

19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

11) N° de publication : **2 926 901**  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

21) N° d'enregistrement national : **08 50483**

51) Int Cl<sup>8</sup> : **G 05 D 1/12 (2006.01), B 63 G 8/00, G 05 D 1/10**

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) : ARCHITECTURE ET CONCEPTION DE SYSTEMES AVANCES Société à responsabilité limitée — FR.

72) Inventeur(s) : THOMAS HUBERT.

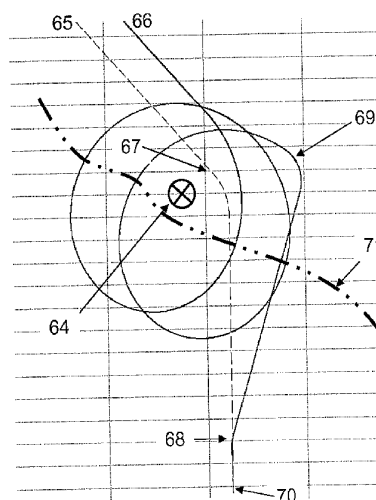
73) Titulaire(s) :

74) Mandataire(s) : BEAU DE LOMENIE.

54) PROCÉDE ET DISPOSITIF DE RECUPERATION EN IMMERSION D'UN ENGIN SOUS-MARIN INHABITE.

57) L'invention concerne un procédé de récupération en immersion d'un véhicule sous-marin inhabité, dit engin, par un autre véhicule sous-marin, dit porteur, chacun muni d'une horloge délivrant une référence de temps commune et synchronisée pour l'engin et le porteur et de moyens de référencement géographiques offrant au moins une référence de cap commune pour l'engin et le porteur.

Le procédé comprenant les étapes d'enregistrer à bord de l'engin et à bord du porteur des caractéristiques d'au moins à proximité du lieu de rendez-vous, des commandes de manoeuvres à conduire et des commandes d'émission de signaux acoustiques à effectuer, une fois rendu au lieu de rendez-vous. Les instants de réception des signaux acoustiques par le porteur sont utilisés pour déterminer un vecteur porteur-engin à plusieurs instants, calculer une consigne pour l'engin qui rejoint alors le porteur sur sa trajectoire pour être récupéré par celui-ci.



FR 2 926 901 - A1



Titre de l'invention

Procédé et dispositif de récupération en immersion d'un engin sous-marin inhabité

5 Arrière-plan de l'invention

La présente invention concerne un procédé et un dispositif de récupération en immersion d'un engin sous-marin inhabité. Le domaine de l'invention est donc celui de la robotique sous-marine.

10 Dans la suite de la description, l'expression « engin » est utilisée pour désigner l'engin sous-marin inhabité à récupérer. L'expression « porteur » est utilisée pour désigner un sous-marin, habité ou non, chargé de récupérer l'engin. L'expression « cône » est utilisée pour désigner un composant du système de récupération destiné à assurer en pleine eau le couplage mécanique entre l'engin et le porteur.

15 Plus particulièrement l'invention concerne un système dans lequel l'engin et le porteur ont, préalablement à la récupération, des comportements autonomes. De ce fait, l'une des difficultés est d'organiser le rendez-vous dans l'espace et dans le temps entre ces deux éléments mobiles. L'invention a ainsi pour objet la relocalisation précise de l'engin par le porteur.

20 En outre, l'invention s'insère plus précisément encore dans le cadre des opérations en environnement hostile où une très grande discrétion est requise. Un des buts de l'invention est donc précisément d'éviter au porteur de commettre des indiscretions acoustiques. Ce point s'avère d'une importance particulière si ladite récupération doit intervenir en environnement militaire  
25 hostile.

Différents systèmes destinés à permettre la récupération en immersion d'un engin sous-marin par un porteur sont connus de l'art antérieur.

30 Le brevet américain US 3,943,875 décrit un système déployé depuis un navire permettant la récupération d'un sous-marin habité. Dans ce brevet, c'est le pilote du sous-marin qui assure visuellement l'essentiel de la manœuvre. De ce fait, il n'est pas applicable en immersion aux engins sous-marins inhabités.

Le brevet américain US 5,447,115 décrit un système de récupération d'un engin sur l'avant d'un sous-marin utilisant un véhicule autopropulsé sortant d'un

tube lance torpilles et se guidant à l'aide d'ondes acoustiques émises par l'engin à récupérer. Ce brevet ne concerne que la récupération et rien n'est précisé dans ce brevet quant à la localisation du véhicule. En outre, un tel système présente deux difficultés majeures. La première est de réussir la connexion entre le

5 véhicule autopropulsé et l'engin à récupérer. La deuxième consiste à maintenir ledit véhicule aligné avec le tube lance torpille une fois l'engin à récupérer verrouillé dans son nez.

Des solutions à ces problèmes sont décrites dans les brevets américains US 6,502,527 et US 6,600,695.

10 Le brevet américain US 6,600,695 vise à apporter une solution au problème de la préhension de l'engin par le véhicule autopropulsé en utilisant une amarre filée par l'engin à récupérer et des bras de capture solidaire du véhicule récupérateur. Cela résout pratiquement la première difficulté mais n'apporte pas de solution à la deuxième difficulté identifiée précédemment.

15 Le brevet américain US 6,502,527 vise justement à contourner cette seconde difficulté. Ce brevet décrit un procédé et dispositif de récupération d'un engin sous-marin requérant l'utilisation simultanée de deux tubes lance torpilles. Du premier tube sort un bras manipulateur qui saisira en pleine eau l'engin afin de le faire glisser ensuite vers le second tube. Immobiliser deux tubes pour

20 effectuer la récupération est un inconvénient majeur peu apprécié des militaires. De plus, il se trouve que le bras prévu n'est pas assez long pour permettre une récupération en dehors des zones de turbulences hydrodynamiques du sous-marin.

Enfin, les brevets américains US 6,957,132 et US 7,010,401 décrivent un

25 système optique par lequel, le porteur est équipé de sources de lumière qui seront perçues par l'engin sous-marin de façons différentes selon son angle d'approche. Un tel système ne permet pas la détermination précise des coordonnées relatives de l'engin par rapport au porteur car la portée des ondes optiques sous l'eau n'est pas suffisante au regard de la problématique à laquelle

30 s'adresse la présente invention. Notamment, concernant le problème de la localisation de l'engin par rapport au porteur, la portée des ondes optiques est insuffisante pour permettre un repérage efficace.

Au sujet de la récupération, en immersion, ni un sous-marin habité, ni un sous-marin inhabité sait parfaitement où il se trouve. Il est donc nécessaire de pouvoir situer les deux éléments mobiles relativement l'un par rapport à l'autre. En outre, être à un endroit donné à un instant donné suppose que chaque  
5 élément mobile connaît sa position géographique et n'a pas été retardé.

#### Objet et résumé de l'invention

La présente invention a donc pour but principal de résoudre les difficultés présentées par les procédés et dispositifs de l'art antérieur en proposant un  
10 procédé et un dispositif de récupération permettant non seulement une préhension finale facilitée mais également le repérage discret de l'engin par le porteur.

