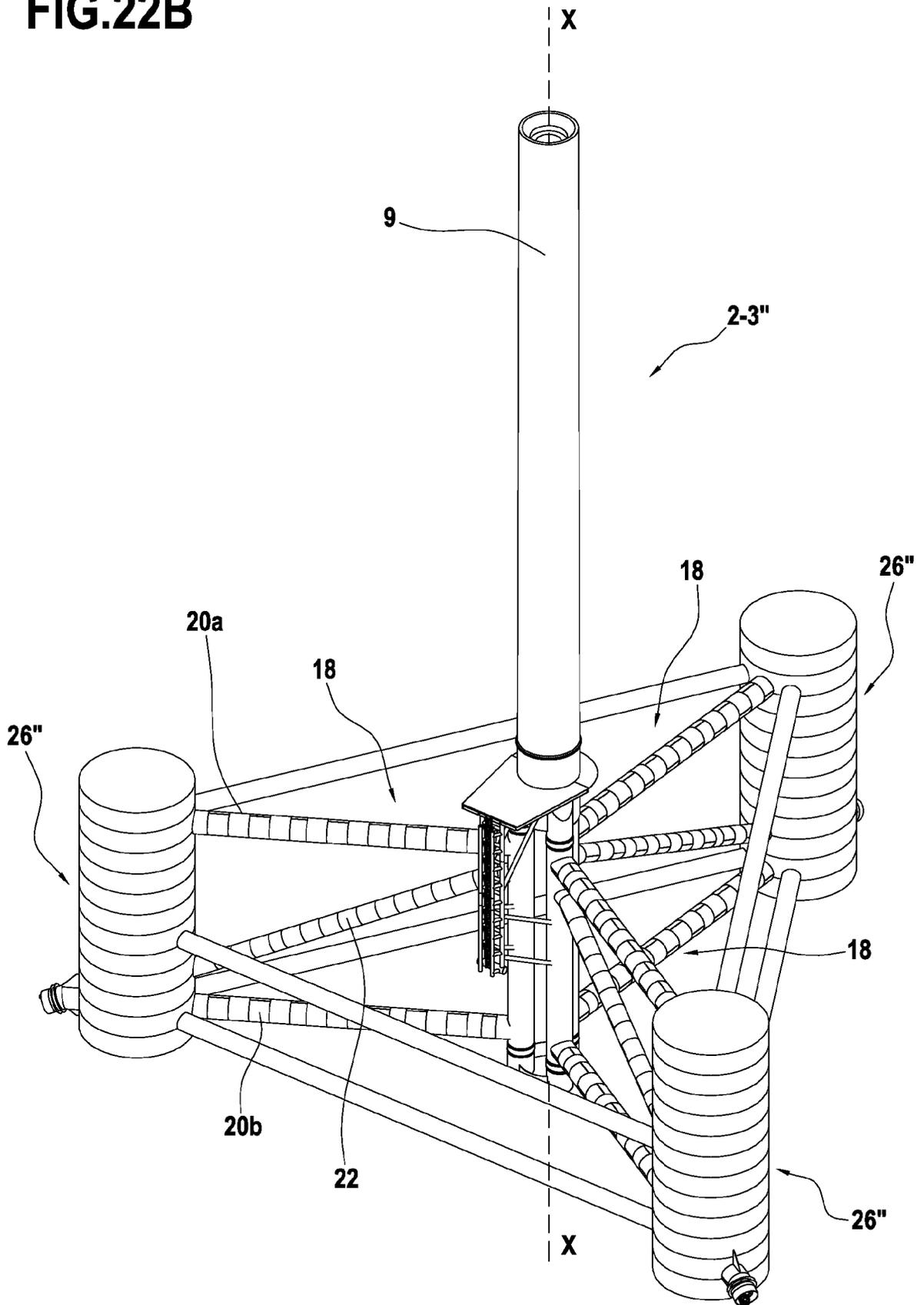


FIG.22B



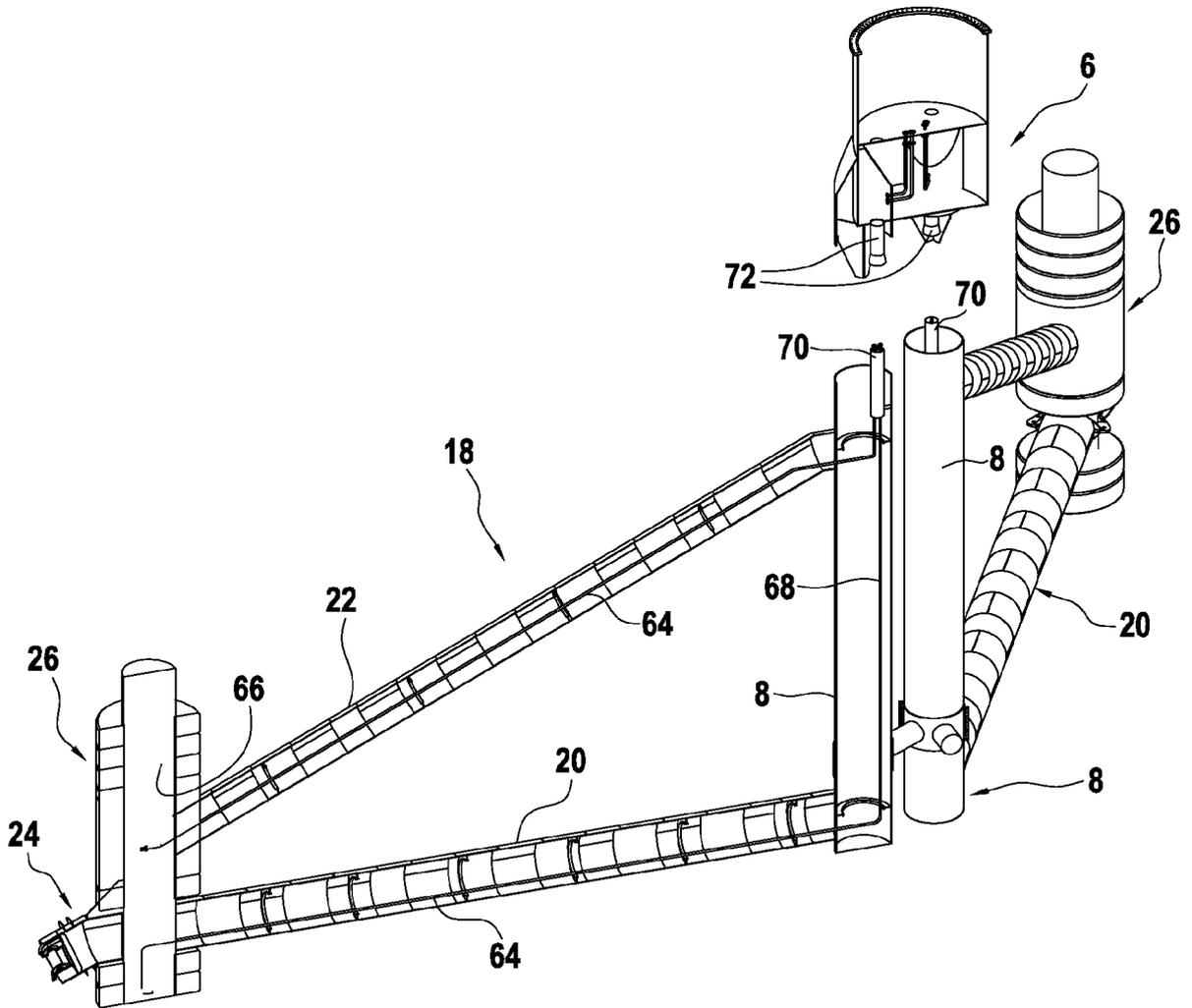


FIG.23

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/FR2023/051396

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER <i>B63B 35/44</i> (2006.01)i; <i>F03D 13/25</i> (2016.01)i 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 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	EP 1876093 A1 (ARCADIS CONSULT GMBH [DE]) 09 January 2008 (2008-01-09) paragraphs [0001], [0035] - [0037], [0039]; figures 1-15c	1,6,8,11-14 2-5,7,9,10,15-17
A	US 8689721 B2 (WANG JIN [US]) 08 April 2014 (2014-04-08) column 1, paragraph 39 - column 4, line 47; figures 1-10	1
A	US 2012308307 A1 (DEL CAMPO Y RUIZ DE ALMODOVAR CESAR [ES]) 06 December 2012 (2012-12-06) paragraph [0070]; figures 1-5	1,14
A	CN 111021393 A (CHINA ENERGY ENG GROUP GUANGDONG ELECTRIC POWER DESIGN INST CO LTD) 17 April 2020 (2020-04-17) paragraph [0052] - paragraph [0065]; figures 1-9	1,14
A	US 2022144390 A1 (VATNE PER ANDREAS [NO]) 12 May 2022 (2022-05-12) paragraph [0045]; figure 6	1,11
A	US 2006165493 A1 (NIM ERIK [DK]) 27 July 2006 (2006-07-27) paragraph [0025]; figures 2,3	1,8
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>“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)</p> <p>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“&” document member of the same patent family</p>		
Date of the actual completion of the international search 17 January 2024		Date of mailing of the international search report 31 January 2024
Name and mailing address of the ISA/EP European Patent Office p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk Netherlands Telephone No. (+31-70)340-2040 Facsimile No. (+31-70)340-3016		Authorized officer Blazquez Lainez, R Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/FR2023/051396

