



(11) **EP 3 336 041 B1**

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention de la délivrance du brevet:
31.07.2019 Bulletin 2019/31

(51) Int Cl.:
B66C 13/02 (2006.01) **B66C 23/52** (2006.01)
E21B 19/00 (2006.01) **E21B 19/09** (2006.01)
E21B 15/02 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **17306643.2**

(22) Date de dépôt: **27.11.2017**

(54) **SYSTEME DE COMPENSATION DE MOUVEMENT D'UNE CHARGE ACCROCHEE A UNE INSTALLATION MOBILE AVEC VERIN PRINCIPAL ET VERIN SECONDAIRE**

SYSTEM ZUR BEWEGUNGSKOMPENSIERUNG EINER LAST, DIE AN EINER BEWEGLICHEN ANLAGE MIT EINEM HAUPTZYLINDER UND EINEM NEBENZYLINDER AUFGEHÄNGT IST

SYSTEM TO COMPENSATE THE MOTION OF A LOAD ATTACHED TO A MOBILE INSTALLATION WITH A MAIN CYLINDER AND A SECONDARY CYLINDER

(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: **19.12.2016 FR 1662761**

(43) Date de publication de la demande:
20.06.2018 Bulletin 2018/25

(73) Titulaire: **IFP Energies nouvelles**
92852 Rueil-Malmaison Cedex (FR)

(72) Inventeur: **AMAUDRIC DU CHAFFAUT, Benoît**
69130 ECULLY (FR)

(74) Mandataire: **IFP Energies nouvelles**
Département Propriété Industrielle
Rond Point de l'échangeur de Solaize
BP3
69360 Solaize (FR)

(56) Documents cités:
WO-A2-2004/001193 FR-A1- 3 025 787
FR-A1- 3 027 298 KR-A- 20120 035 432
NL-A- 7 310 417

EP 3 336 041 B1

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la publication de la mention de la délivrance du brevet européen au Bulletin européen des brevets, toute personne peut faire opposition à ce brevet auprès de l'Office européen des brevets, conformément au règlement d'exécution. L'opposition n'est réputée formée qu'après le paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

[0001] La présente invention concerne le domaine de la compensation de mouvement d'un élément mobile suspendu à une installation mobile. L'invention concerne plus particulièrement la compensation d'un mouvement de pilonnement d'une installation offshore (en mer) flottante, supportant soit un train de tiges terminé par un outil de forage (garniture de forage), soit une colonne montante reliée de manière rigide à un équipement fixé au fond. Une telle installation flottante doit également être compensée pour le pilonnement vertical lors de la pose et surtout lors de l'assemblage au fond de divers équipements, comme par exemple une tête de puits sous-marine.

[0002] Classiquement, les systèmes de support de charge sont réalisés au moyen d'un treuil à câble et d'un ensemble de poulies fixes et mobiles. Grâce à ces systèmes de support de charge, la charge est susceptible d'être manoeuvrée plus ou moins régulièrement, par exemple augmentée progressivement (cas des ajouts de tiges successifs d'une garniture de forage), puis posée partiellement sur le fond (forage), et enfin reprise et reposée autant que nécessaire, au fur et à mesure de l'approfondissement du forage.

[0003] Toutefois, en mer, la houle provoque, entre autres effets, le pilonnement, c'est-à-dire un mouvement oscillatoire de translation verticale, des engins flottants. Quand ceux-ci supportent un équipement en contact avec le fond, tel qu'une garniture de forage, il est nécessaire de compenser le pilonnement afin de maintenir, dans des limites acceptables, l'effort de contact de l'outil avec le fond du trou,

[0004] Pour compenser de tels mouvements, il existe trois grandes familles de dispositifs :

- les dispositifs que l'on place dans la garniture de forage : la partie de la garniture située au-dessus du dispositif continue de subir le pilonnement avec le support flottant, alors que la partie de la garniture située sous le dispositif reste pratiquement immobile par rapport au fond de la mer,
- les dispositifs que l'on intercale entre la garniture et le système de levage de l'appareil de forage, et
- les dispositifs que l'on intègre dans le système de levage.

[0005] Pour cette troisième famille, un système de compensation comporte au moins un vérin principal, dont une extrémité est liée fixement (sans mouvement relatif) à l'extrémité supérieure de la charge (moufle fixe) et l'autre extrémité est liée fixement (sans mouvement relatif) à l'installation mobile. Chaque vérin principal accompagne le mouvement de pilonnement et est donc de ce fait déployé verticalement ou dans une direction très proche de la verticale. En outre, le système de compensation comporte au moins un bras articulé reliant l'installation mobile au moufle fixe. Chaque bras articulé est

formé d'éléments rigides articulés entre eux, en l'occurrence par des liaisons pivots entre les éléments rigides. Pour la même raison que pour les vérins principaux, ces bras sont mobiles dans des plans sensiblement verticaux, et les axes de leurs articulations sont horizontaux.

[0006] La performance d'un tel système, mesurable par la variation de l'effort de contact de l'outil avec le fond du trou (poids sur l'outil), dépend essentiellement du volume des accumulateurs de gaz sous pression. La variation du poids sur l'outil sera d'autant plus petite que le volume des accumulateurs sera plus grand, ce qui est vite pénalisant sur un support flottant en termes de poids, d'encombrement, et de coûts associés.

[0007] Le document FR 2575452 (US 5520369) décrit un tel système comprenant deux mouffles, au moins un vérin de compensation relié à des accumulateurs, un câble, et deux bras articulés qui comprennent des poulies et des bielles permettant de compenser un mouvement pour un élément accroché sur une installation mobile. Ce système permet de diminuer le volume des accumulateurs par une géométrie adaptée des bras articulés et de réduire en partie l'erreur. Toutefois, pour cette conception, le volume des accumulateurs reste important (environ 16m³ pour une architecture classique), et les erreurs de compensation restent importantes ; la force sur la charge reste peu constante.

