



(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

- (43)

Date de publication:
20.11.2024 Bulletin 2024/47
- (51)

Classification Internationale des Brevets (IPC):
B66F 11/04^(2006.01)
- (21)

Numéro de dépôt: 24204077.2
- (52)

Classification Coopérative des Brevets (CPC):
B66C 23/185; B66C 13/02; B66C 23/53;
B66C 23/68; B66F 11/04; B63B 27/16
- (22)

Date de dépôt: 02.12.2021

- (84)

Etats contractants désignés:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR
- (30)

Priorité: 03.12.2020 FR 2012580
03.08.2021 FR 2108433
- (62)

Numéro(s) de document de la (des) demande(s)
initiale(s) en application de l'article 76 CBE:
21211889.7 / 4 008 679
- (71)

Demandeur: REEL
69450 Saint-Cyr au Mont d'Or (FR)
- (72)

Inventeurs:
• HEEN, Frank
5258 Blomsterdalen (NO)
• BURGER, Bart
2153BJ Nieuw-Vennep (NL)
- (74)

Mandataire: Jacobacci Coralys Harle
32, rue de l'Arcade
75008 Paris (FR)
- Remarques:

Cette demande a été déposée le 01.10.2024 comme
demande divisionnaire de la demande mentionnée
sous le code INID 62.

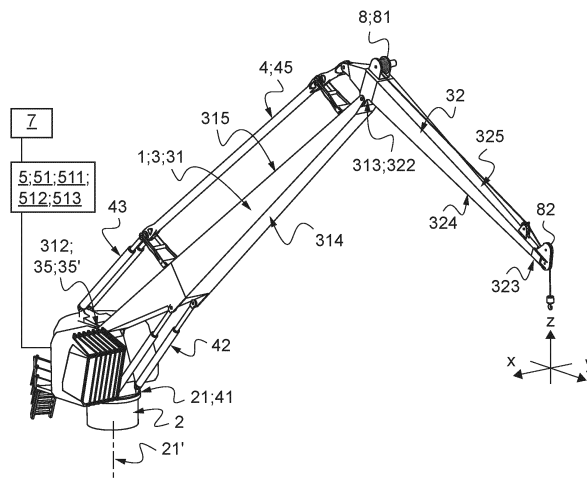
(54)

GRUE À FLÈCHE ARTICULÉE, POUR APPLICATION OFFSHORE

- (57)

La présente invention concerne une grue à flèche articulée, pour application offshore, laquelle grue à flèche articulée (1) comprend une structure support (2), une flèche articulée (3), portée par ladite structure support (2), des moyens de manoeuvre (4) de ladite structure support (2) et de ladite flèche articulée (3), et des moyens de commande (5), pour le pilotage desdits moyens de manoeuvre (4).
- Les moyens de commande (5) comportent un module de compensation active (51) qui est conçu pour piloter lesdits moyens de manoeuvre (4), tenant compte de données provenant d'un module d'acquisition des mouvements (7), de sorte à stabiliser une extrémité aval (323) de la flèche terminale (32), avantageusement dans un plan horizontal et/ou une position verticale, de préférence encore dans toutes les directions.

Fig.1



Description

Domaine technique de l'invention

[0001] La présente invention concerne le domaine technique des grues maritimes, et en particulier celui des grues à flèche articulée pour application offshore.

Etat de la technique

[0002] Au cours des dernières années, un nouveau marché s'est développé pour les navires pour service d'opération en parc éolien (wind farm Service Operation Vessels - SOVs).

[0003] Sur ces navires, il est nécessaire d'emporter des outils et des pièces de rechange en vue d'intervenir sur les éoliennes en mer (ou éoliennes offshore) qui sont implantées au large des côtes sur une plate-forme attachée à une fondation.

[0004] Or les opérations offshore en haute mer sont compliquées par les mouvements du navire occasionnés par les vagues. Malgré cet environnement, une manipulation contrôlée des charges est indispensable à un travail en toute sécurité.

[0005] Pour remédier à cette contraintes, le navire doit être équipé d'une grue présentant des exigences spécifiques.

[0006] En effet, la précision du positionnement de la charge, et de l'extrémité de la flèche de la grue, est cruciale pour éviter les collisions avec la plate-forme de l'éolienne.

[0007] Cette contrainte implique une compensation du mouvement du navire dans toutes les directions au niveau de la grue.

[0008] Pour cela, une approche a été de concevoir une grue dont la flèche est modifiée avec une flèche terminale montée mobile en translation sur une flèche principale.

[0009] Une autre approche a consisté à rapporter une interface dédiée entre l'outil et la pointe de la flèche.

[0010] Ces solutions de l'art antérieur n'étant pas entièrement satisfaisantes, il existe un besoin d'une nouvelle solution offrant une compensation du mouvement du navire dans toutes les directions.

Présentation de l'invention

[0011] Afin de remédier à l'inconvénient précité de l'état de la technique, la présente invention propose une grue à flèche articulée, pour application offshore.

[0012] La grue à flèche articulée comprend :

- une structure support (crane house),
- une flèche articulée (knuckle boom), portée par ladite structure support,
- des moyens de manoeuvre de ladite structure support et de ladite flèche articulée, et
- des moyens de commande, pour le pilotage desdits moyens de manoeuvre.

[0013] La flèche articulée comprend une flèche principale (main boom) et une flèche terminale (jib), en série, laquelle flèche principale et laquelle flèche terminale comportent chacune une extrémité amont et une extrémité aval.

[0014] La structure support comprend des moyens d'articulation (slewing mechanism) pour définir un mouvement de pivotement de la flèche articulée selon un axe de pivotement (slewing).

[0015] La structure support et laquelle extrémité amont de la flèche principale coopèrent par le biais de moyens d'articulation amont pour définir un mouvement d'oscillation de ladite flèche principale selon un axe d'articulation amont (luffing).

[0016] L'extrémité aval de la flèche principale et l'extrémité amont de la flèche terminale coopèrent par le biais de moyens d'articulation aval pour définir un mouvement de pliage de ladite flèche terminale selon un axe d'articulation aval (folding).

[0017] Les moyens de manoeuvre comportent :

- au moins un actionneur en pivotement, pour générer le mouvement de pivotement de ladite flèche articulée,
- au moins un premier actionneur linéaire (luffing cylinder), pour générer ledit mouvement d'oscillation de ladite flèche principale, et
- au moins un second actionneur linéaire (folding cylinder), pour générer ledit mouvement de pliage de ladite flèche terminale.

[0018] Et lesdits moyens de commande comportent un module de compensation active (Active 3D Compensation) qui est conçu pour piloter lesdits moyens de manoeuvre, tenant compte de données provenant d'un module d'acquisition des mouvements (MRU - Motion Référence Unit), de sorte à stabiliser l'extrémité aval de la flèche terminale, avantageusement dans un plan horizontal et/ou une position verticale, de préférence encore dans toutes les directions.

[0019] La présente invention assure ainsi une stabilisation de l'extrémité aval de la flèche terminale par un pilotage, en combinaison, du mouvement de pivotement de la flèche articulée, du mouvement d'oscillation de la flèche principale et du mouvement de pliage de la flèche terminale.

[0020] Selon un mode de réalisation particulier, ledit au moins un second actionneur linéaire est raccordé à ladite structure support et à ladite flèche terminale.

[0021] Dans un tel mode de réalisation, le mouvement de pliage de la flèche terminale, mis en oeuvre par ledit au moins un second actionneur linéaire qui est raccordé à la structure support (au lieu de la flèche principale), nécessite une puissance réduite pour le mouvement d'oscillation de la flèche principale. Cette approche est intéressante car le mouvement d'oscillation de la flèche principale (relevage) consomme l'essentiel de l'énergie en mode de compensation.

[0022] D'autres caractéristiques non limitatives et avantageuses de ce mode de réalisation conforme à l'invention, prises individuellement ou selon toutes les combinaisons techniquement possibles, sont les suivantes :

- ledit au moins un second actionneur linéaire est raccordé à ladite flèche terminale par l'intermédiaire de moyens de transmission mécanique ; de préférence, ledit au moins un second actionneur linéaire comporte deux extrémités, une extrémité amont assemblée directement avec la structure support, et une extrémité aval assemblée avec la flèche terminale par l'intermédiaire des moyens de transmission mécanique ;
- les moyens de transmission mécanique comprennent une structure de parallélogramme déformable qui comprend au moins un bras longitudinal, interposé entre ledit au moins un second actionneur linéaire et ladite flèche terminale, s'étendant avantagement en regard et le long de la flèche principale, et au moins deux bras oscillants, intercalés chacun entre ledit bras longitudinal et la flèche principale ; de préférence, les moyens de transmission comportent encore un organe de jonction, intercalé entre une extrémité aval dudit au moins un bras longitudinal et l'extrémité amont de la flèche terminale, lequel organe de jonction prolonge ladite flèche terminale du côté de son extrémité amont, et laquelle extrémité aval dudit au moins un bras longitudinal coopère avec ledit organe de jonction par le biais de moyens d'articulation.

