

①⑨ RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
—
**INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE**
—
COURBEVOIE
—

①① N° de publication :

3 087 748

(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

②① N° d'enregistrement national :

18 59864

⑤① Int Cl⁸ : **B 63 B 35/44** (2019.01), B 63 B 22/04, B 63 B 25/28

①②

BREVET D'INVENTION

B1

⑤④ DEPLOIEMENT ET LEVAGE DE CHARGES A L'AIDE D'UN VEHICULE SOUS-MARIN.

②② Date de dépôt : 25.10.18.

③③ Priorité :

④③ Date de mise à la disposition du public
de la demande : 01.05.20 Bulletin 20/18.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du
brevet d'invention : 28.05.21 Bulletin 21/21.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche :

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑥⑥ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : *FORSSEA ROBOTICS Société par
actions simplifiée* — FR.

⑦② Inventeur(s) : DREYFUS GAUTIER, CERRAMON
MAXIME et LOPES MENDES MANUEL.

⑦③ Titulaire(s) : FORSSEA ROBOTICS Société par
actions simplifiée.

⑦④ Mandataire(s) : REGIMBEAU.

FR 3 087 748 - B1



Déploiement et levage de charges à l'aide d'un véhicule sous-marin

DOMAINE TECHNIQUE DE L'INVENTION

5 L'invention appartient au domaine des opérations d'installation et de maintenance de structures installées au fond de la mer ou « offshore » ou installées dans tout autre milieu aquatique.

L'invention concerne un véhicule sous-marin et un système de déploiement et de levage pour positionner ou récupérer des charges sous-
10 marines.

ETAT DE LA TECHNIQUE

Les opérations sous-marines sont assistées à l'aide de deux principaux types de véhicules immergés : d'une part, les véhicules sous-
15 marins téléguidés ou ROV (pour « Remotely Operated Vehicle ») et d'autre part, les véhicules autonomes ou AUV (pour « Autonomous Underwater Vehicle »).

Les opérations d'installation de systèmes de production sous-marins, ou SPS, nécessitent de déposer des structures sous-marines à des
20 positions bien précises et déterminées, parfois à des profondeurs élevées (plus de 1 000 mètres).

Dans l'état actuel de la technique, l'installation de structures sous-marines est réalisée par des navires de construction de très grandes dimensions tels que des LCV (pour « Light Construction Vessel ») ou des
25 MSV (pour « Multi-Service Vessel »). Ces navires comprennent le plus souvent des grues dont les crochets ne sont pas motorisés. C'est le déplacement du navire en surface, le plus souvent guidé par un GPS (Dynamic Positioning System) qui permet de positionner la charge à l'endroit souhaité. L'opération est assistée par un ou plusieurs ROV qui
30 manipulent le crochet sous l'eau et le déplacent vers le point de largage de la charge suspendue ou de récupération d'une structure. Ces opérations nécessitent un équipage nombreux.

Parmi les structures sous-marines à installer, on peut noter que les balises de positionnement acoustique ou balises LBL (pour « Long Base Line ») présentent une masse très légère comparativement aux types de structures pour lesquelles les LCV ou MSV sont dimensionnés. Pour un
5 réseau de balises donné, plusieurs centaines de balises LBL peuvent être nécessaires. Le navire de construction et l'équipage associé peuvent être sollicités pendant quelques semaines, avec un coût de revient extrêmement élevé.

En outre, les balises LBL doivent être déployées à une position
10 précise sur le plancher marin. Une grue ne peut pas réaliser un déploiement précis sans être assistée par un ROV.

Les navires de construction et les grues sont également sollicités pour la récupération des balises, à la fin de la vie de la plateforme ou lorsqu'une ou plusieurs balises sont arrivées au bout de leur autonomie,
15 avec des coûts de revient supplémentaires. Lors de la récupération d'une balise depuis la mer, le ROV doit attendre un certain temps que le crochet de la grue cesse d'osciller au-dessus de la balise avant d'accompagner l'attache du crochet, ce qui allonge le temps de récupération de la balise.

A titre d'exemple, en 2015, le déploiement d'un ROV de puissance
20 supérieure à 100 chevaux, à l'aide d'un navire de construction, coûtait 120 000 euros par jour dont 100 000 euros alloués seulement aux coûts de fonctionnement du navire.

Or, le contexte économique actuel des industries sous-marines est très propice à une réduction des coûts d'installation et de maintenance
25 des structures.

Les navires de construction ont un coût journalier et une consommation d'énergie trop élevés, non adaptés à la gestion de charges légères.

De plus, les drones de surface les plus récents sont plus
30 performants que l'homme pour la prise de décision sur des opérations relativement simples, telles que la montée ou la descente d'une charge. Le levage et le déploiement de charges à l'aide de navires de construction demeure pourtant non automatisé à l'heure actuelle.

Par ailleurs, le déploiement de balises « non-permanentes » se généralise sur certains sites offshore, car des économies sont réalisées en simplifiant la conception mécanique des balises pour un déploiement et une récupération régulière, sans immersion de très longue durée dans l'eau. Les balises ne sont donc pas sujettes au vieillissement en milieu corrosif, et à l'enfoncement dans des fonds sédimentaires ou vaseux. Ainsi, ces balises de positionnement sont réutilisées d'un site à l'autre à intervalle régulier (typiquement 2 mois, soit la durée moyenne d'un forage offshore) sans coût de fabrication supplémentaire. Il est d'autant plus important de proposer des solutions plus économiques et efficaces pour le déploiement et le levage des balises.

PRESENTATION GENERALE DE L'INVENTION

Au vu de ce qui précède, on cherche à utiliser des navires logistiques dits PSV (pour « Platform Support Vessel »), déjà présents en général sur le site, pour la mise à l'eau et la récupération de charges sous-marines de petites dimensions telles que des balises acoustiques, et ainsi se passer d'un navire de construction doté d'une grue .

Il existe donc un besoin pour un ensemble de déploiement et de levage ayant un coût de fonctionnement raisonnable compte tenu des contraintes économiques du secteur sous-marin, tout en étant précis et rapide.

Il existe en outre un besoin pour un véhicule capable de déployer des charges à des positions prédéterminées et de les récupérer de façon autonome, tout en étant moins lourd et encombrant qu'une grue.

On recherche, de façon subsidiaire, un système de déploiement et de levage (LARS) capable d'accompagner la mise à l'eau et le retour à la surface d'un tel véhicule lorsque le poids d'une charge sous-marine accrochée au véhicule est élevé.

On recherche également un système de déploiement et de levage dont le poids soit suffisamment faible pour qu'il puisse être embarqué, avec un véhicule de déploiement et levage de charges, sur un navire PSV,

ou une plate-forme, ou un navire FPSO (pour « Floating Production Storage and Offloading »).

L'invention répond à ces besoins et concerne, selon un premier aspect, un véhicule sous-marin de déploiement et de levage de charges sous-marines, comportant un cadre de levage comprenant :

- une première extrémité supportant un organe de connexion adapté pour être connecté à un câble souple,
- une deuxième extrémité opposée à la première extrémité, la deuxième extrémité supportant des moyens de préhension destinés à accrocher une attache faisant saillie d'une charge sous-marine,

ledit cadre de levage s'étendant depuis la deuxième extrémité vers la première extrémité, de manière à déporter vers la première extrémité une tension générée par la charge sous-marine maintenue par les moyens de préhension.

Un véhicule de l'invention comprend ainsi des moyens de préhension à l'une de ses extrémités, lesquels peuvent coopérer avec une attache d'une structure à déployer ou à lever. Les moyens de préhension sont reliés à un cadre de levage qui s'étend le long du véhicule, vers une autre extrémité dans laquelle passe un câble souple.

Pour le déploiement d'une charge de petites dimensions, comme une balise acoustique, l'organe de connexion permet d'attacher le véhicule sous-marin à un treuil via le câble souple. Le cadre de levage permet de rappeler le véhicule à la surface lorsque la charge est attachée au véhicule, lors du levage de la charge. La tension exercée par le poids de la charge est déportée vers la première extrémité.

Un véhicule sous-marin de l'invention peut présenter en outre les caractéristiques non-limitatives suivantes, prises seules ou en l'une quelconque de leurs combinaisons techniquement possibles :

- le cadre de levage comprend une pluralité de tiges s'étendant depuis la deuxième extrémité en direction de la première extrémité, chacune des tiges étant fixée à une plateforme de la deuxième extrémité à laquelle les moyens de préhension sont fixés ;

- les moyens de préhension comprennent un actionneur pilotable électroniquement ou hydrauliquement ;

- la première extrémité du cadre de levage comprend une pièce de liaison fixée à l'organe de connexion et à laquelle des tiges sont fixées ;

5 - les moyens de préhension comprennent un élément de verrouillage, ledit élément de verrouillage comprenant un orifice adapté pour y engager une accroche d'une charge et comprenant des mâchoires, ou comportent un crochet ;

- l'organe de connexion du véhicule présente une forme adaptée pour venir en prise avec un organe d'attache d'un cadre secondaire
10 destiné au déploiement du véhicule.

Dans cette dernière variante, le véhicule peut être attaché à un cadre mobile d'un système de déploiement (LARS) par l'intermédiaire de l'organe de connexion. Cela permet le déploiement et le levage de charges
15 de dimensions plus importantes, sans qu'il ne soit nécessaire de fournir un enrouleur supplémentaire à l'intérieur d'un lest ;

- l'organe de connexion est configuré pour réaliser au moins un degré de liberté en rotation par rapport au câble souple ;

- le véhicule comprend en outre un module de détection optique
20 configuré pour détecter de façon autonome des cibles visuelles présentant un motif optique prédéterminé.

L'invention concerne, selon un deuxième aspect, un système de déploiement et de levage de charges sous-marines comprenant :

25 - un treuil comprenant un enrouleur configuré pour enrouler et dérouler une première extrémité d'un ombilical,

- un cadre principal configuré pour porter un véhicule sous-marin et guider l'ombilical,

- un cadre secondaire monté sur le cadre principal et comprenant
30 un cadre d'attache avec un organe d'attache configuré pour venir en prise avec un organe de connexion du véhicule sous-marin, pour que le cadre d'attache supporte une charge sous-marine attachée au véhicule.

Un système de déploiement et de levage selon l'invention présente donc un cadre secondaire monté sur le cadre principal et présentant un organe d'attache à un véhicule. Ce cadre secondaire peut être translaté pour accompagner un véhicule tel que défini ci-avant lors de sa
5 mise à l'eau, ou pour assister la remontée à la surface dudit véhicule lorsqu'une charge sous-marine y est accrochée.

Un système de l'invention peut présenter en outre les caractéristiques non-limitatives suivantes, prises seules ou en l'une quelconque de leurs combinaisons techniquement possibles :

10 - le cadre secondaire comprend un actionneur de poutre, l'actionneur étant électrique ou hydraulique, l'actionneur étant configuré pour déplacer le cadre d'attache selon une direction de translation ;

- le système comprend en outre au moins un actionneur secondaire configuré pour faire pivoter le cadre secondaire par rapport au cadre
15 principal ;

- le cadre principal comprend une accroche configurée pour venir en prise avec un organe de jonction placé à la deuxième extrémité d'ombilical ;

20 - le système comprend en outre un bâti configuré pour reposer sur une plate-forme de navire, le bâti présentant un volume de dégagement entre le treuil et un axe de rotation du cadre principal.

Selon un troisième aspect, l'invention vise un ensemble comprenant un système de déploiement et de levage tel que défini ci-avant, un
25 ombilical configuré pour être enroulé et déroulé autour de l'enrouleur du système de déploiement et de levage, un câble souple, un organe de jonction entre l'ombilical et ledit câble et un véhicule sous-marin tel que défini ci-avant, le véhicule étant configuré pour être relié au câble souple via l'organe de connexion.

30 De façon optionnelle, l'ombilical, l'organe de jonction, le câble souple et l'organe de connexion forment un canal de communication électrique et de communication de données.