[0008] La demande de brevet WO 2004/001193 décrit un perfectionnement du système décrit dans le document FR 2575452 (US 5520369). Le perfectionnement consiste à utiliser, en plus des vérins principaux verticaux, des vérins secondaires, qui relient l'installation flottante et certaines bielles des bras articulés. Toutefois, par cette conception, les vérins secondaires sollicitent ces bielles en flexion en plus de la traction ou compression, ce qui oblige à un surdimensionnement de ces bielles. De plus, cette demande de brevet précise que les vérins principaux et les vérins secondaires sont connectés à la même réserve de gaz sous pression, ce qui rend le système peu performant et peu facilement réglable.

[0009] Il convient de noter que le document FR 3027298 divulgue le préambule de la revendication 1.

[0010] Pour pallier ces inconvénients, la présente invention concerne un système de compensation de mouvement pour une charge accrochée à une installation mobile. Le système de compensation comporte deux mouffles, au moins un bras articulé, un câble, au moins un vérin principal et au moins un vérin secondaire. Le vérin secondaire est monté en basculement (rotation autour d'un axe sensiblement horizontal) sur l'installation mobile, et sur l'articulation du bras articulé. Ainsi, le vérin secondaire permet d'augmenter la précision de la compensation du mouvement, de rendre le système réglable, et son action au niveau de l'articulation du bras articulé permet d'éviter les efforts de flexion dans les bielles du bras articulé, et ainsi de les alléger.

Le système selon l'invention

[0011] L'invention concerne un système de compensation de mouvement pour une charge accrochée à une installation mobile, comportant un moufle fixe, un moufle mobile pour accrocher ladite charge, au moins un bras articulé pour lier ledit moufle fixe à ladite installation mobile, chaque bras articulé comprenant au moins une poulie, un câble passant par lesdites poulies de chaque bras articulé et par lesdits premier et deuxième moufles, et au moins un premier vérin principal fixé sur ladite installation mobile et sur ledit moufle fixe. Ledit système de compensation comporte au moins un vérin secondaire monté en rotation sur ladite installation mobile et sur l'articulation dudit bras articulé.

[0012] Selon un mode de réalisation de l'invention, ledit vérin principal est un vérin hydro-pneumatique lié à un accumulateur oléopneumatique.

[0013] Conformément à une mise en oeuvre de l'invention, ledit vérin secondaire est un vérin pneumatique lié à un accumulateur pneumatique.

[0014] Avantageusement, ledit bras articulé comporte au moins deux bielles articulées l'une par rapport à l'autre, une poulie étant agencée au niveau de l'articulation desdites bielles sur laquelle est monté en rotation ledit vérin secondaire.

[0015] De manière avantageuse, chaque extrémité desdites bielles comporte une poulie pour le passage dudit câble.

[0016] Selon une option de réalisation, ledit système de compensation comporte au moins deux bras articulés disposés symétriquement par rapport à l'axe formé par lesdits premier et deuxième moufles.

[0017] Conformément à un mode de réalisation, ledit système de compensation comporte au moins deux vérins secondaires disposés symétriquement par rapport à l'axe dudit vérin principal, de façon à ce que les composantes des actions desdits vérins secondaires orthogonales à la direction de déplacement dudit moufle fixe s'annulent pour toute position dudit moufle fixe.

[0018] Selon une mise en oeuvre, ledit système de compensation de mouvement comporte deux vérins principaux.

[0019] Selon une variante de réalisation, ledit système de compensation comporte deux vérins secondaires pour chaque bras articulé.

[0020] En outre, l'invention concerne une utilisation d'un système de compensation de mouvement selon l'une des caractéristiques précédentes, pour la compensation de pignonement pour le support d'outils de forage et/ou pour la dépose de charge en mer.

Présentation succincte des figures

[0021] D'autres caractéristiques et avantages du système selon l'invention, apparaîtront à la lecture de la description ci-après d'exemples non limitatifs de réalisations, en se référant aux figures annexées et décrites ci-après.

La figure 1 illustre un système de compensation de mouvement selon un mode de réalisation de l'invention.

Les figures 2a à 2d illustrent schématiquement plusieurs positions d'un compensateur de mouvement selon un mode de réalisation de l'invention.

La figure 3 illustre un système de compensation de mouvement selon une variante de réalisation de l'invention.

La figure 4 illustre un paramétrage d'un système de compensation selon l'invention.

La figure 5 est un graphique représentant les efforts en fonction de la portance pour le système de compensation selon l'invention.

Description détaillée de l'invention

[0022] La présente invention concerne un système de compensation d'un mouvement (compensateur de pignonement) pour un élément (appelé aussi charge) accroché (ou suspendu) à une installation mobile (par exemple un navire, une plateforme flottante, etc.). La charge est susceptible d'être manoeuvrée plus ou moins régulièrement, par exemple augmentée progressivement (cas des ajouts de tiges successifs d'une garniture de forage), puis posée partiellement sur le fond (forage), et enfin reprise et reposée autant que nécessaire au fur et à mesure de l'approfondissement du forage. Ces manoeuvres sont le plus souvent réalisées au moyen d'un treuil à câble et d'un ensemble de poulies fixes et mobiles (mouflage) permettant de réduire l'effort demandé au treuil, au prix d'un plus grand défilement du câble. Le mouflage est constitué d'un premier moufle, dit moufle fixe (en anglais « crown block ») et d'un deuxième moufle, dit moufle mobile (en anglais « travelling block »). On rappelle qu'un moufle est un dispositif mécanique permettant le levage d'une charge par plusieurs brins de câble.

[0023] Le système de compensation comporte :

- au moins un vérin principal, dont une extrémité est liée fixement (sans mouvement relatif) à l'extrémité supérieure de la charge (moufle fixe) et l'autre extrémité est liée fixement (sans mouvement relatif) à l'installation mobile. Chaque vérin principal accompagne le mouvement de pignonement et est donc de ce fait déployé verticalement ou dans une direction très proche de la verticale.
- au moins un bras articulé, de préférence deux, quatre, ou six bras disposés symétriquement, le bras articulé reliant l'installation mobile au moufle fixe. Chaque bras articulé est formé d'éléments rigides articulés entre eux, en l'occurrence par des liaisons pivots entre les éléments rigides. Pour la même raison que pour les vérins principaux, ces bras sont mobiles dans des plans sensiblement verticaux, et les axes de leurs articulations sont horizontaux.