[0023] D'autres caractéristiques non limitatives et avantageuses du produit conforme à l'invention, prises individuellement ou selon toutes les combinaisons techniquement possibles, sont les suivantes :

- ledit au moins un premier actionneur linéaire (luffing cylinder) est agencé entre la structure support et la flèche principale ; de préférence, ledit au moins un premier actionneur linéaire et ledit au moins un second actionneur linéaire sont implantés de part et d'autre de la flèche principale, par exemple respectivement regard d'une paroi frontale inférieure et d'une paroi frontale supérieure ;
- ledit grue à flèche articulée comporte un tambour de treuil associé à des moyens d'entraînement en rotation et destiné à recevoir un organe de levage allongé ; de préférence, ledit module de compensation active est conçu pour piloter également ledit tambour de treuil, tenant compte de données provenant dudit module d'acquisition des mouvements, de sorte à piloter le mouvement d'enroulement dudit tambour de treuil ;
- ledit au moins un premier actionneur linéaire et/ou ledit au moins un second actionneur linéaire consiste en un vérin hydraulique ou en un vérin électrique ;
- le module de compensation comprend des moyens

de collecte des données provenant du module d'acquisition des mouvements (MRU - Motion Référence Unit), des moyens de traitement, pour déterminer des instructions de commande pour les moyens de manoeuvre qui sont adaptées à stabiliser l'extrémité aval de la flèche terminale, voire aussi des instructions de commande pour le tambour de treuil, et des moyens de pilotage, pour piloter lesdits moyens de manoeuvre, voire aussi ledit tambour de treuil, tenant compte desdites instructions de commande ;

- ladite grue à flèche articulée comporte un module d'acquisition des mouvements (MRU - Motion Référence Unit).

[0024] De manière générale, selon un mode de réalisation particulier, la grue à flèche articulée comporte encore une plateforme qui est solidarisée avec l'extrémité aval de la flèche terminale par l'intermédiaire de moyens de raccordement.

[0025] Les moyens de raccordement comportent une combinaison d'au moins deux actionneurs :

- au moins un premier actionneur en pivotement, destiné à générer un mouvement de pivotement de ladite plateforme par rapport à ladite extrémité aval, selon un axe de rotation en lacet qui est parallèle audit axe de pivotement de la flèche articulée, et
- au moins un second actionneur en pivotement, destiné à générer un mouvement de pivotement de ladite plateforme par rapport à ladite extrémité aval, selon un axe de rotation en tangage qui est parallèle à l'axe d'articulation amont et à l'axe d'articulation aval.

[0026] Et le module de compensation active est conçu pour piloter lesdits au moins deux actionneurs desdits moyens de raccordement, tenant compte de données provenant d'un module d'acquisition des mouvements, de sorte à stabiliser activement ladite plateforme, avantagement en lacet et en tangage.

[0027] D'autres caractéristiques non limitatives et avantageuses, en lien avec la plateforme, prises individuellement ou selon toutes les combinaisons techniquement possibles, sont les suivantes :

- les moyens de raccordement comportent un organe de liaison intégrant lesdits au moins deux actionneurs, lequel organe de liaison comporte deux extrémités : une première extrémité, supérieure, solidarisée avec ladite extrémité aval de la flèche terminale et une seconde extrémité, inférieure, solidarisée avec ladite plateforme ; de préférence, ladite première extrémité comporte ledit au moins un second actionneur en pivotement, et ladite seconde extrémité comporte ledit au moins un premier actionneur en pivotement ; encore de préférence, l'organe de liaison est solidarisé latéralement avec l'extrémité aval de la flèche terminale, et ledit organe de liaison

comporte deux tronçons : un tronçon supérieur, rectiligne et parallèle à l'axe de rotation en lacet, de sorte que l'axe de rotation en tangage traverse ladite extrémité aval de la flèche terminale, et un tronçon inférieur, recourbé, de sorte que l'axe de rotation en lacet traverse ladite extrémité aval de la flèche terminale ;

- les moyens de raccordement comportent des moyens amortisseurs, avantageusement passifs, conférant un degré de liberté en translation de ladite plateforme par rapport à l'extrémité aval de la flèche terminale, selon un axe de translation parallèle à l'axe de rotation en lacet ;
- la plateforme se présente sous la forme d'une cabine adaptée à recevoir au moins un individu ;
- la plateforme comporte au moins un organe amortisseur de choc, passif, adapté à amortir les contacts / les chocs avec l'environnement ;
- la plateforme est équipée de moyens de pilotage manuel desdits au moins deux actionneurs des moyens de raccordement ;
- l'extrémité aval de la flèche terminale et les moyens de raccordement coopèrent par le biais de moyens de liaison amovible, intégrant des moyens de raccordement électrique et mécanique.

[0028] La présente invention concerne encore un engin pour application offshore, équipé d'une grue à flèche articulée selon l'invention, par exemple un navire pour service d'opération en parc éolien (wind farm Service Operation Vessels - SOVs).

[0029] La présente invention concerne encore la plateforme précitée, en tant que telle, avec ses moyens de raccordement.

[0030] Bien entendu, les différentes caractéristiques, variantes et formes de réalisation de l'invention peuvent être associées les unes avec les autres selon diverses combinaisons dans la mesure où elles ne sont pas incompatibles ou exclusives les unes des autres.

Description détaillée de l'invention

[0031] De plus, diverses autres caractéristiques de l'invention ressortent de la description annexée effectuée en référence aux dessins qui illustrent des formes, non limitatives, de réalisation de l'invention et où :

[Fig. 1] est une vue générale et en perspective d'une grue à flèche articulée selon l'invention ;

[Fig. 2] est une vue générale et de côté d'une grue à flèche articulée selon l'invention ;

[Fig. 3] est une vue partielle et agrandie de la grue à flèche articulée, montrant plus en détails la flèche principale ;

[Fig. 4] est une vue générale et en perspective de la grue à flèche articulée selon l'invention, équipée d'une plateforme (en forme de cabine) qui est solidarisée avec l'extrémité aval de la flèche terminale

par l'intermédiaire de moyens de raccordement particulier ;

[Fig. 5] est une vue partielle et agrandie de la grue à flèche articulée selon la figure 4, montrant plus en détails la plateforme et les moyens de raccordement ;

[Fig. 6] est une vue générale de la grue à flèche articulée selon l'invention, équipée de la plateforme (en forme de cabine) lors de son positionnement en regard d'une surface de réception.

[0032] Il est à noter que, sur ces figures, les éléments structurels et/ou fonctionnels communs aux différentes variantes peuvent présenter les mêmes références.

[0033] La grue à flèche articulée 1 selon l'invention, dite encore « grue » ou « knuckle boom crane » en anglais, est adaptée aux applications offshore.

[0034] Une telle grue à flèche articulée 1 est avantageusement conçue pour équiper un engin pour application offshore (non représenté - dit encore « engin offshore »).

[0035] Cette grue 1 est ainsi adaptée à être embarquée sur l'engin « offshore », par exemple un navire pour service d'opération (dit encore « Service Operation Vessel »).

[0036] Par « engin », on englobe en particulier les engins marins, notamment les navires, par exemple un navire pour service d'opération en parc éolien (dit encore « wind farm Service Operation Vessel » ou « wind farm SOV » en anglais).

[0037] Cette grue 1 est ainsi utile, sans être limitatif, pour la manoeuvre des outils et des pièces de rechange en vue d'intervention sur les éoliennes en mer.

[0038] Tel qu'illustré schématiquement sur les figures 1 et 2, la grue à flèche articulée 1 comprend :

- une structure support 2 (dit encore « crane house »), formant l'interface de la grue 1 avec l'engin,
- une flèche articulée 3 (dit encore « knuckle boom »), portée par la structure support 2,
- des moyens de manoeuvre 4, pour la manoeuvre de la flèche articulée 3 et en particulier de son extrémité aval décrite par la suite, et
- des moyens de commande 5, pour le pilotage de ces moyens de manoeuvre 4.

[0039] La structure support 2 consiste avantageusement en un fût ou mat.

[0040] Cette structure support 2 comprend des moyens d'articulation 21 (dit encore « slewing mechanism »), par exemple une couronne d'orientation avec roulement à billes, pour définir un mouvement de pivotement de la flèche articulée 3 selon un axe de pivotement 21' (dit encore « slewing »).

[0041] Cet axe de pivotement 21' confère ainsi un degré de liberté en rotation à la flèche articulée 3.

[0042] La flèche articulée 3 comprend quant à elle deux parties de flèches 31, 32 (dites encore bras ou tron-

çons), assemblées en série depuis la structure support 2 :

- une flèche principale 31 (dite encore « main boom »), amont ou proximal, et
- une flèche terminale 32 (dite encore « jib »), aval ou distal.

[0043] La flèche principale 31 et la flèche terminale 32 comportent chacune :

- une extrémité amont 312, 322, située du côté de la structure support 2, et
- une extrémité aval 313, 323, située à distance de la structure support 2.

[0044] La flèche principale 31 et la flèche terminale 32, ici de forme générale parallélépipédique, comportent encore chacune deux faces opposées :

- une face inférieure 314, 324, dite encore « paroi frontale inférieure », destinée à être orientée vers le bas / le sol, et
- une face supérieure 315, 325, dite encore « paroi frontale supérieure », destinée à être orientée vers le haut / le ciel.