L'invention vise en outre une structure d'amarrage d'un véhicule sous-marin, comprenant :

- une face sur laquelle au moins une cible visuelle est agencée,
- une interface d'accroche à des moyens de préhension du véhicule sous-
- 5 marin, ladite interface d'accroche étant localisée d'un même côté que la face,
- un support configuré pour recevoir une charge sous-marine à lever,
- une surface de positionnement sur un plancher sous-marin.

L'invention concerne, selon un autre aspect, un procédé de

10 déploiement d'une charge sous-marine présentant une attache, le procédé étant mis en œuvre par un véhicule sous-marin tel que défini ci-avant et comprenant des étapes de :

- engagement des moyens de préhension du véhicule sous-marin avec l'attache de la charge sous-marine,
- 15 descente en mer du véhicule à l'aide d'un treuil et d'un câble souple,
- pilotage du véhicule sous-marin jusqu'à un plancher,
- désengagement des moyens de préhension pour positionner la charge sous-marine sur le plancher.

Optionnellement, la descente en mer comprend des étapes de :

20 verrouillage de l'organe de jonction sur le cadre principal,

verrouillage d'une partie d'attache du véhicule sous-marin sur le cadre d'attache du cadre secondaire,

pivotement du cadre secondaire pour orienter le cadre d'attache face au plancher marin,

25 abaissement de la poutre d'attache,

déverrouillage de la partie d'attache pour libérer le véhicule sous-marin une fois le câble souple tendu,

déverrouillage de l'organe de jonction pour emmener le véhicule sous-marin sous l'eau.

30 Selon encore un autre aspect, l'invention concerne un procédé de levage d'une charge sous-marine présentant une attache, le procédé étant mis en œuvre par un ensemble tel que défini ci-avant et comprenant des étapes de :

descente en mer du véhicule à l'aide d'un treuil et d'un câble,
pilotage du véhicule jusqu'à une position de la charge sous-marine,
engagement des moyens de préhension du véhicule sous-marin avec
l'attache de la charge sous-marine,
5 remontée du véhicule sous-marin à l'aide du treuil.

PRESENTATION GENERALE DES FIGURES

D'autres caractéristiques, buts et avantages de l'invention
ressortiront de la description qui suit, donnée à titre d'exemple non
10 limitatif, accompagnée des dessins annexés parmi lesquels :

La **Figure 1A** représente un ensemble de déploiement et de levage
de l'invention, positionné sur un navire et portant une charge, selon un
premier mode ;

La **Figure 1B** représente un ensemble de déploiement et de levage
15 de l'invention, positionné sur un navire et portant une charge, selon un
deuxième mode ;

La **Figure 2** est une vue schématique en perspective de l'extérieur
d'un véhicule sous-marin, laissant voir en partie l'intérieur du véhicule,
ainsi que d'une structure d'amarrage (en partie basse de la figure)
20 comprenant notamment une balise et un système d'accroche avec le
véhicule sous-marin ;

La **Figure 3** est une vue rapprochée d'un organe de connexion à un
câble souple faisant partie du véhicule de la Figure 2 ;

La **Figure 4** est une vue en perspective de certains éléments à
25 l'intérieur de la coque du véhicule de la Figure 2 ;

La **Figure 5** est une vue schématique en perspective d'un système
de déploiement et de levage selon un mode de réalisation ;

La **Figure 6** est une vue rapprochée du cadre secondaire du
système de la Figure 5 dans une position à cadre d'attache non déployé ;

30 La **Figure 7** illustre les étapes d'un procédé de déploiement d'une
charge sous-marine selon un mode de réalisation ;

Les **Figures 8A, 8B, 8C et 8D** représentent schématiquement des
états successifs d'un ensemble de déploiement et de levage positionné sur

un navire logistique et portant une charge, pendant le procédé de déploiement de la Figure 7 ;

La **Figure 9** illustre les étapes d'un procédé de levage d'une charge dont une position est connue, selon un mode de réalisation.

5

DESCRIPTION DETAILLEE DE MODES DE REALISATION

Les exemples de mise en œuvre de l'invention qui vont suivre concernent le déploiement et le levage de balises, telles que des balises acoustiques LBL, sur un plancher sous-marin.

10 On comprendra toutefois que l'invention peut être mise en œuvre avec les mêmes avantages pour des charges sous-marines d'autres types.

Parmi les charges compatibles avec l'invention, d'autres structures permanentes ou non-permanentes peuvent être déployées et/ou levées, comme des systèmes de production d'huile et de gaz, des stations
15 résidentes pour ROV ou AUV, des batteries, des cages de matériel pour des campagnes ROV (« ROV Basket »), des observatoires scientifiques sous-marins, des stations d'écoute active ou passive, des équipements éoliens sous-marins ou hydroliens, ou encore des bacs de production de minerais sous-marins.

20 Plus généralement, le véhicule décrit ci-après permet de déployer et/ou de lever n'importe quelle structure mécanique de dimensions compatibles, si tant est que lesdites charges puissent être portées par un véhicule sous-marin.

Dans toute la suite, des éléments similaires présents sur plusieurs
25 figures portent les mêmes références alphanumériques.

Ensemble de déploiement et de levage de charges

La **Figure 1A** représente un ensemble de déploiement et de levage de charges sous-marines selon un premier mode de réalisation.

30 L'ensemble de la Figure 1A comprend un système de déploiement et de levage 1 (ci-après désigné LARS) comprenant un treuil 10 contrôlant l'enroulement d'un ombilical 2. Le LARS 12 comprend en outre un cadre principal 12 et un cadre secondaire 13. En alternative, le LARS pourrait ne

pas être doté de cadre secondaire. L'ensemble comprend en outre un organe de jonction 3 (communément désigné « clump weight » selon la terminologie anglosaxonne), un câble souple 4 (communément désigné « tether » selon la terminologie anglosaxonne) et un véhicule sous-marin 5 qui seront décrits ci-après.

On a également représenté une charge sous-marine 6 fixée au véhicule sous-marin 5 sur la figure.

L'ensemble de déploiement et de levage est ici positionné sur un navire 8 qui peut être piloté par un équipage ou être auto-piloté par Dynamic Positioning System, voire inhabité et autonome (drone, ou USV pour « Unmanned Surface Vessel »)

Le navire 8 est de préférence un navire logistique. Comme il a été indiqué en introduction, les navires logistiques présentent un coût de fonctionnement journalier bien inférieur à celui d'un navire de construction car ils n'embarquent pas nécessairement de grue.

Un autre avantage du navire logistique est que son coût de fonctionnement est déjà comptabilisé dans le budget de fonctionnement d'un site sous-marin, ce qui facilite la gestion financière de l'équipement.

En alternative, le LARS 1 pourrait être porté par une plateforme offshore, ou par un véhicule aéroporté.

Dans cet exemple, le cadre principal 12 du LARS 1 est mobile en rotation autour d'un axe C. L'axe C s'étend parallèlement à une surface de positionnement du LARS 1.

Le cadre principal est motorisé et commandable électroniquement pour fournir un bras de levier afin de déplacer l'organe de jonction 3 et le véhicule 5. Dans l'exemple de la Figure 1A, une opération de déploiement de la charge 6 est en cours et la charge 6 a été déplacée par le cadre principal, depuis une position à l'intérieur du LARS au niveau d'une plateforme du navire, ladite position étant représentée en pointillés, vers une position en-dessous du niveau de la mer.

Le LARS permet un accès à la position de départ de la charge 6 avant déploiement. Un opérateur doit en effet pouvoir déplacer manuellement la charge depuis le pont du navire. En alternative, la charge

peut être transportée en kit et assemblée directement sur la plate-forme, pour limiter son encombrement sur le navire avant assemblage.

On a représenté sur la **Figure 1B** un ensemble de déploiement et de levage de charges sous-marines selon un mode de réalisation alternatif. L'ensemble comprend toujours un LARS 1, un ombilical 2, un
5 organe de jonction 3, un câble souple 4 et un véhicule sous-marin auquel est fixée une charge 6.

Le LARS 1 est ici positionné sur une plateforme tournante 9. La plateforme est mobile en rotation selon la direction E. La plateforme
10 tournante 9 est par exemple de forme cylindrique et comprend une face inférieure positionnée sur un navire et une face supérieure sur laquelle est positionné le LARS 1. En alternative, la plateforme 9 pourrait être positionnée dans le prolongement d'une structure sous-marine.

Un avantage de ce mode de réalisation est que le cadre principal
15 peut être pivoté non seulement de haut en bas, mais également autour d'un axe de rotation vertical. On peut donc accrocher ou libérer la charge 6 directement à l'endroit souhaité sur le pont du navire.

Dans la description qui va suivre concernant le véhicule 5, le LARS 1, l'organe de jonction 3, le procédé de déploiement et le procédé de
20 levage, on se réfèrera à l'ensemble de la Figure 1A. Toutefois, des éléments de structure et de fonctionnement similaires peuvent être utilisés avec l'ensemble de déploiement et de levage de la Figure 1B.

Véhicule sous-marin

25 La **Figure 2** est une vue schématique du véhicule sous-marin 5 selon un exemple de réalisation. Ce véhicule sous-marin est ici de type télécommandé et correspond à un ROV (« Remotely Operated Vehicle »). Le véhicule peut comprendre en outre un mode de navigation autonome.

En termes de structure mécanique, le véhicule 5 comprend un corps
30 interne 54 autour duquel s'étend un cadre de levage 53. Le corps 54 est de forme sensiblement cylindrique et peut contenir des commandes électroniques nécessaires au fonctionnement du véhicule.

Le cadre 53 et le corps 54 sont contenus dans une coque 58 étanche. La coque 58 permet d'équilibrer le véhicule dans l'eau en jouant le rôle de flotteur. De préférence, la coque 58 présente une forme profilée de sorte à réduire le frottement vertical lors de la navigation du véhicule, ce qui favorise son hydrodynamisme avec des vitesses de montée et de descente accrues.

Sur une première extrémité (ici en haut de la figure) du cadre de levage 53, un organe de connexion 50 réalise la connexion mécanique et électrique du véhicule 5 à un câble électrique de commande, ici un câble souple.

On a représenté en **Figure 3** la première extrémité du cadre de levage et l'organe de connexion 50 en vue rapprochée (sans la coque).

L'organe de connexion 50 est fixé à une partie de liaison 56 du cadre de levage 53 orientée vers l'extrémité. L'organe 50 constitue un support mécanique pour le câble souple 4 qui transmet un courant continu et/ou alternatif. Il peut être relié à un module électrique (non représenté) du véhicule 5. En outre, le câble 4 est configuré pour transmettre des signaux électroniques transportant des données, par exemple des données de commande du véhicule et/ou des signaux vidéo en temps réel. Pour la réception et/ou l'envoi de signaux électroniques, le véhicule peut comprendre une arrivée optique, par exemple au niveau du corps 54.

L'élément 50 forme un organe de reprise mécanique d'une tension exercée sur le câble souple 4. L'organe de connexion 50 est configuré pour transmettre au cadre de levage 53 une tension exercée sur le câble souple 4.

L'organe de connexion 50 permet en outre de fixer le câble souple au véhicule 5. Un orifice 501 cylindrique permet le passage du câble.

Par ailleurs, l'organe 50 est avantageusement configuré pour permettre la fixation de la première extrémité du véhicule 5 sur un organe d'attache d'un LARS, le véhicule étant éventuellement chargé à son autre extrémité lors de sa fixation à l'organe d'attache du LARS.

A ce titre, l'organe de connexion 50 présente ici une portion 51 de diamètre réduit. La portion 51 est juxtaposée à une portion terminale 502 de diamètre plus important, dans laquelle est pratiqué l'orifice 501, et à une portion médiane 503 également de diamètre plus important.

5 L'interface entre la portion terminale 502 et la portion de diamètre réduit 51 forme une butée transversale à la direction A, sur laquelle un verrou d'un organe d'attache de LARS peut venir buter.

De préférence, l'organe de connexion présente une forme de « bullet termination », autrement dit de terminaison projectile.

10 Pour l'accrochage à la partie de liaison 56, la partie médiane 503 se prolonge par une accroche 504 opposée à la partie terminale 501. L'accroche 504 est montée sur la partie médiane 503 et peut s'ouvrir et se fermer sur une partie terminale 562 de la partie de liaison 56.