Pour cela l'invention propose un procédé de récupération en immersion d'un véhicule sous-marin inhabité, dit engin, par un autre véhicule sous-marin, dit porteur, ledit procédé étant apte à être mis en œuvre en combinaison dans  
15 l'engin et dans le porteur à l'aide de moyens adéquats implémentés au sein de l'engin et du porteur, l'engin et le porteur étant, en particulier, chacun muni d'une horloge délivrant une référence de temps commune et synchronisée pour l'engin et le porteur et de moyens de référencement géographiques offrant un  
20 référentiel commun pour l'engin et le porteur, le procédé comprenant les étapes suivantes :

- enregistrer dans une mémoire située à bord de l'engin des coordonnées d'au moins un lieu de rendez-vous, des commandes de manœuvres à conduire, une fois rendu au lieu de rendez-vous, dans l'attente de l'approche du porteur,  
25 une immersion, un cap et une vitesse étant pour cela associés à chaque instant, et des commandes d'émission de signaux acoustiques à effectuer, une fois rendu au lieu de rendez-vous, dans l'attente de l'approche du porteur, chaque émission étant associée à un instant prédéterminé,

- enregistrer dans une mémoire située à bord du porteur les coordonnées  
30 d'au moins le lieu de rendez-vous, les commandes de manœuvres et d'émissions qui seront conduites et effectuées par l'engin dans l'attente de l'approche du porteur,

- faire converger les routes de l'engin et du porteur vers le lieu de rendez-

vous,

- pour l'engin, circuler à proximité du lieu de rendez-vous selon les commandes de manœuvres enregistrées pour chaque instant et émettre des signaux acoustiques synchronisés par rapport à la référence de temps aux instants prédéterminés enregistrés,

5  
- pour le porteur, détecter les signaux acoustiques émis par l'engin et leurs instants d'arrivée par rapport à la référence de temps, déterminer un vecteur porteur-engin pour une pluralité d'instantes à partir des détections acoustiques, de la connaissance des manœuvres effectuées par l'engin et de la connaissance des instants d'émission des signaux acoustiques par l'engin, mesurer le cap et la vitesse du porteur, calculer au moins une consigne de cap ou de position afin de faire converger l'engin vers le porteur, émettre cette consigne via des moyens de transmission courte ou moyenne portée,

10  
- pour l'engin, recevoir la consigne, modifier sa trajectoire en fonction de la consigne, poursuivre les émissions de signaux acoustiques,

15  
- pour le porteur, suivre le déplacement de l'engin et, une fois que l'engin est à proximité du porteur, calculer et transmettre à l'engin une nouvelle consigne pour une présentation optimale en vue de la récupération,

20  
- pour l'engin, recevoir ces nouvelles consignes, modifier sa trajectoire en fonction de cette nouvelle consigne, se stabiliser à une position fixe déterminée par rapport au référentiel du porteur située hors de la zone de turbulence hydrodynamique générée par le porteur,

25  
- pour le porteur, déployer des moyens de préhension aptes à sortir de la zone de turbulence hydrodynamique générée par le porteur, mesurer le vecteur séparant l'avant de l'engin des moyens de préhension, amener les moyens de préhension au contact de l'engin en actionnant un jeu de gouvernes des moyens de préhension, établir un couplage mécanique entre l'engin et les moyens de préhension, amener l'engin en position de stockage.

30  
L'invention propose ainsi un système de récupération d'un engin inhabité par un porteur en conduisant une série de manœuvres coordonnées allant jusqu'à la préhension et la manutention de l'engin pour l'amener en position de stockage à bord du porteur.

Avec un minimum de matériels additionnels, horloge commune et mémorisation des manœuvres, l'invention permet de localiser l'engin en coordonnées relatives avec une précision métrique sans que le porteur ne commette d'indiscrétion.

5 En effet, avec un tel procédé, dans la mesure où les signaux émis périodiquement à moyenne portée proviennent de l'engin inhabité, on évite de faire courir des risques au porteur récupérateur. La discrétion du porteur prime bien alors sur celle de l'engin.

Lors de la récupération elle-même, l'invention utilise la maniabilité de l'engin qui est plus importante que celle du porteur en demandant à l'engin de rejoindre le porteur et non le contraire.

10 En outre, la capacité de saisir l'engin par des moyens de préhension situés suffisamment loin du porteur pour s'affranchir des turbulences créées par les écoulements hydrodynamique autour de ses structures assure une récupération sans risque de détérioration de l'un ou l'autre des véhicules. L'engin est amené dans sa position de stockage sans risque de chocs contre les structures du porteur.

20 Comme l'engin et le porteur partagent un référentiel temporel commun, généralement le temps GPS-UTC qui est ultra stable, le porteur sait à chaque instant à quel cap et à quelle vitesse circule l'engin. Cela permet de repérer l'engin dans le référentiel relatif du porteur.

25 En repérant l'engin dans un référentiel centré sur le porteur par la détermination d'un vecteur engin-porteur, l'invention permet alors que la récupération se fasse en coordonnées relatives dans le référentiel du porteur. Cela résout le problème particulier de la récupération entre deux appareils mobiles ne sachant pas exactement quelle est leur position absolue, ce qui est le cas des sous-marins. En effet, même si l'engin et le porteur partagent un référentiel spatial commun, généralement le référentiel WGS-84, on observe la plupart du temps des erreurs de positionnement dus à l'immersion.

30 Comme l'invention prend en compte l'immersion des véhicules, l'engin est amené à proximité du porteur sans risque de collision par des navigations à des immersions différentes.

Selon un mode de réalisation particulier de l'invention, l'étape de

détection consiste à détecter, sur au moins deux hydrophones solidaires du porteur, les instants d'arrivée des signaux acoustiques émis par l'engin par rapport à la référence de temps, l'étape de détermination du vecteur porteur-engin étant réalisée par une triangulation connaissant la célérité moyenne des ondes acoustiques dans le milieu marin, la différence d'immersions porteur-engin, le cap et la vitesse de l'engin.

Selon ce mode de réalisation, l'invention est mise en œuvre avec des moyens de traitement de données réduits. Néanmoins cette mise en œuvre nécessite la mise en place de deux hydrophones suffisamment éloignés pour faire une triangulation fiable. Alternativement, l'utilisation des différences de phase entre les signaux reçus sur chacun des deux hydrophones, rend possible la détermination, même en présence d'une courte distance entre les hydrophones, de la position de l'engin par la connaissance d'une direction connue grâce à la différence de phase des signaux et d'une distance connue à partir des instants d'arrivée et d'émission. De tels hydrophones sont généralement portés par une antenne acoustique linéaire tirée par le porteur, généralement pour d'autres usages successifs ou simultanés. Lorsqu'une telle antenne est tirée par un porteur pour d'autres usages, ce mode de réalisation est particulièrement avantageux.