[0024] Les bras articulés permettent de maintenir sen-

siblement constante la longueur du câble lors du mouvement du premier moufle par rapport à l'installation mobile.

[0025] L'augmentation du nombre de bras articulés permet notamment d'augmenter la charge maximale admissible par le système de compensation.

[0026] Le ou les bras articulés décrits ci-dessus sont équipés d'au moins une poulie disposée à une extrémité et/ou articulation des bras de manière à guider les brins du câble de manoeuvre sortant du moufle fixe parallèlement aux éléments rigides composant les dits bras. Le but d'un tel cheminement étant de conserver constante la longueur des brins du câble de manoeuvre entre le moufle fixe et leurs attaches à l'installation mobile, treuil et ancrage de brin mort (tel que décrit dans la demande de brevet FR2575452 (US 5520369)), afin de rendre la tension du dit câble indépendante des positions relatives du moufle fixe et de l'installation mobile.

[0027] Selon une alternative, le bras articulé peut comprendre trois bielles articulées.

[0028] Selon l'invention, le système de compensation de mouvement comprend en outre au moins un vérin secondaire. Le vérin secondaire relie l'installation mobile et une articulation du bras articulé. Le vérin secondaire est monté en basculement (monté en rotation) sur l'installation mobile, et sur l'articulation du bras articulé. En d'autres termes, le vérin secondaire peut pivoter par rapport à l'installation mobile autour d'un axe sensiblement horizontal, et le vérin secondaire peut pivoter autour de l'axe d'articulation du bras articulé autour d'un axe sensiblement horizontal. Au moyen du vérin secondaire, l'élément rigide du bras articulé solidaire de la tête du vérin principal exerce par ce moyen un effort complémentaire sur la tête du vérin principal. L'action conjointe du vérin principal et du vérin secondaire permet la compensation du mouvement de l'installation mobile (pilonnement). Le principe de cette architecture est de venir exercer une force complémentaire sur l'extrémité supérieure de la charge (moufle fixe) à l'aide du vérin secondaire. Le vérin secondaire permet d'optimiser la compensation de mouvement par rapport à l'utilisation d'un vérin principal seul, et permet un dimensionnement moins important du vérin principal et de sa source d'énergie. De plus, la liaison du vérin secondaire sur l'articulation du bras articulé permet d'éviter les contraintes de flexion dans les bielles du bras articulé.

[0029] Le mouvement de l'installation mobile (par exemple le pilonnement) est compensé par le déplacement du moufle fixe par rapport à l'installation mobile. Ainsi, la charge suspendue depuis ce moufle fixe est immobile par rapport à un repère fixe (par exemple le fond de la mer). Le déplacement du moufle fixe relativement à l'installation mobile est contrôlé par les vérins.

[0030] Le moufle fixe peut être monté sur un élément de soutien (par exemple un portique), le vérin principal pouvant alors être disposé entre l'installation mobile et le portique.

[0031] Les bras articulés permettent de maintenir sen-

siblement constante la longueur du câble lors du mouvement du moufle fixe par rapport à l'installation mobile.

[0032] Selon un mode de réalisation de l'invention pour lequel le système de compensation comporte un nombre pair de bras articulés, le système de compensation peut comporter au moins deux vérins secondaires disposés symétriquement par rapport à l'axe du vérin principal, de façon à ce que les composantes des actions des vérins secondaires orthogonales (c'est-à-dire sensiblement horizontales) à la direction de la course du premier moufle, s'annulent pour toute position du premier moufle. De cette manière, la résultante des actions des vérins sur le premier moufle est sensiblement verticale.

[0033] De préférence, chaque bras articulé peut comprendre deux bielles et une poulie. Une première extrémité d'une première bielle peut alors être articulée sur l'installation mobile. De plus, une deuxième extrémité d'une première bielle peut être articulée par rapport à une première extrémité de la deuxième bielle. En outre, une deuxième extrémité de la deuxième bielle peut être articulée par rapport au premier moufle, ou par rapport au portique supportant le premier moufle. Par ailleurs, une poulie peut être installée au niveau de l'articulation entre les deux bielles.

[0034] Selon une alternative, le bras articulé peut comprendre trois bielles articulées.

[0035] Selon un mode de réalisation préféré de l'invention, chaque bras articulé composé de deux bielles est associé à un vérin secondaire tirant, dans le plan vertical défini par les deux bielles, entre l'articulation des bielles et l'installation mobile. L'effort du vérin secondaire produit une compression de la bielle attachée au moufle fixe. La composante verticale de cette compression vient s'ajouter ou se retrancher à l'effort vertical du ou des vérins principaux, selon l'inclinaison de la bielle. Les bras articulés étant disposés symétriquement par rapport à l'axe vertical du déplacement de la charge, les composantes horizontales des compressions des bielles attachées au moufle fixe s'annulent. Quand ces bielles sont elles-mêmes horizontales, l'effet des vérins secondaires est nul, la charge est alors supportée par les seuls vérins principaux. Les dimensions et le positionnement des bras articulés, ainsi que les caractéristiques des vérins principaux et secondaires, sont choisis de manière à ce que la résultante des efforts exercés sur le moufle fixe par les vérins principaux d'une part, et par les bielles attachées à ce même moufle fixe d'autre part, reste la plus proche possible de l'effort déployé par les vérins principaux lorsque les bielles attachées au moufle fixe sont horizontales. Idéalement, cette résultante est constante sur toute la course des vérins principaux, et la compensation est alors dite « isodyne », c'est-à-dire à effort constant.

[0036] Selon une mise en oeuvre de l'invention, on peut considérer que la charge nominale du système de compensation correspond à l'effort déployé par les vérins principaux à mi-course. Les écarts extrêmes, positif et négatif, de l'effort déployé par les vérins principaux

par rapport à la charge nominale, correspondent aux début et fin de course de ces mêmes vérins. Ainsi, on peut dimensionner les bras articulés et les vérins secondaires associés pour compenser au mieux ces écarts. Par exemple, si la charge nominale est de 450 tonnes, et si les vérins principaux déploient un effort de 550 tonnes en début de course et de 350 tonnes en fin de course, on peut admettre que l'effort à mi-course sera proche de 450 tonnes. Les efforts verticaux à fournir par les ensembles bras articulés et vérins secondaires devront donc varier entre 0 et 100 tonnes, vers le haut ou vers le bas selon la position au-dessus ou au-dessous de la mi-course, où les bielles attachées au moufle fixe sont sensiblement horizontales et où l'effort compensateur est donc nul.