De préférence, l'accroche 504 est montée pivotante sur la partie

15 médiane 503, de sorte que la partie médiane 503 peut tourner autour d'un axe F sensiblement perpendiculaire à la direction A.

L'organe 50 dispose donc d'un degré de liberté en rotation par rapport au câble souple. Un avantage est de permettre au véhicule de demeurer vertical malgré une éventuelle force de rappel exercée par le

20 câble souple.

De plus, l'organe 50 est ici, de façon avantageuse et non nécessaire, capable de se déplacer horizontalement (sensiblement parallèlement à la direction F) par rapport aux arceaux 561. Cela permet de rendre le véhicule davantage indépendant par rapport aux mouvements du câble.

25 Sur une partie basse de la Figure 3, la partie de liaison 56 du cadre de levage comporte une plateforme circulaire 560 sur laquelle sont fixés des arceaux 561 parallèles. Les arceaux se prolongent sur une partie terminale 562 configurée pour venir en prise avec l'accroche 504.

Ici, les arceaux 561 sont de taille suffisante pour placer un

30 propulseur 57 à l'intérieur.

De retour à la Figure 2, sur une deuxième extrémité du cadre 53, située à l'opposé de la première extrémité selon la direction d'extension

A, figurent des moyens de préhension 52. Les moyens de préhension sont configurés pour venir en prise avec une attache faisant saillie d'une charge sous-marine, pour la fixer de façon amovible. La deuxième extrémité correspond à l'avant du véhicule et la première extrémité correspond à l'arrière.

Ici, les moyens de préhension 52 comportent une plate-forme de verrouillage 520. La préhension de la charge peut toutefois être réalisée autrement, par exemple de façon magnétique si le poids de la charge est faible.

La plate-forme de verrouillage 52 comporte un corps allongé se terminant par une surface inférieure dans laquelle est pratiqué un orifice 520 formant un organe femelle. Une interface d'accroche 62 d'une charge forme un organe mâle pouvant s'engager dans l'orifice 520.

Pour saisir l'interface d'accroche lorsque cette dernière est engagée dans la plate-forme, la plate-forme comporte des mâchoires 521 en retrait par rapport à la surface inférieure. Une ouverture et une fermeture des mâchoires 521 est commandée par un actionneur 522, lui-même commandable électroniquement ou hydrauliquement à distance.

Ici, l'actionneur 522 est un vérin.

Les moyens de préhension 52 sont montés sur la face inférieure d'une plateforme 55 solidaire du cadre de levage 53.

De plus, les moyens de préhension 52 sont ici symétriques par rotation autour de l'axe A. Un avantage est de ne pas nécessiter un pivotement du véhicule 5 sur lui-même, avant son entrée en prise avec une interface d'accroche d'une charge sous-marine.

En alternative, les moyens de préhension 52 pourraient comporter un simple crochet, dont l'ouverture et la fermeture sont de préférence toujours contrôlables à distance par l'intermédiaire d'un actionneur.

En-dessous de la plate-forme de verrouillage 52 formant les moyens de préhension, on a également représenté sur la Figure 2 une structure d'amarrage configurée pour être saisie par la plate-forme 52.

Par « structure d'amarrage » on entend une structure positionnée sur le plancher sous-marin, de préférence à une position prédéterminée.

Cette structure forme non seulement un support pour une charge (ici une balise LBL 53) mais également un point de repère pour l'approche du véhicule 5 sous-marin.

En effet, la structure d'amarrage comporte des cibles visuelles 61
5 qui peuvent être détectées de manière automatique par un module de détection visuelle du véhicule. Le module de détection est décrit ci-après.

Sur une partie haute, la structure d'amarrage comprend une interface d'accroche 62 apte à s'engager dans les moyens de préhension du véhicule. L'interface d'accroche 62 est ici dans l'alignement d'un axe
10 vertical de la structure d'amarrage. Il peut s'agir d'une bitte d'amarrage.

Sous l'interface d'accroche, la structure d'amarrage comprend une face 610 sur laquelle des cibles visuelles 61 sont agencées. La structure d'amarrage comprend ici trois cibles visuelles 61. On peut envisager un nombre quelconque de cibles, par exemple entre une et dix cibles. Les
15 cibles sont réparties autour de l'axe vertical, de sorte qu'au moins une cible demeure visible par le véhicule quelle que soit son orientation. De façon avantageuse, les marqueurs 61 sont composés majoritairement d'un matériau résistant, empêchant par ailleurs la prolifération de flore marine telle que des algues. Un exemple de matériau est le silicone.

De plus, les marqueurs 61 sont préférentiellement disposés sur une
20 face supérieure de la charge présentant une inclinaison par rapport à un plan horizontal pour limiter le dépôt de sédiments, par exemple une inclinaison comprise entre 10° et 30° , de préférence une pente de 20° .

Les cibles visuelles correspondent à des cibles métrologiques. Une
25 cible métrologique comporte un marqueur permettant d'identifier la structure sur laquelle il est apposé, ce marqueur étant typiquement un QR Code 2D ou 3D. De plus, le véhicule sous-marin peut être positionné en temps réel par rapport au marqueur de la cible métrologique à l'aide d'un algorithme de positionnement automatique. Avantageusement, les
30 marqueurs des cibles métrologiques ont été enregistrés dans une base de données accessible par le véhicule, en association à la position prédéterminée de la balise.

La structure d'amarrage jouant également le rôle de support de balise, la structure d'amarrage comprend également un logement pour balise, ici un anneau 630 de support reposant sur un tenant de la face 61 de la structure d'amarrage.

5 La structure d'amarrage comprend en outre une surface 64 de positionnement sur un plancher sous-marin sensiblement plat.

Ici, la structure d'amarrage présente une forme de tétraèdre creux : la face inférieure du tétraèdre constitue la surface de positionnement. L'axe vertical de la structure constitue un axe de symétrie.

10 De préférence, la structure d'amarrage est fabriquée en un matériau léger, de sorte à pouvoir être saisie et portée hors de l'eau par le véhicule 5 sans provoquer une cassure au niveau du cadre de levage du véhicule ou au niveau des moyens de préhension.

15 On a représenté en **Figure 4** le même véhicule 5 sans la coque 58, de sorte à mieux visualiser les éléments internes du véhicule 5 et notamment le cadre de levage 53.

20 Quatre tiges 530 s'étendent depuis la face supérieure de la plateforme 55 vers l'extrémité haute du véhicule 5. La plateforme 55 est donc suffisamment large pour y placer les extrémités des quatre tiges 530. Les tiges sont ici disposées en périphérie de la face supérieure, cette dernière présentant une forme de disque.

25 Ici, les quatre tiges 530 divergent vers l'extérieur de la plateforme 55 sur une partie basse, puis s'étendent vers le haut selon la direction A. Les tiges contournent le corps 54 et rejoignent la plateforme circulaire 560 de la pièce de liaison 56 située à l'extrémité haute du véhicule.

L'ensemble formé par les tiges 530 et la partie de liaison 56 comprenant les arceaux 561 constitue une cage autour du corps 54.

30 Ainsi, une tension mécanique exercée sur les moyens de préhension, par exemple par le poids d'une charge, ne transite pas par le chemin le plus court passant par le corps 54 pour parvenir à l'organe de connexion 50 situé à l'autre extrémité. La tension générée par la charge

sur les moyens de préhension 52 est déportée via le cadre de levage 53 vers l'accroche 562, puis vers l'organe de connexion 50.

Un avantage de l'ajout du cadre de levage dans la structure mécanique du véhicule est de transmettre la tension entre le câble 4 et
5 les moyens de préhension 52, sans cassure entre l'organe de connexion et les moyens de préhension. On réduit fortement les risques de rupture au niveau des éléments du corps du véhicule : composants électroniques, propulseurs, capteurs... Le cadre de levage assiste donc la mise à l'eau et la récupération des charges sous-marines.

10 Pour que le cadre de levage supporte bien le poids des charges, un matériau majoritaire (en pourcentage massique) des éléments du cadre de levage 53 est un matériau présentant une résistance élevée à la cassure, de préférence un métal ou un polymère de dureté élevée.

Un avantage de la forme de cage pour le cadre de levage 53 est de
15 ménager une pluralité d'espaces à l'intérieur de la coque 58 pour le positionnement d'éléments fonctionnels du véhicule 5.

Sur la Figure 4, on a représenté six propulseurs 57. Il s'agit ici de propulseurs à hélice. Les propulseurs 57 réalisent six degrés de liberté pour le déplacement dans l'eau du véhicule 5 : trois degrés de liberté en
20 translation selon trois directions de l'espace, et trois degrés de liberté en rotation. Ici, un propulseur est placé à l'intérieur de la partie de liaison 56, un propulseur est placé entre la plateforme 55 et une face latérale du corps 54, et quatre propulseurs sont placés sur les tiges 530 le long de la hauteur du corps 54.

25 En alternative, le cadre de levage 53 pourrait comprendre des éléments situés hors de la coque 58.

Parmi les autres éléments fonctionnels possibles, le véhicule 5 comprend avantageusement un module de détection optique pour la détection de cibles visuelles sous l'eau. Ledit module est configuré pour
30 détecter de façon automatique un motif visuel prédéterminé (par exemple un QR Code ou un marqueur composé de cibles métrologiques 2D ou 3D). De façon avantageuse, une base de données distante comprend des associations entre des motifs visuels (typiquement des QR Codes) et

l'identification de la structure associée. La localisation précise au fond de l'eau est calculée en temps réel par l'intermédiaire d'une reconnaissance du marqueur. En fonction d'une position absolue d'une cible visuelle et d'une position relative du véhicule par rapport à la cible visuelle, une position absolue du véhicule peut être déterminée par un algorithme de positionnement exécuté par une unité de traitement du véhicule 5.

De préférence, l'algorithme de positionnement exploite, en sus des données visuelles issues de la reconnaissance de motifs visuels (par exemple les cibles visuelles sous l'eau), des données inertielles et/ou des données acoustiques, par exemple issues de signaux USBL reçus depuis le navire en surface et/ou depuis des balises acoustiques immergées. Ici, le module de détection optique comprend un dispositif de commande et une caméra dirigée vers l'avant du véhicule, pour acquérir des images sous-marines selon des instructions du dispositif de commande.

De manière plus générale, le module de détection optique peut être remplacé par tout moyen de détection permettant de mettre en relation un capteur pouvant fonctionner de manière autonome et un point métrologique associé à une position prédéterminée – le capteur étant dans cet exemple la caméra, et le point métrologique étant la cible visuelle. D'autres types de cibles (formes géométriques 2D ou 3D, lasers, émetteurs/récepteurs acoustiques, sonars actifs ou passifs, rayons lumineux) peuvent remplacer les QR Codes de la structure d'amarrage. On peut également envisager une détection d'éléments magnétiques positionnés sur la structure, qui deviennent détectables dès lors que le véhicule est suffisamment proche.

Le véhicule 5 comprend en outre une unité de traitement pour traiter des données transmises par le câble souple 4 (par exemple des données de positionnement) et des données transmises par le dispositif de commande du module de détection (par exemple des images).

Le véhicule sous-marin 5 a une masse d'environ 100 kilogrammes et une taille d'environ 1,1 mètre. Ces dimensions sont proches des dimensions d'un ROV d'observation standard, et sont bien plus réduites

que les dimensions habituelles d'un ROV de travail destiné à accompagner le déplacement d'un crochet de grue de navire de construction.

Le véhicule décrit ci-avant peut donc être déployé depuis un navire de petite taille et remplace avantageusement une grue pour la mise à l'eau et la récupération de charges sous-marines.

En outre, la plateforme 52 de la deuxième extrémité du véhicule peut être modulaire. Les moyens de préhension 52 peuvent être remplacés ou complétés par un connecteur électrique et/ou Wi-Fi et/ou un outil dynamométrique et/ou une sonde de protection cathodique, ou encore par d'autres moyens de préhension connus adaptés en fonction de la forme et de la masse des charges à déployer ou à lever.

