

12)

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22) Date de dépôt : 25.01.08.

30) Priorité :

43) Date de mise à la disposition du public de la demande : 31.07.09 Bulletin 09/31.

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

60) Références à d'autres documents nationaux apparentés :

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

72) Inventeur(s) : ARISTAGUES PIERRE et BLANCHET VALERIE.

73) Titulaire(s) :

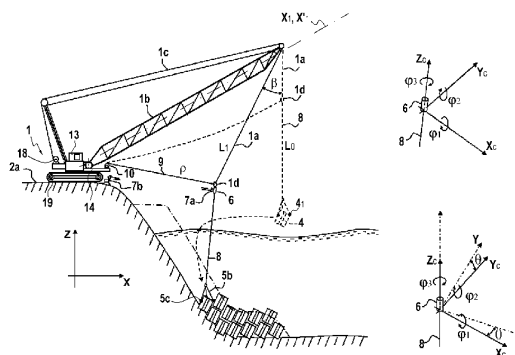
74) Mandataire(s) : BEAU DE LOMENIE.

54) DISPOSITIF DE LEVAGE ET DEPLACEMENT D'UN OBJET COMPRENANT LA MISE EN OEUVRE D'AU MOINS UN CÂBLE DE TRACTION.

57) La présente invention concerne un dispositif de levage et déplacement d'un objet (4) comprenant une grue (1), équipée d'un câble de levage (1a), caractérisé en ce que ledit câble de levage (1a), est couplé à au moins un câble de traction (9, 9a-9b), dont une extrémité est reliée à au moins un treuil de traction (10, 10a-10b), l'autre extrémité du câble de traction (9) étant solidaire du câble de levage de telle sorte que la réduction de longueur d'au moins un dit câble de traction, par actionnement d'au moins un dit treuil de traction, permette :

a- d'incliner ( $\beta$ ) ledit câble de levage (1a) par rapport à la verticale (ZZ) et de déplacer en translation ledit objet (4), dans un plan vertical passant par un dit câble de traction et ledit câble de levage, et/ou

b- de déplacer ledit objet latéralement par rapport à l'axe (X1X'1) de ladite flèche, dans un plan passant par deux câbles de traction (9a, 9b), les deux câbles de traction coopérant avec deux treuils de traction (10a-10b) disposés de part et d'autre de ladite flèche.



DISPOSITIF DE LEVAGE ET DEPLACEMENT D'UN OBJET  
COMPRENANT LA MISE EN ŒUVRE D'AU MOINS UN CABLE DE  
TRACTION

La présente invention concerne la pose de blocs artificiels  
5 permettant de constituer des digues de protection de rivage ou des digues  
contre les effets de la houle.

Elle concerne plus particulièrement le contrôle en sous-marin de la  
position et de l'orientation des blocs au cours de la manutention et plus  
particulièrement au moment de la dépose finale desdits blocs sur l'ouvrage.

10 Les rivages côtiers et les zones portuaires sont en général protégés  
contre les effets des vagues et de la houle par des ouvrages revêtus d'une  
carapace capable de résister aux conditions extrêmes de la mer durant des  
décennies voire des siècles.

De nombreux dispositifs ont été développés de manière à assurer un  
15 fonctionnement performant sur des durées très longues, sans  
déstabilisation significatives de l'ouvrage. Les dispositifs sont en général  
constitués de blocs naturels (enrochements) ou artificiels (blocs en béton),  
résistant par leur masse et/ou leur forme et/ou imbrication, lesdits blocs  
étant, soit simplement déposés en vrac lorsqu'il s'agit de blocs bruts de  
20 carrière, soit agencés les uns dans les autres selon un plan de pose  
prédéfini avec des règles à respecter (cas des carapaces monocouche), soit  
encore agencés de manière pseudo-aléatoire lorsqu'il s'agit de blocs de  
formes plus massives (cas par exemple des blocs cubiques ou pseudo-  
cubiques et de leurs dérivés).

25 La mise en place de blocs moulés nécessite des moyens de  
préhension et de manutention qui permettent une mise en place précise de  
chacun des blocs dans l'édifice en cours de construction, de manière à ce  
que la pose des blocs suivants puisse se poursuivre sans difficultés. Si la  
zone hors d'eau, réalisée en général à la fin de l'ouvrage ne pose pas

vraiment de problème car le grutier a une vision directe de l'état de l'ouvrage déjà installé et une maîtrise du positionnement du bloc en cours d'installation, il n'en va pas de même de la portion de l'ouvrage située sous l'eau. On utilise en général le concours de plongeurs qui assistent alors le  
5 grutier durant la phase de dépose du blocs et confirment au grutier le positionnement correct dudit bloc, avant qu'il ne soit déconnecté de son outil de préhension. On s'arrange alors pour travailler en période calme, car, en cas de forte mer ou de houle importante, les plongeurs ne peuvent pas intervenir en toute sécurité, en raison de l'agitation ambiante et en  
10 particulier l'absence de visibilité suffisante. Dans certaines régions du monde, les conditions océano-météo n'atteignent quasiment jamais un niveau de calme permettant d'effectuer les opérations de construction dans des conditions acceptables. En effet, dans ces zones une houle persistante de longue période perturbe le rivage dans la zone côtière et ne permet pas  
15 l'intervention de plongeurs dans des conditions de sécurité acceptable, et les carapaces sont alors extrêmement délicates à réaliser, et de plus les durées de chantier présentent des risques considérables de prolongation en raison de périodes importantes de "stand-by", c'est-à-dire d'attente de périodes de calme, ce qui engendre des surcoûts considérables pour ces  
20 ouvrages.

Ainsi, le problème posé est de manutentionner, de manière contrôlée, précise et fiable, des blocs artificiels de toutes formes, et de les positionner avec précision et en conformité avec les plans de pose, sur la carapace d'une digue en cours de construction dans la zone sous-marine  
25 depuis le fond de la mer, jusqu'à la zone émergente dudit ouvrage, voire sur sa partie aérienne.

Pour ce faire, la présente invention fournit un dispositif de levage et déplacement d'un objet comprenant une grue, ladite grue comprenant une flèche équipée d'un premier câble, dit câble de levage, comprenant, de  
30 préférence, à son extrémité un lien apte à supporter un dit objet qui lui est suspendu par l'intermédiaire d'un dispositif de préhension, caractérisé en ce que ledit câble de levage, suspendu à l'extrémité de ladite flèche, est

couplé à au moins un deuxième câble, dit câble de traction, dont une extrémité est reliée à au moins un treuil de traction, de préférence solidaire d'une plate-forme support de ladite flèche, l'autre extrémité du câble de traction étant solidaire du câble de levage en suspension, de préférence au  
5 niveau d'un crochet ou anneau de raccordement à l'extrémité inférieure dudit câble de levage, de telle sorte que la réduction de longueur d'au moins un dit câble de traction, par actionnement d'au moins un dit treuil de traction, permette :

a- d'incliner ledit câble de levage par rapport à la verticale ZZ et de  
10 déplacer en translation ledit objet, dans un plan vertical passant par un dit câble de traction et ledit câble de levage, de préférence, un plan vertical passant par l'axe de ladite flèche X1X'1, et/ou

b- de déplacer ledit objet latéralement par rapport à un plan vertical passant par l'axe X1X'1 de ladite flèche, dans un plan passant par deux  
15 câbles de traction, les deux câbles de traction coopérant avec deux treuils de traction disposés de part et d'autre de ladite flèche.

On comprend que l'inclinaison du câble de levage par rapport à la verticale peut être obtenue par la mise en œuvre d'un unique câble de traction disposé sensiblement dans l'axe de ladite flèche, mais également  
20 par la mise en œuvre de plusieurs câbles de traction, notamment deux câbles de traction disposés symétriquement ou non par rapport à ladite flèche. Et, dans le cas où les deux câbles de traction sont disposés symétriquement, on comprend que le déplacement dans ledit plan vertical passant par l'axe de ladite flèche se fait par une réduction de longueur  
25 identique des deux câbles de traction.

En revanche, on comprend que, pour obtenir un déplacement latéral, il est nécessaire de mettre en œuvre au moins deux câbles de traction disposés de part et d'autre de ladite flèche et que l'un au moins des câbles de traction doit connaître une réduction de longueur, par actionnement  
30 dudit treuil de traction, pour obtenir ce déplacement latéral ou, si les deux câbles de traction connaissent une réduction de longueur, celle-ci doit être

de longueurs différentes si les deux câbles sont disposés symétriquement par rapport à ladite flèche.

Ces déplacements latéraux dans un plan incliné par rapport à l'horizontal ou déplacements dans un plan vertical dudit objet, à l'aide de  
5 dit(s) câble(s) de traction, permettent surtout de stabiliser ledit objet en cas de balancement en cours d'opération, ou d'éviter l'apparition de tels balancements.

La présente invention fournit donc également un procédé de déplacement et de levage d'un objet à l'aide d'un dispositif de levage et  
10 déplacement selon l'invention, caractérisé en ce que l'on stabilise et/ou on ajuste le positionnement dudit objet suspendu audit câble de levage, en actionnant au moins un dit treuil de traction, en :

a- inclinant ledit câble de levage par rapport à la verticale ZZ et déplaçant en translation ledit objet, dans un plan vertical passant par un dit  
15 câble de traction et ledit câble de levage, de préférence, un plan vertical passant par l'axe de ladite flèche X1X'1, et/ou

b- déplaçant ledit objet latéralement par rapport à un plan vertical passant par l'axe X1X'1 de ladite flèche, dans un plan passant par deux câbles de traction, les deux câbles de traction coopérant avec desdits  
20 treuils de traction disposés de part et d'autre de ladite flèche.

Avantageusement, on met en œuvre une grue dont l'extrémité inférieure de ladite flèche repose sur un support de flèche, lui-même solidaire d'une tourelle de pilotage, et ladite flèche étant inclinée dans un plan vertical, ladite flèche étant apte à être déplacée en rotation par  
25 rapport à un axe vertical solidaire dudit support de flèche.

Dans une variante de réalisation avantageuse, le dispositif selon l'invention comporte un unique câble de traction dont ledit treuil de traction est disposé sensiblement dans l'axe X1X'1 de ladite flèche, de sorte que la réduction de longueur dudit câble de traction, par

actionnement dudit treuil de traction permette d'incliner ledit câble de levage par rapport à la verticale ZZ et de déplacer en translation ledit objet, dans un plan vertical passant par ledit câble de traction et ledit câble de levage, de préférence, un plan vertical passant par l'axe de ladite flèche X1X'1, c'est-à-dire lorsque ledit câble de traction est situé dans le même plan vertical que l'axe de ladite flèche (X1X'1).

La mise en œuvre d'un dit câble de traction permet de déplacer de façon précise ledit anneau ou crochet de raccordement et donc ledit objet en translation dans un plan vertical comprenant l'axe de la flèche, et de rapprocher ledit objet dudit treuil de traction sans avoir à modifier l'inclinaison de la flèche et, bien sur, sans avoir à déplacer la grue, ce qui est proscrit lorsque celle-ci est en cours de levage d'un objet pesant.