Selon un autre mode de réalisation particulier de l'invention, l'étape de détection consiste à détecter et mémoriser, entre des instants T1 et T2, sur au moins un hydrophone solidaire du porteur, les instants d'arrivée des signaux acoustiques émis par l'engin par rapport à la référence de temps, l'étape de détermination d'un vecteur porteur-engin pour une pluralité d'instant comprenant une étape de calcul, pour une pluralité d'instant du vecteur de translation sur la trajectoire estimée de l'engin pour obtenir sa meilleure estimée dans un repère lié au porteur, ce calcul étant effectué connaissant :

- les positions estimées du porteur entre les instants T1 et T2 telles que connues à bord :  $P_x^i, P_y^i, P_z^i$ ,
- les positions estimées de l'engin entre les instants T1 et T2,  $E_x^i, E_y^i, E_z^i$ , telles que découlant des coordonnées théoriques du lieu de rendez-vous et des manœuvres exécutées par l'engin telles que mémorisées,
- les mesures de distances horizontales porteur-engin  $D^i$ , calculées entre

les instants T1 et T2 connaissant les instants de réception et d'émission desdits signaux acoustiques, la célérité moyenne des ondes acoustiques dans le milieu marin et les différences d'immersions porteur-engin.

5 Avec ce mode de réalisation mis en œuvre dans un porteur ne possédant qu'un hydrophone, les vecteurs porteur-engin permettent ensuite de connaître la position exacte de l'engin dans le référentiel du porteur.

10 Selon une caractéristique de calcul avantageuse de l'invention, pour chaque instant  $i$ , on détermine un vecteur engin-porteur minimisant une erreur de positionnement entre position réelle, inconnue, et position calculée à l'aide des commandes de manœuvre de l'engin enregistrées dans le porteur en respectant une continuité de déplacement des vecteurs successifs.

15 Avec cette caractéristique, on détermine, à chaque instant  $i$ , le segment porteur-engin en respectant la continuité de mouvement de l'engin et du porteur. Comme ces segments sont déterminés pour une pluralité d'instant, une seule solution est possible et la position de l'engin est alors déterminée avec une grande précision.

20 Selon une caractéristique avantageuse de l'invention, en phase finale de la récupération, les consignes transmises à l'engin sont telles que l'engin se dirige vers les moyens de préhension.

L'invention exploite ici la maniabilité plus importante de l'engin par rapport à celle du porteur.

Selon l'invention, le lieu de rendez-vous peut être un point défini en coordonnées géographiques ou un lieu référencé par rapport à une courbe de niveau du fond marin prédéterminée.

25 Dans le cas où un lieu référencé par rapport à une courbe de niveau du fond marin est utilisée, l'engin est invité à repérer la courbe de niveau grâce à ses capteurs d'immersion et à rester aux alentours de celle-ci, par exemple en faisant des allers-retours autour de la courbe de niveau.

30 Selon une caractéristique avantageuse de l'invention, le procédé comprend une étape dite de discrimination, déclenchée lorsque le porteur est au contact acoustique de l'engin, cette étape étant telle que le porteur est forcé à décrire des ondulations de cap pour lever une éventuelle l'ambiguïté de position, l'engin pouvant se situer à bâbord ou tribord du porteur.

Cette caractéristique permet de discriminer rapidement de quel côté du porteur est situé l'engin lorsqu'il y a ambiguïté. En particulier, cela est utile dès lors que le porteur circule à une allure plus rapide que l'engin. Sinon, comme le porteur connaît le cap et la vitesse de l'engin à chaque instant, il n'y a normalement qu'une solution, au moins à l'issue d'un intervalle de temps assez long.

5 Selon une autre caractéristique avantageuse, le procédé comprend une étape d'identification utilisant, à bord du porteur, les caractéristiques pseudo-aléatoires des émissions acoustiques de l'engin à des fins d'identification de ce dernier.

10 Cette caractéristique très aisée à mettre en œuvre en codant les signaux acoustique émis par l'engin permet, en outre, d'identifier quel engin inhabité est en approche. Cela peut être très utile dans les applications militaires.

Selon une implémentation préférée, les différentes étapes du procédé sont déterminées par des instructions de programmes d'ordinateurs.

15 Selon des caractéristiques particulières de l'invention, les commandes de manœuvres de l'engin sont telles qu'elles commandent un mouvement autour du lieu de rendez vous choisi parmi les figures géométriques fermées : cercle, ovale, ellipse, carré, rectangle, triangle, polygone, ou parmi les figures géométriques ouvertes, avec un mouvement d'aller-retour : zig-zag, segment, sinusoid.

20 L'utilisation de figures géométriques simples ou de trajets simples autorise des calculs simplifiés. Les trajectoires du type modifiées en permanence, comme la trajectoire circulaire ou sinusoidale notamment, permettent une localisation à n'importe quel instant sur des périodes de temps assez courte, cela est moins le cas pour des trajectoires comprenant des segments rectilignes au cours desquels il est nécessaire d'attendre un changement de cap pour assurer la localisation de l'engin, en particulier pour déterminer de quel côté du porteur où circule l'engin.

25 Selon une caractéristique additionnelle de l'invention, on utilise des ondes acoustiques, électromagnétiques ou optiques à des fins de synchronisation des équipements embarqués à bord de l'engin ou du porteur en émission ou réception, dont l'horloge délivrant une référence de temps commune et synchronisée pour l'engin et le porteur.

Cette caractéristique est adaptée à la synchronisation avant le lâcher de l'engin pour mission entre les deux horloges, cette synchronisation étant majeure pour le fonctionnement de l'invention. Plus particulièrement, des systèmes à pulses électromagnétiques ou flashes pourront être utilisés pour synchroniser les horloges.

L'invention concerne aussi un véhicule sous-marin inhabité dit engin destiné à être récupéré, en immersion, par un véhicule sous-marin dit porteur apte à la récupération de l'engin selon un procédé selon l'invention, chacun de ces véhicules étant muni d'une horloge délivrant une référence de temps commune et synchronisée pour l'engin et le porteur et de moyens de référencement géographiques offrant un référentiel commun pour l'engin et le porteur, l'engin comprenant une mémoire pour enregistrer des coordonnées d'au moins un lieu de rendez-vous, des commandes de manœuvres à conduire, une fois rendu au lieu de rendez-vous, dans l'attente de l'approche du porteur, une immersion, un cap et une vitesse étant pour cela associés à chaque instant, et des commandes d'émission de signaux acoustiques à effectuer dans l'attente de l'approche du porteur, chaque émission étant associée à un instant prédéterminé, des moyens d'émission de signaux acoustiques aux instants prédéterminés, des moyens de réception de consignes en provenance du porteur, des moyens d'asservissement de l'engin en cap, vitesse et immersion.

L'invention concerne encore un véhicule sous-marin habité ou inhabité dit porteur apte à récupérer, en immersion, un véhicule sous-marin inhabité dit engin selon un procédé selon l'invention, chacun de ces véhicules étant muni d'une horloge délivrant une référence de temps commune et synchronisée pour l'engin et le porteur et de moyens de référencement géographiques offrant un référentiel commun pour l'engin et le porteur, le porteur comprenant une mémoire pour enregistrer les coordonnées du lieu de rendez-vous, les commandes de manœuvres et d'émission fixées à l'engin, des moyens de réception acoustique permettant de détecter les signaux acoustiques en provenance de l'engin, des moyens de mesure du cap et de la vitesse du porteur, des moyens de calcul permettant de déterminer un vecteur porteur-engin pour une pluralité d'instant à partir des détections acoustiques et de la connaissance des instants d'émission des signaux acoustiques par l'engin et une consigne, des

moyens de transmission de la consigne à l'engin, des moyens de préhension de l'engin.