[0045] La structure support 2 et l'extrémité amont 312 de la flèche principale 31 coopèrent par le biais de moyens d'articulation amont 35 pour définir un mouvement d'oscillation de ladite flèche principale 31 selon un axe d'articulation amont 35' (dit encore « luffing » ou mouvement de relevage), avantageusement horizontal et perpendiculaire à l'axe de pivotement 21'.

[0046] Ainsi, la flèche principale 31 est destinée à être manoeuvrée en rotation par rapport à la structure support 2, autour de cet axe d'articulation amont 35' situé au niveau de son extrémité amont 312.

[0047] L'extrémité aval 313 de la flèche principale 31 et l'extrémité amont 322 de la flèche terminale 32 coopèrent par le biais de moyens d'articulation aval 36 pour définir un mouvement de pliage de ladite flèche terminale 32 selon un axe d'articulation aval 36' (dit encore « folding »), avantageusement horizontal et perpendiculaire à l'axe de pivotement 21'.

[0048] Ainsi, la flèche terminale 32 est destinée à être manoeuvrée en rotation par rapport à la flèche principale 31, autour de l'axe d'articulation aval 36' situé au niveau de son extrémité amont 322.

[0049] Les moyens d'articulation amont 35 et aval 36 consistent avantageusement en des articulations, par exemple sous la forme de paliers à roulement, qui sont ménagées entre les extrémités assemblées (par exemple du type palier / tourillon).

[0050] Les axes d'articulation amont 35' et aval 36' s'étendent parallèlement l'un par rapport à l'autre, avantageusement horizontalement.

[0051] L'extrémité aval 323 de la flèche terminale 32

est pilotée dans l'espace par les moyens de manoeuvre 4 qui sont pilotés par les moyens de commande 5.

[0052] En particulier, l'extrémité aval 323 est mobile sur les trois axes (dits encore dimensions ou directions), avantageusement selon une position définie dans un système de coordonnées cartésiennes, à savoir avantageusement :

- la largeur (gauche/droite) d'axe x, ou abscisse, horizontal,
- la profondeur (avant/arrière) d'axe y, ou ordonnée, horizontal, et
- la hauteur (haut/bas) d'axe z, ou cote, vertical.

[0053] A cet effet, les moyens de manoeuvre 4 comportent :

- au moins un actionneur en pivotement 41, pour générer le mouvement de pivotement de ladite flèche articulée 3,
- au moins un premier actionneur linéaire 42 (dit encore « luffing cylinder »), par exemple un actionneur linéaire ou deux actionneurs linéaires parallèles, pour générer le mouvement d'oscillation de la flèche principale 31 autour de son axe d'articulation amont 35' (relevage), et
- au moins un second actionneur linéaire 43 (dit encore « folding cylinder »), par exemple un actionneur linéaire ou deux actionneurs linéaires parallèles, pour générer le mouvement de pliage de la flèche terminale 32 autour de son axe d'articulation aval 36'.

[0054] Tel que décrit ci-dessous en relation avec la figure 3, ledit au moins un premier actionneur linéaire 42 et ledit au moins un second actionneur linéaire 43 comportent chacun deux extrémités :

- une extrémité amont 421, 431, côté de la structure support 2, et
- une extrémité aval 422, 432, opposée à la structure support 2.

[0055] Les extrémités amont 421, 431 et aval 422, 432 sont avantageusement assemblés au sein de la grue 1 par le biais de moyens d'articulation amont et aval qui consistent avantageusement en des articulations, par exemple sous la forme de paliers à roulement (par exemple du type palier / tourillon).

[0056] De manière générale, ledit au moins un actionneur en pivotement 41 consiste par exemple en un organe moteur intégré dans la structure support 2.

[0057] Et les actionneurs linéaires 42, 43 consistent avantageusement en des vérins hydrauliques, de préférence associés à une centrale hydraulique (non représentée). Les actionneurs linéaires 42, 43 peuvent également consister en des vérins électriques.

[0058] Selon l'invention, les moyens de commande 5

sont conçus pour piloter les moyens de manoeuvre 4 de sorte à stabiliser (dans l'espace, avantageusement selon les trois axes) l'extrémité aval 323 de la flèche terminale 32.

[0059] De préférence, les moyens de commande 5 sont conçus pour stabiliser l'extrémité aval 323 de la flèche terminale 32 dans un plan horizontal et/ou une position verticale, voire dans toutes les directions.

[0060] Par « plan horizontal », on entend avantageusement une stabilisation dans le plan défini par la largeur (axe x ou abscisse, horizontal) et la profondeur (axe y ou ordonnée).

[0061] Par « position verticale », on entend avantageusement une stabilisation en hauteur (axe z ou cote, vertical).

[0062] Par « toutes les directions », on entend avantageusement une stabilisation en largeur (axe x ou abscisse, horizontal), en profondeur (axe y ou ordonnée) et en hauteur (axe z ou cote, vertical).

[0063] Pour cela, les moyens de commande 5 comportent un module de compensation active 51 (dit encore « Active 3D Compensation ») qui est conçu pour piloter les moyens de manoeuvre 4, tenant compte de données provenant d'un module d'acquisition des mouvements 7 (dit encore « MRU » pour « Motion Référence Unit »), de sorte à stabiliser l'extrémité aval 323 de la flèche terminale 32, avantageusement dans un plan horizontal et/ou une position verticale, voire dans toutes les directions.

[0064] Le module de compensation active 51 est ainsi structuré pour piloter les moyens de manoeuvre 4 de manière à compenser les mouvements de la grue 1, et en particulier de l'extrémité aval 323 de la flèche terminale 32, occasionnés par les vagues.

[0065] Un tel module de compensation active 51 offre ainsi un positionnement précis de l'extrémité aval 323 de la flèche terminale 32, permettant de maintenir cette extrémité aval 323 de la flèche terminale 32 en position constante.

[0066] Selon un mode de réalisation préféré, le module de compensation active 51 comprend :

- des moyens de collecte des données 511 provenant du module d'acquisition des mouvements 7,
- des moyens de traitement 512, pour déterminer des instructions de commande pour les moyens de manoeuvre 4 qui sont adaptées à stabiliser l'extrémité aval 323 de la flèche terminale 32, et
- des moyens de pilotage 513, pour piloter lesdits moyens de manoeuvre 4 tenant compte desdites instructions de commande.

[0067] En pratique, les moyens de commande 5 comportent un ordinateur. Et le module de compensation active 51 comprend un programme d'ordinateur qui comprend des instructions qui, lorsque ledit programme d'ordinateur est exécuté par ledit ordinateur, forment les moyens de collecte des données 511, les moyens de traitement 512 et les moyens de pilotage 513, lorsqu'il

est exécuté sur ledit ordinateur.

[0068] Le module de compensation active 51 constitue ainsi avantageusement un système contrôlé par ordinateur qui permet de maintenir la position de l'extrémité aval 323 de la flèche terminale 32 (compensant les mouvements occasionnés par les vagues), en utilisant les moyens de manoeuvre 4.

[0069] Selon un mode de réalisation particulier, l'opérateur peut piloter la grue à flèche articulée 1 via les moyens de commande 5, au cours de laquelle les mouvements occasionnés par les vagues sont compensés par le module de compensation active 51.

[0070] Les moyens de traitement 512 comportent avantageusement un modèle mathématique ou algorithme, qui détermine les instructions de commande pour les moyens de manoeuvre 4, qui sont adaptées à stabiliser l'extrémité aval 323 de la flèche terminale 32 en fonction des données provenant du module d'acquisition des mouvements 7 (ou, dit autrement, adaptées à compenser les mouvements occasionnés par les vagues).

[0071] Ainsi, en pratique, les moyens de manoeuvre 4 sont pilotés par le module de compensation active 51 selon l'invention de sorte à manoeuvrer l'extrémité aval 323 de la flèche terminale 32, avantageusement selon les trois axes, tenant compte des informations provenant du module d'acquisition des mouvements 7 de sorte à stabiliser (dans l'espace, avantageusement selon les trois axes) cette extrémité aval 323 de la flèche terminale 32.

[0072] Par exemple, l'extrémité aval 323 de la flèche terminale 32 est notamment manoeuvrable selon les axes suivants :

- en largeur par un pilotage coordonné de l'actionneur en pivotement 41 en combinaison avec les premier actionneur linéaire 42 et second actionneur linéaire 43,
- en profondeur par un pilotage coordonné des premier actionneur linéaire 42 et second actionneur linéaire 43, et
- en hauteur par un pilotage coordonné des premier actionneur linéaire 42 et second actionneur linéaire 43.

[0073] De manière générale, le module d'acquisition des mouvements 7 peut être choisi parmi les modules d'acquisition des mouvements 7 connus de l'homme du métier.

[0074] Un tel module d'acquisition des mouvements 7, avantageusement classique en soi, est conçu pour enregistrer et évaluer les déplacements de l'engin dus aux vagues et, en corolaire, les déplacements de l'extrémité aval 323 de la flèche terminale 32.

[0075] Ce module d'acquisition des mouvements 7 consiste par exemple en une centrale inertielle.

[0076] La grue à flèche articulée 1 peut comporter ce module d'acquisition des mouvements 7 ; alternatively, ce module d'acquisition des mouvements 7 peut

équiper l'engin.

[0077] En pratique, tel qu'illustré sur la figure 2, la flèche articulée 3 comporte deux rayons d'action :

- un rayon d'action maximal R1, et
- un rayon d'action maximal nominal R2, dans un mode de compensation (ici inférieur au rayon d'action maximal R1).