Pour déplacer de façon précise ledit anneau ou crochet de raccordement et donc ledit objet en translation dans un plan horizontal, c'est-à-dire latéralement par rapport au plan vertical passant par l'axe de la flèche, avantageusement, le dispositif selon l'invention comporte au moins deux câbles de traction reliés, respectivement, à deux treuils de traction, une extrémité de chacun câble de traction étant reliée à un dit treuil de traction, de préférence solidaire d'un support de ladite flèche, l'autre extrémité de chacun des deux câbles de traction étant solidaire dudit câble de levage, de préférence à son extrémité inférieure au niveau du même dit anneau ou crochet de raccordement, les deux treuils de traction étant disposés de part et d'autre de ladite flèche, de préférence symétriquement, de sorte qu'une réduction de longueur de l'un au moins des deux dits câbles de traction permet de déplacer ledit objet latéralement par rapport à un plan vertical passant par l'axe X1X'1 de ladite flèche, dans un plan passant par les deux câbles de traction, de préférence une réduction de longueur différente pour les deux câbles de traction disposés symétriquement par rapport à un plan vertical passant par l'axe de ladite flèche.

Avantageusement encore, les deux dits treuils de traction sont disposés aux deux extrémités d'une poutre transversale solidaire d'une

plate-forme supportant ladite flèche. Ceci permet, en particulier, d'ajuster en fin de pose l'adéquation de la position d'un bloc par rapport au bloc déjà posé d'une digue en cours de réalisation.

5 Dans un autre mode préféré de réalisation, ledit lien est relié à son extrémité supérieur à un palier motorisé, solidaire d'un dit anneau ou crochet de raccordement à l'extrémité inférieure dudit câble de levage, ledit palier motorisé permettant de commander la rotation motorisée dudit lien et dudit objet en rotation sur lui-même lorsque son moteur est actionné, et  
10 débrayé.

Cette rotation peut être commandée par le grutier et permet d'ajuster la position de l'objet en tant que de besoin lors de sa dépose finale, notamment dans le cas d'un bloc à déposer dans un plan de pose particulier sur un assemblage de blocs d'une digue en cours de réalisation.

15 Avantagement encore, ledit palier motorisé coopère avec un bras rigide, dit bras de réaction, qui permet de reprendre les efforts de torsion générés par ledit palier motorisé en rotation, au niveau de la partie supérieure dudit palier motorisé solidaire dudit anneau ou crochet de  
20 raccordement, ledit bras de réaction étant intercalé entre l'extrémité d'un dit câble de traction et la partie supérieure dudit palier motorisé de laquelle il est solidaire.

On comprend donc qu'une extrémité du bras de réaction est fixée sur ladite partie supérieure du palier motorisé et l'autre extrémité dudit câble de traction étant fixée à un dit treuil de traction.

25 La présente invention fournit donc également un procédé dans lequel on met en œuvre un dispositif de ce type selon l'invention et on actionne en rotation ledit palier motorisé de façon à orienter l'objet, par rotation sur lui-même, en phase finale de dépose.

Dans un mode de réalisation avantageux, un dispositif de levage et déplacement selon l'invention ledit lien est équipé d'une centrale inertielle, ladite centrale inertielle étant fixée sur ledit lien, de préférence de telle sorte que l'axe dudit lien, lorsqu'il est tendu par un dit objet suspendu soit  
5 confondu avec un des axes du repère  $(X_c, Y_c, Z_c)$  lié à la centrale inertielle, ladite centrale inertielle étant reliée à un ordinateur, de préférence situé dans la cabine du grutier, auquel sont transmises les données, enregistrées en temps réel, d'accélération longitudinales de ladite centrale inertielle dans les trois direction d'un repère mobile  $(X_c, Y_c, Z_c)$   
10 et accélérations en rotation  $(\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3)$  de ladite centrale inertielle par rapport aux mêmes axes du repère mobile  $(X_c, Y_c, Z_c)$  de ladite centrale inertielle, l'ordinateur étant apte à indiquer position et orientation dudit objet suspendu audit lien dans un repère fixe  $(X, Y, Z)$  de l'espace, déduites des position et orientation instantanées de la centrale inertielle,  
15 et, de préférence, l'ordinateur étant capable de visualiser sur un écran des mouvements dudit objet dans l'espace.

On entend par "repère  $(X_c, Y_c, Z_c)$  lié à la centrale inertielle" que ledit repère est fixe par rapport à la centrale quand il est mobile par rapport au repère fixe  $(X, Y, Z)$ .

20 Une centrale inertielle est un dispositif accéléromètre connu de l'homme de l'art, apte à enregistrer en temps réel ses accélérations de déplacement longitudinal dans les trois direction de l'espace d'un repère mobile  $(X_c, Y_c, Z_c)$  et les accélérations de déplacement en rotation  $(\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3)$  du même repère mobile, par rapport aux trois axes d'un repère fixe  $(X, Y, Z)$  de l'espace.  
25

On comprend que ledit ordinateur calcule d'abord l'évolution de la position et de la trajectoire de ladite centrale inertielle. Et, connaissant ces position et orientation de la centrale inertielle, ainsi que la distance de ladite centrale inertielle par rapport au centre de gravité dudit objet, cette  
30 distance étant constante puisque ledit lien reste tendu par ledit objet qui



lui est suspendu, l'ordinateur peut en déduire, par un calcul géométrique simple, une position et orientation en temps réel dudit objet.

Il est ainsi possible, en l'absence de toute visibilité directe dudit objet par le grutier, de commander le déplacement dudit objet en fonction des données calculées par ledit ordinateur et de déterminer la trajectoire dudit objet pour être posé à un emplacement déterminé voulu, notamment lorsque les objets en cause sont des objets de forte charge, de plusieurs dizaines de tonnes, tels que des blocs de béton assemblés pour la réalisation d'une digue sous-marine.

10 Selon la présente invention, ladite centrale inertielle n'est donc pas fixée directement sur ledit objet, comme il est d'usage dans d'autres domaines d'utilisation de ce type de dispositif, pour les raisons suivantes :

1- ledit objet est susceptible de rentrer en collision avec d'autres objets lors de sa dépose, plus particulièrement lorsque ledit objet est un bloc de béton que l'on dépose au fond de la mer pour réaliser une digue, les chocs avec des blocs précédemment posés étant fréquents. La fixation de la centrale inertielle sur ledit objet risquerait d'entraîner l'endommagement de ladite centrale lors desdits chocs.

2- le fait de déporter le support de la centrale inertielle par rapport audit objet le long dudit lien permet qu'un premier écrêtage ou filtrage de l'amplitude des accélérations liées aux chocs éventuels, se fasse mécaniquement par l'intermédiaire dudit lien, comme explicité plus loin.

3- le fait de déporter vers le haut ladite centrale permet de la maintenir hors de l'eau et d'utiliser des moyens de positionnement dans l'espace de type GPS (Global Positioning System), DGPS (GPS différentiel), de type positionnement laser ou théodolite automatique, comme explicité ci-après.

La présente invention fournit donc également un procédé de déplacement et de levage d'un objet à l'aide d'un dispositif selon

l'invention comprenant une centrale inertielle, caractérisé en ce que l'on déplace ledit objet en vue de le poser à un emplacement déterminé, en fonction de sa position et de son orientation angulaire par rapport aux trois dimensions de l'espace (X-Y-Z,  $\varphi_1$ - $\varphi_2$ - $\varphi_3$ ) et, de préférence, en  
5 fonction de la visualisation de ses mouvements, tels que calculés par ledit ordinateur.

Dans un mode préféré de réalisation, ladite centrale inertielle est couplée à un filtre de Kalman qui permet d'écrêter les amplitudes d'accélération enregistrées par la centrale inertielle, en cas d'amplitude  
10 d'accélération importante de la centrale inertielle causée par un choc sur ledit objet, et permettant de substituer, à ces amplitudes d'accélération ainsi écrêtées (ci-après accélérations parasites), les valeurs probables d'évolution des paramètres de position de ladite centrale inertielle, et, de  
15 préférence, ledit filtre de Kalman permettant en outre d'identifier l'emplacement dudit choc et, de préférence encore, visualiser sur l'écran la position de l'objet lors du choc et/ou d'un autre dit objet déjà posé avec lequel ledit objet en cours de pose est rentré en collision.

Ces filtres de Kalman sont connus de l'homme de l'art. Un tel filtre est un estimateur récursif qui est utilisé pour éliminer des mouvements  
20 "parasites" calculés de façon aberrante par l'ordinateur compte tenu de leur apparition sous forme de pics, alors que ces mouvements ne sont pas effectués dans la réalité, notamment en cas de chocs sur ledit objet, comme explicité plus loin.

De façon originale selon la présente invention, ce filtre de Kalman  
25 est utilisé pour, en outre, identifier l'emplacement auquel ledit objet a reçu un choc, par exemple en visualisant ledit objet par une couleur différente à chaque choc, dans la zone dudit choc. On comprend que cette dernière information est très utile pour le grutier, afin d'ajuster la position du bloc en phase finale de dépose dudit objet, notamment d'un bloc sur une digue,  
30 et plus particulièrement en l'absence de toute visibilité dudit bloc par le

grutier ou par un plongeur d'assistance chargé de superviser ladite phase finale.

Dans un mode préféré de réalisation, ladite centrale inertielle est combinée à un dispositif de mesure directe de la position de ladite centrale inertielle dans ledit repère fixe ( $\varphi_1$ ,  $\varphi_2$ ,  $\varphi_3$ ), ladite mesure comprenant l'étude du trajet d'une onde émise par ledit dispositif de mesure, tel qu'un dispositif de visée laser, un théodolite automatique ou, de préférence, un GPS différentiel.

Ce mode de réalisation permet de mettre en œuvre un procédé dans lequel, avantageusement, seules, les données d'accélération angulaire ( $\varphi_1$ ,  $\varphi_2$ ,  $\varphi_3$ ) enregistrées à l'aide de ladite centrale inertielle sont traitées au sein de l'ordinateur, celui-ci étant couplé à un filtre de Kalman, et la position longitudinale dans l'espace dudit objet par rapport audit repère fixe (X, Y, Z) étant fournie par l'intermédiaire d'un dispositif additionnel de détermination directe de la position de ladite centrale inertielle au moyen d'émission d'ondes, tel qu'un dispositif de type système de visée laser, théodolite ou, de préférence, un dispositif de type GPS différentiel.

Avantageusement encore, dans un procédé selon l'invention, la réalisation par le filtre de Kalman de l'écrêtage des amplitudes d'accélération causées par des chocs sur ledit objet, est exploitée pour identifier et, de préférence, visualiser sur un écran, l'occurrence d'un choc sur ledit objet.

Ceci permet, en particulier, d'ajuster en fin de pose l'adéquation de la position d'un bloc par rapport au bloc déjà posé d'une digue en cours de réalisation.

Dans une variante de réalisation, ledit lien est constitué par la partie inférieure du câble de levage. Toutefois, dans une variante préférée, ledit lien est indépendant du câble de levage et présente une rigidité à la torsion supérieure à celle dudit câble de levage, ledit lien étant de préférence constitué d'une chaîne métallique ou d'un tube ou profilé en acier ou

matériau composite, ledit tube ou profilé présentant une rigidité à la torsion et de la souplesse en flexion par rapport à sa direction longitudinale.