5 Selon une caractéristique avantageuse, les moyens de préhension comprennent un cône de récupération retenu en traction par un câble/ombilical et doté de surfaces porteuses internes permettant la préhension d'au moins une partie avant de l'engin à l'intérieur du cône en dehors des zones de turbulence hydrodynamiques générées par le sous-marin.

10 L'utilisation d'un cône permet un comportement passif des moyens de préhension une fois déployés. Le cône peut en effet se comporter comme un entonnoir en attendant une avancée de l'engin dans son sein. Cela permet d'assurer une récupération sûre et facilitée de l'engin. L'utilisation de la forme conique permet aussi de pardonner les erreurs de placement en ramenant l'avant de l'engin au centre du cône en le laissant glisser le long des surfaces porteuses du cône.

15 Avantagement, les moyens de préhension utilisent un système d'écartométrie optique, acoustique ou électromagnétique pour réaliser la phase finale de préhension.

20 Ce système permet de terminer l'approche de l'engin vers le cône en assurant, outre le procédé selon l'invention, une bonne localisation de l'engin par rapport aux moyens de préhension.

Les moyens de transmission peuvent utiliser des ondes acoustiques, électromagnétiques ou optiques.

25 Les communications, dès lors que l'engin est localisé et qu'il est nécessaire de lui communiquer une consigne de cap et de vitesse pour que sa route converge avec celle du porteur, peuvent être réalisées à moyenne portée en utilisant un des types d'ondes évoquées, le choix se faisant en fonction des contraintes du milieu d'intervention, notamment de la discrétion requise et des puissances disponibles pour l'un ou l'autre des systèmes.

30 En conséquence, l'invention vise aussi un programme d'ordinateur sur un support d'informations, ce programme étant susceptible d'être mis en œuvre dans un procédé de récupération en immersion d'un véhicule sous-marin inhabité, ce programme comportant des instructions adaptées à la mise en œuvre de toutes ou partie des étapes du procédé selon l'invention.

L'invention vise aussi un support d'informations lisible par un ordinateur, et comportant des instructions d'un programme d'ordinateur tel que mentionné ci-dessus.

5            Brève description des dessins

D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention ressortiront de la description faite ci-dessous, en référence aux dessins annexés qui en illustrent un exemple de réalisation dépourvu de tout caractère limitatif. Sur les figures :

- 10            La figure 1 est une vue d'ensemble du dispositif selon l'invention,  
              La figure 2 représente un diagramme schématique fonctionnel des équipements embarqués à bord de l'engin,  
              La figure 3 représente un diagramme schématique fonctionnel des équipements embarqués à bord du porteur,
- 15            La figure 4 illustre un mode de réalisation des manœuvres de récupération selon l'invention,  
              La figure 5 est un graphe des distances entre porteur et engin observées dans le temps entre deux instants donnés,  
              La figure 6 montre, sur un référentiel géographique absolu, un tracé de la
- 20            trajectoire de l'engin après fusion des données accessibles au porteur, ce tracé étant le résultat d'une approche de trajectoire effectuée à l'aide d'un algorithme selon l'invention.

Description détaillée d'un mode de réalisation

- 25            La figure 1 est une vue d'ensemble du dispositif selon l'invention comprenant un engin sous-marin inhabité 1 et un sous-marin, habité ou non habité, dit le porteur 2. Cette vue d'ensemble représente le dispositif lors de la phase finale du procédé selon l'invention.

- Le porteur 2 comprend avantageusement un bloc de manutention et de
- 30            stockage 7 auquel est relié un cône de préhension 3 par un ombilical 4.

              A bord de l'engin 1, un émetteur acoustique 5 transmet des signaux acoustiques représentés schématiquement par des fronts d'onde.

Ces signaux sont reçus par un récepteur acoustique 6 situé à bord du porteur 2. La ligne 8 préfigure les fonds marins qui peuvent être détectés à l'aide d'un échosondeur 9 situé sous la coque du porteur 2. Comme on le verra dans la suite, l'engin 1 est également apte à détecter la position des fonds.

5 La figure 2 représente un diagramme fonctionnel d'un engin 1 selon un mode de réalisation particulier de l'invention.

Ce diagramme fonctionnel s'articule autour d'un réseau de câbles 26 assurant les échanges de données entre les différents équipements fonctionnels présents dans l'engin 1.

10 Un calculateur 24 assure la supervision des missions réalisées par l'engin 1 et gère les différentes étapes de la récupération selon des instructions préprogrammées.

Une horloge 10 sert à maintenir à bord de l'engin 1 une référence de temps partagée avec le porteur 2. Cette horloge 10 met avantageusement en  
15 œuvre le temps absolu utilisé par le système de positionnement par satellites GPS.

Un système de navigation inertiel 11 permet d'entretenir à bord de l'engin 1 une navigation à l'estime, si nécessaire recalée par un système de positionnement par satellites 14, un loch Doppler 13 et un capteur d'immersion  
20 12. Un échosondeur 15 sert à mesurer l'altitude de l'engin 1 au-dessus du fond 8.

L'engin 1 comprend une mémoire 16 pour stocker des données. Cette mémoire 16 est utilisée selon l'invention pour enregistrer des coordonnées d'au moins un lieu de rendez-vous, des commandes de manœuvres à conduire et des  
25 commandes d'émission de signaux acoustiques à effectuer une fois rendu au lieu de rendez-vous, dans l'attente de l'approche du porteur. Selon l'invention, une immersion, un cap et une vitesse de l'engin sont associés à chaque instant et chaque émission est associée à un instant prédéterminé.

De manière à ce que cap et vitesse soit connus à chaque instant, il est  
30 également possible d'enregistrer les instants prédéterminés de changement de cap et/ou de vitesse de l'engin. En tout cas, les données mémorisées permettent au porteur 2 de savoir à tout instant quel est le cap et la vitesse de l'engin, ainsi que son immersion.

Ainsi que vu précédemment, l'engin 1 est doté d'un émetteur acoustique 5 transmettant des signaux acoustiques à des instants pré-mémorisés enregistrés dans la mémoire 16 de l'engin 1 et pilotés en utilisant la référence de temps partagée avec le porteur 2. Ces signaux peuvent, au besoin, utiliser des séquences pseudo aléatoires qui permettront alors au porteur 2 d'identifier l'engin 1.

L'engin 1 comprend aussi un récepteur acoustique 18 permettant à l'engin 1 de recevoir des consignes de cap, de vitesse et d'immersion transmises par le porteur 2 dès lors que les deux véhicules 1 et 2 sont à courte portée l'un de l'autre.