Système de déploiement et de levage

On a représenté en **Figure 5** le LARS 1 (pour « Launch and Recovery System ») de la Figure 1A, vu en perspective.

Le LARS 1 comprend un treuil 10, un cadre principal 12 et un cadre secondaire 13 montés sur un bâti 17. Le bâti 17 peut reposer sur une surface plane telle qu'une plateforme de navire.

Le treuil 10 comprend un enrouleur 11 comprenant un corps cylindrique monté rotatif autour du bâti. Une première extrémité 20 de l'ombilical 2 peut être enroulée autour du corps cylindrique, via des moyens de pilotage du navire, pour générer une tension sur l'ombilical. Le corps cylindrique est de longueur suffisante pour y enrouler une longueur d'ombilical comprise entre 200 et 6 000 mètres, ici 2 000 mètres d'ombilical. L'enrouleur peut supporter un poids d'environ 180 kN.

Le cadre 12 est monté rotatif sur le bâti pour pouvoir déployer le véhicule 5. Ici, le cadre 12 comprend deux bras 120 parallèles joints, au niveau d'une extrémité haute, à une poutre transversale 121, et comprenant chacun un pied 125 à une extrémité basse. Les pieds 125 sont montés rotatifs sur deux colonnes parallèles 123 fixées au bâti. Des vérins 124 sont positionnés sur une partie arrière des colonnes 123, les vérins faisant face verticalement aux pieds 125 du cadre principal.

La commande des vérins du bas vers le haut permet de déplacer la poutre transversale 121 d'une position à l'aplomb du volume de dégagement 18 à une position située en face de la surface de la mer.

5 Le cadre principal 12 comprend en outre une poulie 122 attachée à la poutre transversale 121, pour transmettre la tension imposée par l'enrouleur le long de l'ombilical 2. De préférence, la poulie 122 comporte une accroche pour attacher la face supérieure de l'organe de jonction 3 à la poulie avant la mise à l'eau du véhicule 5. L'organe de jonction 3 est également attaché à la deuxième extrémité de l'ombilical.

10 Le cadre principal, monté rotatif sur le bâti, peut porter le poids du véhicule sous-marin lors de sa montée et de sa descente.

En outre, la poulie du cadre principal permet de guider l'ombilical, notamment lors de son enroulement et de son déroulement.

15 De manière très avantageuse, le bâti 17 présente un volume de dégagement 18 entre le treuil 10 et les colonnes du cadre principal 12. Les bras 120 sont ainsi en retrait par rapport au treuil. La distance entre le treuil et le cadre principal peut être ajustée à l'envi pour obtenir le volume de dégagement souhaité.

20 On dispose ainsi de suffisamment de hauteur de travail sous la poutre 121 pour disposer des charges de dimensions modérées, telles que des balises acoustiques LBL. Le volume de dégagement ménage une longueur de préférence comprise entre 1 et 10 mètres, ici 6,5 mètres.

25 La **Figure 6** est une vue rapprochée du cadre secondaire 13 du LARS 1. Le cadre secondaire comprend deux tiges secondaires 14 parallèles s'étendant selon une direction B, montées sur le cadre principal 12. Dans cet exemple, les tiges 14 sont montées pivotantes aux extrémités de la poutre transversale 121.

30 De façon alternative, les tiges 14 pourraient être montées plus proches entre elles sur la poutre 121, ce qui limite l'encombrement et la masse du cadre secondaire 13.

Entre les extrémités libres des tiges 14 s'étend un cadre d'attache 15. Le cadre d'attache prend ici la forme d'une deuxième poutre parallèle à la poutre transversale 121 du cadre principal.

De façon alternative, le cadre d'attache 15 pourrait être attaché directement à la poutre 121 sans tiges intermédiaires.

Le cadre d'attache 15 comprend un organe d'attache 150 configuré pour venir en prise avec l'organe de connexion 50 du véhicule 5. Ici, l'organe 150 comprend un alésage dans la largeur de la poutre, dans lequel la partie de diamètre réduit de l'organe de connexion 50 peut être insérée. L'organe 150 comprend également une cloison (non représentée ici) mobile entre une position verrouillée, où l'alésage est fermé, et une position déverrouillée. Lorsque la cloison est verrouillée autour de l'organe 50, ce dernier est bloqué latéralement.

Afin de déclencher l'ouverture et la fermeture de la cloison mobile de l'organe 150, le LARS comprend un actionneur de verrou, de préférence un vérin hydraulique ou un actionneur électrique. Un module de commande de l'actionneur de verrou est de préférence déporté du cadre d'attache 15 et placé soit sur le cadre principal 12, soit sur le bâti 17. Pour transmettre la commande électrique de l'actionneur, des câbles électriques s'étendent depuis l'organe 150 le long de la direction B.

De façon très avantageuse, le cadre d'attache 15 présente un degré de liberté en translation selon la direction B.

Les deux tiges 14 comprennent des actionneurs qui permettent de contrôler l'allongement de câbles renforcés (non visibles ici) à l'intérieur de chaque tige, les extrémités desdits câbles étant reliées aux extrémités du cadre d'attache 15. Ici, les actionneurs sont des moteurs électriques. Dans la position de la Figure 6, les câbles renforcés sont rétractés à l'intérieur des tiges et le cadre d'attache 15 bute contre les tiges 14. Chaque moteur électrique est associé à un actionneur de poutre 140 commandé électroniquement.

Le treuil 10 peut comprendre des moteurs pour commander les mouvements décrits ci-avant pour le cadre principal 12, le cadre secondaire 13 et le cadre d'attache 15 du LARS.

Le cadre d'attache 15 accompagne et contrôle le mouvement d'entrée dans l'eau ou de sortie de l'eau du véhicule 5. Notamment, on contrôle la traversée par le véhicule sous-marin d'une interface entre l'air

libre et le milieu aquatique, connue également sous la dénomination anglosaxonne de « splash zone ». On stabilise l'organe de jonction et le câble souple lors du passage de la splash zone, en limitant les balancements incontrôlés de l'ensemble. Les opérations de mise à l'eau et de récupération des charges sont donc sécurisées.

En outre, un poids exercé par une charge accrochée au véhicule est transmis sur le cadre d'attache 15, puis sur la poutre transversale 121 du cadre principal. Notamment, lorsque le véhicule traverse la « splash zone » alors que la charge est accrochée au véhicule, le poids ressenti par le câble souple 4 est moindre, ce qui limite les risques de cassure dudit câble. Le cadre 15 sert ainsi de retour de force pour lever la charge accrochée aux moyens de préhension du véhicule 5.

Il est ainsi possible de réaliser le levage de charges jusqu'à 2 000 ou 3 000 kilogrammes, sans surdimensionner le véhicule 5.

De façon avantageuse, le cadre secondaire 13 est monté rotatif autour de la poutre transversale 121 et peut pivoter dans la direction D, comme illustré en Figure 5. Des actionneurs électriques ou hydrauliques peuvent être disposés de part et d'autre de la poutre 121 à cette fin. Il est ainsi possible d'orienter le cadre secondaire 13 indépendamment de l'orientation du cadre principal, par exemple pour venir récupérer une charge disposée dans le volume de dégagement 18 alors que la poutre 121 du cadre principal est dirigée vers l'extérieur du navire.

On notera que le LARS 1 présente une masse, une consommation d'énergie et un encombrement bien moindres comparativement à une grue d'un navire de construction standard. L'usage d'un tel LARS est donc avantageux en termes de coûts et de consommation énergétique.

Le poids modéré de ce LARS lui permet d'être embarqué et opéré sur un navire PSV, une plate-forme ou un navire FPSO.

De retour à la Figure 6, en allongeant les câbles renforcés présents dans les tiges 14, on peut abaisser ou soulever le cadre d'attache 15. La commande de l'allongement desdits câbles permet donc de contrôler le mouvement du véhicule 5 et la tension sur le câble 4, jusqu'au passage

de la « splash zone », puis à quelques dizaines de mètres sous la surface. Le véhicule sera ensuite libéré.

De préférence, la longueur du câble souple 4 est choisie de sorte que ledit câble soit tendu lorsque le véhicule 5 atteint une profondeur
5 prédéterminée au-dessous de la surface de l'eau (par exemple, une profondeur de 10 mètres). Ainsi, lorsque le véhicule 5 est détaché du cadre d'attache 15, il ne risque pas de dériver loin du navire 8. La longueur du câble 4 est de préférence comprise entre 10 et 100 mètres, et est ici de 20 mètres.

10

Organe de jonction

Comme indiqué ci-avant, le véhicule 5 est relié au LARS au cours de sa mise à l'eau ou de sa récupération, via un câble souple 4 attaché à l'organe de connexion 50 du véhicule et via un organe de jonction 3.

15 L'organe de jonction 3 est attaché d'une part à l'ombilical 2 et d'autre part au câble souple 4.

De façon classique, l'organe de jonction ou « clump weight » comprend un boîtier formant une connexion électrique ou électro-optique entre le câble souple 4 et l'ombilical 2. Le boîtier est relié à des interfaces
20 électroniques positionnées sur la face supérieure et la face inférieure de l'organe 3. Le boîtier est en outre relié à un transformateur électrique capable de passer entre un courant à haute tension et un courant à basse tension, par exemple un transformateur de puissance.

L'organe de jonction comprend optionnellement un transpondeur
25 acoustique 33, ici un transpondeur de type USBL (« Ultra-Short Base Line ») et/ou une masse et/ou une caméra et/ou des propulseurs lui permettant de corriger sa position.

De préférence, des connexions de type « bullet termination » positionnées sur des faces supérieure et inférieure de l'organe de jonction
30 permettent de joindre mécaniquement le câble 4 et l'ombilical 2 à l'organe de jonction. Un avantage de ce type de terminaisons mécaniques est de transmettre la tension des câbles sans cassure.

Il n'est pas nécessaire que l'organe de jonction 3 comprenne un enrouleur coopérant avec le câble souple 4.

En effet, le cadre secondaire 13 du LARS 1 assiste la mise à l'eau ou la récupération du véhicule 5 de façon suffisante pour de nombreuses applications, si bien qu'il n'est pas nécessaire d'exercer une tension supplémentaire sur le câble souple 4.

Un avantage de l'absence d'enrouleur dans l'organe de jonction est de permettre le maintien en charge. De plus, un enrouleur placé dans l'organe de jonction devrait être conçu pour ne pas être dégradé malgré des mises à l'eau régulières, et serait coûteux. Il reste toutefois possible d'y placer un enrouleur supplémentaire si besoin, notamment pour des charges très légères.

Fonctionnement de l'ensemble au cours d'un procédé de déploiement

On décrit dans toute la suite des exemples de fonctionnement de l'ensemble de déploiement et de levage tel que décrit ci-avant.

La **Figure 7** illustre un procédé de déploiement d'une charge 6 sous-marine (ici une balise acoustique LBL). Le procédé peut être utilisé pour déployer un autre type de charge, par exemple un accumulateur.

Avant le déploiement, la charge est positionnée dans le volume de dégagement du LARS. A une étape 100, la plate-forme de verrouillage 52 est engagée dans l'attache de la charge et est fermée.

De préférence, la charge sous-marine 6 comporte une attache sur une partie supérieure. L'attache est conçue pour être saisissable par les moyens de préhension 52. Typiquement, l'attache peut être de type « bullet termination ». De préférence, l'attache est solidairement maintenue sur le corps de la charge à l'aide d'une bride.