On entend ici par "flexion par rapport à la direction longitudinale",  
5 une flexion par laquelle l'axe rectiligne dudit lien au repos adopte une forme courbe par rapport audit axe rectiligne, lorsqu'il est sollicité en flexion.

Cette rigidité en torsion alliée à une souplesse en flexion par rapport à la direction longitudinale du lien, permet de réaliser un premier filtrage  
10 mécanique plus important des accélérations parasites enregistrées au niveau de la centrale inertielle dues à des chocs éventuels sur un dit objet. En outre, et surtout, cette rigidité à la torsion dudit lien permet que les position et orientation dudit objet et mouvements dudit objet visualisés  
15 suite aux calculs dudit ordinateur soient plus fidèles par rapport aux mouvements réels dudit objet, c'est-à-dire soient mieux synchronisés avec les mouvements de ladite centrale inertielle.

De préférence encore, ledit lien est relié à l'extrémité inférieure dudit câble de levage par un anneau ou crochet de raccordement, l'extrémité supérieure dudit lien coopérant avec ledit crochet ou anneau de  
20 raccordement par l'intermédiaire d'un tourillon.

On entend ici par "tourillon", un dispositif à roulement à billes, à rouleaux, ou encore de type palier lisse, autorisant les rotations dudit lien sur lui-même, sans torsion au niveau de son raccordement audit anneau ou crochet de raccordement. Ces caractéristiques permettent que les  
25 mouvements de la centrale inertielle reflètent, plus fidèlement encore, les mouvements de l'objet.

De préférence, le dispositif de préhension est solidaire de l'extrémité inférieure du lien et apte à coopérer avec un dit objet, de telle sorte que :

- le centre de gravité dudit objet reste dans l'alignement dudit lien en cours de levage et déplacement, et

- les mouvements dudit objet et dudit lien en rotation par rapport à l'axe dudit lien ( $Z_c$ ) sont répercutés l'un à l'autre.

5 Selon une autre caractéristique avantageuse, ladite centrale inertielle est solidaire dudit lien à proximité dudit anneau ou crochet de raccordement entre lesdits câbles de levage et ledit lien, le cas échéant dessous un dit tourillon relié à l'extrémité dudit lien et coopérant avec un dit crochet ou anneau de raccordement.

10 Dans un mode de réalisation particulier, le dispositif de préhension à l'extrémité inférieure dudit lien est constitué par une pluralité d'élingues disposées en patte d'oie, reliée à une pluralité d'anneaux de levage, solidaires dudit objet et répartis autour dudit objet de telle sorte que le centre de gravité dudit objet reste dans l'alignement dudit lien en cours de  
15 levage et déplacement.

Dans un autre mode de réalisation, ledit dispositif de préhension est constitué par un dispositif entièrement rigide, de type pince à sucre.

Ces dispositifs de préhension, de type pince à sucre ou en patte d'oie, sont particulièrement avantageux pour que toute rotation dudit objet  
20 sur lui-même soit répercutée par une rotation dudit lien et donc de ladite centrale inertielle, de façon à ce que les mouvements de rotation dudit objet sur lui-même soient plus fidèlement retranscrits par les calculs opérés sur la base des données enregistrées à partir des mouvements de la centrale inertielle.

25 Plus particulièrement, dans le procédé selon l'invention, ledit objet est un bloc de béton et on réalise, par levage, déplacement et pose de blocs, un assemblage de blocs dans une position voulue pour la réalisation d'une digue de protection de rivage ou digue portuaire reposant sur le fond de la mer.

Avantageusement, ladite centrale inertielle est fixée sur ledit lien à une distance dudit bloc telle que ladite centrale inertielle reste toujours maintenue hors d'eau.

5 D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention ressortiront mieux à la lecture de la description qui va suivre, faite de manière illustrative et non limitative, en référence aux dessins annexés sur lesquels :

- la figure 1 représente en coupe et en vue de côté l'installation de blocs artificiels de forme cubique, pour réaliser la carapace d'une digue à talus selon l'art antérieur,

10

- les figures 2A-2B représentent respectivement en vue de dessus et en vue de côté, un bloc de forme cubique,

- les figures 3A-3B représentent en vue de côté un dispositif de préhension de blocs de type "pince à sucre" permettant d'ajuster l'angle d'orientation dudit bloc par rapport à la verticale,

15

- la figure 4 représente en vue de côté la pose de blocs artificiels de forme cubique à l'aide du dispositif de levage selon l'invention,

- la figure 4A représente le repère orthogonal cartésien lié à la centrale inertielle par rapport au repère cartésien fixe de référence XYZ,

- la figure 4B représente le repère orthogonal cartésien  $X_c$ - $Y_c$ - $Z_c$  relatif à la position oblique de la centrale inertielle en référence à la figure 4,

20

- la figure 5 est une vue relative à la figure 4 représentée en vue de dessus, dans laquelle le positionnement du crochet est assuré par deux câbles de traction reliés à deux treuils de traction, ces derniers étant soit solidaires de la structure de la grue, soit installés sur des supports fixes par rapport au sol,

25

- la figure 5A représente en vue de dessus les déplacements latéral et longitudinal du crochet de raccordement en agissant sur la longueur des câbles de traction reliés aux treuils de traction,

5 - la figure 5B représente une centrale inertielle 6 montée sur un lien rigide 8a, constitué d'un tube profilé en acier ou matériau rigide, et reliée à l'extrémité inférieure du câble de levage 1a et d'un câble de traction 9a-9b par l'intermédiaire d'un tourillon 29,

- les figures 6A-6B illustrent le mode opératoire d'un filtre de Kalman,

10 - la figure 7 est le diagramme logique du fonctionnement d'un filtre de Kalman dans le cas particulier de la pose des blocs selon l'invention,

Les figures 8A et 8C sont des vues de coté d'un lien rigide constitué d'un tube ou profilé en acier ou matériau rigide 8a (figure 8A) ou par une chaîne en acier 8b (figure 8C), coopérant avec le point de raccordement des extrémités des câble de traction 9 et câble de levage 1a par l'intermédiaire d'un palier motorisé 30 coopérant avec une barre de réaction 32,

- la figure 8B est une vue de dessus des figures 8A et 8C.

Dans la figure 1, on a représenté la pose de blocs artificiels selon l'art antérieur. Une grue 1 installée sur le remblais 2a au plus près de la mer 3 manutentionne un bloc 4 suspendu par une pince 5 au câble principal 1a de ladite grue, dit câble de levage, pour réaliser la carapace d'un remblais 2c selon un profil prédéterminé correspondant sensiblement à la courbe 2d. La grue comporte une plate-forme support 14 qui supporte une cabine de pilotage 13 et une flèche 1b qui repose sur la plate-forme 14 par son extrémité inférieure. La flèche 1b est en position inclinée par rapport à la verticale, cette inclinaison étant variable et pouvant être réglée, notamment à l'aide d'un câble support de flèche 1c relié à un treuil de levage 18 supportée par ladite plate-forme 14. La plate-forme support 14 est apte à être déplacée en rotation autour d'un axe vertical ZZ par

rapport à ses moyens de déplacement sur lesquels elle repose, tels que des chenilles 19, entraînant ainsi en rotation la flèche et la cabine de la grue autour d'un axe vertical. En jouant sur la longueur des câbles 1c, l'orientation de la flèche 1b dans le plan vertical peut être ajustée de manière à ce que le bloc 4 puisse être positionné à la verticale de sa destination, puis descendu par dévirage du câble 1a pour être déposé à l'emplacement voulu sur l'ouvrage déjà assemblé. Ce mode opératoire fonctionne correctement lorsque la mer est calme et que le travail peut être contrôlé par plongeurs. Par contre, lorsqu'un clapot important ou une houle du large 3a est établie sur une longue durée, le travail doit être interrompu car, sous l'effet de ladite houle, le bloc en suspension est sollicité et se met à osciller sur plusieurs mètres en tous sens, et ce de manière plus ou moins aléatoire. De plus, dans la zone du remblais non encore protégée, la houle déferle ou crée une agitation importante mettant en suspension des particules de sable ou de granulats, ou encore créant des micro bulles d'air et de l'écume, qui rendent la visibilité quasi nulle, empêchant alors toute intervention des plongeurs.

Sur les figures 2A-2B, on a représenté respectivement en vue de dessus et en vue de côté un bloc artificiel 4 de forme connue, sensiblement cubique présentant sur ses faces latérales des renforcements médians, sous forme de rainures sensiblement cylindriques à section demi-circulaire. Ces renforcements ou rainures 4a présentent l'intérêt de faciliter la préhension, d'augmenter les réactions interblocs ainsi que la "porosité" d'un assemblage de blocs. Ainsi, lorsqu'un assemblage de blocs est percuté par la vague incidente, lors de fortes houles ou de tempêtes, l'énergie dissipée est considérablement augmentée par cette porosité et l'effet d'atténuation s'en trouve ainsi renforcée. Contrairement au stockage des blocs lors de la fabrication et de l'approvisionnement, lequel nécessite un arrangement très ordonné de manière à occuper le moins de place possible, tel que représenté sur la figure 5, lors de la mise en place des blocs pour une digue, on vise à optimiser la porosité d'ensemble, c'est-à-dire que l'on cherche à installer les blocs de guingois les uns par rapport aux autres tout



en leur assurant un contact stable avec les blocs adjacents latéraux et les blocs inférieurs, la couche suivante venant verrouiller définitivement la position de la couche précédente inférieure, assurant ainsi la stabilité de l'ensemble pendant toute la durée de vie de l'ouvrage qui dépasse plusieurs  
5 décennies, voire le siècle. Ce mode opératoire est connu de l'homme de l'art et fait l'objet de préparatifs spéciaux conduisant à des plans de pose précis qu'il convient de respecter pour que l'ouvrage d'art puisse remplir correctement son office. De nombreuses formes particulières très différentes ont été développées dans le monde (on se référera par exemple  
10 aux recommandations internationales qui les décrivent abondamment), et certaines d'entre elles présentent l'avantage de s'imbriquer naturellement les unes dans les autres.

Sur les figures 3A-3B, on a représenté en vue de face un dispositif de préhension 5a connu de type "pince à sucre" en forme de demi cercle, ce  
15 qui permet de saisir le bloc soit verticalement (figure 3A), soit avec un angle  $\alpha$  par rapport à la verticale (figure 3B).

Sur la figure 4, de façon préférée, le dispositif de préhension est constitué par une patte d'oie en élingues 5b comportant au moins trois brins fixés sur des anneaux de levage 5c incorporés en des positions  
20 précises du bloc avant coulage du béton. Ce dispositif de préhension 5b permet de maintenir le centre de gravité du bloc dans l'axe d'alignement du lien 8, d'une part, et, d'autre part, favorise la synchronisation des rotations dudit bloc et dudit lien par rapport à l'axe  $Z_c$  (axe dudit lien 8).