[0078] La flèche articulée 3, illustrée sur les figures 1 à 3, est particulièrement adaptée à équiper une grue à flèche articulée 1 dont les moyens de commande 5 comportent un tel module de compensation active 51.

[0079] De manière générale, une telle flèche articulée 3 selon l'invention est intéressante intrinsèquement, éventuellement pour équiper une grue à flèche articulée 1 dont les moyens de commande 5 sont dépourvus d'un tel module de compensation active 51 ou lorsque le mode de compensation 51 est inactivé.

[0080] En effet, ledit au moins un second actionneur linéaire 43 présente ici une implantation particulière en ce qu'il est raccordé ici à la structure support 2 et à la flèche terminale 32.

[0081] Or, comme abordé précédemment, le mouvement de pliage de la flèche terminale 32, mis en oeuvre par ledit au moins un second actionneur linéaire 43 qui est raccordé à la structure support 2, nécessite une puissance réduite pour le mouvement d'oscillation de la flèche principale 31. Cette approche est intéressante car le mouvement d'oscillation de la flèche principale 31 (relevage) consomme l'essentiel de l'énergie en mode de compensation.

[0082] A cet effet, ledit au moins un second actionneur linéaire 43 est avantageusement raccordé à la flèche terminale 32 par l'intermédiaire de moyens de transmission mécanique 45 (voir en particulier la figure 3).

[0083] Dans ce cadre, tel que décrit ci-dessous en lien avec la figure 3, ledit au moins un second actionneur linéaire 43 comporte avantageusement deux extrémités :

- l'extrémité amont 431 assemblée directement avec la structure support 2, et
- l'extrémité aval 432 assemblée avec la flèche terminale 32 par l'intermédiaire des moyens de transmission mécanique 45.

[0084] Dans ce cadre, ledit au moins un second actionneur linéaire 43 est manœuvrable en longueur, avec avantageusement :

- un allongement qui provoque un repliement de la flèche terminale 32 vers la flèche principale 31, et
- un raccourcissement qui provoque un déploiement de la flèche terminale 32 par rapport à la flèche principale 31.

[0085] En l'espèce, les moyens de transmission mé-

canique 45 comprennent une structure de parallélogramme déformable 46 qui comprend :

- au moins un bras longitudinal 461, interposé entre ledit au moins un second actionneur linéaire 43 et la flèche terminale 32, et
- au moins deux bras oscillants 462, intercalés chacun entre le bras longitudinal 461 et la flèche principale 31.

[0086] Sur la figure 3, ledit au moins un bras longitudinal 461 s'étend avantageusement en regard et le long de la flèche principale 31, en particulier de sa paroi frontale supérieure 315.

[0087] Ledit au moins un bras longitudinal 461 comporte également deux extrémités :

- une extrémité amont 4611 assemblée avec l'extrémité aval 432 dudit au moins un second actionneur linéaire 43, ici par une liaison pivot, et
- une extrémité aval 4612 assemblée avec l'extrémité amont 322 de la flèche terminale 32, ici par une liaison pivot.

[0088] Lesdits au moins deux bras oscillants 462 (ici en forme d'échelle ou de H) sont assemblés, de manière mobile en rotation (libre en rotation), avec le bras longitudinal 461 et la flèche principale 31.

[0089] En particulier, les bras oscillants 462 sont assemblés ici avec la paroi frontale supérieure 315 de la flèche principale 31.

[0090] Un bras oscillant amont 4621 est assemblé :

- d'un premier côté, avec la flèche principale 31 (vers son extrémité amont 312), et
- d'un second côté, avec le couple composé de l'extrémité amont 4611 dudit au moins un bras longitudinal 461 et de l'extrémité aval 432 dudit au moins un second actionneur linéaire 43.

[0091] Un bras oscillant aval 4622 est assemblé :

- d'un premier côté, avec la flèche principale 31 (vers son extrémité aval 313), et
- d'un second côté, avec le couple composé de l'extrémité aval 4612 dudit au moins un bras longitudinal 461 et de l'extrémité amont 322 de la flèche terminale 32.

[0092] Selon le présent mode de réalisation, illustré sur la figure 3 notamment, les moyens de transmission mécanique 45 comportent encore un organe de jonction 47, intercalé entre l'extrémité aval 4612 dudit au moins un bras longitudinal 461 et l'extrémité amont 322 de la flèche terminale 32.

[0093] Cet organe de jonction 47 prolonge la flèche terminale 32 du côté de son extrémité amont 322.

[0094] Et l'extrémité aval 4612 dudit au moins un bras

longitudinal 461 coopère avec cet organe de jonction 47 par le biais de moyens d'articulation 475 (pivot).

[0095] En l'espèce, cet organe de jonction 47 se compose ici de deux parties :

- un tronçon rallonge 325, prolongeant la flèche terminale 32 au-delà des moyens d'articulation aval 36 et du côté de la paroi frontale supérieure 315 de la flèche principale 31, et
- un bras intercalaire 471, formant ici une bielle, assemblé avec l'extrémité aval 4612 dudit au moins un bras longitudinal 461 et le tronçon rallonge 325 par le biais de moyens de liaison d'articulation 472 (pivot).

[0096] En d'autres termes, les moyens de transmission mécanique 45 comprennent un ensemble de type bielle - manivelle, avec le bras intercalaire 471 formant bielle et le tronçon rallonge 325 formant manivelle.

[0097] Par ailleurs, ledit au moins un premier actionneur linéaire 42 (dit encore « luffing cylinder ») est agencé entre la structure support 2 et la flèche principale 31.

[0098] Ledit au moins un premier actionneur linéaire 42 s'étend ici en regard de la paroi frontale inférieure 314 de la flèche principale 31.

[0099] En l'espèce, ledit au moins un premier actionneur linéaire 42 comporte avantageusement deux extrémités :

- l'extrémité amont 421 assemblée directement avec la structure support 2, et
- l'extrémité aval 422 assemblée avec la flèche principale 31, au niveau de sa paroi frontale inférieure 314.

[0100] De manière générale, ledit au moins un premier actionneur linéaire 42 et ledit au moins un second actionneur linéaire 43 sont implantés de part et d'autre de la flèche principale 31, par exemple respectivement regard de sa paroi frontale inférieure 314 et de sa paroi frontale supérieure 315.

[0101] De manière générale, comme illustré notamment sur la figure 1, la grue à flèche articulée 1 peut comporter encore un tambour de treuil 8 associé à des moyens d'entraînement en rotation (non représenté, par exemple au moins un moteur, avantageusement électrique ou hydraulique) et destiné à recevoir un organe de levage allongé 81 (avantageusement un câble, par exemple un câble métallique ou un câble synthétique).

[0102] Le tambour de treuil 8 est ici porté par la flèche terminale 32, au niveau de sa face supérieure 325 et du côté de son extrémité amont 322.

[0103] La flèche articulée 3 est avantageusement équipée de poulies 82, ici réparties le long de la flèche terminale 32, qui sont dimensionnées, réparties et agencées à façon, pour guider l'organe de levage allongé 81 entre le tambour de treuil 8 et la charge à soulever (non représentée).

[0104] Selon un mode de réalisation avantageux, le module de compensation active 51 est conçu pour piloter également le tambour de treuil 8 (en particulier ses moyens d'entraînement en rotation), tenant compte de données provenant du module d'acquisition des mouvements 7, de sorte à piloter le mouvement d'enroulement (et de déroulement) du tambour de treuil 8.

[0105] Dans ce mode de réalisation, le tambour de treuil 8 peut être utilisé pour lisser la compensation verticale, afin de maintenir la position verticale de l'extrémité libre de l'organe de levage allongé 81.

[0106] Cette approche offre l'avantage de permettre une correction de second ordre, verticale (en hauteur), en combinaison des mouvements de la flèche articulée 3.

[0107] Toujours dans ce mode de réalisation, la stabilisation de l'extrémité aval 323 de la flèche terminale 32 (par un pilotage des moyens de manoeuvre 4) est coordonnée avec le mouvement d'enroulement du tambour de treuil 8.

[0108] Selon ce mode de réalisation, le module de compensation active 51 comprend notamment :

- les moyens de traitement 512, pour déterminer des instructions de commande pour les moyens de manoeuvre 4 qui sont adaptées à stabiliser l'extrémité aval 323 de la flèche terminale 32, et le cas échéant pour déterminer des instructions de commande pour le tambour de treuil 8 (en particulier ses moyens d'entraînement en rotation) qui sont adaptées à lisser la compensation verticale, et
- des moyens de pilotage 513, pour piloter les moyens de manoeuvre 4 et, avantageusement le tambour de treuil 8 (en particulier ses moyens d'entraînement en rotation), tenant compte des instructions de commande.

[0109] Le module de compensation active 51 constitue ainsi avantageusement un système contrôlé par ordinateur qui permet de maintenir l'extrémité aval 323 de la flèche terminale 32 en utilisant les moyens de manoeuvre 4, voire aussi pour maintenir l'extrémité libre (destinée à coopérer avec une charge) de l'organe de levage allongé 81 dans une position verticale déterminée.