[0037] Selon une configuration de l'invention, le système de compensation peut comporter deux vérins secondaires pour chaque bras articulé. Dans ce cas, les deux vérins secondaires peuvent être agencés parallèlement entre l'installation mobile et l'articulation du bras articulé. Avantageusement, les deux vérins secondaires sont montés en rotation sur l'articulation de part et d'autre de la poulie et des bielles. Cette configuration permet un équilibrage des efforts sur l'axe de l'articulation. De plus, cette configuration permet d'utiliser des vérins secondaires de taille réduite.

[0038] Avantageusement, les ensembles bras articulé - vérin auxiliaire peuvent être disposés symétriquement par rapport à l'axe vertical de la charge, les composantes horizontales des efforts complémentaires s'équilibrent et s'annulent. Ainsi, la résultante des composantes verticales s'ajoute ou se retranche, selon l'inclinaison des bielles, à l'effort des vérins principaux.

[0039] Selon une mise en oeuvre de l'invention, le vérin principal peut être un vérin hydropneumatique lié à un accumulateur oléopneumatique. Le terme accumulateur désigne une réserve de gaz sous pression, par exemple de l'air, en liaison avec un vérin intermédiaire du type oléopneumatique, qui sépare le gaz de la réserve de gaz, et l'huile du vérin hydraulique. La réserve de gaz sous pression peut être sous forme de bouteilles de gaz. Ainsi, les vérins principaux peuvent être connectés à une réserve de gaz comprimé procurant l'élasticité nécessaire. Un liquide incompressible est disposé entre les vérins et la réserve de gaz, pour assurer la sécurité du système par la fermeture rapide d'une vanne de manière à éviter l'expansion trop rapide du gaz en cas de rupture brutale de charge. La réalisation de ce système amortisseur oléopneumatique peut être identique à celui décrit dans le document FR 2575452 (US 5520369), avec un accumulateur oléopneumatique de taille réduite. Lorsque au moins deux vérins principaux oléopneumatiques sont utilisés, il est possible de mutualiser l'accumulateur, pour équilibrer les pressions, et donc les forces dans les vérins hydrauliques.

[0040] Selon une mise en oeuvre de l'invention, le vérin secondaire peut être un vérin pneumatique lié à un accumulateur pneumatique, qui peut être sous la forme de

bouteilles de gaz. L'accumulateur pneumatique est distinct de l'accumulateur oléopneumatique prévu pour le vérin principal : le système de compensation comporte alors deux accumulateurs indépendants. Ainsi, chaque type de vérin (principal ou secondaire) possède sa source d'énergie propre, ce qui permet d'améliorer la précision de la compensation.

[0041] Ainsi, la possibilité de limiter des écarts importants au niveau des efforts déployés par les vérins principaux permet de réduire sensiblement la taille des accumulateurs oléopneumatiques associés à ces mêmes vérins principaux.

[0042] Selon une option de réalisation, le volume de l'accumulateur pneumatique des vérins secondaires est très inférieur au volume de l'accumulateur oléopneumatique des vérins principaux. Par exemple, pour la valeur de charge de 450 tonnes mentionnée plus haut, associée à une course des vérins principaux de 7,62 m (25 pieds), la meilleure compensation ($\pm 2,54$ tonnes, soit 0,54 % de la charge) est atteinte avec un volume d'accumulateur principal de 6 m³, et un volume d'accumulateur secondaire de 0,4 m³, avec des pressions maximales de 210 et 167 bars respectivement.

[0043] Alternativement, les vérins secondaires peuvent être des vérins pilotés, hydrauliques pneumatiques ou électriques. Ainsi, il est possible d'avoir un système de compensation partiellement actif.

[0044] Conformément à une caractéristique de l'invention, le système de compensation peut comprendre deux vérins principaux agencés symétriquement entre l'installation mobile et le moufle fixe (ou le portique supportant le moufle fixe).

[0045] La figure 1 illustre, schématiquement et de manière non limitative, un compensateur de mouvement selon un mode de réalisation de l'invention. Sur cette figure, la charge n'est pas représentée. Une charge est suspendue sur un moufle mobile 4, relié par un câble 5 à un moufle fixe 3. Le moufle fixe 3 est monté sur un portique, qui est relié à l'installation mobile 1 par deux bras articulés 2. Chaque bras articulé comprend une bielle inférieure 10 articulée (c'est-à-dire en rotation autour d'un axe sensiblement horizontal) par rapport à l'installation mobile 1, et une bielle supérieure 12, articulée (c'est-à-dire en rotation autour d'un axe horizontal) d'une part par rapport au moufle fixe 3, et d'autre part par rapport à la bielle inférieure 10. L'articulation entre la bielle supérieure 12 et la bielle inférieure 10 comporte en outre une poulie 11. Des poulies sont également prévues aux extrémités des bielles 10 et 12. Le câble 5 passe par toutes les poulies des bras articulés et par les deux moufles. Le système de compensation comprend un vérin principal 6 et deux vérins secondaires 7. Le vérin principal 6 est un vérin hydraulique, dont une extrémité est fixée sur l'installation mobile 1, et dont l'autre extrémité est fixée sur le portique, sur lequel est monté le moufle fixe 3. Le vérin principal 6 est alimenté par un accumulateur oléopneumatique 8. Le système de compensation comprend en outre deux vérins secondaires répartis symétrique-

ment de part et d'autre de la charge. Les vérins secondaires 7 sont agencés entre l'installation mobile 1 et une articulation du bras articulé 2, au niveau de la poulie 11. Les deux vérins secondaires 7 sont des vérins pneumatiques alimentés par un accumulateur pneumatique 9.