Sur la figure 4, on a représenté en vue de côté le dispositif selon  
25 l'invention constitué d'un anneau ou crochet de raccordement 1d situé à l'extrémité du câble de levage 1a. Le crochet de raccordement 1d est relié à l'extrémité supérieure d'un lien constitué d'une élingue 8, par l'intermédiaire, de préférence, d'un tourillon, son extrémité inférieure étant reliée à une patte d'oie 5b reliée à des anneaux de levage 5c solidaires du  
30 bloc 4. Sur l'élingue 8, de préférence hors de l'eau, de préférence en partie haute à proximité du crochet de raccordement 1d, on installe une centrale

- inertielle 6 dont la fonction est d'enregistrer en temps réel les accélérations de déplacement longitudinal selon les axes Xc-Yc-Zc, ainsi que les accélérations de rotation  $\varphi_1$ - $\varphi_2$ - $\varphi_3$  autour des mêmes axes. Le repère cartésien correspondant auxdits axes est un repère relatif au support
- 5 proprement dit de la centrale d'inertie, comme représenté sur la figure 4A, l'axe Zc correspondant à l'axe longitudinal du lien 8. Ainsi, lorsque le lien 8 est vertical comme indiqué en pointillé sur la figure 4, ledit axe Zc correspond alors avec l'axe Z du repère fixe, les axes Xc-Yc présentant un décalage angulaire  $\theta$  par rapport aux axes X-Y du repère fixe.
- 10 Lorsque l'ensemble constitué du câble 1a, de la centrale inertielle 6, du lien 8, du moyen de préhension 5 et du bloc artificiel 4 se déplace, les accélérations longitudinales selon Xc-Yc-Zc et angulaires selon  $\varphi_1$ - $\varphi_2$ - $\varphi_3$  sont enregistrées en temps réel au sein de la centrale inertielle et transmises à un ordinateur, situé de préférence dans la cabine du grutier.
- 15 Ceci permet, par une double intégration par rapport au temps, de calculer la trajectoire exacte de ladite centrale inertielle, ainsi que son orientation, donc la direction du lien 8, puisque l'orientation du lien 8 est constante par rapport à l'orientation de la centrale inertielle. Connaissant cette direction, ainsi que la distance de la centrale inertielle jusqu'au centre de gravité du
- 20 bloc, on en déduit par un calcul géométrique simple la position en temps réel du centre de gravité du bloc, donc la position en temps réel du bloc, et ce en l'absence de toute visibilité directe du bloc par le grutier.

Ainsi, un mode opératoire préféré est le suivant :

- on saisit le bloc 40 sur l'aire de stockage de la figure 5, ledit bloc
- 25 étant dans la position connue X0-Y0-Z0, puis
- on tend le lien 8 en agissant sur le câble de levage 1a, ledit lien est alors vertical et les repères cartésiens relatifs à la centrale inertielle et le repère absolu ont l'axe Z en commun comme détaillé sur la figure 4A, puis,

- dès que le bloc quitte le sol 2a, on déclenche la centrale inertielle qui enregistre alors tous les déplacements de ladite centrale, puis
- on positionne l'extrémité supérieure de la flèche de façon à ce que ledit objet soit sensiblement à l'aplomb de l'emplacement voulu dans la zone de dépose comme illustré sur la figure 4, puis
- connaissant la position absolue de la centrale inertielle, la position du bloc est calculée en temps réel, et l'approche finale par le grutier, avant dépose, est effectuée, même en l'absence de visibilité ou en l'absence de tout contrôle par plongeurs, grâce à ladite position X-Y-Z calculée du bloc, les mouvements du bloc ainsi que l'état de l'ouvrage déjà réalisé étant visualisés sur un écran dans la cabine du grutier, et
- après dépose, le dispositif de préhension est déconnecté, de préférence de manière automatique par un dispositif de largage, non représenté, commandé depuis la cabine du grutier ;
- la grue est alors libre pour aller saisir le bloc suivant sur l'aire de stockage.

Sur la figure 4, on a représenté un câble de traction 9 relié à son extrémité droite à l'anneau 1d et à son extrémité gauche à un treuil de traction 10 solidaire de la tourelle 13 de la grue. Lors de la manutention du bloc par la grue, on réduit la longueur  $q$  dudit câble de traction, pour ramener l'anneau ou crochet de raccordement 1d vers la verticale du point de dépose, ce qui a pour effets avantageux de limiter radicalement les oscillations du bloc dans le plan XoZ. De plus, cette manœuvre est beaucoup plus rapide que de redresser la flèche 1b de la grue en agissant sur les câbles 1c, pour venir positionner son extrémité à la verticale dudit point de dépose.

Dans une version préférée de l'invention représentée sur la vue en plan de la figure 5, on dispose deux câbles de traction 9a-9b reliés à deux treuils de traction 10a-10b, les deux treuils de traction étant

avantageusement solidaires d'une poutre 17, elle-même solidaire de la structure porteuse de la flèche 1b, donc de la tourelle de la grue. En agissant sur les longueurs respectives  $q_1 - q_2$  des câbles de traction 9a-9b, on positionne avec précision, de manière bipolaire, l'anneau ou crochet de

5 raccordement 1d dans le plan formé par les deux droites que constituent lesdits câbles 9a-9b, lesdites droites se coupant au point A C au niveau de l'anneau 1d. Ainsi, lorsque l'anneau ou crochet de raccordement 1d se trouve ramené vers la tourelle de la grue par réduction de la longueur desdits câbles, comme détaillé sur la figure 4, les deux câbles 9a-9b sont

10 fortement tendus et, si les longueurs  $q_1 = q_2$ , l'anneau ou crochet de raccordement se trouve exactement dans l'axe de la flèche de grue. Le triangle ABC formé par l'extrémité du câble sortant du treuil 10a (A), l'extrémité du câble sortant du treuil 10b (B) et le point C constituant l'anneau ou crochet de raccordement 1d est alors isocèle et ledit anneau est

15 alors stabilisé dans sa position évitant ainsi tout balancement latéral par rapport à l'axe de la grue, dans la direction de l'axe Y. Cet effet stabilisateur étant d'autant plus important que l'inclinaison  $\beta$  du câble de grue 1a par rapport à la verticale est importante, car la décomposition des forces au niveau de l'anneau ou crochet de raccordement 1d (point A C)

20 crée une tension horizontale dans les câbles de traction 9a-9b, proportionnelle à ladite inclinaison  $\beta$ .

En réduisant la longueur de l'un des câbles de traction par rapport à l'autre, tel que représenté sur la figure 5A, par exemple le câble de traction 9a, le point C du triangle, donc l'anneau ou crochet de raccordement 1d, se

25 déplace vers le haut de la figure en décrivant un arc de cercle 12 centré en A. Ainsi, en jouant sur les longueurs des câbles 9a-9b, on positionne avantagement avec précision l'anneau ou crochet de raccordement en n'importe quel point de la surface 11, tout en empêchant les mouvements de balancement dudit anneau dans les deux directions XX-YY.

30 Ainsi, en n'utilisant qu'un seul câble de traction 9 comme expliqué en référence à la figure 4, on supprime la quasi intégralité du balancement de l'anneau ou crochet de raccordement 1d dans le plan XoZ uniquement,

l'anneau ou crochet de raccordement 1d restant libre de se balancer dans le plan perpendiculaire YoZ, alors qu'avec deux câbles de traction 9a-9b comme expliqué en référence à la figure 5, on supprime la quasi intégralité du balancement dans les plans XoZ et YoZ, l'anneau restant alors stable.

5 Et, en jouant sur les différences de longueurs  $q_1-q_2$  desdits câbles de traction 9a-9b, on déplace avec précision ledit anneau ou crochet de raccordement 1d sur une surface 11 de plusieurs m<sup>2</sup>, en toutes directions autour de la position initiale, permettant ainsi un positionnement extrêmement précis et stable dudit blocs dans l'espace.

10 Des dispositifs compacts sont disponibles dans le commerce, comprenant une centrale inertielle munie de gyroscope et d'accéléromètre pour la mesure de mouvements, de l'orientation et de la position d'un objet auquel il est solidarisé. On pourra notamment utiliser un dispositif commercialisé par la société XSens Technologies B.V. (the Netherlands).

15 Ces dispositifs comportent en général un support métallique sur lequel est fixée la centrale inertielle proprement dite. C'est ce support qui sera fixé audit lien.

Le fonctionnement d'une centrale inertielle est connu de l'homme de l'art, mais son fonctionnement dans le cadre de l'invention est très

20 particulier. En effet, dans la phase finale de l'approche, juste avant la dépose du bloc sur l'ouvrage, le bloc vient heurter en général les blocs adjacents avant de se mettre ensuite dans sa position définitive. Ces chocs induisent des variations brutales de vitesse, donc des accélérations importantes, qui perturbent la centrale inertielle, laquelle n'est alors plus

25 capable de fournir un positionnement calculé précis et fiable, ce qui crée un décalage inacceptable le la position calculée du bloc par rapport à sa position réelle.

Pour palier cet inconvénient, un filtre de Kalman, connu de l'homme de l'art, est utilisé de manière particulière pour éliminer ces perturbations.

30 Le filtre de Kalman est un estimateur récursif. Cela signifie que pour estimer l'état courant d'un système, seuls l'état précédent et les mesures

actuelles sont nécessaires pour estimer la position future avec une précision optimale. Ainsi, en cas de choc latéral comme expliqué sur la figure 6A, l'accélération, angulaire ou longitudinale, présente une série de pics 15 durant un laps de temps  $\delta t$ . Pendant cette durée  $\delta t$ , le bloc n'a 5 quasiment pas bougé, mais le calcul mathématique consistant à la double intégration des accélérations sur chacun des axes sur cette période  $\delta t$ , conduit en général à des mouvements calculés aberrants, car non effectués dans la réalité. A cet effet, le filtre de Kalman, détecte ces accélérations parasites par simple analyse en temps réel de l'étape précédente du 10 mouvement, le filtre les isole en écrêtant 16a-16b lesdites accélérations, et ainsi ne les prend pas en compte dans le calcul mathématique de la position instantanée. Dans certaines configurations, le filtre de Kalman est capable, en analysant les étapes antérieures, de prédire les mouvements durant cette courte période  $\delta t$  et de substituer ainsi à ces accélérations parasites, 15 l'évolution probable du système, comme représenté sur la figure 6B, conduisant ainsi à une meilleure fiabilité dans le calcul de la position instantanée.

Dans une version préférée de l'invention, seules les accélérations angulaires sont utilisées dans le calcul de la position exacte du bloc, les 20 pics d'accélérations longitudinales sont observés pour signaler au grutier les chocs des blocs avec les blocs adjacents ou ceux de la couche inférieure, mais les accélérations elles-mêmes ne sont pas directement prises en compte dans le calcul de la position. Ainsi, pour déterminer la position du bloc en temps réel, on mesure, par exemple à l'aide d'un 25 théodolite automatique représenté sur la figure 4 sous la même forme 7a-7b que le dispositif de transmission de données, la position X-Y-Z en temps réel de la centrale inertielle 6, puis connaissant l'évolution en temps réel des accélérations angulaires  $\varphi_1$ - $\varphi_2$ - $\varphi_3$  de ladite centrale, on en déduit la direction du lien 8, et connaissant la distance du centre de gravité du bloc 30 à ladite centrale inertielle qui est une longueur constante L, on calcule la position exacte du centre de gravité du bloc.