Au sein de l'engin 1, un calculateur de contrôle des commandes 25 sert à asservir l'engin 1 aux consignes enregistrées dans la mémoire 16 ou reçues en provenance du porteur 2 à partir d'informations issues de capteurs d'états 20 et d'actionneurs 19 tels que des gouvernes.

Un sonar d'évitement d'obstacles 17 permet à courte distance de localiser le porteur 2 par imagerie acoustique de son kiosque par exemple.

Un système optique 21 permet de localiser les moyens de préhension du porteur 2, ici le cône de récupération, depuis l'engin 1 ou réciproquement l'engin 1 depuis le porteur 2.

Il est envisagé d'utiliser, alternativement au système de communication acoustique avec le porteur 2 utilisant le récepteur 18, un moyen électromagnétique 22 pour communiquer avec le porteur 2.

La figure 3 représente un diagramme fonctionnel sur lequel figurent les équipements embarqués à bord du porteur 2 pour mener à bien la mission de récupération de l'engin 1.

Ce diagramme fonctionnel s'articule autour d'un réseau de câbles 59 assurant les échanges de données entre les différents équipements fonctionnels présents dans le porteur 2.

Une console 44 sert à superviser les opérations de récupération. Le porteur 2 comprend aussi un système 46 de contrôle des commandes du porteur 2. Ce système 46 sert pendant les opérations de récupération pour asservir le porteur 2 en cap et en immersion selon des valeurs de consignes coordonnées avec celles de l'engin 1.

Une horloge 36 sert à maintenir à bord du porteur 2 une référence de temps partagée avec l'engin 1. Le porteur 2 comprend une mémoire 57 dans laquelle sont stockées les coordonnées d'un lieu de rendez-vous, les commandes de manœuvres à conduire pour l'engin 1 et les commandes d'émission de signaux acoustiques à effectuer par l'engin 1 une fois rendu au lieu de rendez-vous, dans l'attente de l'approche du porteur 2. Ainsi, le porteur 2 sait, à une heure donnée, à quel cap et à quelle vitesse l'engin 1 gravite autour du lieu de rendez-vous.

Un système de navigation inertiel 30 permet d'entretenir à bord du porteur 2 une navigation à l'estime, si nécessaire recalée à l'aide d'un système de positionnement par satellites 31 ou d'un système de radiolocalisation 32 tel que le Loran-C, d'un loch électromagnétique 34 et d'un capteur d'immersion 33. Le capteur d'immersion 33 permet d'ailleurs d'asservir le porteur 2 à une valeur précise suffisamment différente de celle d'engin pour garantir qu'il n'y aura pas de collision. Un échosondeur 35 sert à mesurer l'altitude du porteur 2 au-dessus du fond 8.

Le porteur 2 est aussi doté d'un récepteur de signaux acoustiques 6 servant à la réception des signaux émis par l'engin 1. Avantagement, ce récepteur 6 est également apte à émettre des signaux acoustiques porteurs d'ordres à destination de l'engin 1.

Un système de positionnement acoustique 37 sert à localiser l'engin 1 dans les axes du porteur 2 dès que ce dernier est suffisamment proche. Alternativement au système de positionnement acoustique 37, un système de positionnement optique 40 exploitant des sources de lumière portées soit par l'engin 1 soit par le porteur 2 peut être utilisé.

Alternativement au système de communication acoustique 6, on peut utiliser un système de communication par ondes électromagnétiques 39 pour augmenter la discrétion du porteur vis à vis de l'extérieur. Le porteur 2 comprend notamment des sonars actifs ou passifs 42 dont les électroniques peuvent être utilisées aux fins de localisation relatives de l'engin 1 par rapport au porteur 2.

Le porteur 2 comprend aussi un système annexe de contrôle de commandes 47 gérant le bloc de récupération et de stockage 7 de récupération constitué d'une zone de stockage 55 de l'engin, d'éventuels panneaux 52 venant

couvrir la zone de stockage lors des transits, d'un bras articulé 53 de l'extrémité duquel de déploie un cône 3 retenu par un ombilical 4. La longueur de l'ombilical 4 est ajustée à l'aide d'un treuil 54 de telle manière que le cône 3 se positionne suffisamment haut au-dessus du kiosque du porteur 2 pour ne pas être gêné par  
5 les turbulences hydrodynamiques générées par ce dernier ou les barres de plongée qui y sont rattachées. Un capteur 50 permet de mesurer l'immersion du cône 3 en vue de son asservissement dans le plan horizontal dans lequel navigue l'engin 1. Un système de vision 51 permet le guidage du cône 3 vers le nez de l'engin 1 jusque dans la phase finale de préhension à l'aide d'un dispositif 56 de  
10 verrouillage mécanique ou à ventouse.

Dans la suite, par référence à la figure 4, est décrit un mode particulier de mise en œuvre du dispositif de récupération conformément à un procédé selon l'invention.

L'engin inhabité 1 a effectué une mission et revient vers un lieu de rendez-vous 64 établi et mémorisé lors de la programmation de mission en décrivant une trajectoire 66. Avantagusement, l'engin avait également mémorisé les manœuvres à conduire pour réaliser sa mission, la façon de se rendre au lieu de rendez-vous. Mais, on peut aussi envisager que la façon de s'y rendre est calculée une fois la mission réalisée.

20 A proximité dudit lieu de rendez-vous 64, il suit des segments de route en se conformant, à chaque instant aux commandes de manœuvres enregistrées c'est-à-dire à des consignes de cap, de vitesse et d'immersion également pré-mémorisés pour chaque instant.

25 Sur l'exemple de réalisation de la figure 4, l'engin 1 décrit des cercles autour du lieu de rendez-vous. On constate que ces cercles sont déformés du fait des courants et que l'engin 1 n'est ainsi pas exactement là où il devrait se trouver.

Dans un autre mode de réalisation de l'invention, l'engin 1 a pour instructions de lieu de rendez-vous de caler sa trajectoire en la centrant autour  
30 d'une ligne isobathe 71, préalablement déterminée lors de ladite programmation de mission. Il utilise à cet effet son capteur de pression 12 et son échosondeur 15.

Le porteur 2 suit, quant à lui, une trajectoire de ralliement 65 se dirigeant sensiblement vers les coordonnées du lieu de rendez-vous 64. Il peut, le cas échéant, aussi recaler sa trajectoire en la centrant autour d'une ligne isobathe 71. Il utilise à cet effet son capteur de pression 33 et son échosondeur 35. Le porteur 2 circule généralement à une vitesse significativement supérieure à celle de l'engin 1 afin de couvrir une vaste étendue de recherche.

Dans l'exemple décrit ici, le porteur 2 comprend un hydrophone pour capter les signaux émis par l'engin 1. Les signaux acoustiques émis par l'engin 1 sont détectables par cet hydrophone sur une portée de l'ordre de 2 à 3 km. Aussi, dès qu'il se trouve à portée de réception des signaux acoustiques émis par l'engin 1, il détecte ces signaux et mesure les instants d'arrivée desdits signaux en se référant à son horloge 36 et les stocke dans une mémoire, avantageusement la mémoire 57.