[0046] Les figures 2a à 2d illustrent schématiquement et de manière non limitative le fonctionnement du système de compensation selon l'invention pour quatre positions différentes. Sur ces figures, les vérins sont représentés schématiquement par des ressorts. De plus, sur ces figures, l'installation mobile, les mouffles, les poulies, et le câble ne sont pas représentés. Les figures illustrent deux bras articulés avec une bielle inférieure 10 et une bielle supérieure 12, qui relie l'installation mobile au premier moufle, ainsi que le vérin principal 6 et deux vérins secondaires 7 reliant l'installation mobile et l'articulation du bras articulé. Dans la partie supérieure de la figure, les efforts exercés sur le moufle fixe sont représentés. F_p correspond à l'effort exercé par le vérin principal sur le premier moufle, F_s représente les efforts exercés par les vérins secondaires sur le moufle fixe par l'intermédiaire de la bielle, et P est la résultante de ces trois efforts. On remarque que grâce à la configuration choisie, la résultante des efforts sur le moufle fixe reste vertical et de valeur identique pour toute position du premier moufle, ce qui permet une compensation du mouvement de la charge.

[0047] La figure 2a illustre la position la plus basse du premier moufle. Dans cette position, le vérin principal 6 est comprimé et exerce un effort F_p maximal sur le premier moufle. De plus, dans cette position, la bielle supérieure 12 est inclinée vers le bas, par conséquent, les efforts F_s exercés par les vérins secondaires 7 sur le moufle fixe sont des efforts dirigés vers le bas. La composante verticale des efforts F_s des vérins secondaires vient donc se retrancher à l'effort F_p du vérin principal.

[0048] La figure 2b illustre une position intermédiaire du premier moufle, dans laquelle les bielles supérieures 12 sont sensiblement horizontales, c'est-à-dire sensiblement orthogonale au déplacement du premier moufle. Dans cette position, les efforts F_s des vérins secondaires sur le moufle fixe ne comportent donc pas de composante verticale (les efforts F_s s'annulent). La résultante des efforts sur le moufle fixe correspond donc uniquement à l'effort F_p exercé par le vérin principal.

[0049] La figure 2c illustre une position intermédiaire du premier moufle, pour lequel le moufle fixe est dans une position plus élevée par rapport à la figure 2b. Dans cette position, le vérin principal 6 est faiblement comprimé et exerce un faible effort F_b sur le premier moufle. De plus, dans cette position, la bielle supérieure est inclinée vers le haut, par conséquent, les efforts F_s exercés par les vérins secondaires 7 sur le moufle fixe sont des efforts dirigés vers le haut. La composante verticale des efforts F_s des vérins secondaires vient donc s'ajouter à l'effort F_p du vérin principal.

[0050] La figure 2d illustre la position la plus haute du premier moufle. Dans cette position, le vérin principal 6

est faiblement comprimé et exerce un effort F_b minimal sur le premier moufle. De plus, dans cette position, la bielle supérieure est fortement inclinée vers le haut, par conséquent, les efforts F_s exercés par les vérins secondaires 7 sur le moufle fixe sont des efforts dirigés vers le haut. La composante verticale des efforts F_s des vérins secondaires vient donc s'ajouter à l'effort F_p du vérin principal.

[0051] La figure 3 illustre, schématiquement et de manière non limitative, un compensateur de mouvement selon une variante de réalisation de l'invention. Cette figure est une vue partielle illustrant un seul bras articulé 2. Une charge (non représentée) est suspendue sur un moufle mobile (non représenté), relié par un câble 5 à un moufle fixe 3. Le moufle fixe 3 est monté sur un portique, qui est relié à l'installation mobile 1 par deux bras articulés 2. Le bras articulé comprend une bielle inférieure 10 articulée (c'est-à-dire en rotation autour d'un axe horizontal) par rapport à l'installation mobile 1, et une bielle supérieure 12, articulée (c'est-à-dire en rotation autour d'un axe horizontal) d'une part par rapport au moufle fixe 3, et d'autre part par rapport à la bielle inférieure 10. L'articulation entre la bielle supérieure 12 et la bielle inférieure 10 comporte en outre une poulie 11. Des poulies sont également prévues aux extrémités des bielles 10 et 12. Le câble 5 passe par toutes les poulies des bras articulés et par les deux mouffles. Le système de compensation comprend un vérin principal 6 et des vérins secondaires 7. Le vérin principal 6 est un vérin hydraulique, dont une extrémité est fixée sur l'installation mobile 1, et dont l'autre extrémité est fixée sur le portique, sur lequel est monté le moufle fixe 3. Le vérin principal 6 est alimenté par un accumulateur oléopneumatique (non représenté). Pour chaque bras articulé, le système de compensation comprend en outre deux vérins secondaires agencés entre l'installation mobile 1 et l'articulation du bras articulé 2, au niveau de la poulie 11. Les vérins secondaires 7 sont positionnés de part et d'autre de la poulie 11 pour un équilibrage des efforts. Les deux vérins secondaires 7 sont des vérins pneumatiques alimentés par un accumulateur pneumatique (non représenté).

[0052] Le système de compensation selon l'invention peut être utilisé notamment pour compenser le pilonnement d'une installation offshore (navire, plateforme...) lors d'opération de forage en mer, lors de la pose d'une colonne montante (en anglais « riser »), pour un outil de pose d'un bloc obturateur de pression en mer, ou la reprise du fond pour redémarrer le forage. Dans ce cas, l'installation mobile est une installation flottante, notamment un navire et l'élément accroché est une garniture de forage ou une colonne montante ou un outil de pose d'équipement en mer.

Exemple :

[0053] Un système de compensation de pilonnement selon l'invention est testé afin de montrer l'intérêt du système de compensation.

[0054] L'exemple utilisé est un système de compensation comprenant deux vérins principaux hydropneumatiques liés à un accumulateur oléopneumatique, deux bras articulés, et quatre vérins secondaires pneumatiques (deux par bras articulé) liés à un accumulateur pneumatique.