Dans une version préférée de l'invention, la centrale inertielle est munie d'un système de positionnement par satellite de type DGPS. Ce système, connu de l'homme de l'art, est un système différentiel, c'est-à-dire qu'une balise est installée sur la centrale inertielle et une seconde balise est installée à terre en un point fixe. Ainsi, en combinant de manière synchrone les signaux des deux récepteurs, le positionnement du mobile est réalisé, non pas dans l'absolu par rapport au satellite, mais en relatif par rapport au récepteur fixe, améliorant ainsi radicalement la précision du positionnement.

Sur la figure 7, on a représenté un premier mode de fonctionnement global du système de positionnement, dans lequel les 6 paramètres principaux à l'état brut (accélérations longitudinales  $X_c$ - $Y_c$ - $Z_c$  et accélérations angulaires  $\varphi_1$ - $\varphi_2$ - $\varphi_3$ ) sont transmises depuis la centrale inertielle 6 vers l'ordinateur, situé de préférence dans la cabine 13 du grutier. Les données sont alors traitées au sein de l'ordinateur 20 par le filtre de Kalman 20a et la position 21 du bloc 4 est établie sur la base de tout ou partie de ces 6 paramètres filtrés. L'exploitation des données relatives aux accélérations aberrantes, correspondant aux chocs du bloc avec les blocs adjacents est réalisée en 20b et est affiché en 22, de préférence directement dans la cabine du grutier, avantageusement sous la forme 22a : choc vertical d'amplitude "3", sous la forme 22b : choc latéral droit (amplitude "0") et, sous la forme 22b : choc latéral gauche (amplitude "0"). Ainsi, le grutier connaissant le type de choc ainsi que son amplitude, est capable de juger le type de contact entre le bloc en cours d'installation et l'ouvrage déjà réalisé, et ainsi de déterminer en l'absence de tout contact visuel, ou de toute information en provenance de plongeurs, de l'adéquation de la position du bloc par rapport au plan de pose, donc de son installation correcte.

Sur la même figure 7, on a représenté un second mode préféré de fonctionnement global du système de positionnement, dans lequel les 6 paramètres principaux à l'état brut (accélérations longitudinales  $X_c$ - $Y_c$ - $Z_c$  et accélérations angulaires  $\varphi_1$ - $\varphi_2$ - $\varphi_3$ ) sont transmises depuis la centrale

inertielle 6 vers l'ordinateur situé de préférence dans la cabine du grutier. Seules les données d'accélération angulaires  $\varphi_1$ - $\varphi_2$ - $\varphi_3$  alors traitées au sein de l'ordinateur 20 par le filtre de Kalman 20a, la position dans l'espace de ladite centrale inertielle 6 étant fournie par un moyen de mesure à distance  
5 7a-7b, tel un théodolite automatique, un système de visée laser ou un positionnement satellite de type DGPS, ce qui permet de calculer de manière très précise la position 21 du bloc 4 en ne considérant pas les valeurs des accélérations longitudinales  $X_c$ - $Y_c$ - $Z_c$ . L'exploitation des données relatives aux accélérations aberrantes est réalisée de la même  
10 manière qu'expliqué précédemment, ce qui permet au grutier de disposer en temps réel d'informations précises sur les divers chocs entre le bloc en cours d'installation et l'ouvrage déjà réalisé, juste avant la dépose finale.

Dans une version préférée de l'invention représentée sur les figures 8A-8B, le lien 8a est constitué d'une barre, de préférence rectiligne,  
15 résistant à la torsion, et rigidement solidaire de l'outil de préhension, de telle manière que l'orientation de la centrale inertielle solidaire du lien 8a ait la même orientation selon l'axe  $Z_c$  que le bloc 4. Ledit lien 8a est relié à l'anneau de raccordement 1d par l'intermédiaire d'un palier motorisé 30, électrique, hydraulique ou pneumatique, alimenté en énergie par des  
20 moyens non représentés, jouant le rôle de tourillon lorsque le moteur est débrayé. Un bras rigide faisant fonction de bras de réaction 32, solidaire de la partie supérieure 30a de la motorisation, est relié à un câble de traction 9b sous tension. La partie inférieure 30b de la motorisation est relié rigidement audit lien 8a. Ainsi, en actionnant la motorisation dans un sens  
25 ou dans l'autre, la partie inférieure 30b de la motorisation entraîne la centrale inertielle 6 ainsi que le bloc 4, les déplacements angulaires étant sensiblement identiques en raison de la rigidité de torsion selon l'axe  $ZZ$  dudit lien 8a. Le bras de réaction contrebalance les effets de la torsion au niveau de la partie supérieure 30a de la motorisation. En effet, comme représenté sur la figure 8B, un couple de torsion  $M$  appliqué sur la partie  
30 supérieure 30a de la motorisation, induit une rotation 32a du bras de réaction 32. Et, du fait que le bras de réaction et le câble de traction 9b



sont sous une tension importante en raison de l'angle  $\beta$  du câble de levage 1a avec la verticale, une force de rappel F ramène ledit bras 32 dans l'alignement du câble de traction 9b. Ainsi, peu avant de déposer le bloc 4 en position finale, la position instantanée dudit bloc étant connue grâce à

5 la centrale inertielle, le grutier peut ajuster avec précision son orientation de quelques degrés de rotation selon l'axe  $Z_c$ , en agissant simplement sur la motorisation 30, dans un sens ou dans l'autre. Le mouvement angulaire étant enregistré par la centrale inertielle, est alors immédiatement disponible pour aider le grutier dans cette phase finale de l'installation.

10 Sur les figures 8A-8B, on a représenté le dispositif selon l'invention avec deux câbles de traction 9a-9b, seul le câble de traction 9b est connecté au bras de réaction, le câble 9a étant connecté directement, soit à l'anneau ou crochet 1d, soit au niveau de la partie supérieure 30a de la

15 l'utilisation d'un seul câble de traction 9, comme représenté sur la figure 4, le bras de réaction 32 est connecté directement à ce dit câble.

Dans une version simplifiée de l'invention, non représentée, la motorisation est supprimée, et le lien 8a présentant une rigidité en torsion selon l'axe  $Z_c$ , est d'une part suspendu à l'anneau ou crochet 1d, et d'autre

20 part relié rigidement au bras de réaction 32. Il convient alors dans ce cas, lors du saisissage du bloc sur son aire de stockage, comme décrit précédemment en référence à la figure 5, que la position de l'outil de préhension soit pré-ajustée de telle manière qu'une fois la grue en position dans la zone de dépose, le bloc ait la bonne orientation, car le grutier n'a

25 alors plus les moyens de faire varier ce positionnement angulaire selon l'axe vertical  $Z_c$ .

Sur la figure 8C, on a représenté un mode de réalisation avantageux du lien 8 présentant une rigidité de torsion, lequel se présente sous la forme d'une chaîne 8b. En effet, en l'absence de tension dans la chaîne, il

30 est possible de faire tourner celle-ci sur son axe ZZ avec peu d'efforts, mais dès que l'on applique une tension importante, chacun des maillons

étant relié perpendiculairement au suivant et le diamètre du fil de chacun des anneaux étant légèrement inférieur au diamètre interne libre de l'anneau adjacent, la chaîne aura naturellement tendance à se repositionner en configuration de torsion nulle, donc perpendiculairement au maillon adjacent, comme détaillé sur la figure 8C.

Le lien 8, 8a-8b à rigidité de torsion selon l'axe ZZ peut être obtenu à partir d'un simple tube en acier, ou encore d'un profilé en matériau composite, qui présente une bonne rigidité de torsion, tout en gardant une grande souplesse en flexion dans les plans XoZ et YoZ, ce qui permet avantagement de réaliser un premier filtrage mécanique des chocs sur les blocs, évitant ainsi de répercuter directement à la centrale inertielle la totalité des accélérations parasites dues aux chocs.

On reste dans l'esprit de l'invention si le câble de levage est continu jusqu'au dispositif de préhension 5, le crochet ou l'anneau étant alors remplacé par un serre-câble mécanique venant enserrer ledit câble de levage en un point fixe sur lequel est connecté l'extrémité du ou des câbles de traction, la partie au dessus du serre-câble jouant alors le rôle de câble de levage 1a et la partie située en dessous dudit serre-câble jouant le rôle du lien 8.

## REVENDICATION

1. Dispositif de levage et déplacement d'un objet (4) comprenant une grue (1), ladite grue comprenant une flèche (1b) équipée d'un premier câble, dit câble de levage (1a), comprenant, de préférence, à son extrémité  
5 un lien (8, 8a-8b) apte à supporter un dit objet qui lui est suspendu par l'intermédiaire d'un dispositif de préhension (5b), caractérisé en ce que ledit câble de levage (1a), suspendu à l'extrémité de ladite flèche (1b), est couplé à au moins un deuxième câble, dit câble de traction (9, 9a-9b)), dont  
10 une extrémité est reliée à au moins un treuil de traction (10, 10a-10b), de préférence solidaire d'une plate-forme support (14) de ladite flèche, l'autre extrémité du câble de traction (9) étant solidaire du câble de levage en suspension, de préférence au niveau d'un crochet ou anneau de raccordement (1d) à l'extrémité inférieure dudit câble de levage, de telle sorte que la réduction de longueur d'au moins un dit câble de traction, par  
15 actionnement d'au moins un dit treuil de traction, permette :

- a- d'incliner ( $\beta$ ) ledit câble de levage (1a) par rapport à la verticale (ZZ) et de déplacer en translation ledit objet (4), dans un plan vertical passant par un dit câble de traction et ledit câble de levage, de préférence, un plan vertical passant par l'axe de ladite flèche (X1X'1), et/ou
- 20 b- de déplacer ledit objet latéralement par rapport à un plan vertical passant par l'axe (X1X'1) de ladite flèche, dans un plan passant par deux câbles de traction (9a, 9b), les deux câbles de traction coopérant avec deux treuils de traction (10a-10b) disposés de part et d'autre de ladite flèche.

2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il  
25 comporte un unique câble de traction (9) dont ledit treuil de traction (10) est disposé sensiblement dans l'axe (X1X'1) de ladite flèche, de sorte que la réduction de longueur dudit câble de traction, par actionnement dudit treuil de traction permette d'incliner ledit câble de levage par rapport à la verticale ZZ et de déplacer en translation ledit objet, dans un plan vertical  
30 passant par ledit câble de traction et ledit câble de levage, de préférence,

un plan vertical passant par l'axe de ladite flèche (X1X'1), c'est-à-dire lorsque ledit câble de traction est situé dans le même plan vertical que l'axe de ladite flèche (X1X'1).

3. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il  
5 comporte au moins deux câbles de traction (9a, 9b) reliés, respectivement, à deux treuils de traction (10a, 10b), une extrémité de chacun câble de traction étant reliée à un dit treuil de traction (10a, 10b), de préférence solidaire d'un support (14) de ladite flèche, l'autre extrémité de chacun des deux câbles de traction étant solidaire dudit câble de levage (1a), de  
10 préférence à son extrémité inférieure au niveau du même dit anneau ou crochet de raccordement (1d), les deux treuils de traction étant disposés de part et d'autre de ladite flèche, de préférence symétriquement, de sorte qu'une réduction de longueur ( $q_1$ ,  $q_2$ ) de l'un au moins des deux dits câbles de traction (9a, 9b) permet de déplacer ledit objet latéralement par rapport  
15 à un plan vertical passant par l'axe (X1X'1) de ladite flèche, dans un plan passant par les deux câbles de traction (9a, 9b), de préférence une réduction de longueur différente pour les deux câbles de traction disposés symétriquement par rapport à un plan vertical passant par l'axe de ladite flèche.