L'étape 200 suivante correspond à la mise à l'eau du véhicule 5 (ou ROV) accroché à la charge. On utilise le LARS (notamment le treuil et le câble souple) pour contrôler la descente à l'eau du véhicule, comme suit :

- verrouillage 210 de de l'organe de jonction 3 sur le cadre principal 12 du LARS ;

- verrouillage 220 de la partie d'attache 51 du véhicule sur le cadre d'attache 15 du LARS, la charge étant accrochée au véhicule, après avoir éventuellement abaissé le cadre d'attache ;
 - pivotement 230 des tiges 14 du cadre secondaire, éventuellement complété par un déplacement de la poutre transversale 121 du cadre principal, pour orienter le cadre d'attache 15 face à un plancher marin. Le système à l'issue de l'étape 230 est représenté sur la **Figure 8A** ;
 - abaissement 240 du cadre d'attache via les câbles 16 pour atteindre l'état représenté sur la **Figure 8B**, où le véhicule et la charge se situent sous la surface de la mer ;
 - déverrouillage 250 de la partie d'attache pour décrocher le véhicule 5 du LARS, le câble 4 étant tendu, suivi d'une remontée à la surface du cadre d'attache jusqu'à l'état représenté sur la **Figure 8C** ;
 - déverrouillage 260 de l'organe de jonction 3, de sorte que l'organe de jonction n'est plus attaché au cadre principal 12 du LARS et peut choir sous la surface de la mer, pour emmener le véhicule 5 et la charge 6 à une profondeur plus importante au voisinage du plancher 7.
- A l'issue de ce déverrouillage de l'organe de jonction, la charge peut atteindre le plancher sous-marin à l'état représenté sur la **Figure 8D**.

Le plancher sous-marin 7 correspond par exemple à la position d'une station sous-marine, comme une station de puits d'extraction de pétrole. Ici, le plancher sous-marin se situe dans un océan ou une mer, mais ce plancher pourrait se trouver dans une rivière ou dans un lac.

De retour au procédé de déploiement de la Figure 8, à une étape 300, le véhicule est piloté ou auto-piloté pour atteindre une position prédéterminée sur le plancher 7. De préférence, le véhicule atteint ladite position prédéterminée de manière autonome.

Pour faciliter l'approche du véhicule 5, une station d'amarrage ou « docking station », telle que celle illustrée en Figure 9, peut être positionnée au sol et porter des marqueurs optiques tels que des marqueurs de type QR Code reconnaissables par le module de détection optique.

Le véhicule peut également être guidé lors de son approche par un signal acoustique USBL provenant du navire et/ou d'une ou plusieurs balises sous-marines situées sur le plancher sous-marin. La précision et la fiabilité du pilotage peuvent être accrues si l'unité de traitement du

5 véhicule sous-marin met en œuvre un algorithme de positionnement qui fusionne des données visuelles et/ou des données acoustiques et/ou des données inertielles.

A une étape 400, une fois la charge 6 positionnée à l'emplacement souhaité, la plate-forme de verrouillage 52 est ouverte pour décrocher la

10 charge.

Enfin, à une étape 500, le véhicule est remonté à la surface. De façon avantageuse, le véhicule est piloté jusqu'à une position proche de la surface de l'eau, puis récupéré à l'aide du LARS pour être remonté sur

le navire 8.

15

Fonctionnement de l'ensemble au cours d'un procédé de levage

La **Figure 9** illustre un procédé de levage d'une balise 6.

Pour faciliter l'approche du véhicule 5, la partie supérieure de la charge 6 présente de préférence un système de guidage optique comprenant un ou plusieurs marqueurs optiques 61. Les marqueurs

20 doivent être facilement identifiables par le module de détection du ROV, de sorte à être détectés à une distance de plusieurs mètres, par exemple 5 ou 10 mètres.

Pour permettre au véhicule d'atteindre la zone de détectabilité des

25 marqueurs optiques, le véhicule peut mettre en œuvre un guidage acoustique à l'aide d'un signal USBL reçu du navire et/ou d'une ou plusieurs balises acoustiques.

A une étape 1000, le ROV est descendu à l'eau, de préférence à l'aide du LARS de façon similaire à l'étape 200 ci-avant.

30 A une étape 1100, le ROV est piloté ou auto-piloté jusqu'à une position de la charge 6. De préférence, le véhicule reconnaît un marqueur optique de la charge au cours de cette phase d'approche. En alternative, le véhicule peut s'approcher d'une station d'amarrage. Ici encore, la

précision et la fiabilité du pilotage peuvent être accrues si l'algorithme de positionnement utilise des données visuelles et/ou des données acoustiques et/ou des données inertielles.

5 A une étape 1200, le ROV ajuste sa position pour que les moyens de préhension 52 soient à l'aplomb de l'attache de la charge 6, puis viennent en prise avec l'attache pour attacher la charge.

Enfin, à une étape 1300, le ROV est remonté à la surface à l'aide du treuil du LARS. Le cadre secondaire et le cadre principal exercent un retour de force qui assiste la remontée du véhicule et de la charge.

10 Si la charge est de masse faible, par exemple inférieure à 10 kilogrammes, on n'utilise pas nécessairement un ensemble de déploiement et de levage comprenant un organe de jonction 3 ou un câble 4, l'ombilical 2 pouvant suffire. On peut aussi se passer d'un cadre secondaire 13 et utiliser seulement le cadre principal pour la descente et
15 la remontée du véhicule et de la charge. En effet, le cadre de levage 53 du véhicule peut alors suffire à supporter le poids de la charge.

REVENDEICATIONS

1. Véhicule sous-marin (5) de déploiement et de levage de charges sous-marines, le véhicule comportant un cadre de levage (53) comprenant :

- une première extrémité supportant un organe de connexion (50) adapté pour être connecté à un câble (4) souple,
 - une deuxième extrémité opposée à la première extrémité, la deuxième extrémité supportant des moyens de préhension (52) destinés à accrocher une attache (60) faisant saillie d'une charge sous-marine, ledit cadre de levage (53) s'étendant depuis la deuxième extrémité vers la première extrémité, de manière à déporter vers la première extrémité une tension générée par la charge sous-marine (6) maintenue par les moyens de préhension (52),
- l'organe de connexion (50) s'étendant selon une direction d'extension (A) et présentant une butée s'étendant transversalement par rapport à ladite direction, la butée étant adaptée pour bloquer un verrou (150) d'un organe d'attache.

2. Véhicule sous-marin selon la revendication 1, dans lequel le cadre de levage (53) comprend une pluralité de tiges (530) s'étendant depuis la deuxième extrémité en direction de la première extrémité, chacune des tiges (530) étant fixée à une plateforme (55) de la deuxième extrémité à laquelle les moyens de préhension (52) sont fixés.

3. Véhicule sous-marin selon l'une des revendications 1 ou 2, dans lequel les moyens de préhension (52) comprennent un actionneur (522) pilotable électroniquement ou hydrauliquement.

4. Véhicule sous-marin selon la revendication 2, dans lequel la première extrémité du cadre de levage (53) comprend une pièce de liaison (56) fixée à l'organe de connexion (50) et à laquelle les tiges (530) sont fixées.

5. Véhicule sous-marin selon l'une des revendications 1 à 4, dans lequel les moyens de préhension comportent un élément de verrouillage (52), ledit élément de verrouillage comprenant un orifice (520) adapté pour y engager une accroche d'une charge et comprenant des mâchoires (521), ou comportent un crochet.

6. Véhicule sous-marin selon l'une des revendications 1 à 5, comprenant en outre un module de détection optique configuré pour détecter de façon autonome des cibles (61) visuelles présentant un motif optique prédéterminé.

7. Système (1) de déploiement et de levage de charges sous-marines, comprenant :

- un treuil (10) comprenant un enrouleur (11) configuré pour enrouler et dérouler une première extrémité (20) d'un ombilical (2),
- un cadre principal (12) configuré pour porter un véhicule (5) sous-marin selon l'une quelconque des revendications 1 à 6 et guider l'ombilical (2),
- un cadre secondaire (13) monté sur le cadre principal (12), comprenant un cadre d'attache (15) avec un organe d'attache (150) configuré pour venir en prise avec l'organe de connexion (50) du véhicule sous-marin, pour que le cadre d'attache supporte une charge sous-marine attachée au véhicule.

8. Système selon la revendication 7, le cadre secondaire (13) comprenant un actionneur de poutre (140), l'actionneur de poutre étant électrique ou hydraulique, l'actionneur de poutre étant configuré pour déplacer le cadre d'attache (15) selon une direction (B) de translation.

9. Système selon l'une des revendications 7 ou 8, comprenant au moins un actionneur secondaire (130) configuré pour faire pivoter le cadre secondaire (13) par rapport au cadre principal (12).

10. Système selon l'une des revendications 7 à 9, dans lequel le cadre principal (12) comprend une accroche (122) configurée pour venir en prise avec un organe de jonction (3) placé à la deuxième extrémité (21) de l'ombilical (2).

5

11. Système selon l'une des revendications 7 à 10, comprenant en outre un bâti (17) configuré pour reposer sur une plate-forme de navire, le bâti présentant un volume de dégagement (18) entre le treuil (10) et un axe de rotation (C) du cadre principal (12).

10

12. Ensemble comprenant :

- un système (1) de déploiement et de levage selon l'une des revendications 7 à 11,
- un ombilical (2) configuré pour être enroulé et déroulé autour de l'enrouleur (11) du système de déploiement et de levage,
- un câble (4) souple,
- un organe de jonction (3) entre l'ombilical (2) et ledit câble (4),
- un véhicule sous-marin (5) selon l'une des revendications 1 à 6, le véhicule (5) étant configuré pour être relié au câble (4) souple via l'organe (50) de connexion du véhicule sous-marin.

15

20

13. Ensemble selon la revendication 12 dans lequel l'ombilical (2), l'organe de jonction (3), le câble (4) souple et l'organe (50) de connexion forment un canal de communication électrique et de communication de données.

25

14. Structure (60) d'amarrage d'un véhicule sous-marin configurée pour être attachée à un véhicule sous-marin selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, la structure d'amarrage comprenant :

30

- une surface (64) de positionnement sur un plancher sous-marin ;
- une face (610) opposée à la surface ;

- une interface (62) d'accroche aux moyens de préhension (52) du véhicule sous-marin (5), ladite interface d'accroche étant localisée d'un même côté que la face (610) ;
 - un support configuré pour recevoir une charge (63) sous-marine à lever ;
- la structure d'amarrage comprenant une cible visuelle détectable par un capteur optique.

15. Procédé de déploiement d'une charge sous-marine présentant une attache (60), le procédé étant mis en œuvre par un ensemble selon l'une quelconque des revendications 12 ou 13 et comprenant des étapes de :

engagement (100) des moyens de préhension (52) du véhicule (5) sous-marin de l'ensemble avec l'attache (60) de la charge (6) sous-marine,

descente en mer (200) du véhicule (5) sous-marin à l'aide du treuil (10) du système de déploiement et de levage de l'ensemble, et à l'aide du câble (4) souple de l'ensemble,

pilotage (300) du véhicule (5) sous-marin jusqu'à un plancher (7),
 désengagement (400) des moyens de préhension (52) pour positionner la charge sous-marine sur le plancher (7).

16. Procédé de levage d'une charge sous-marine présentant une attache (60), le procédé étant mis en œuvre par un ensemble selon l'une quelconque des revendications 12 ou 13 et comprenant des étapes de :

descente en mer (1000) du véhicule (5) sous-marin de l'ensemble à l'aide du treuil (10) du système de déploiement et de levage de l'ensemble et à l'aide du câble (4) souple de l'ensemble,

pilotage (1100) du véhicule (5) sous-marin jusqu'à une position de la charge (6) sous-marine,

engagement (1200) des moyens de préhension (52) du véhicule (5) sous-marin avec l'attache (60) de la charge sous-marine,
 remontée (1300) du véhicule (5) sous-marin à l'aide du treuil.