[0055] La figure 4 illustre un paramétrage d'un tel système de compensation (seule une partie du système de compensation est illustré). Le système de compensation comprend un vérin hydropneumatique 6 alimenté par un accumulateur hydropneumatique 8 de volume V1 et de pression P1. Le système de compensation comprend un bras articulé avec une bielle inférieure 10 et une bielle supérieure 12. Le système de compensation comprend en outre un vérin secondaire 7 pneumatique et alimenté par un accumulateur pneumatique 9 de volume V2 et de pression P2. La figure 4 illustre les différentes dimensions de ce système notées notamment, s, e, x, y, g, l, m.

[0056] Le tableau 1 précise le dimensionnement du système de compensation, les dimensions s, e, x et y pouvant être dimensionnés pour avoir une longueur de câble sensiblement constante, indépendamment du dimensionnement des vérins principaux et secondaires :

Tableau 1 - dimension du système de compensation

Paramètres	Valeurs
Charge	454 t
Course du moufle fixe s	7,6 m
P1	209 bars
P2	166 bars
V1	6 m ³
V2	0.4 m ³
L	6.5 m
M	4.85 m

[0057] La figure 5 est un graphique illustrant plusieurs courbes :

- la consigne CON en tonnes pour une charge de 454 tonnes,
- l'effort des vérins principaux seuls Vp en fonction de la portance P en t, de la course des vérins principaux C en m, et de l'élévation de l'installation mobile h en m,
- l'effort vertical des vérins secondaires Eb en fonction de la portance P en t, de la course des vérins principaux C en m, et de l'élévation de l'installation mobile h en m, et
- la portance verticale résultante POR qui est la somme de l'effort des vérins principaux seuls et de l'effort vertical des vérins secondaires.

[0058] L'écart absolu maximum de la portance résultante

POR par rapport à la consigne CON de poids pendu est inférieur à 4,54 tonnes, soit 1 % de la charge. Le dispositif est donc performant si on le compare à l'art antérieur, pour lequel les meilleurs résultats sont plutôt de l'ordre de 2 % ou plus.

[0059] L'intérêt principal du dispositif réside dans la réduction du volume total d'air à haute pression nécessaire. Les meilleures réalisations antérieures, comme décrits dans la demande de brevet FR 2575452 (US 5520369), nécessitent 15 à 20 m³ d'air à haute pression (210 bars), alors que l'exemple présent se contente de 6 m³ de volume principal (V1) et 400 litres pour le circuit auxiliaire (V2), avec des pressions du même ordre.

Revendications

1. Système de compensation de mouvement pour une charge accrochée à une installation mobile (1), comportant un moufle fixe (3), un moufle mobile (4) pour accrocher ladite charge, au moins un bras articulé (2) pour lier ledit moufle fixe (3) à ladite installation mobile (1), chaque bras articulé (2) comprenant au moins une poulie (11), un câble (5) passant par lesdites poulies (11) de chaque bras articulé (2) et par lesdits premier et deuxième mouffles (3, 4), et au moins un premier vérin principal (6) fixé sur ladite installation mobile (1) et sur ledit moufle fixe (3), **caractérisé en ce que** ledit système de compensation comporte au moins un vérin secondaire (7) monté en rotation sur ladite installation mobile (1) et sur une articulation dudit bras articulé (2).
2. Système selon la revendication 1, dans lequel ledit vérin principal (6) est un vérin hydropneumatique lié à un accumulateur oléopneumatique (8).
3. Système selon l'une des revendications précédentes, dans lequel ledit vérin secondaire (7) est un vérin pneumatique lié à un accumulateur pneumatique (9).
4. Système selon l'une des revendications précédentes, dans lequel ledit bras articulé (2) comporte au moins deux bielles (10, 11) articulées l'une par rapport à l'autre, une poulie (11) étant agencée au niveau de l'articulation desdites bielles (10, 11) sur laquelle est monté en rotation ledit vérin secondaire (7).
5. Système selon la revendication 4, dans lequel chaque extrémité desdites bielles (10, 11) comporte une poulie pour le passage dudit câble.
6. Système selon l'une des revendications précédentes, dans lequel ledit système de compensation comporte au moins deux bras articulés (2) disposés symétriquement par rapport à l'axe formé par lesdits

premier et deuxième moufles (3, 4).

7. Système selon l'une des revendications précédentes, dans lequel ledit système de compensation comporte au moins deux vérins secondaires (7) disposés symétriquement par rapport à l'axe dudit vérin principal (6), de façon à ce que les composantes des actions (Fs) desdits vérins secondaires (7) orthogonales à la direction de déplacement dudit moufle fixe (3) s'annulent pour toute position dudit moufle fixe (3). 5
8. Système selon l'une des revendications précédentes, dans lequel ledit système de compensation de mouvement comporte deux vérins principaux (6). 10
9. Système selon l'une des revendications précédentes, dans lequel ledit système de compensation comporte deux vérins secondaires (7) pour chaque bras articulé (2). 15
10. Utilisation d'un système de compensation de mouvement selon l'une des revendications précédentes, pour la compensation de pilonnement pour le support d'outils de forage et/ou pour la dépose de charge en mer. 20

Patentansprüche

1. Bewegungsausgleichssystem für eine Last, die an einer beweglichen Anlage (1) befestigt ist, umfassend einen festen Block (3), einen beweglichen Block (4), um die Last zu befestigen, mindestens einen Gelenkarm (2), um den festen Block (3) mit der beweglichen Anlage (1) zu verbinden, wobei jeder Gelenkarm (2) mindestens eine Rolle (11) umfasst, ein Seil (5), das über die Rollen (11) jedes Gelenkarms (2) und über die ersten und zweiten Blöcke (3, 4) verläuft, und mindestens einen ersten Hauptzylinder (6), der an der beweglichen Anlage (1) und dem festen Block (3) befestigt ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Ausgleichssystem mindestens einen Hilfszylinder (7) umfasst, der drehbar auf der beweglichen Anlage (1) und einem Gelenk des Gelenkarms (2) montiert ist. 25
2. System nach Anspruch 1, bei dem der Hauptzylinder (6) ein hydropneumatischer Zylinder ist, der mit einem oleopneumatischen Akkumulator (8) verbunden ist. 30
3. System nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem der Hilfszylinder (7) ein pneumatischer Zylinder ist, der mit einem pneumatischen Akkumulator (9) verbunden ist. 35
4. System nach einem der vorhergehenden Ansprüche 40

che, bei dem der Gelenkarm (2) mindestens zwei Stangen (10, 11) umfasst, die in Bezug zueinander gelenkig sind, wobei eine Rolle (11) im Bereich des Gelenks der Stangen (10, 11) angeordnet ist, auf dem der Hilfszylinder (7) drehbar montiert ist.