Dès lors qu'il a acquis une série suffisante de mesures  $i$ , entre des instants T1 et T2, il lance un traitement numérique exploitant comme données d'entrée :

- les positions estimées du porteur entre les instants T1 et T2 telles que connues à bord :  $P_x^i, P_y^i, P_z^i$ ,
- les positions estimées de l'engin entre les instants T1 et T2,  $E_x^i, E_y^i, E_z^i$ , telles que découlant des coordonnées théoriques du lieu de rendez-vous et des consignes de cap, de vitesse et d'immersion exécutées par l'engin 1 et connues car mémorisées au sein du porteur 2,
- les mesures des distances horizontales porteur-engin  $D^i$ , calculées entre les instants T1 et T2 connaissant les instants de réception et d'émission desdits signaux acoustiques, la célérité moyenne des ondes acoustiques dans le milieu marin et les différences d'immersions porteur-engin.

Les mesures des distances observées peuvent se présenter sous la forme d'un graphe tel que représenté sur la figure 5. La seule connaissance de ces distances  $D$  pour plusieurs instants  $i$  ne permet néanmoins pas d'accéder au vecteur séparant le porteur 2 de l'engin 1. De ce fait, le traitement numérique recherche précisément un vecteur  $(D_x, D_y)$  pour lequel l'expression  $E$  décrite ci-après passe par un minimum minimorum :

Posons :  $R_x^i = E_x^i + D_x$  et  $R_y^i = E_y^i + D_y$

$$H^i = \sqrt{(P_x^i - R_x^i)^2 + (P_y^i - R_y^i)^2}$$

Alors,  $E = \sum_i (H^i - D^i)^2$  avec  $i$  parcourant l'espace temporel situé entre

les instants T1 et T2.

5 Dès lors que les valeurs  $D_x$  et  $D_y$  sont trouvées, par exemple par application de la méthode mathématique du gradient, la trajectoire de l'engin 1 peut être recalée par rapport à la trajectoire du porteur 2 en translatant les coordonnées de l'engin 1 d'un vecteur  $(D_x, D_y)$ .

10 Le calcul permet de faire une fusion de données entre l'estime de la route de l'engin 1, accessible au porteur 2 par les données mémorisées, la route estimées du porteur 2, accessible par ses propres moyens embarqués et les distances mesurées entre engin 1 et porteur 2.

15 La figure 6a représente, sous la référence 66a, la trajectoire estimée par le navigateur inertiel de l'engin, sous la référence 65a, la trajectoire estimée par le navigateur inertiel du porteur, sous les références respectivement 66b et 65b, les trajectoires réelles de, respectivement, l'engin et le porteur.

20 Cette figure illustre le problème résolu par l'invention. En immersion, chacun des véhicules n'est pas capable de se localiser de manière absolue par rapport à un référentiel absolu strictement identique pour les deux véhicules. En revanche, les moyens de référencement géographiques sont aptes à fournir, à chacun des véhicules indépendamment, un référentiel de cap commun aux deux véhicules. L'invention exploite cette identité des référentiels de cap pour permettre un recalage des trajectoires en mémorisant, au sein du porteur, à quel

25 La figure 6b représente le vecteur  $(D_x, D_y)$  72, minimisant l'expression E, qui sera mis en œuvre pour recaler la trajectoire 65a du porteur 2 afin de repérer l'engin 1 dans le référentiel relatif du porteur 2. Les rayons 73 représentent alors les chemins suivis par les émissions acoustiques de l'engin 1 pour rallier le porteur 2. Ces rayons 73, en combinaison avec la connaissance des caps et  
30 vitesse suivis par l'engin 1, ont été utilisés pour recaler la trajectoire du porteur 2 sur la trajectoire réelle 65b.

On note, par ailleurs, que l'engin 1 est seulement repéré dans le référentiel du porteur 2 et qu'il n'est pas prévu que la trajectoire estimée par son navigateur inertiel 66a subissent un quelconque recalage.

Une fois la trajectoire du porteur 2 recalée sur sa trajectoire réelle 65b et sur la trajectoire réelle de l'engin 65a, au point 67, le porteur 2 rejoint un cap correspondant à la route de récupération optimale et détermine les coordonnées d'un point 68 de ralliement de l'engin 1 en vue de sa récupération. Une consigne de cap et de vitesse est alors transmise par canal acoustique discret à l'engin 1.

L'engin 1 exécute alors les instructions reçues alors qu'il se trouve au point 69. La consigne de cap et de vitesse est calculée pour que la rencontre entre le porteur 2 et l'engin 1 se fasse au point de ralliement 68. La dite consigne prend en compte, si nécessaire, le courant observé à l'immersion fixée pour la rencontre.

En arrivant à proximité du porteur 2, l'engin 1 reçoit des nouvelles consignes pour une présentation optimale en vue de sa récupération.

A l'approche de l'engin 1, le porteur 2 déploie un bras 53 d'où s'étend le cône de récupération 3, tenu en traction par un ombilical 4.

L'engin 1 se stabilise à une position fixe déterminée par rapport aux axes du porteur 2. A cet effet, il utilise soit son capteur de pression 12 ou son échosondeur 15 dès lors qu'il se trouve à la verticale du porteur 2, pour se stabiliser à altitude constante. Son asservissement en X-Y relatif exploite des mesures en provenance soit de son sonar panoramique 17 ou d'un système de positionnement acoustique 37 ou optique obtenu par traitement d'images vidéo.

Ici, des émetteurs de lumière à LED synchrones selon une cyclique prédéterminée ou des émetteurs de trajectographie acoustiques pourront être utilisés.

Le cône de récupération 3 est alors guidé vers le nez de l'engin 1 en utilisant un jeu de gouvernes asservies sur l'écart en position entre l'engin 1 et le cône 3 tel que déterminé par le traitement du signal d'une caméra vidéo 48 à l'aide d'un système 51. Alternativement au système de guidage optique, l'engin 1 pourrait converger vers un émetteur acoustique 49 solidaire du cône 3.

Lorsque l'engin 1 se trouve situé à proximité immédiate du cône 3, un dispositif de maintien 56, glissière, cliquet, ventouses ou autres, est actionné.

L'engin 1 est alors tenu mécaniquement par le cône 3. L'ombilical 4 est bobiné à l'aide d'un treuil 54, jusqu'à ce que le cône 3 soit amené au contact du bras 53. Le bras 53 est alors replié, amenant l'engin 1 vers la position de stockage 55 sur le bloc de récupération et de stockage 7. Les panneaux 52 sont alors refermés.

- 5 On remarque enfin que diverses mises en œuvre peuvent être réalisées selon les principes de l'invention définis dans les revendications suivantes.