[0110] Les moyens de traitement 512 comportent avantageusement un modèle mathématique ou algorithme, qui détermine les instructions de commande pour les moyens de manoeuvre 4 qui sont adaptées à stabiliser l'extrémité aval 323 de la flèche terminale 32 (voire aussi les instructions de commande pour le tambour de treuil 8, en particulier ses moyens d'entraînement en rotation, qui sont adaptées à stabiliser verticalement l'extrémité libre de l'organe de levage allongé 81 dans une position verticale déterminée) en fonction des données provenant du module d'acquisition des mouvements 7.

[0111] Selon une caractéristique technique avantageuse illustrée sur les figures 4 et 5, la grue à flèche articulée 1 comporte encore avantageusement une plateforme 9 qui est solidarisée avec l'extrémité aval 323

de la flèche terminale 32 par l'intermédiaire de moyens de raccordement 10.

[0112] Par « plateforme », on entend avantageusement une structure destinée à recevoir des individus (généralement une cabine) ou des charges, en vue de leur transfert.

[0113] La plateforme 9 est avantageusement suspendue à la flèche articulée 3 par l'intermédiaire des moyens de raccordement 10.

[0114] De manière générale, les moyens de raccordement 10 assurent une stabilisation active de la plateforme 9 lors des mouvements de la flèche articulée 3.

[0115] Cette stabilisation active intervient avantageusement au moins selon un axe de rotation en tangage (avantageusement horizontal) et selon un axe de rotation en lacet (avantageusement vertical).

[0116] En d'autres termes, la plateforme 9 définit avantageusement un plan de réception 91 qui est avantageusement destiné à être stabilisé horizontalement, avantageusement en tangage et en lacet.

[0117] En particulier, la plateforme 9 coopère ainsi avec la flèche articulée 3 de sorte que :

- l'extrémité aval 323 de la flèche terminale 32 est stabilisée dans l'espace, avantageusement selon les trois axes, et
- la plateforme 9 est stabilisée (de préférence en tangage et en lacet) par rapport au mouvement de l'extrémité aval 323 de la flèche terminale 32.

[0118] A cet effet, les moyens de raccordement 10 comportent une combinaison d'au moins deux actionneurs 101, 102 :

- au moins un premier actionneur en pivotement 101, destiné à générer un mouvement de pivotement de la plateforme 9 par rapport à l'extrémité aval 323, selon un axe de rotation en lacet 101' qui est parallèle à l'axe de pivotement 21' de la flèche articulée 3, et
- au moins un second actionneur en pivotement 102, destiné à générer un mouvement de pivotement de la plateforme 9 par rapport à l'extrémité aval 323, selon un axe de rotation en tangage 102' qui est parallèle à l'axe d'articulation amont 35' et à l'axe d'articulation aval 36'.

[0119] L'axe de rotation en lacet 101' et l'axe de rotation en tangage 102' s'étendent avantageusement dans un même plan ; l'axe de rotation en lacet 101' et l'axe de rotation en tangage 102' sont de préférence concourant à 90°.

[0120] En d'autres termes, lesdits moins deux actionneurs 101, 102 comprennent :

- ledit au moins un premier actionneur en pivotement 101, destiné à générer un mouvement de pivotement de la plateforme 9 selon l'axe de rotation en lacet 101' qui est perpendiculaire au plan de réception 91, et

- ledit au moins un second actionneur en pivotement 102, destiné à générer un mouvement de pivotement de la plateforme 9 selon l'axe de rotation en tangage 102' qui est parallèle au plan de réception 91.

[0121] Les actionneurs 101, 102 consistent avantageusement en des actionneurs rotatifs, par exemple en des moteurs, de préférence des moteurs électriques.

[0122] Dans ce mode de réalisation, le module de compensation active 51 est avantageusement conçu pour piloter également les actionneurs 101, 102 équipant les moyens de raccordement 10, tenant compte de données provenant d'un module d'acquisition des mouvements (équipant avantageusement la plateforme 9), de sorte à stabiliser activement la plateforme 9, avantageusement en lacet et en tangage.

[0123] Le module de compensation active 51 est ainsi structuré pour piloter les actionneurs 101, 102 des moyens de raccordement 10 de manière à prévenir les balancements générés par les mouvements de la flèche articulée 3, et en particulier de l'extrémité aval 323 de la flèche terminale 32.

[0124] Le module de compensation active 51 offre ainsi une stabilisation active de la plateforme 9 par rapport aux mouvements de l'extrémité aval 323 de la flèche terminale 32.

[0125] Dans ce cadre, selon un mode de réalisation préféré, le module de compensation active 51 comprend :

- les moyens de traitement 512, pour déterminer également des instructions de commande pour les actionneurs 101, 102 des moyens de raccordement 10 qui sont adaptées à stabiliser activement la plateforme 9, et
- les moyens de pilotage 513, pour piloter les actionneurs 101, 102 des moyens de raccordement 10 tenant compte desdites instructions de commande.

[0126] Le module de compensation active 51 constitue ainsi avantageusement un système contrôlé par ordinateur qui permet de stabiliser la plateforme 9 (prévenant ou compensant les balancements occasionnés par le mouvement de la flèche articulée 3), en utilisant les actionneurs 101, 102 des moyens de raccordement 10.

[0127] Ainsi, en pratique, les actionneurs 101, 102 des moyens de raccordement 10 sont pilotés par le module de compensation active 51 selon l'invention de sorte à stabiliser la plateforme 9, tenant compte des informations provenant du module d'acquisition des mouvements dédié.

[0128] Selon un mode de réalisation préféré, les moyens de raccordement 10 comportent un organe de liaison 105 intégrant les actionneurs 101, 102 précités.

[0129] Cet organe de liaison 105, par exemple en forme de bras, comporte deux extrémités :

- une première extrémité 1051, supérieure, solidari-

sée avec l'extrémité aval 323 de la flèche terminale 32, et

- une second extrémité 1052, inférieure, solidarisée avec la plateforme 9.

[0130] L'assemblage de la première extrémité 1051 avec l'extrémité aval 323 de la flèche terminale 32, d'une part, et de la second extrémité 1052 avec la plateforme 9, est par exemple réalisé par l'intermédiaire d'un palier, par exemple un palier lisse ou un palier à roulement, équipé des actionneurs 101, 102.

[0131] De préférence, les actionneurs 101, 102 sont répartis au niveau des extrémités 1051, 1052 de l'organe de liaison 105 :

- la première extrémité 1051, supérieure, comporte ledit au moins un second actionneur en pivotement 102, en tangage, et
- la second extrémité 1052, inférieure, comporte ledit au moins un premier actionneur en pivotement 101, en lacet.

[0132] En l'espèce, l'organe de liaison 105 est avantageusement solidarisé latéralement avec l'extrémité aval 323 de la flèche terminale 32.

[0133] Dans ce cas, l'organe de liaison 105 comporte de préférence deux tronçons :

- un tronçon supérieur 1055, rectiligne et parallèle à l'axe de rotation en lacet 101', destiné à s'étendre avantageusement verticalement, de sorte que l'axe de rotation en tangage 102' traverse l'extrémité aval 323 de la flèche terminale 32,
- un tronçon inférieur 1056, recourbé (ou coudé), de sorte que l'axe de rotation en lacet 101' traverse cette même extrémité aval 323 de la flèche terminale 32.

[0134] En d'autres termes, le point d'intersection entre l'axe de rotation en lacet 101' et l'axe de rotation en tangage 102' se situe avantageusement au niveau de l'extrémité aval 323 de la flèche terminale 32.

[0135] Cette forme de réalisation a pour intérêt de garder la position de l'axe de rotation en lacet 101' et de l'axe de rotation en tangage 102' au niveau de l'extrémité aval 323 de la flèche terminale 32.

[0136] Selon encore une caractéristique distinctive, les moyens de raccordement 10 comportent des moyens amortisseurs 106, avantageusement passifs, conférant un degré de liberté en translation de la plateforme 9 par rapport à l'extrémité aval 323 de la flèche terminale 32.

[0137] En d'autres termes, les moyens amortisseurs 106 autorisent un jeu en écartement entre les extrémités 1051, 1052 de l'organe de liaison 105.

[0138] Les moyens amortisseurs 106 définissent ainsi un axe de translation 106' qui est parallèle à l'axe de rotation en lacet 101'.

[0139] Les moyens amortisseurs 106 sont avantageusement rapportés entre le tronçon supérieur 1055 et le

tronçon inférieur 1056.

[0140] Les moyens amortisseurs 106 consistent par exemple en un ressort et une suspension visco-hydraulique, pour empêcher des mouvements saccadés de la plateforme 9.

[0141] Selon le mode de réalisation illustré, la plateforme 9 consiste par exemple en une cabine adaptée à recevoir au moins un individu.

[0142] Le plan de réception 91 correspond avantageusement au plancher de cette cabine.

[0143] Le plancher est avantageusement :

- entouré par des parois latérales 92 comportant au moins une porte d'accès 93, et
- surmonté par un plafond 95 qui est avantageusement surmonté par les moyens de raccordement 10.

[0144] La plateforme 9 comporte avantageusement au moins un organe amortisseur de choc 95, passif (par exemple des blocs élastomères), adapté à amortir les contacts avec l'environnement.

[0145] L'organe amortisseur 95 est par exemple adapté à coopérer avec une surface de réception R consistant en une plateforme portée par le mat d'une éolienne, comme illustré sur la figure 6.