20 4. Dispositif selon la revendication 3, caractérisé en ce que les deux dits treuils de traction (10a, 10b) sont disposés aux deux extrémités d'une poutre transversale (17) solidaire d'une plate-forme (14) supportant ladite flèche.

5. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en  
25 ce qu'il comprend un dit lien relié à son extrémité supérieur à un palier motorisé (30), solidaire d'un dit anneau ou crochet de raccordement (1d) à l'extrémité inférieure dudit câble de levage, ledit palier motorisé (30) permettant de commander la rotation motorisée dudit lien et dudit objet en rotation sur lui-même lorsque son moteur (30b) est actionné, et ledit palier  
30 motorisé (30) jouant le rôle de tourillon lorsque son moteur (30b) est débrayé.

6. Dispositif selon la revendication 5 et l'une des revendications 3 ou 4, caractérisé en ce que ledit palier motorisé (30) coopère avec un bras rigide, dit bras de réaction (32), qui permet de reprendre les efforts de torsion générés par ledit palier motorisé en rotation, au niveau de la partie supérieure (30a) dudit palier motorisé solidaire dudit anneau ou crochet de raccordement, ledit bras de réaction (32) étant intercalé entre l'extrémité d'un dit câble de traction (9a, 9b) et la partie supérieure (30a) dudit palier motorisé de laquelle il est solidaire.

7. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 6, caractérisé en ce qu'il comprend un dit lien (8, 8a-8b) est équipé d'une centrale inertielle (6), ladite centrale inertielle étant fixée sur ledit lien (8, 8a-8b), de préférence de telle sorte que l'axe dudit lien, lorsqu'il est tendu par un dit objet suspendu, soit confondu avec un des axes (7c) du repère ( $X_c$ ,  $Y_c$ ,  $Z_c$ ) lié à la centrale inertielle, ladite centrale inertielle (6) étant reliée à un ordinateur (20), de préférence situé dans la cabine (13) du grutier, auquel sont transmises les données enregistrées en temps réel d'accélération longitudinales de ladite centrale inertielle dans les trois directions d'un repère mobile ( $X_c$ ,  $Y_c$ ,  $Z_c$ ) et accélérations en rotation ( $\varphi_1$ ,  $\varphi_2$ ,  $\varphi_3$ ) de ladite centrale inertielle par rapport aux mêmes axes du repère mobile ( $X_c$ ,  $Y_c$ ,  $Z_c$ ) de ladite centrale inertielle, l'ordinateur étant apte à indiquer position et orientation dudit objet suspendu audit lien dans un repère fixe ( $X$ ,  $Y$ ,  $Z$ ) de l'espace déduites des position et orientation de la centrale inertielle, et, de préférence, l'ordinateur étant capable de visualiser sur un écran des mouvements dudit objet dans l'espace.

8. Dispositif selon la revendication 7, caractérisé en ce que ladite centrale inertielle (6) est couplée à un filtre de Kalman (20a) qui permet d'écarter (16a-16b) les amplitudes d'accélération enregistrées par la centrale inertielle, en cas d'amplitude d'accélération importante de la centrale inertielle causée par un choc sur ledit objet, et de substituer à ces amplitudes d'accélération ainsi écartées les valeurs probables d'évolution des paramètres de position de ladite centrale inertielle, et, de préférence, ledit filtre de Kalman permettant en outre d'identifier l'emplacement dudit

choc et, de préférence encore, visualiser sur l'écran la position de l'objet lors du choc et/ou d'un autre dit objet déjà posé avec lequel ledit objet en cours de pose est rentré en collision.

5 9. Dispositif selon l'une des revendications 7 ou 8, caractérisé en ce que ladite centrale inertielle (6) est combinée à un dispositif de mesure directe de la position de ladite centrale inertielle dans ledit repère fixe ( $\varphi_1$ ,  $\varphi_2$ ,  $\varphi_3$ ), ladite mesure comprenant l'étude du trajet d'une onde émise par ledit dispositif de mesure, tel qu'un dispositif de visée laser, un théodolite automatique ou, de préférence, un GPS différentiel.

10 10. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que ledit lien (8, 8a-8b) présente une rigidité à la torsion supérieure à celle dudit câble de levage (1a), ledit lien étant de préférence constitué d'une chaîne métallique ou d'un tube ou profilé en acier ou matériau composite, ledit tube ou profilé présentant une rigidité à la torsion et de la  
15 souplesse en flexion par rapport à sa direction longitudinale.

11. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 10, caractérisé en ce que ledit lien (8, 8a-8b) est relié à l'extrémité inférieure dudit câble de levage par un anneau ou crochet de raccordement (1d), l'extrémité supérieure dudit lien (8) coopérant avec ledit crochet ou anneau de  
20 raccordement (1d) par l'intermédiaire d'un tourillon (29).

12- Dispositif selon l'une des revendications 1 à 11, caractérisé en ce que le dispositif de préhension (5b) est solidaire de l'extrémité inférieure du lien (8, 8a-8b) et apte à coopérer avec un dit objet, de telle sorte que :

25 - le centre de gravité dudit objet reste dans l'alignement dudit lien en cours de levage et déplacement, et

- les mouvements dudit objet et dudit lien en rotation par rapport à l'axe dudit lien ( $Z_c$ ) sont répercutés l'un à l'autre.

13. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 12, caractérisé en ce que ladite centrale inertielle (6) est solidaire dudit lien (8, 8a-8b) à proximité dudit anneau ou crochet de raccordement (1d) entre lesdits câbles de levage et ledit lien, le cas échéant dessous un dit tourillon (29) 5 relié à l'extrémité dudit lien et coopérant avec un dit crochet ou anneau de raccordement (1d).

14. Procédé de déplacement et de levage d'un objet à l'aide d'un dispositif selon l'une des revendications 1 à 13, caractérisé en ce que l'on stabilise et/ou on ajuste le positionnement dudit objet suspendu audit 10 câble de levage, en actionnant au moins un dit treuil de traction, en :

a- inclinant ( $\beta$ ) ledit câble de levage (1a) par rapport à la verticale (ZZ) et déplaçant en translation ledit objet (4), dans un plan vertical passant par un dit câble de traction et ledit câble de levage, de préférence, un plan vertical passant par l'axe de ladite flèche (X1X'1), et/ou

15 b- déplaçant ledit objet latéralement par rapport à un plan vertical passant par l'axe (X1X'1) de ladite flèche, dans un plan passant par deux câbles de traction (9a, 9b), les deux câbles de traction coopérant avec desdits treuils de traction disposés de part et d'autre de ladite flèche.

15. Procédé selon la revendication 14, caractérisé en ce que l'on met en œuvre un dispositif selon l'une des revendications 5 ou 6, et on actionne en rotation ledit palier motorisé (30) de façon à orienter l'objet, par rotation sur lui-même, en phase finale de dépose.

16. Procédé selon l'une des revendications 14 ou 15, caractérisé en ce que l'on met en œuvre un dispositif selon l'une des revendications 7 à 12 25 et on déplace ledit objet en vue de le poser à un emplacement déterminé, en fonction de sa position et de son orientation angulaire par rapport aux trois dimensions de l'espace dans un repère fixe (X, Y, Z) et, de préférence, en fonction de la visualisation de ses mouvements, tels que calculés par ledit ordinateur.

17. Procédé selon la revendication 16, caractérisé en ce que, seules, les données d'accélération angulaire ( $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$ ) enregistrées à l'aide de ladite centrale inertielle sont traitées au sein de l'ordinateur (20), celui-ci étant couplé à un filtre de Kalman (20a), et la position longitudinale dans l'espace dudit objet par rapport audit repère fixe (X, Y, Z) étant fournie par l'intermédiaire d'un dispositif additionnel de détermination directe de la position de ladite centrale inertielle au moyen d'émission d'ondes (7a-7b), tel qu'un dispositif de type système de visée laser, théodolite ou, de préférence, un dispositif de type GPS différentiel.
18. Procédé selon la revendication 17, caractérisé en ce que la réalisation par le filtre de Kalman (20a) de l'écrêtage (16a, 16b) des amplitudes d'accélération causées par des chocs sur ledit objet, est exploitée pour identifier et, de préférence, visualiser sur un écran, l'occurrence d'un choc sur ledit objet.
19. Procédé selon l'une des revendications 1 à 18, caractérisé en ce que ledit objet est un bloc de béton et on réalise, par levage, déplacement et pose de blocs, un assemblage de blocs dans une position voulue pour la réalisation d'une digue de protection de rivage ou digue portuaire reposant sur le fond de la mer.
20. Procédé selon la revendication 19, caractérisé en ce que ladite centrale inertielle est fixée sur ledit lien à une distance dudit bloc telle que ladite centrale inertielle reste toujours maintenue hors d'eau.