5. System nach Anspruch 4, bei dem jedes Ende der Stangen (10, 11) eine Rolle für die Durchführung des Seils umfasst. 5
6. System nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Ausgleichssystem mindestens zwei Gelenkarme (2) umfasst, die symmetrisch zu der von den ersten und zweiten Blöcken (3, 4) gebildeten Achse angeordnet sind. 10
7. System nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Ausgleichssystem mindestens zwei Hilfszylinder (7) umfasst, die symmetrisch zur Achse des Hauptzylinders (6) angeordnet sind, so dass die Komponenten der Betätigungen (Fs) der Hilfszylinder (7) orthogonal zur Bewegungsrichtung des festen Blocks (3) einander für jede Position des festen Blocks (3) aufheben. 15
8. System nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Bewegungsausgleichssystem zwei Hauptzylinder (6) umfasst. 20
9. System nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Ausgleichssystem zwei Hilfszylinder (7) für jeden Gelenkarm (2) umfasst. 25
10. Verwendung eines Bewegungsausgleichssystems nach einem der vorhergehenden Ansprüche für den Dünungsausgleich für den Träger von Bohrwerkzeugen und/oder für die Anordnung einer Wasserlast. 30

Claims

1. A motion compensation system for a load hanging from a mobile unit (1), comprising a crown block (3), a travelling block (4) for fastening said load, at least one articulated arm (2) for connecting said crown block (3) to said mobile unit (1), each articulated arm (2) comprising at least one pulley (11), a cable (5) running through said pulleys (11) of each articulated arm (2) and through said first and second blocks (3, 4), and at least a first main cylinder (6) fastened to said mobile unit (1) and to said crown block (3), **characterized in that** said compensation system comprises at least one secondary cylinder (7) rotationally mounted on said mobile unit (1) and on a joint of said articulated arm (2). 35
2. A system as claimed in claim 1, wherein said main cylinder (6) is a hydropneumatic cylinder connected 40

to an oleopneumatic accumulator (8).

3. A system as claimed in any one of the previous claims, wherein said secondary cylinder (7) is a pneumatic cylinder connected to a pneumatic accumulator (9). 5
4. A system as claimed in any one of the previous claims, wherein said articulated arm (2) comprises at least two connecting rods (10, 12) articulated relative to one another, a pulley (11) being arranged at the joint of said rods (10, 12) on which said secondary cylinder (7) is rotationally mounted. 10
5. A system as claimed in claim 4, wherein each end of said rods (10, 12) comprises a pulley for passage of said cable. 15
6. A system as claimed in any one of the previous claims, wherein said compensation system comprises at least two articulated arms (2) arranged symmetrically relative to the axis formed by said first and second blocks (3, 4). 20
7. A system as claimed in any one of the previous claims, wherein said compensation system comprises at least two secondary cylinders (7) arranged symmetrically relative to the axis of said main cylinder (6), so that the components of the actions (F_s) of said secondary cylinders (7) orthogonal to the direction of displacement of said crown block (3) cancel each other out for any position of said crown block (3). 25
30
8. A system as claimed in any one of the previous claims, wherein said motion compensation system comprises two main cylinders (6). 35
9. A system as claimed in any one of the previous claims, wherein said compensation system comprises two secondary cylinders (7) for each articulated arm (2). 40
10. Use of a motion compensation system as claimed in any one of the previous claims, for heave compensation for subsea drill bit support and/or load laying. 45