[0146] En l'espèce, ledit au moins un organe amortisseur de choc 95 est avantageusement implanté au niveau du plan de réception 91, par exemple sur au moins un côté et/ou en-dessous (par exemple au niveau d'une porte d'accès 93).

[0147] De manière générale, la plateforme 9 est avantageusement équipée de moyens de pilotage manuel (non représentés), pour le pilotage manuel des actionneurs 101, 102 des moyens de raccordement 10.

[0148] Encore de manière générale, l'extrémité aval 323 de la flèche terminale 32 et les moyens de raccordement 10 coopèrent par le biais de moyens de liaison amovible, intégrant des moyens de raccordement électrique et mécanique (notamment pour l'alimentation en énergie des actionneurs 101, 102 des moyens de raccordement 10).

[0149] Les moyens de liaison amovible sont avantageusement prévus entre l'extrémité aval 323 de la flèche terminale 32 et la première extrémité 1051 (supérieure) de l'organe de liaison 105.

[0150] L'organe de liaison 105 est ainsi porté par la plateforme 9, après séparation par rapport à l'extrémité aval 323 de la flèche terminale 32.

[0151] Ces moyens de liaison amovible sont utiles pour équiper rapidement l'extrémité aval 323 de la flèche terminale 32 avec la plateforme 9, ou pour déposer rapidement cette plateforme 9, en fonction des besoins et des opérations.

[0152] De manière générale, la plateforme 9, avec ses moyens de raccordement 10, pourrait éventuellement être adaptée à une grue à flèche articulée autre que celle selon l'invention.

[0153] Bien entendu, diverses autres modifications peuvent être apportées à l'invention dans le cadre des revendications annexées.

Revendications

1. Grue à flèche articulée, pour application offshore, laquelle grue à flèche articulée (1) comprend :

- une structure support (2),
 - une flèche articulée (3), portée par ladite structure support (2),
 - des moyens de manoeuvre (4) de ladite structure support (2) et de ladite flèche articulée (3), et
 - des moyens de commande (5), pour le pilotage desdits moyens de manoeuvre (4),
- laquelle flèche articulée (3) comprend une flèche principale (31) et une flèche terminale (32), en série, laquelle flèche principale (31) et laquelle flèche terminale (32) comportent chacune une extrémité amont (312, 322) et une extrémité aval (313, 323),
- laquelle structure support (2) comprend des moyens d'articulation (21) pour définir un mouvement de pivotement de la flèche articulée (3) selon un axe de pivotement (21'),
- laquelle structure support (2) et laquelle extrémité amont (312) de la flèche principale (31) coopèrent par le biais de moyens d'articulation amont (35) pour définir un mouvement d'oscillation de ladite flèche principale (31) selon un axe d'articulation amont (35'),
- laquelle extrémité aval (313) de la flèche principale (31) et laquelle extrémité amont (322) de la flèche terminale (32) coopèrent par le biais de moyens d'articulation aval (36) pour définir un mouvement de pliage de ladite flèche terminale (32) selon un axe d'articulation aval (36'),
- lesquels moyens de manoeuvre (4) comportent :

- au moins un actionneur en pivotement (41), pour générer le mouvement de pivotement de ladite flèche articulée (3),
- au moins un premier actionneur linéaire (42), pour générer ledit mouvement d'oscillation de ladite flèche principale (31), et
- au moins un second actionneur linéaire (43), pour générer ledit mouvement de pliage de ladite flèche terminale (32),

et lesquelles moyens de commande (5) comportent un module de compensation active (51) qui est conçu pour piloter lesdits moyens de manoeuvre (4), tenant compte de données provenant d'un module d'acquisition des mouvements (7), de sorte à stabiliser l'extrémité aval (323)

de la flèche terminale (32), avantageusement dans un plan horizontal et/ou une position verticale, de préférence encore dans toutes les directions,

et laquelle grue à flèche articulée (1) comporte encore une plateforme (9) qui est solidarisée avec l'extrémité aval (323) de la flèche terminale (32) par l'intermédiaire de moyens de raccordement (10),

lesquels moyens de raccordement (10) comportent une combinaison d'au moins deux actionneurs (101, 102) :

- au moins un premier actionneur en pivotement (101), destiné à générer un mouvement de pivotement de ladite plateforme (9) par rapport à ladite extrémité aval (323), selon un axe de rotation en lacet (101') qui est parallèle audit axe de pivotement (21') de la flèche articulée (3), et
- au moins un second actionneur en pivotement (102), destiné à générer un mouvement de pivotement de ladite plateforme (9) par rapport à ladite extrémité aval (323), selon un axe de rotation en tangage (102') qui est parallèle à l'axe d'articulation amont (35') et à l'axe d'articulation aval (36'),

et lequel module de compensation active (51) est conçu pour piloter lesdits au moins deux actionneurs (101, 102) desdits moyens de raccordement (10), tenant compte de données provenant d'un module d'acquisition des mouvements, de sorte à stabiliser activement ladite plateforme (9), avantageusement en lacet et en tangage.

2. Grue à flèche articulée, selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** ledit au moins un second actionneur linéaire (43) est raccordé à ladite structure support (2) et à ladite flèche terminale (32).

3. Grue à flèche articulée, selon la revendication 2, **caractérisée en ce que** ledit au moins un second actionneur linéaire (43) est raccordé à ladite flèche terminale (32) par l'intermédiaire de moyens de transmission mécanique (45).

4. Grue à flèche articulée, selon la revendication 3, **caractérisée en ce que** ledit au moins un second actionneur linéaire (43) comporte deux extrémités :

- une extrémité amont (431) assemblée directement avec la structure support (2), et
- une extrémité aval (432) assemblée avec la flèche terminale (32) par l'intermédiaire des moyens de transmission mécanique (45).

5. Grue à flèche articulée, selon l'une quelconque des revendications 3 ou 4, **caractérisée en ce que** les moyens de transmission mécanique (45) comprennent une structure de parallélogramme déformable qui comprend :
- au moins un bras longitudinal (461), interposé entre ledit au moins un second actionneur linéaire (43) et ladite flèche terminale (32), s'étendant avantageusement en regard et le long de la flèche principale (31), et
 - au moins deux bras oscillants (462), intercalés chacun entre ledit bras longitudinal (461) et la flèche principale (31).
6. Grue à flèche articulée, selon la revendication 5, **caractérisée en ce que** les moyens de transmission mécanique (45) comportent encore un organe de jonction (47), intercalé entre une extrémité aval (4612) dudit au moins un bras longitudinal (461) et l'extrémité amont (322) de la flèche terminale (32),
- lequel organe de jonction (47) prolonge ladite flèche terminale (32) du côté de son extrémité amont (322), et
- laquelle extrémité aval (4612) dudit au moins un bras longitudinal (461) coopère avec ledit organe de jonction (47) par le biais de moyens d'articulation (475).
7. Grue à flèche articulée, selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, **caractérisée en ce que** ledit au moins un premier actionneur linéaire (42) est agencé entre la structure support (2) et la flèche principale (31).
8. Grue à flèche articulée, selon les revendications 7 et 2, en combinaison, **caractérisée en ce que** ledit au moins un premier actionneur linéaire (42) et ledit au moins un second actionneur linéaire (43) sont implantés de part et d'autre de la flèche principale (31), par exemple respectivement regard d'une paroi frontale inférieure (314) et d'une paroi frontale supérieure (315).
9. Grue à flèche articulée, selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, **caractérisée en ce que** ledit grue à flèche articulée (1) comporte un tambour de treuil (8) associé à des moyens d'entraînement en rotation et destiné à recevoir un organe de levage allongé (81),
- et **en ce que**, de préférence, ledit module de compensation active (51) est conçu pour piloter également ledit tambour de treuil (8), tenant compte de données provenant dudit module d'acquisition des mouvements (7), de sorte à piloter le mouvement d'enroulement dudit tambour de treuil (8).
10. Grue à flèche articulée, selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, **caractérisée en ce que** ledit au moins un premier actionneur linéaire (42) et/ou ledit au moins un second actionneur linéaire (43) consiste en un vérin hydraulique ou en un vérin électrique.
11. Grue à flèche articulée, selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, **caractérisée en ce que** le module de compensation active (51) comprend :
- des moyens de collecte des données (511) provenant du module d'acquisition des mouvements (7),
 - des moyens de traitement (512), pour déterminer des instructions de commande pour les moyens de manoeuvre (4) qui sont adaptées à stabiliser l'extrémité aval (323) de la flèche terminale (32), voire aussi des instructions de commande pour le tambour de treuil (8), et
 - des moyens de pilotage (513), pour piloter lesdits moyens de manoeuvre (4), voire aussi ledit tambour de treuil, tenant compte desdites instructions de commande.
12. Grue à flèche articulée, selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, **caractérisée en ce que** ladite grue à flèche articulée (1) comporte un module d'acquisition des mouvements (7).
13. Grue à flèche articulée, selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, **caractérisée en ce que** les moyens de raccordement (10) comportent un organe de liaison (105) intégrant lesdits au moins deux actionneurs (101, 102), lequel organe de liaison (105) comporte deux extrémités :
- une première extrémité (1051), supérieure, solidarisée avec ladite extrémité aval (323) de la flèche terminale (32) et
 - une seconde extrémité (1052), inférieure, solidarisée avec ladite plateforme (9).
14. Grue à flèche articulée, selon l'une quelconque des revendications 1 à 13, **caractérisée en ce que** les moyens de raccordement (10) comportent des moyens amortisseurs (106), avantageusement passifs, conférant un degré de liberté en translation de ladite plateforme (9) par rapport à l'extrémité aval (323) de la flèche terminale (32), selon un axe de translation parallèle à l'axe de rotation en lacet (101').
15. Engin pour application offshore, équipé d'une grue à flèche articulée (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 14, par exemple un navire pour service d'opération en parc éolien (wind farm Service Operation Vessels - SOVs).