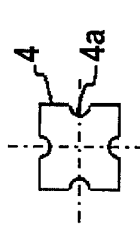


FIG. 2A

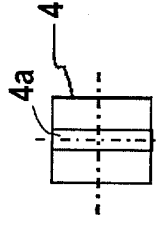


FIG. 2B

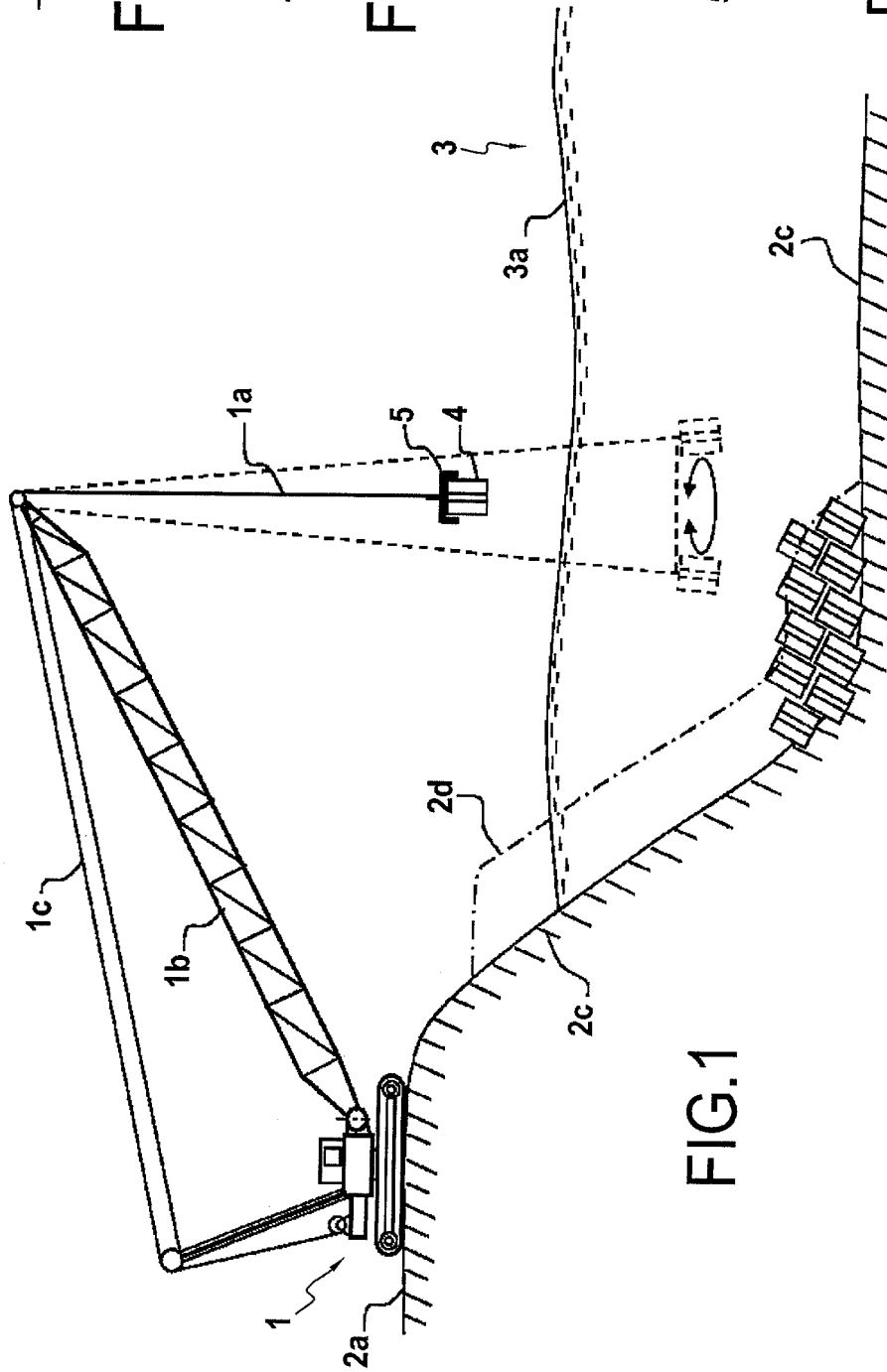


FIG. 1

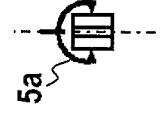


FIG. 3A

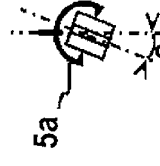


FIG. 3B

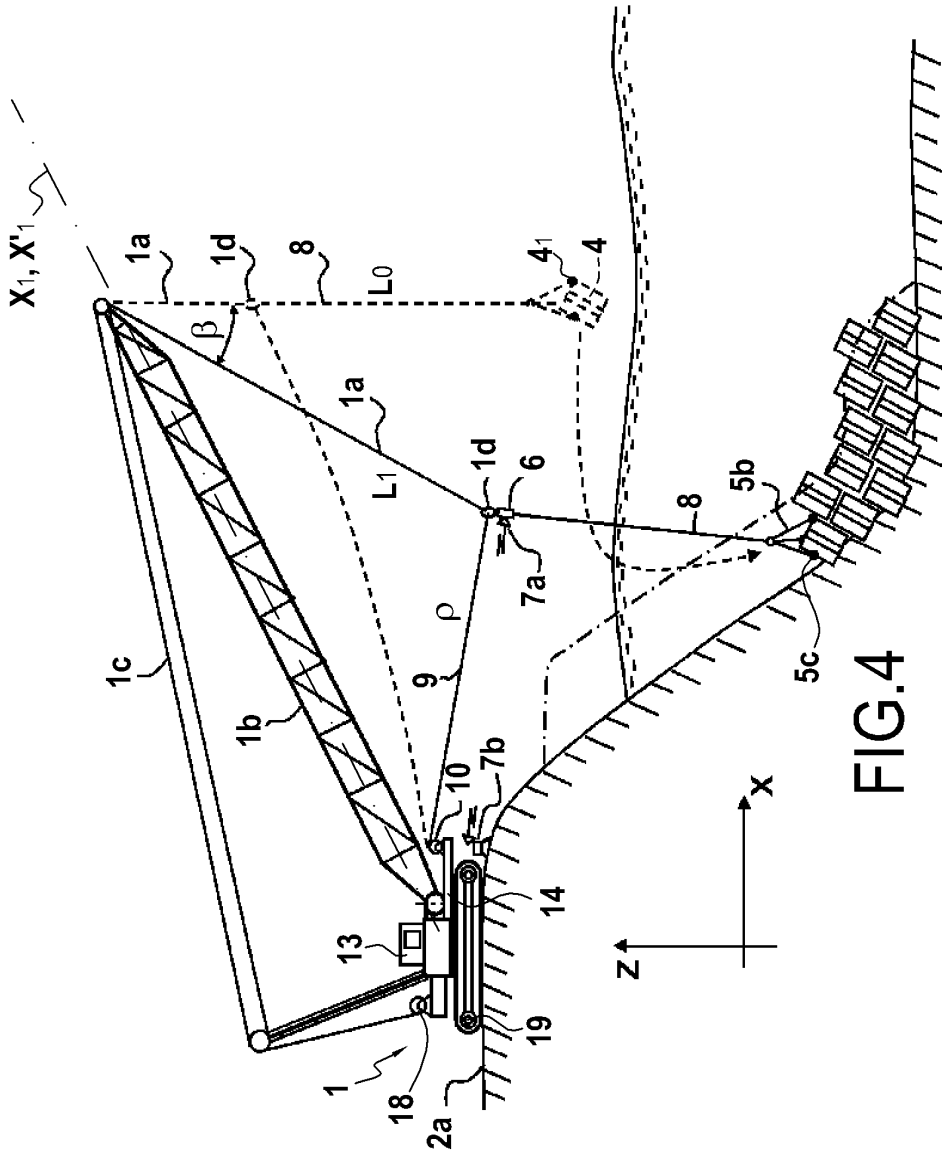


FIG. 4

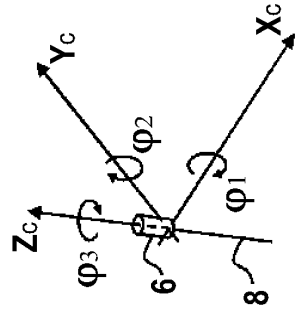


FIG. 4B

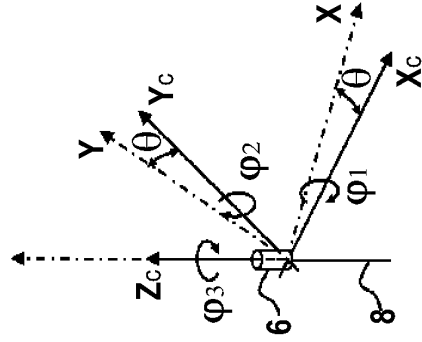


FIG. 4A

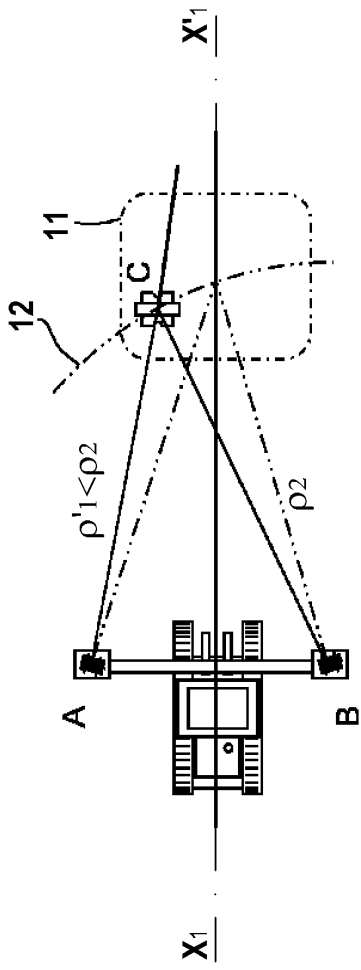


FIG. 5A

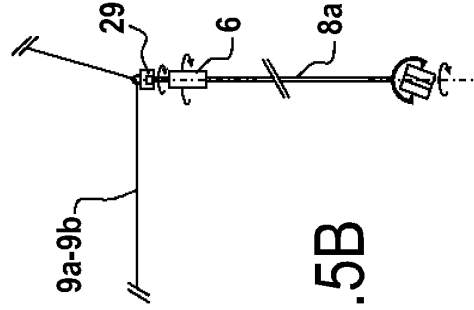


FIG. 5B

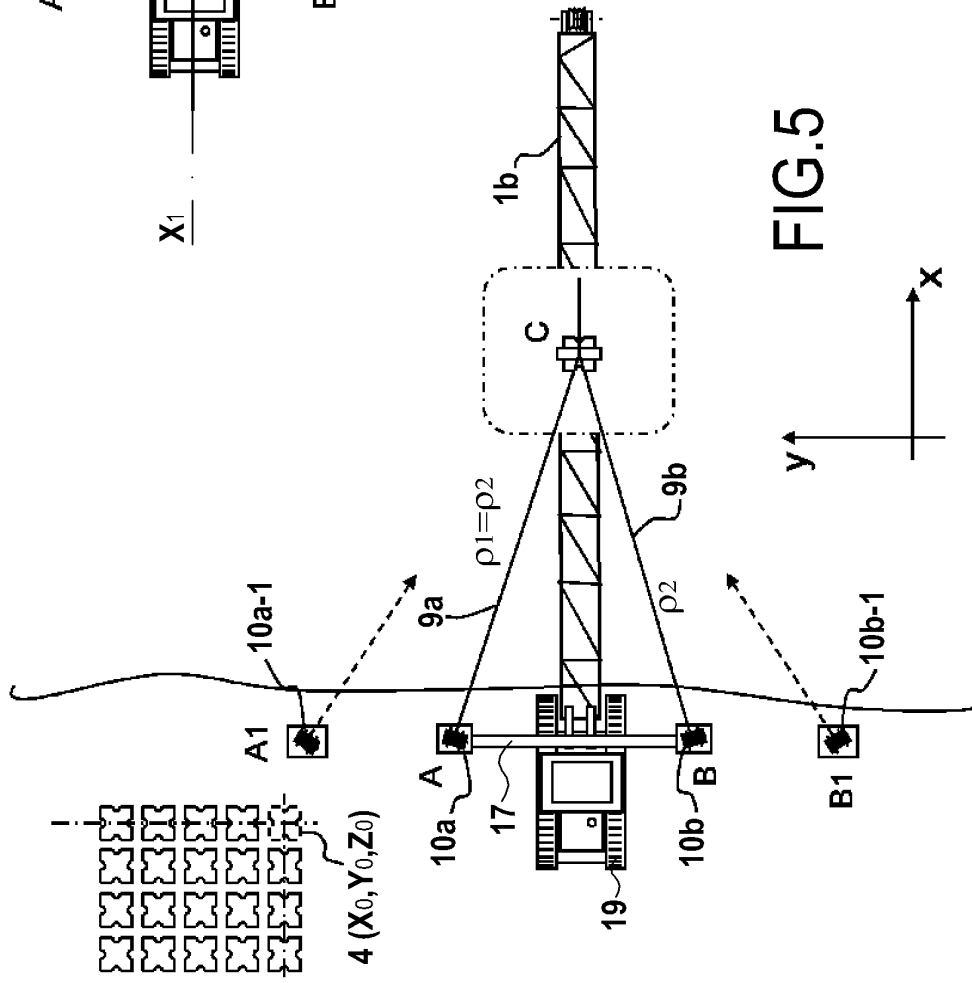


FIG. 5

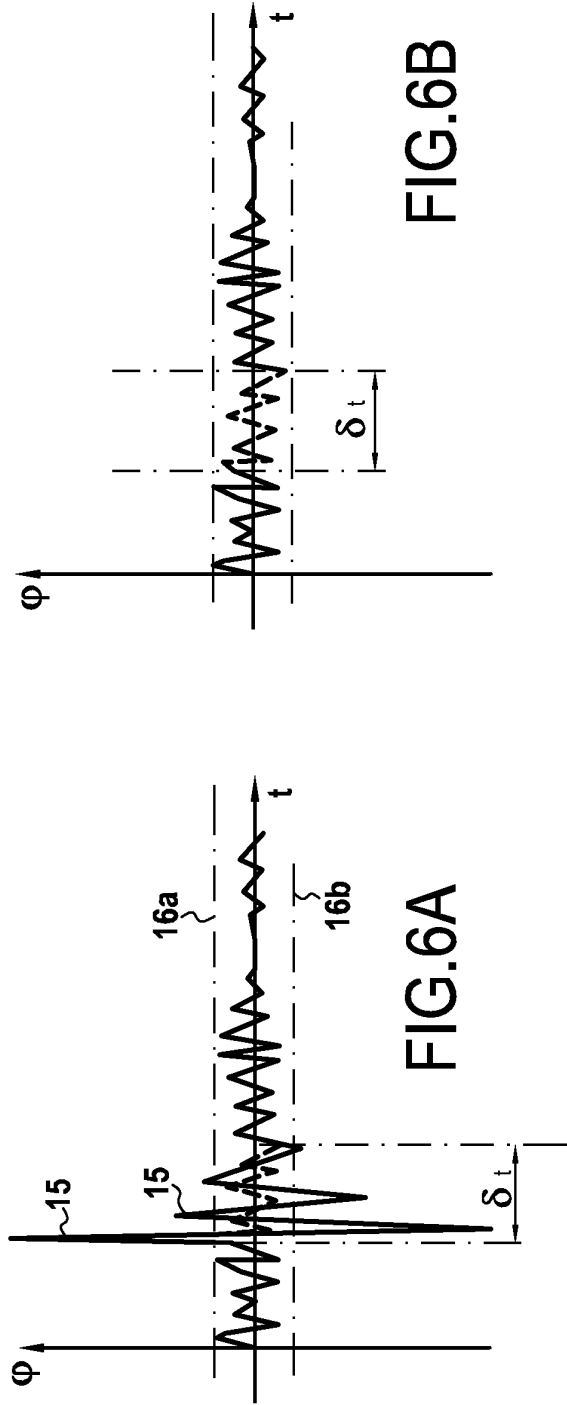


FIG. 6B

FIG. 6A

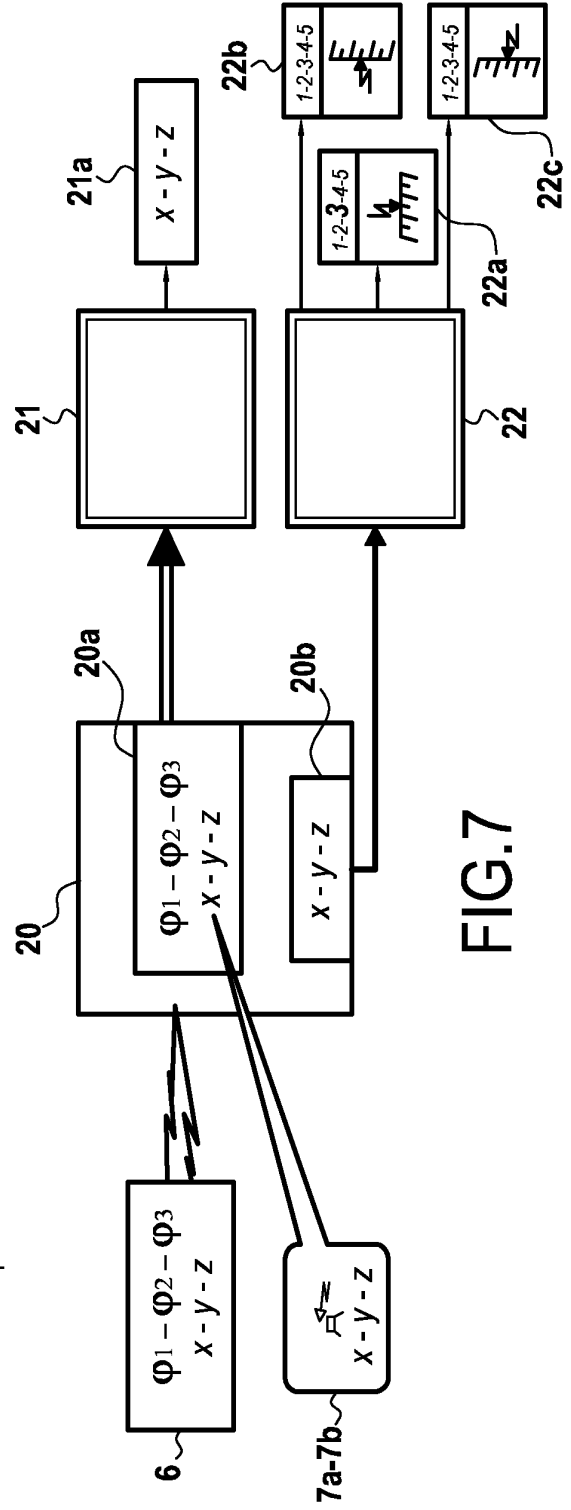
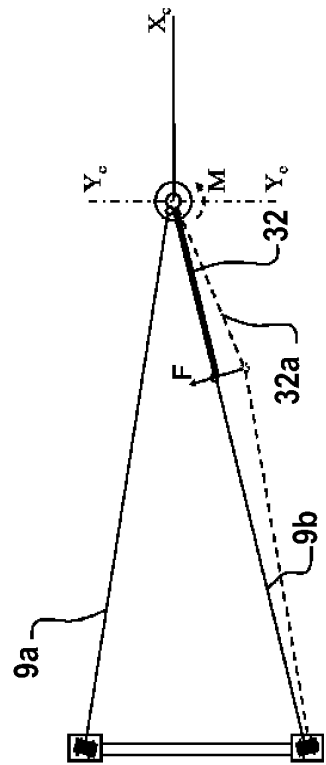
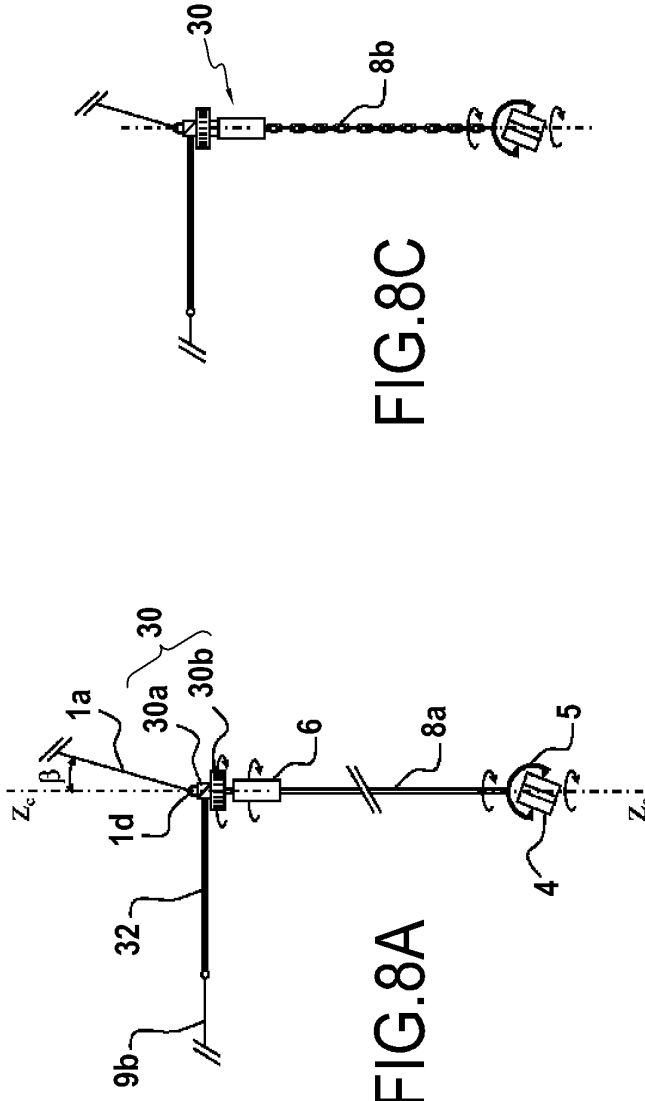


FIG. 7





**RAPPORT DE RECHERCHE  
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement  
national

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

FA 703657  
FR 0850490

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	US 4 171 053 A (CECCE ROBERT F [US]) 16 octobre 1979 (1979-10-16) * colonne 3, ligne 23 - colonne 5, ligne 13 *	1-5,14	B66C23/00 B66D3/00 E02D17/18 G01C21/16
X	US 6 039 193 A (NAUD STEVEN F [US] ET AL) 21 mars 2000 (2000-03-21) * abrégé; figures 1-3 * * colonne 1, ligne 13 - ligne 49 * * colonne 2, ligne 46 - colonne 3, ligne 24 *	1-4,14	