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
EP	1876093	A1	09 January 2008	EP	1876093	A1	09 January 2008
				ES	2749915	T3	24 March 2020
				PT	1876093	T	27 September 2019

US	8689721	B2	08 April 2014	NONE			

US	2012308307	A1	06 December 2012	AR	079355	A1	18 January 2012
				CL	2012001522	A1	11 January 2013
				CN	102782218	A	14 November 2012
				EP	2511425	A1	17 October 2012
				ES	2385509	A1	26 July 2012
				KR	20120120215	A	01 November 2012
				SG	181578	A1	30 July 2012
				US	2012308307	A1	06 December 2012
				WO	2011070190	A1	16 June 2011

CN	111021393	A	17 April 2020	NONE			

US	2022144390	A1	12 May 2022	AU	2020270875	A1	11 November 2021
				CA	3136417	A1	15 October 2020
				CN	113924248	A	11 January 2022
				EP	3953248	A1	16 February 2022
				JP	2022528280	A	09 June 2022
				KR	20210150438	A	10 December 2021
				SG	11202111016X	A	29 November 2021
				US	2022144390	A1	12 May 2022
				WO	2020209728	A1	15 October 2020

US	2006165493	A1	27 July 2006	AU	2003201272	A1	29 July 2004
				EP	1583907	A2	12 October 2005
				JP	4377337	B2	02 December 2009
				JP	2006513344	A	20 April 2006
				US	2006165493	A1	27 July 2006
				WO	2004061302	A2	22 July 2004

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°
PCT/FR2023/051396

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. B63B35/44 F03D13/25 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		
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche		
Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	EP 1 876 093 A1 (ARCADIS CONSULT GMBH [DE]) 9 janvier 2008 (2008-01-09) alinéas [0001], [0035] - [0037], [0039]; figures 1-15c -----	1, 6, 8, 11-14 2-5, 7, 9, 10, 15-17
A	US 8 689 721 B2 (WANG JIN [US]) 8 avril 2014 (2014-04-08) colonne 1, alinéa 39 - colonne 4, ligne 47; figures 1-10 -----	1
A	US 2012/308307 A1 (DEL CAMPO Y RUIZ DE ALMODOVAR CESAR [ES]) 6 décembre 2012 (2012-12-06) alinéa [0070]; figures 1-5 -----	1, 14
-/--		
<input checked="" type="checkbox"/>	Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents	<input checked="" type="checkbox"/>
* Catégories spéciales de documents cités:		
"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent	"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	
"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date	"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	
"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)	"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	
"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens	"&" document qui fait partie de la même famille de brevets	
"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée		
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée	Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale	
17 janvier 2024	31/01/2024	
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Fonctionnaire autorisé Blazquez Lainez, R	

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	CN 111 021 393 A (CHINA ENERGY ENG GROUP GUANGDONG ELECTRIC POWER DESIGN INST CO LTD) 17 avril 2020 (2020-04-17) alinéa [0052] - alinéa [0065]; figures 1-9 -----	1, 14
A	US 2022/144390 A1 (VATNE PER ANDREAS [NO]) 12 mai 2022 (2022-05-12) alinéa [0045]; figure 6 -----	1, 11
A	US 2006/165493 A1 (NIM ERIK [DK]) 27 juillet 2006 (2006-07-27) alinéa [0025]; figures 2, 3 -----	1, 8

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2023/051396

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 1876093	A1	09-01-2008	EP 1876093 A1	09-01-2008
			ES 2749915 T3	24-03-2020
			PT 1876093 T	27-09-2019

US 8689721	B2	08-04-2014	AUCUN	

US 2012308307	A1	06-12-2012	AR 079355 A1	18-01-2012
			CL 2012001522 A1	11-01-2013
			CN 102782218 A	14-11-2012
			EP 2511425 A1	17-10-2012
			ES 2385509 A1	26-07-2012
			KR 20120120215 A	01-11-2012
			SG 181578 A1	30-07-2012
			US 2012308307 A1	06-12-2012
			WO 2011070190 A1	16-06-2011

CN 111021393	A	17-04-2020	AUCUN	

US 2022144390	A1	12-05-2022	AU 2020270875 A1	11-11-2021
			CA 3136417 A1	15-10-2020
			CN 113924248 A	11-01-2022
			EP 3953248 A1	16-02-2022
			JP 2022528280 A	09-06-2022
			KR 20210150438 A	10-12-2021
			SG 11202111016X A	29-11-2021
			US 2022144390 A1	12-05-2022
			WO 2020209728 A1	15-10-2020

US 2006165493	A1	27-07-2006	AU 2003201272 A1	29-07-2004
			EP 1583907 A2	12-10-2005
			JP 4377337 B2	02-12-2009
			JP 2006513344 A	20-04-2006
			US 2006165493 A1	27-07-2006
			WO 2004061302 A2	22-07-2004