## REVENDEICATIONS

1. Procédé de récupération en immersion d'un véhicule sous-marin inhabité, dit engin, par un autre véhicule sous-marin, dit porteur, ledit procédé  
5 étant apte à être mis en œuvre en combinaison dans l'engin et dans le porteur à l'aide de moyens adéquats implémentés au sein de l'engin et du porteur, l'engin et le porteur étant, en particulier, chacun muni d'une horloge délivrant une référence de temps commune et synchronisée pour l'engin et le porteur et de  
10 moyens de référencement géographique offrant au moins une référence de cap commune pour l'engin et le porteur, le procédé comprenant les étapes suivantes :

- enregistrer dans une mémoire située à bord de l'engin des caractéristiques d'au moins un lieu de rendez-vous, des commandes de manœuvres à conduire, une fois rendu à proximité du lieu de rendez-vous, une  
15 immersion, un cap et une vitesse étant pour cela associés à chaque instant, et des commandes d'émission de signaux acoustiques à effectuer, une fois rendu à proximité du lieu de rendez-vous, chaque émission étant associée à un instant prédéterminé,

- enregistrer dans une mémoire située à bord du porteur les caractéristiques d'au moins le lieu de rendez-vous, les commandes de manœuvres et d'émissions qui seront conduites et effectuées par l'engin une fois  
20 rendu à proximité du lieu de rendez-vous,

- faire converger les routes de l'engin et du porteur vers le lieu de rendez-vous,

25 - pour l'engin, circuler à proximité du lieu de rendez-vous selon les commandes de manœuvres enregistrées pour chaque instant et émettre des signaux acoustiques synchronisés par rapport à la référence de temps aux instants prédéterminés enregistrés,

30 - pour le porteur, détecter les signaux acoustiques émis par l'engin et leurs instants d'arrivée par rapport à la référence de temps, mesurer le cap et la vitesse du porteur, déterminer des vecteurs porteur-engin pour une pluralité d'instant à partir des détections acoustiques, de la célérité des ondes acoustiques dans le milieu marin, de la connaissance du cap et de la vitesse de

l'engin à chaque instant, de la connaissance des instants d'émission des signaux acoustiques par l'engin et de la mesure du cap et de la vitesse du porteur aux dits instants,

- pour le porteur, calculer au moins une consigne de cap ou de position
- 5 pour l'engin afin de faire converger l'engin vers le porteur, émettre cette consigne via des moyens de transmission courte ou moyenne portée,
- pour l'engin, recevoir la consigne, modifier sa trajectoire en fonction de la consigne,
- pour le porteur, suivre le déplacement de l'engin et, une fois que l'engin
- 10 est à sa proximité, calculer et transmettre à l'engin une nouvelle consigne pour une présentation optimale en vue de la récupération,
- pour l'engin, recevoir ces nouvelles consignes, modifier sa trajectoire en fonction de cette nouvelle consigne, se stabiliser à une position fixe déterminée ou selon une trajectoire déterminée par rapport au référentiel du porteur située
- 15 hors de la zone de turbulence hydrodynamique générée par le porteur,
- pour le porteur, déployer des moyens de préhension aptes à sortir de la zone de turbulence hydrodynamique générée par le porteur, mesurer le vecteur séparant l'engin des moyens de préhension, faire converger les moyens de préhension au contact de l'engin en actionnant un jeu de gouvernes des moyens
- 20 de préhension ou de l'engin, établir un couplage mécanique entre l'engin et les moyens de préhension, amener l'engin en position de stockage.

2. Procédé de récupération en immersion d'un engin sous-marin inhabité selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'étape de détection consiste à
- 25 détecter, sur au moins deux hydrophones solidaires du porteur, les instants d'arrivée des signaux acoustiques émis par l'engin par rapport à la référence de temps, l'étape de détermination des vecteurs porteur-engin réalisée à l'aide d'une triangulation ou d'une utilisation des différences de phase entre les signaux reçus connaissant la distance séparant les deux hydrophones, la célérité moyenne des
  - 30 ondes acoustiques dans le milieu marin, la différence d'immersions porteur-engin, le cap et la vitesse de l'engin à chaque instant, de la connaissance des instants d'émission des signaux acoustiques par l'engin.

3. Procédé de récupération en immersion d'un engin sous-marin inhabité selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'étape de détection consiste à détecter et mémoriser, entre des instants T1 et T2, sur au moins un hydrophone solidaire du porteur, les instants d'arrivée des signaux acoustiques émis par l'engin, l'étape de détermination des vecteurs porteur-engin pour une pluralité d'instantants compris entre T1 et T2 comprenant une étape de calcul du vecteur de translation à appliquer sur la trajectoire estimée de l'engin pour obtenir sa meilleure estimée dans un repère lié au porteur, ce calcul étant effectué connaissant :
- 5 - les positions estimées du porteur entre les instants T1 et T2 telles que mesurées à son bord :  $P_x^i, P_y^i, P_z^i$ ,
  - les positions estimées de l'engin entre les instants T1 et T2,  $E_x^i, E_y^i, E_z^i$ , telles que découlant des caractéristiques théoriques du lieu de rendez-vous et des manœuvres exécutées par l'engin telles que mémorisées,
  - 15 - les mesures de distances horizontales porteur-engin  $D^i$ , calculées entre les instants T1 et T2 connaissant les instants de réception et d'émission desdits signaux acoustiques, la célérité moyenne des ondes acoustiques dans le milieu marin et les différences d'immersions porteur-engin.
- 20 4. Procédé de récupération en immersion d'un engin sous-marin inhabité selon la revendication 3, caractérisé en ce que, pour chaque instant  $i$ , on détermine le vecteur de translation à appliquer sur la trajectoire estimée de l'engin pour obtenir sa meilleure estimée dans un repère lié au porteur, ce vecteur de translation minimisant une fonction d'erreur portant sur l'écart entre
- 25 les distances porteur-engin observées et celles calculées après application du vecteur de translation.
5. Procédé de récupération en immersion d'un engin sous-marin inhabité selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le lieu de rendez-vous est un point défini en coordonnées géographiques ou un lieu
- 30 référencé par rapport à une courbe de niveau du fond marin prédéterminée.

6. Procédé de récupération en immersion d'un engin sous-marin inhabité selon l'une des revendications, caractérisé en ce qu'il comprend une étape dite de levée d'ambiguïté de position, cette étape étant telle que le porteur décrit des ondulations de cap pour lever une éventuelle l'ambiguïté de position, l'engin  
5 pouvant se situer à bâbord ou tribord du porteur.

7. Procédé de récupération en immersion d'un engin sous-marin inhabité selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend une  
10 étape d'identification utilisant, à bord du porteur, les caractéristiques pseudo-aléatoires des émissions acoustiques de l'engin à des fins d'identification de ce dernier.

8. Procédé de récupération en immersion d'un engin sous-marin inhabité selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que les commandes  
15 de manœuvres de l'engin sont telles qu'elles commandent un mouvement autour du lieu de rendez vous choisi parmi les figures géométriques fermées : cercle, ovale, ellipse, carré, rectangle, triangle, polygone, ou parmi les figures géométriques ouvertes, avec un mouvement d'aller-retour : zig-zag, segment, sinusöide.  
20

9. Procédé de récupération en immersion d'un engin sous-marin inhabité selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'on utilise des ondes acoustiques, électromagnétiques ou optiques à des fins de synchronisation des équipements embarqués à bord de l'engin ou du porteur en émission ou  
25 réception, dont l'horloge délivrant une référence de temps commune et synchronisée pour l'engin et le porteur.