FIG. 1A

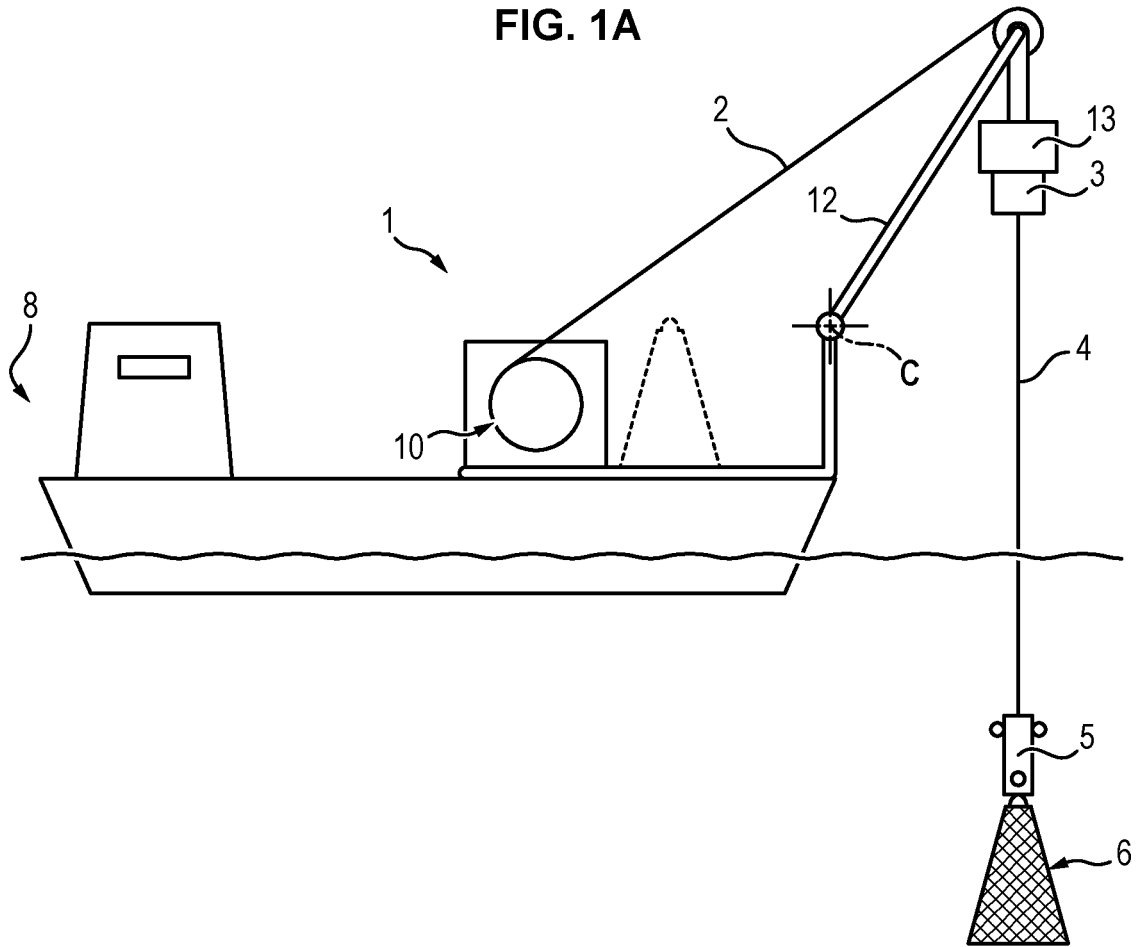
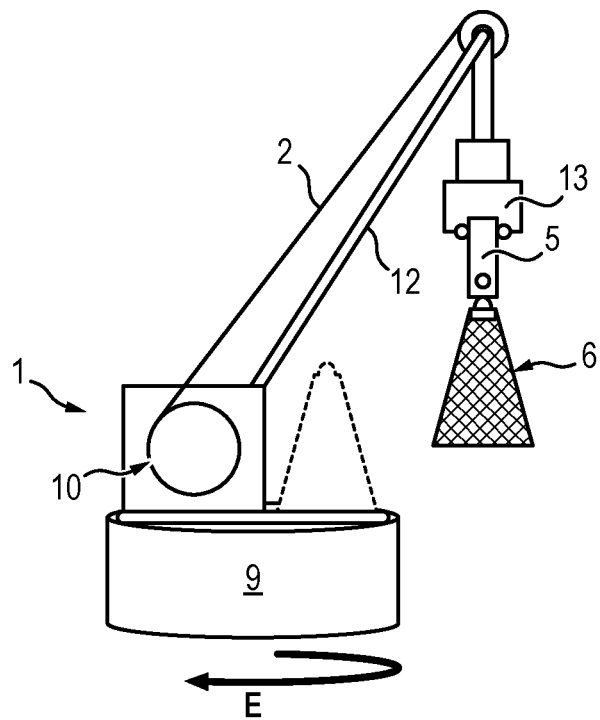


FIG. 1B



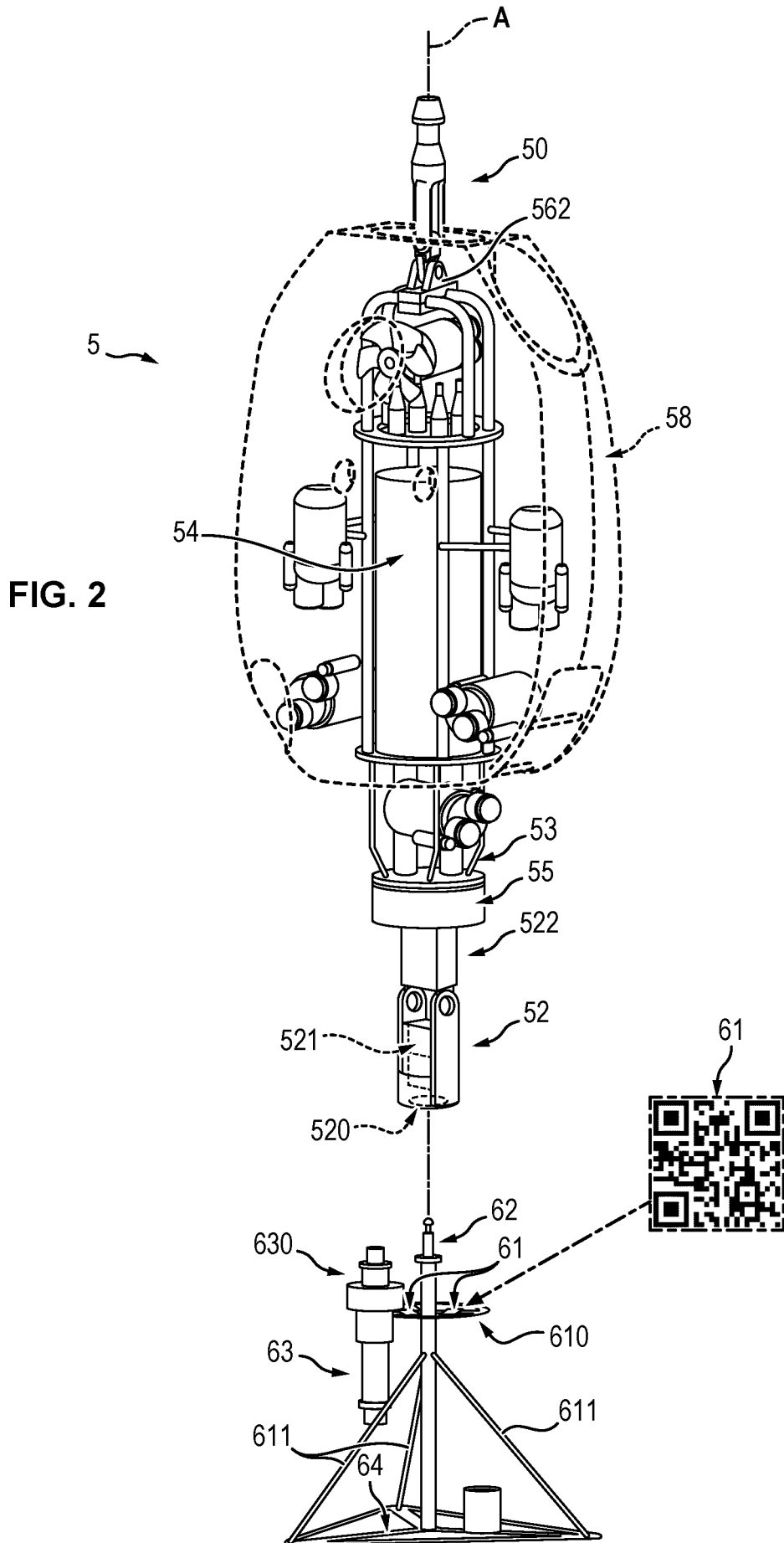


FIG. 3

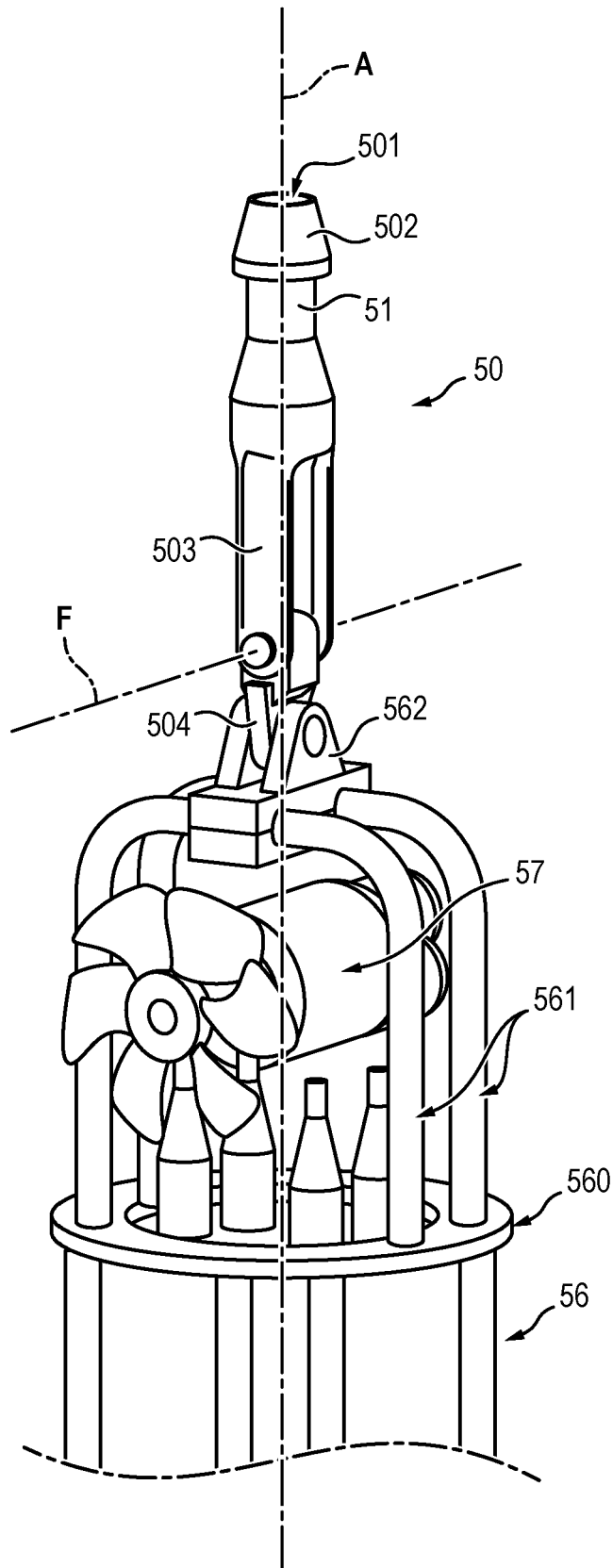
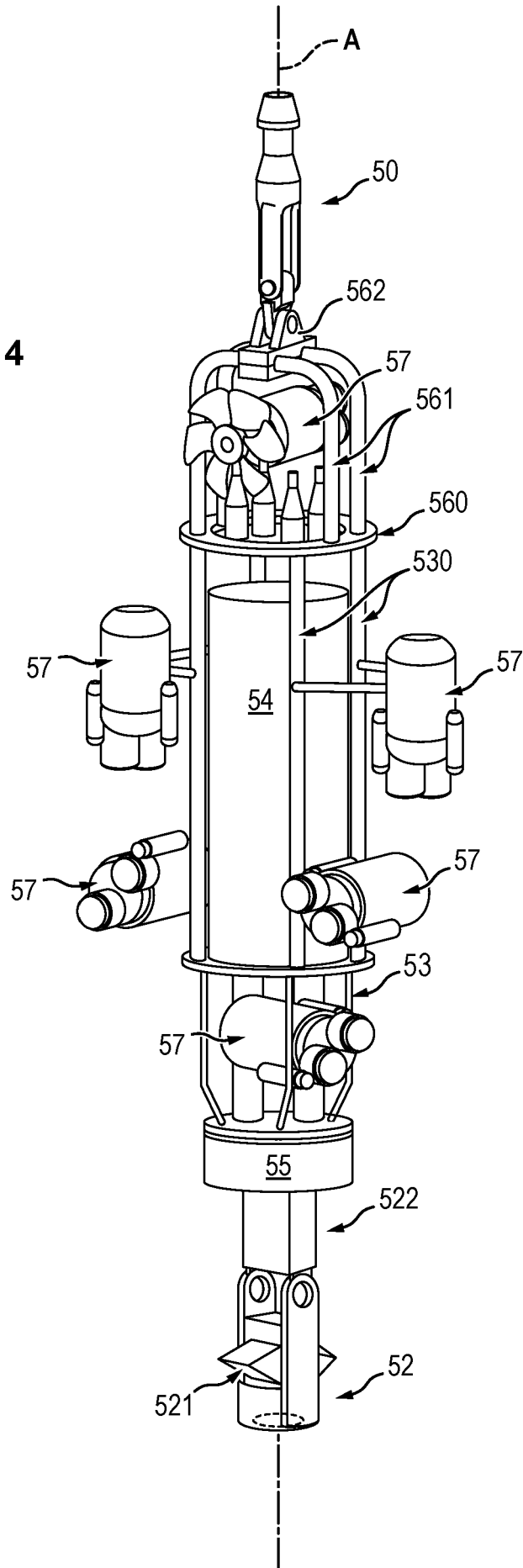