Fig.1

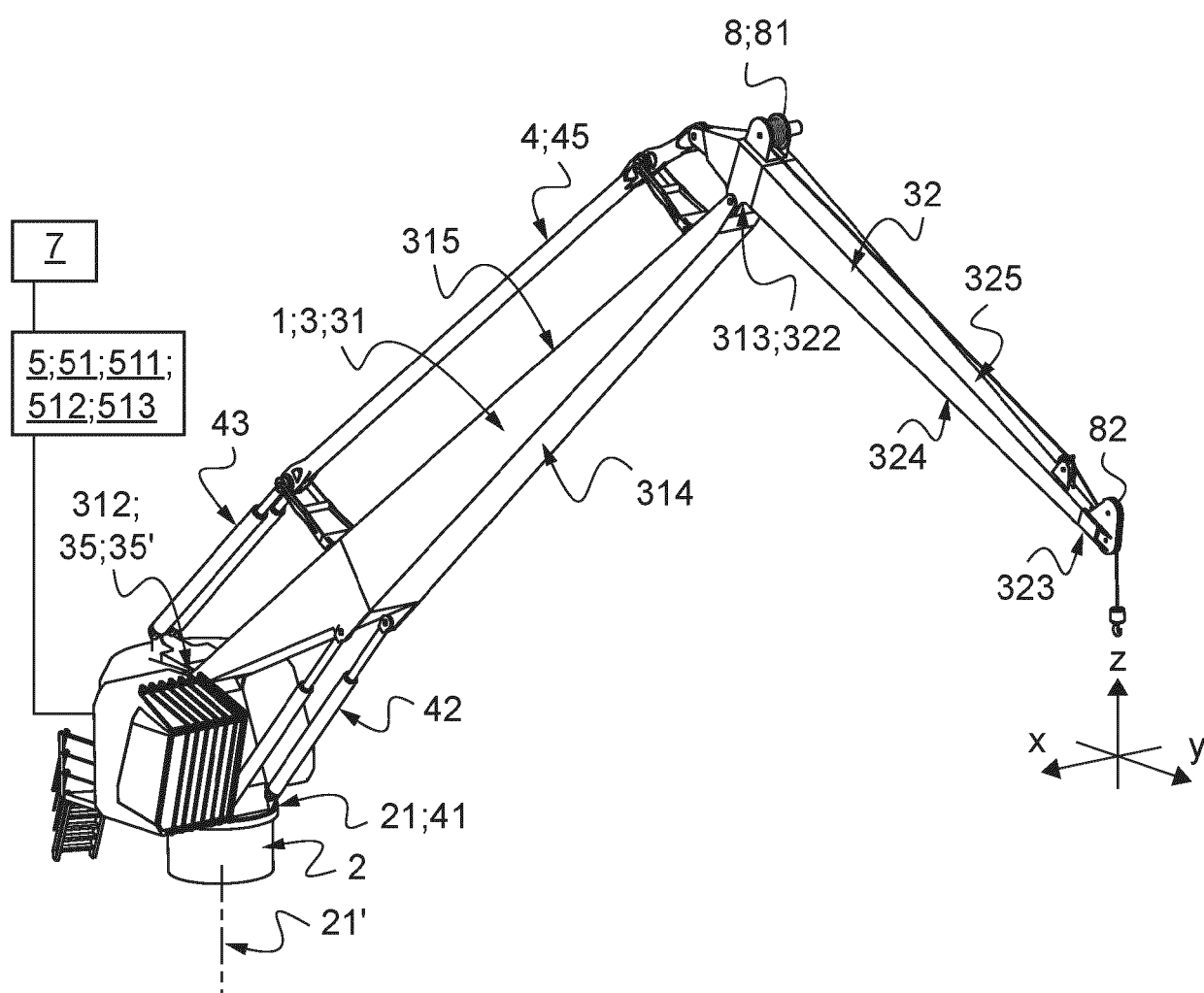


Fig.2

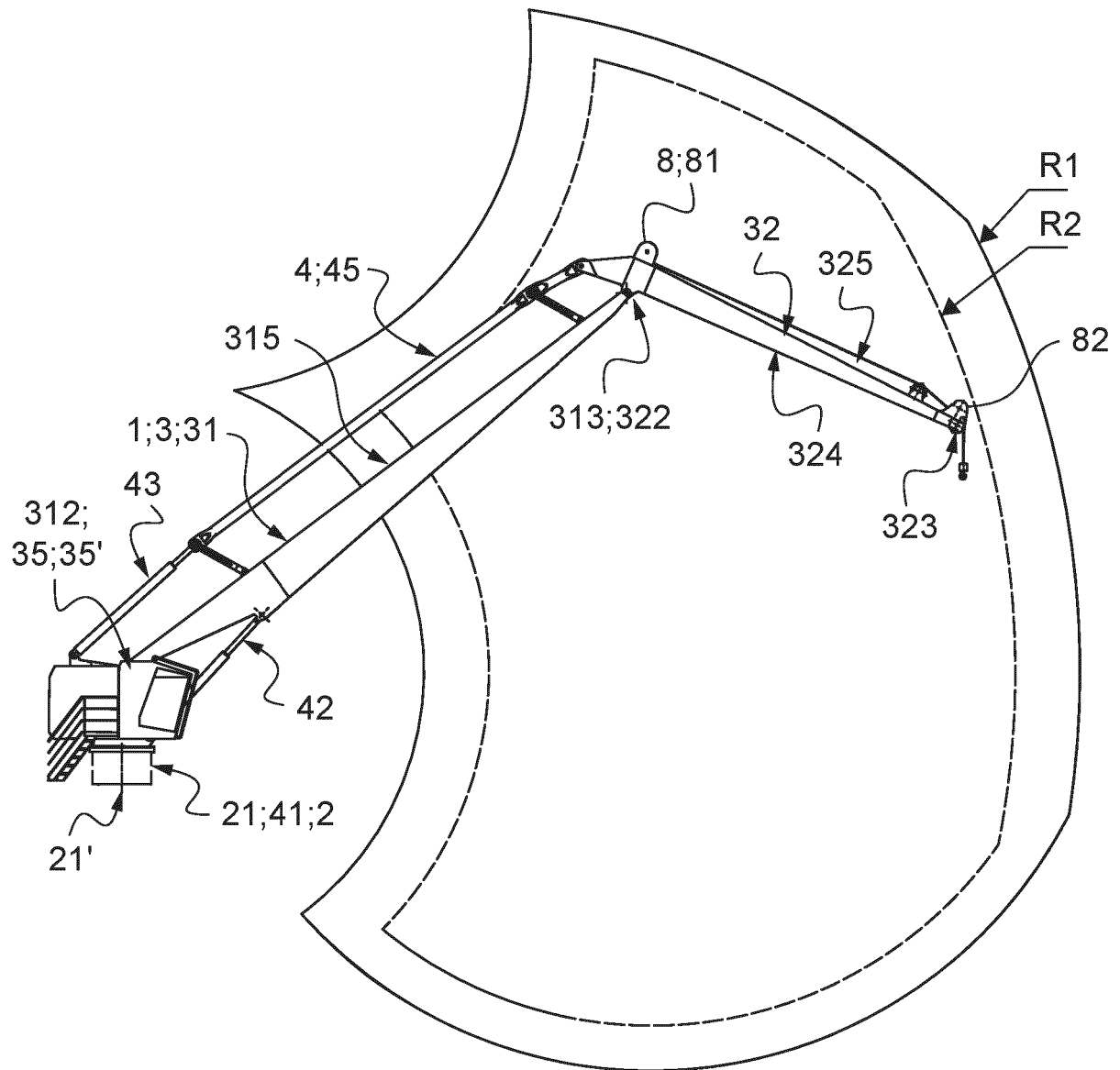


Fig.3

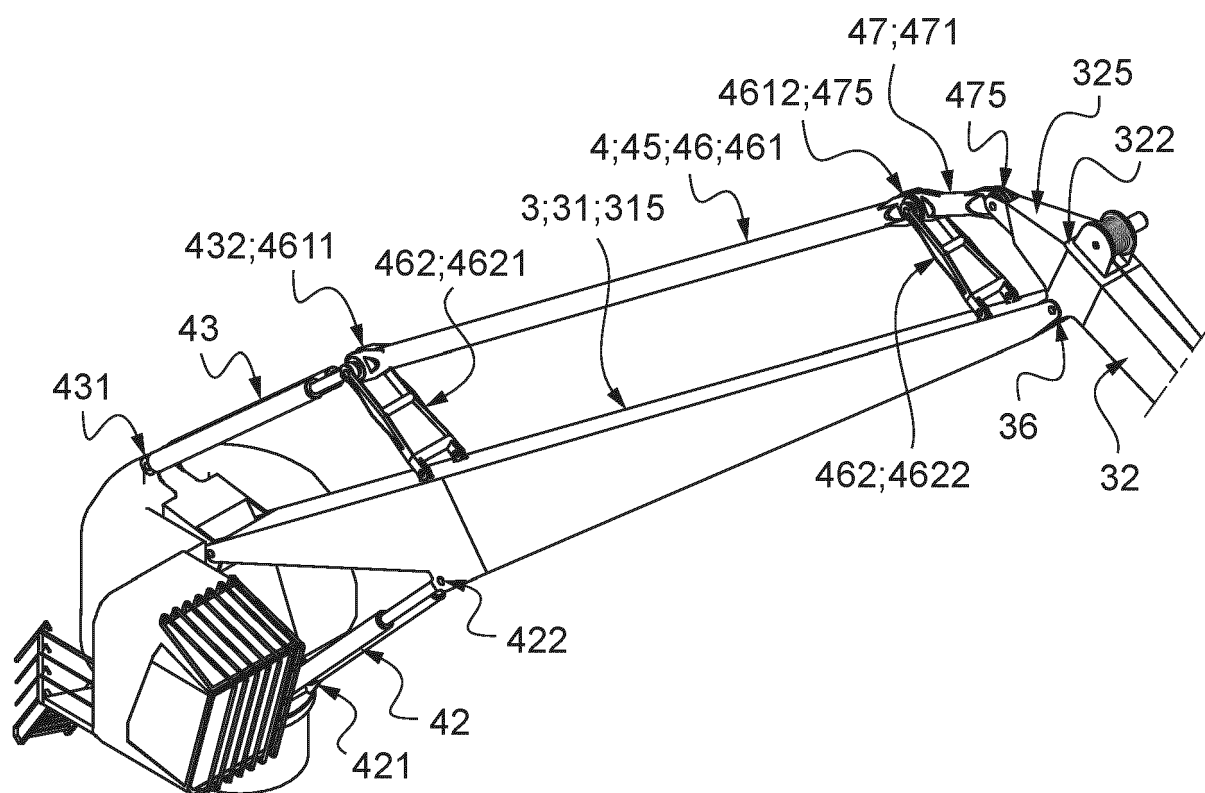