X	GB 2 252 295 A (DAVIDSON JAMES DANIEL DAVIDSON JAMES DANIEL [GB]) 5 août 1992 (1992-08-05) * abrégé; figure 1 * * page 1, ligne 6 - ligne 24 * * page 2, ligne 10 - ligne 21 * * page 2, ligne 29 - page 3, ligne 16 * * page 3, ligne 27 - page 4, ligne 4 * * page 5, ligne 13 - ligne 23 *	1-4,14	
A	US 1 481 234 A (AUGUSTUS SMITH) 15 janvier 1924 (1924-01-15) * abrégé; figure 1 *	2	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) B66C
A	CA 662 030 A (MANSAVER IND) 23 avril 1963 (1963-04-23) * abrégé; figures 1-3 *	5,6	
Date d'achèvement de la recherche		Examinateur	
23 septembre 2008		Faymann, L	
<p>CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS</p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire</p>		<p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons ..... &amp; : membre de la même famille, document correspondant</p>	

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE  
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0850490 FA 703657**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du 23-09-2008

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 4171053	A	16-10-1979	AUCUN	
US 6039193	A	21-03-2000	AUCUN	
GB 2252295	A	05-08-1992	AUCUN	
US 1481234	A	15-01-1924	AUCUN	
CA 662030	A	23-04-1963	AUCUN	