FIG. 4



6/11

FIG. 6

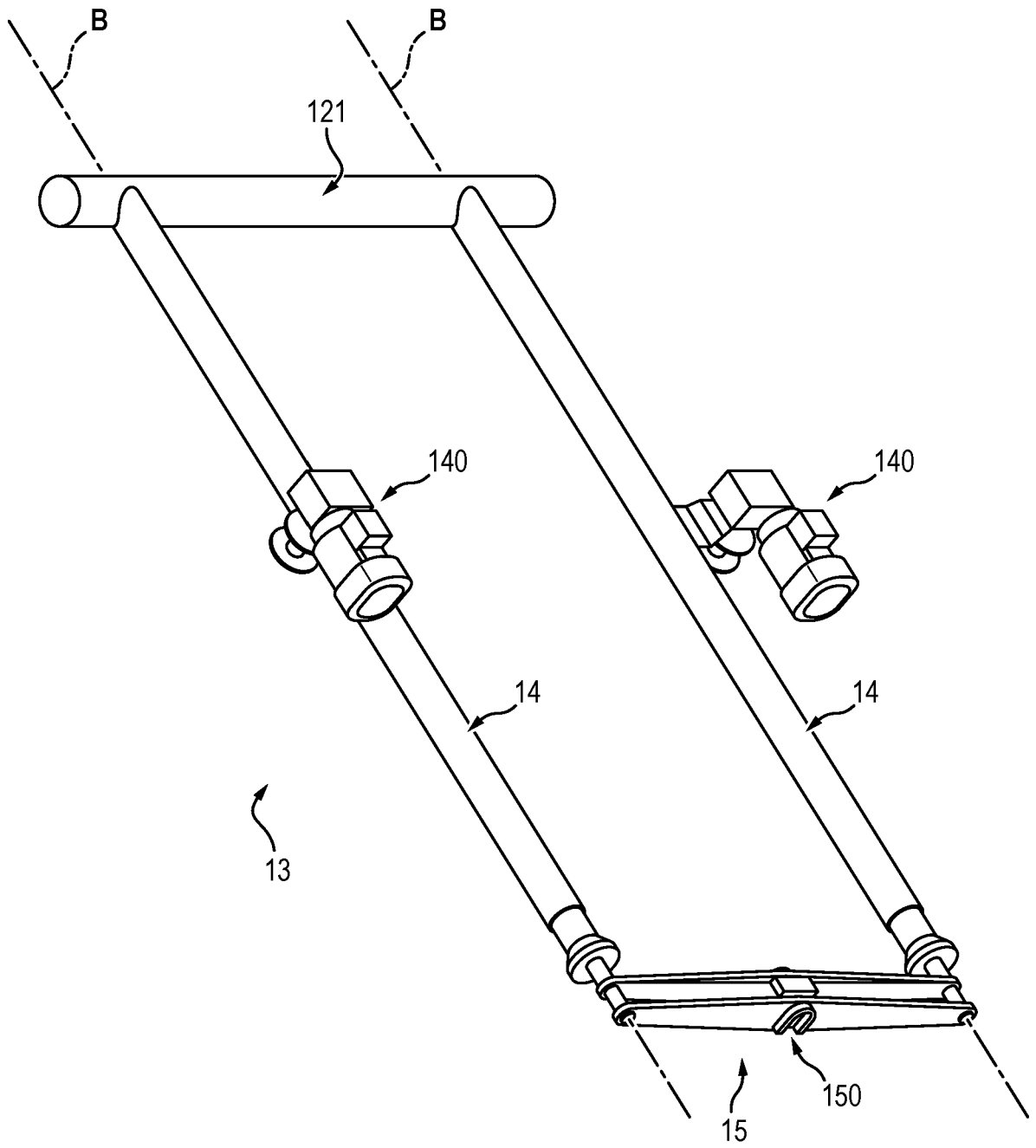
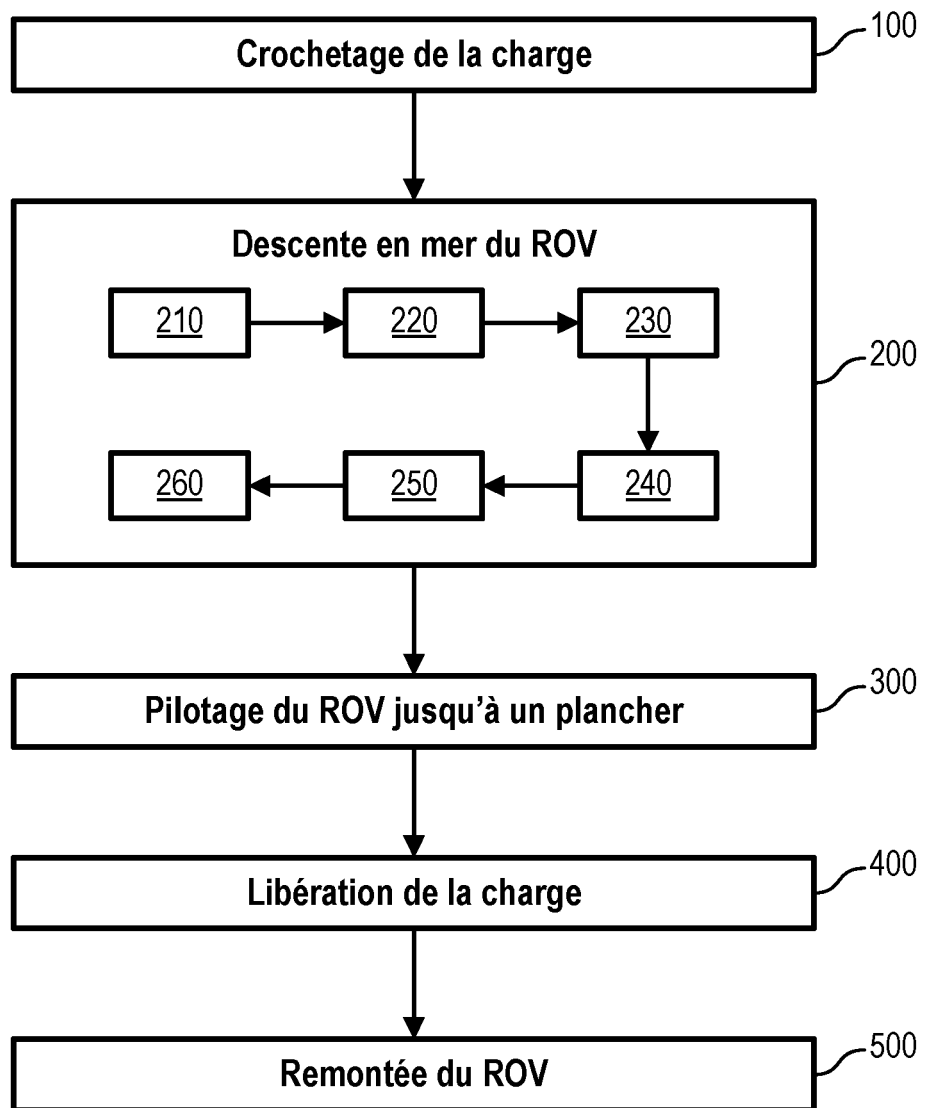