Fig.4

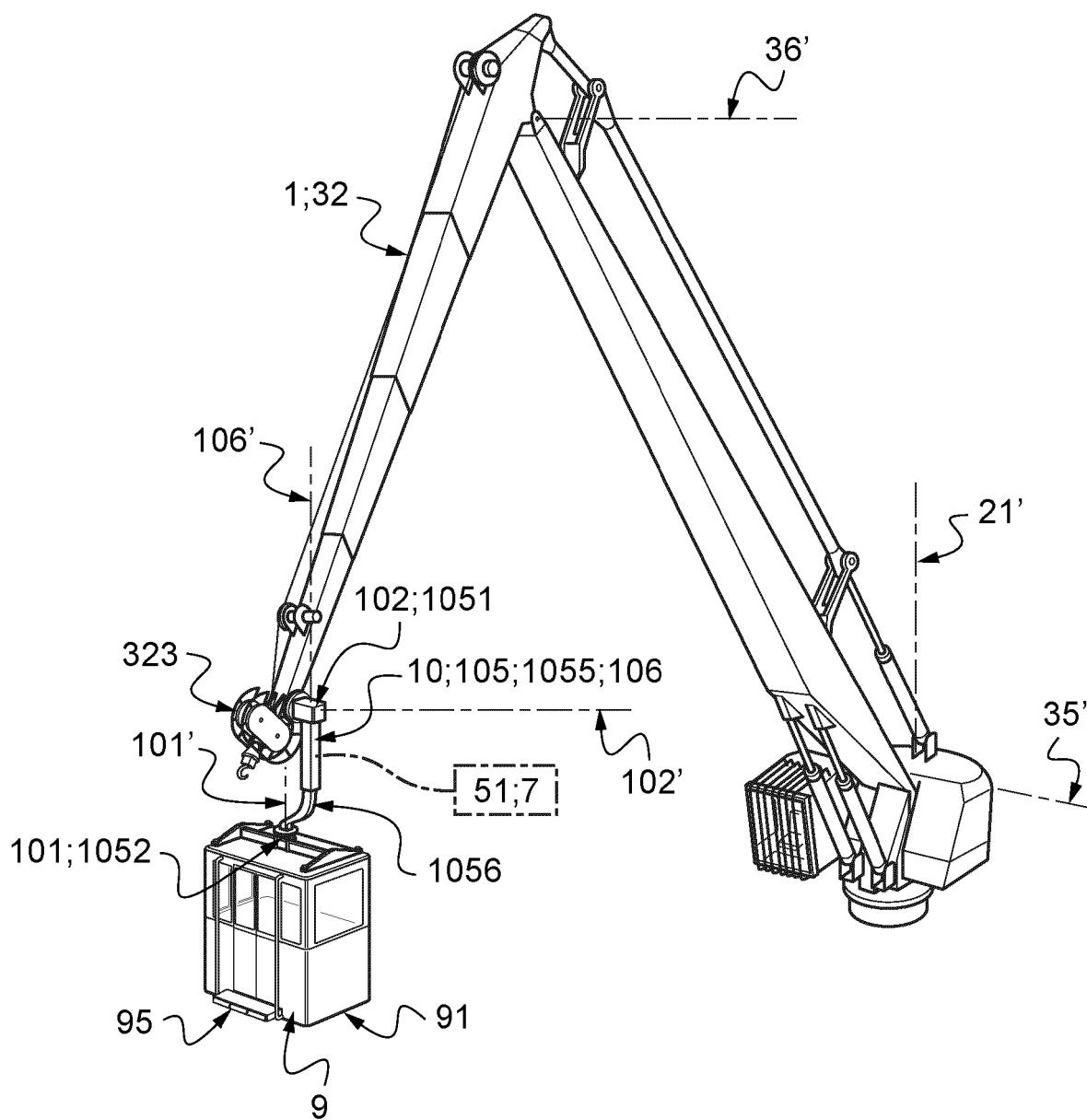


Fig.5

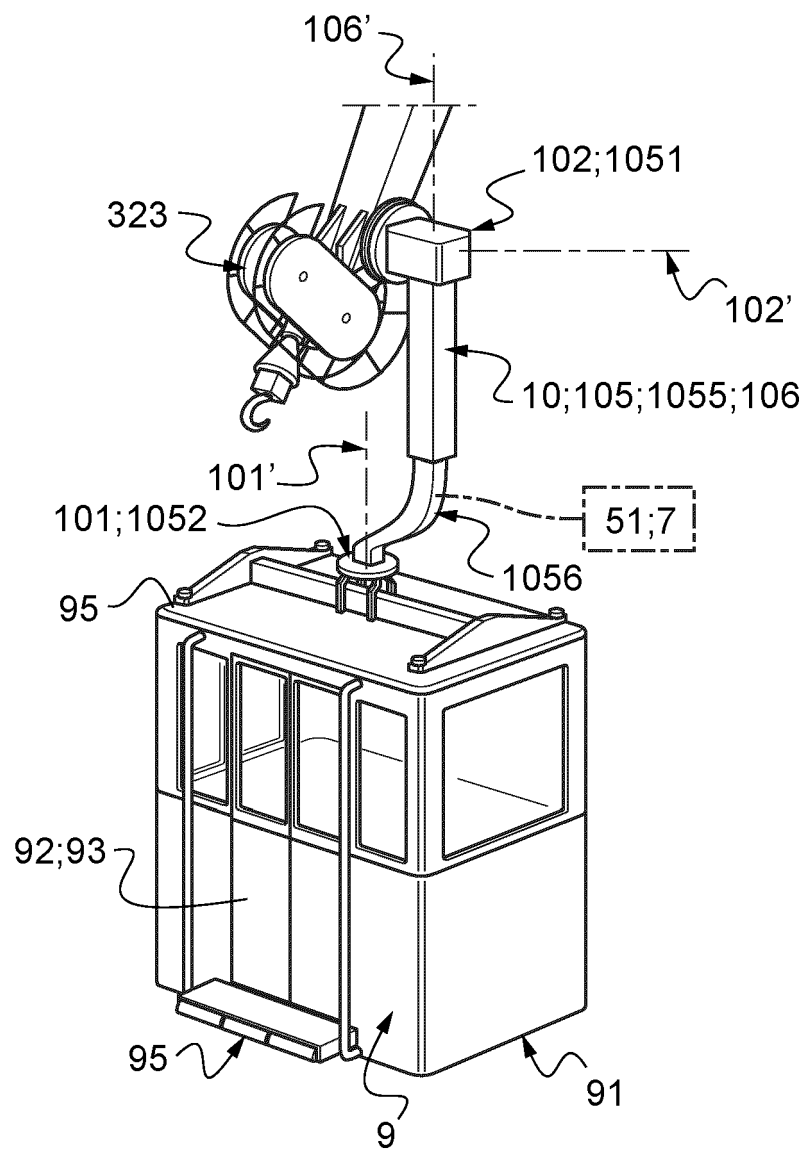


Fig.6