50

55

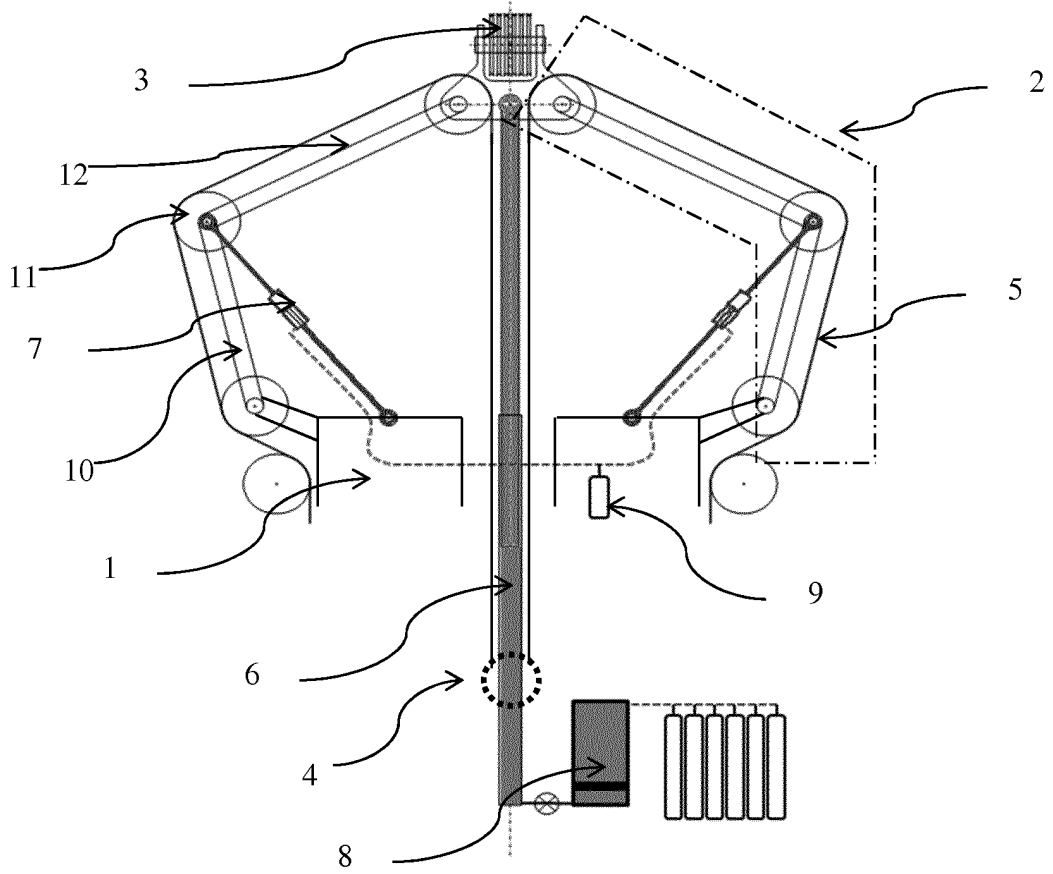


Figure 1

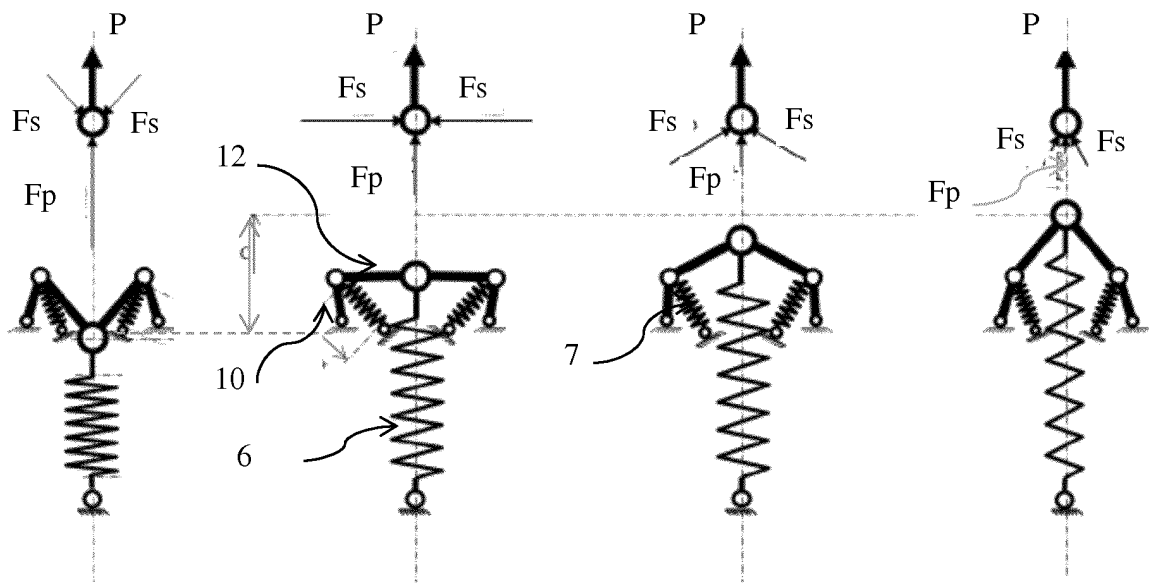


Figure 2a

Figure 2b

Figure 2c

Figure 2d

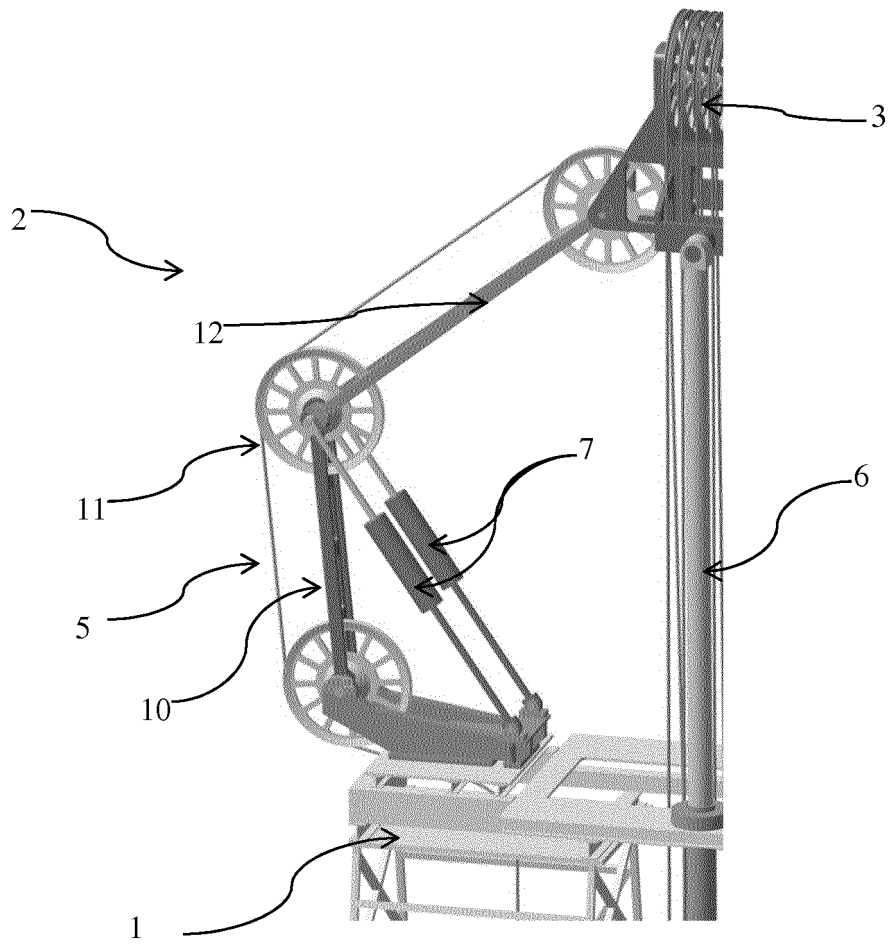


Figure 3

RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- FR 2575452 [0007] [0008] [0026] [0039] [0059]
- US 5520369 A [0007] [0008] [0026] [0039] [0059]
- WO 2004001193 A [0008]
- FR 3027298 [0009]