FIG. 7



8/11

FIG. 8A

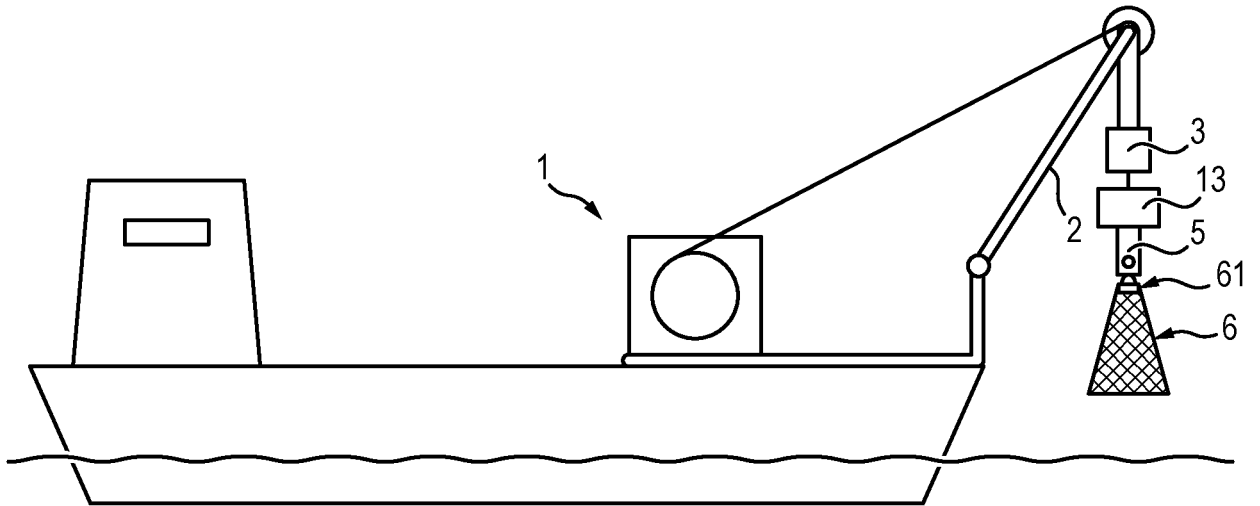
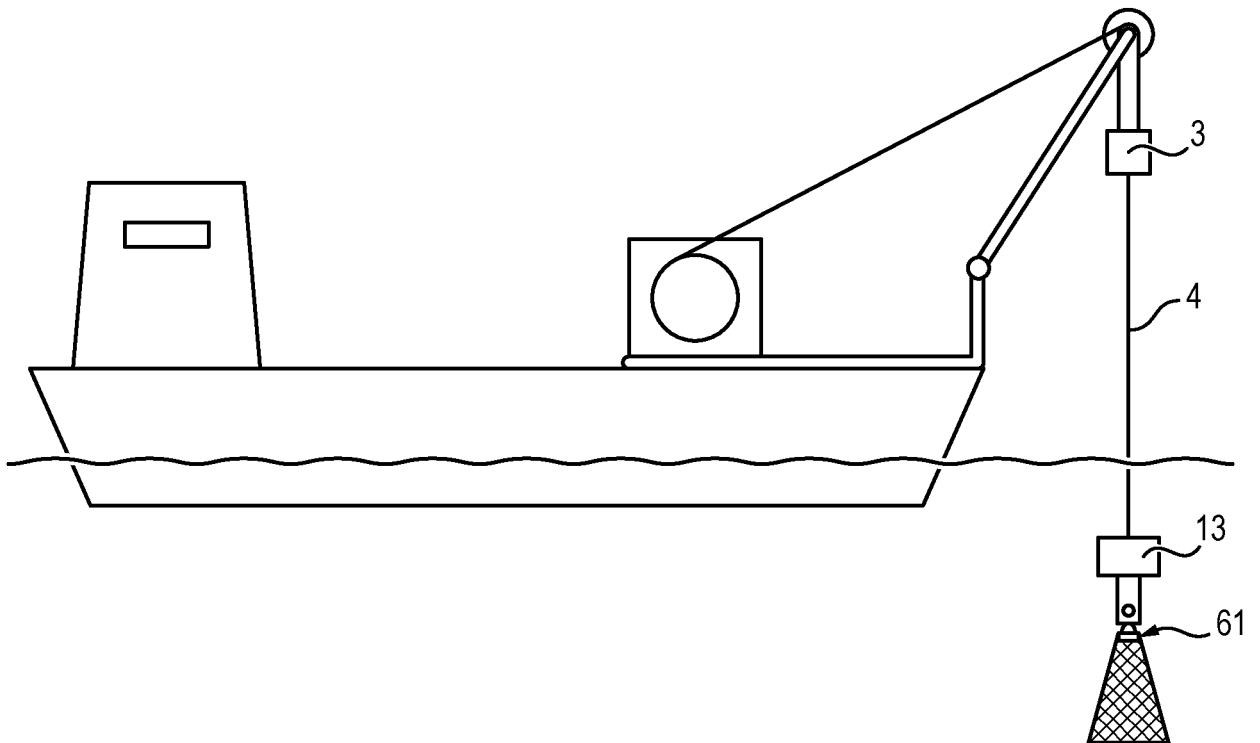
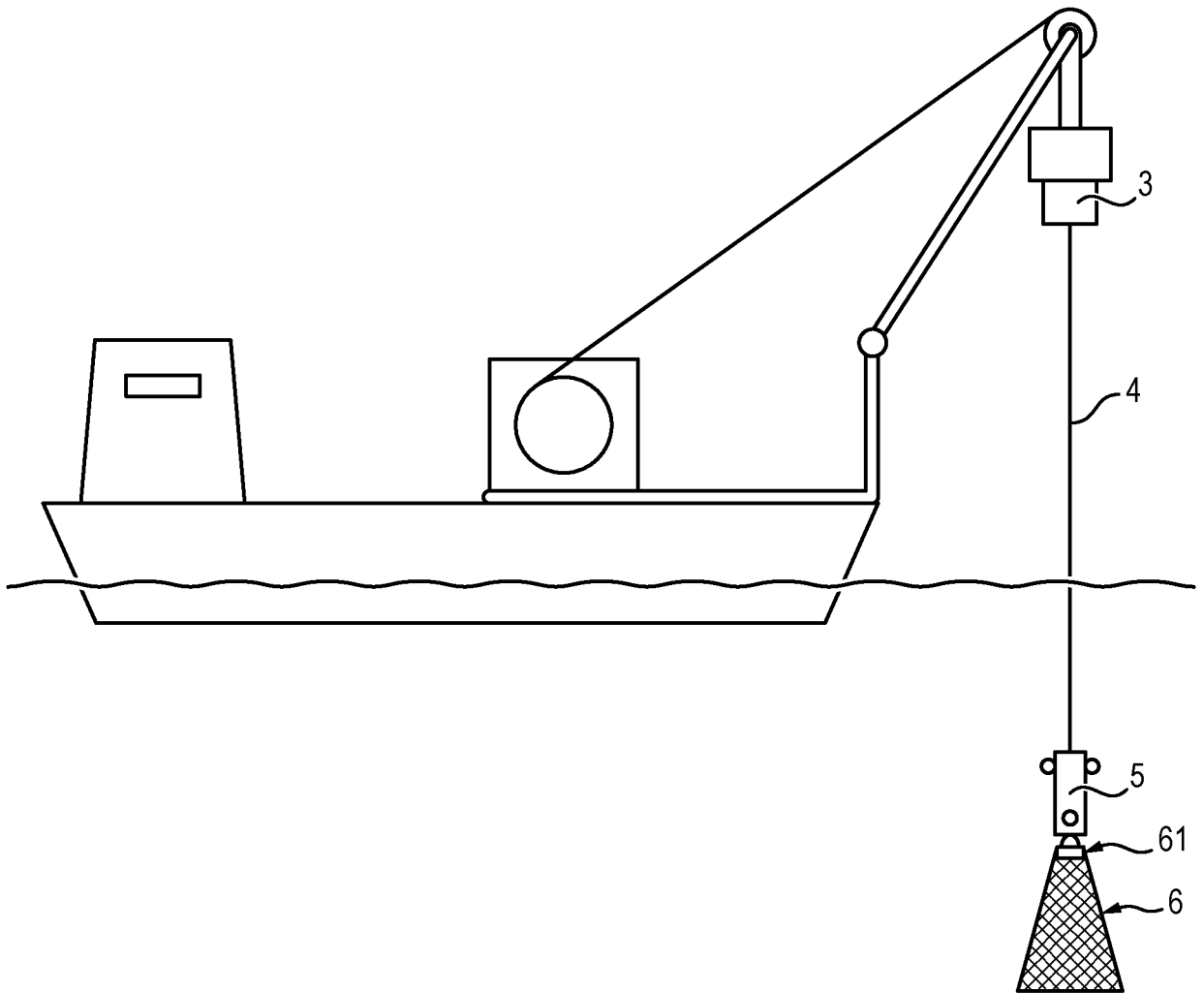


FIG. 8B



9/11

FIG. 8C



10/11

FIG. 8D

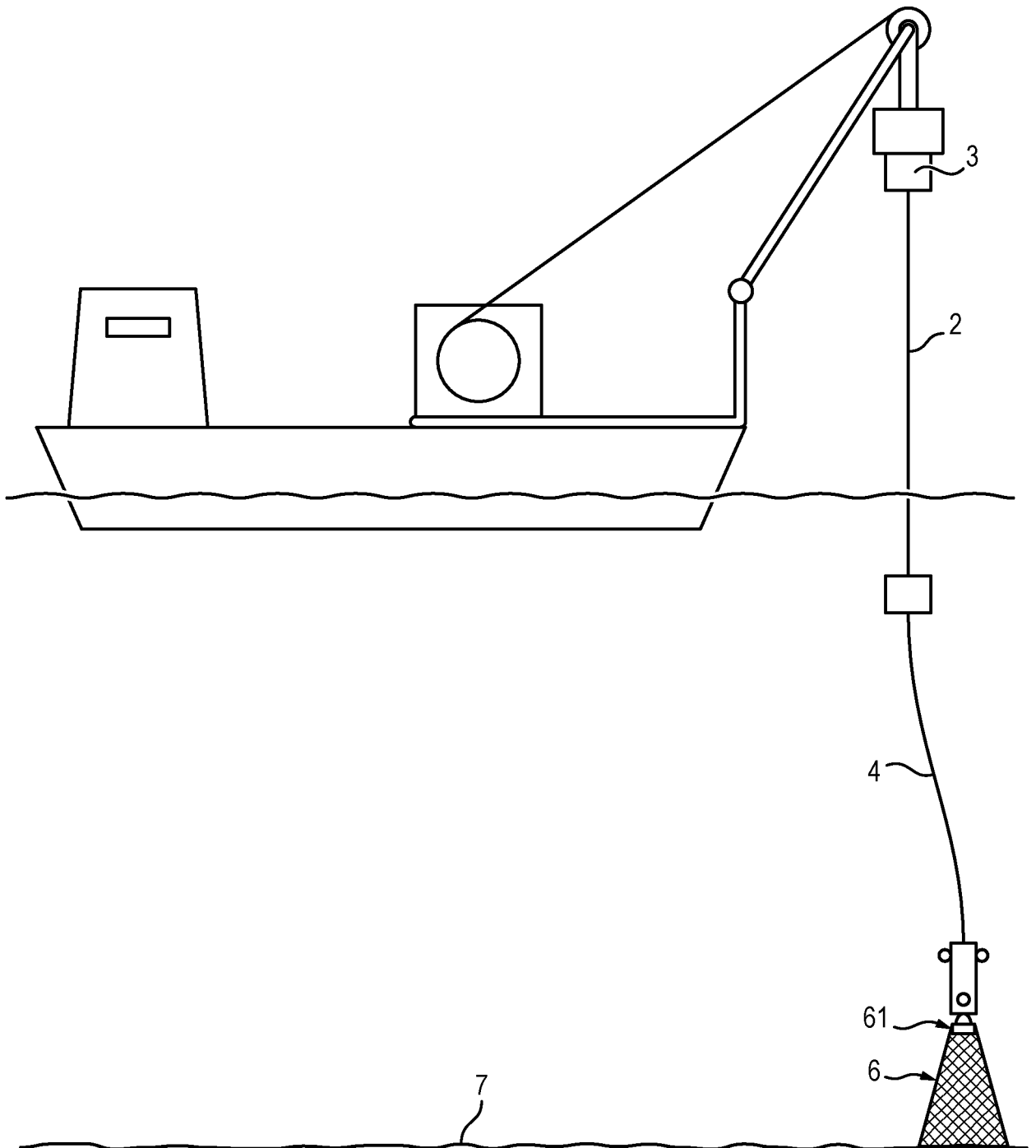
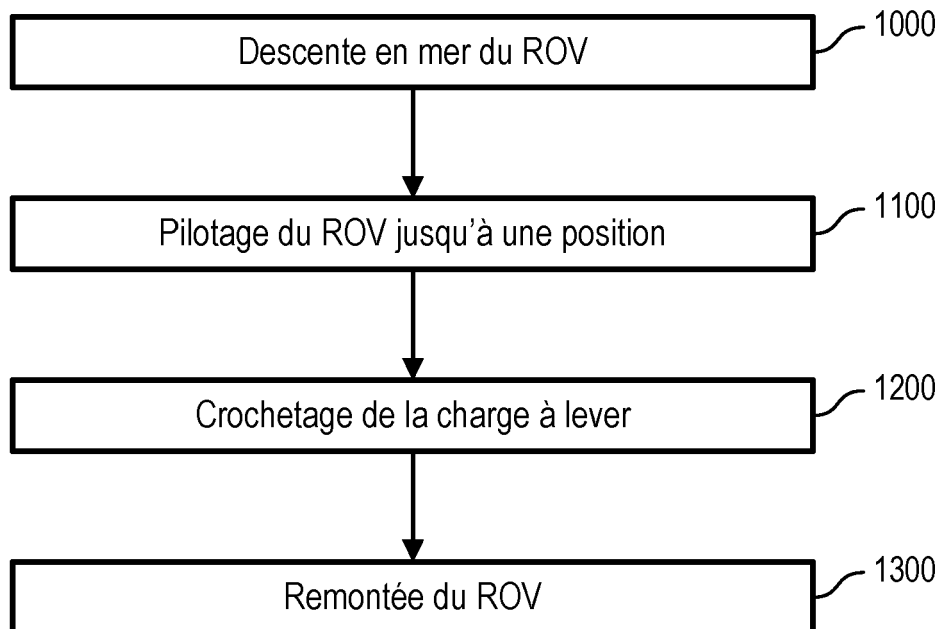


FIG. 9



RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveau) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.

Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.

Le demandeur a maintenu les revendications.

Le demandeur a modifié les revendications.

Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.

Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.

Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.

Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.

Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.

Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

**1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN
CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION**

WO 01/21478 A1 (COFLEXIP [FR]; WATT ANDREW
M [US] ET AL.) 29 mars 2001 (2001-03-29)

JP H09 208179 A (MITSUBISHI HEAVY IND LTD)
12 août 1997 (1997-08-12)

WO 2018/042140 A1 (FORSSEA ROBOTICS [FR])
8 mars 2018 (2018-03-08)

**2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN
TECHNOLOGIQUE GENERAL**

NEANT

**3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND
DE LA VALIDITE DES PRIORITES**

NEANT