10. Véhicule sous-marin inhabité dit engin destiné à être récupéré, en immersion, par un véhicule sous-marin dit porteur apte à la récupération de  
30 l'engin selon un procédé selon l'une des revendications précédentes, chacun de ces véhicules étant muni d'une horloge délivrant une référence de temps commune et synchronisée pour l'engin et le porteur et de moyens de référencement géographique offrant au moins une référence de cap commune

pour l'engin et le porteur, l'engin comprenant une mémoire pour enregistrer des caractéristiques d'au moins un lieu de rendez-vous, des commandes de manœuvres à conduire, une fois rendu au lieu de rendez-vous, une immersion, un cap et une vitesse étant pour cela associés à chaque instant, et des  
5 commandes d'émission de signaux acoustiques à effectuer, une fois rendu au lieu de rendez-vous, chaque émission étant associée à un instant prédéterminé, des moyens d'émission de signaux acoustiques aux instants prédéterminés, des moyens de réception de consignes en provenance du porteur, des moyens d'asservissement de l'engin en cap, vitesse et immersion.

10

11. Véhicule sous-marin habité ou inhabité dit porteur apte à récupérer, en immersion, un véhicule sous-marin inhabité dit engin selon un procédé selon l'une des revendications précédentes, chacun de ces véhicules étant muni d'une horloge délivrant une référence de temps commune et synchronisée pour l'engin  
15 et le porteur et de moyens de référencement géographique offrant au moins une référence de cap commune pour l'engin et le porteur, le porteur comprenant une mémoire pour enregistrer les caractéristiques du lieu de rendez-vous, les commandes de manœuvres et d'émission fixées à l'engin, des moyens de réception acoustique permettant de détecter les signaux acoustiques en  
20 provenance de l'engin, des moyens de mesure du cap et de la vitesse du porteur, des moyens de calcul permettant de déterminer un vecteur porteur-engin pour une pluralité d'instant à partir des détections acoustiques et de la connaissance des instants d'émission des signaux acoustiques par l'engin et une consigne, des moyens de transmission de la consigne à l'engin, des moyens de préhension de  
25 l'engin.

12. Véhicule porteur selon la revendication 11, caractérisé en ce que les moyens de préhension comprennent un cône de récupération retenu en traction par un câble/ombilical et doté de surfaces porteuses, ce cône permettant la  
30 préhension d'au moins une partie avant de l'engin à l'intérieur du cône en dehors des zones de turbulence hydrodynamiques générées par le sous-marin.

13. Véhicule porteur selon la revendication 11, caractérisé en ce que les moyens de préhension utilisent un système d'écartométrie optique, acoustique, ou électromagnétique pour réaliser la phase finale de préhension.
- 5           14. Véhicule porteur selon la revendication 11, caractérisé en ce que les moyens de transmission utilisent des ondes acoustiques, électromagnétiques ou optiques.
- 10           15. Programme d'ordinateur comportant des instructions pour l'exécution de tout ou partie des étapes du procédé de récupération en immersion d'un véhicule sous-marin inhabité selon l'une quelconque des revendications 1 à 10 lorsque ledit programme est exécuté par un ordinateur.

1/3

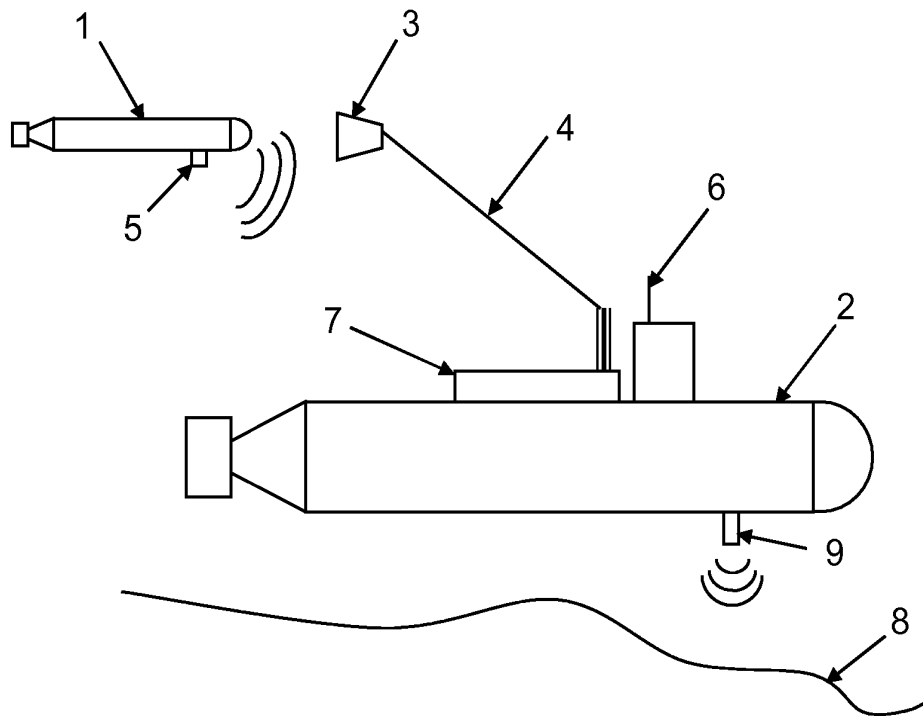


FIG. 1

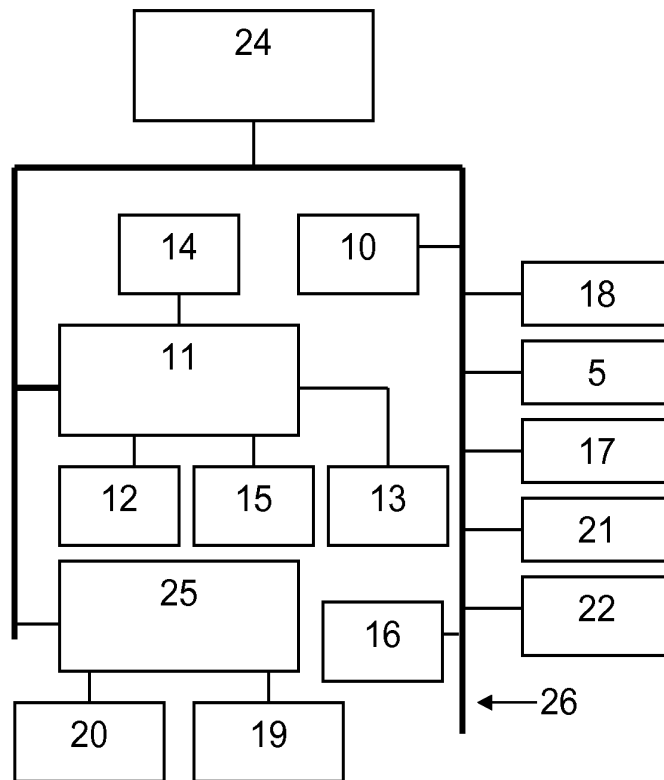


FIG. 2

2/3

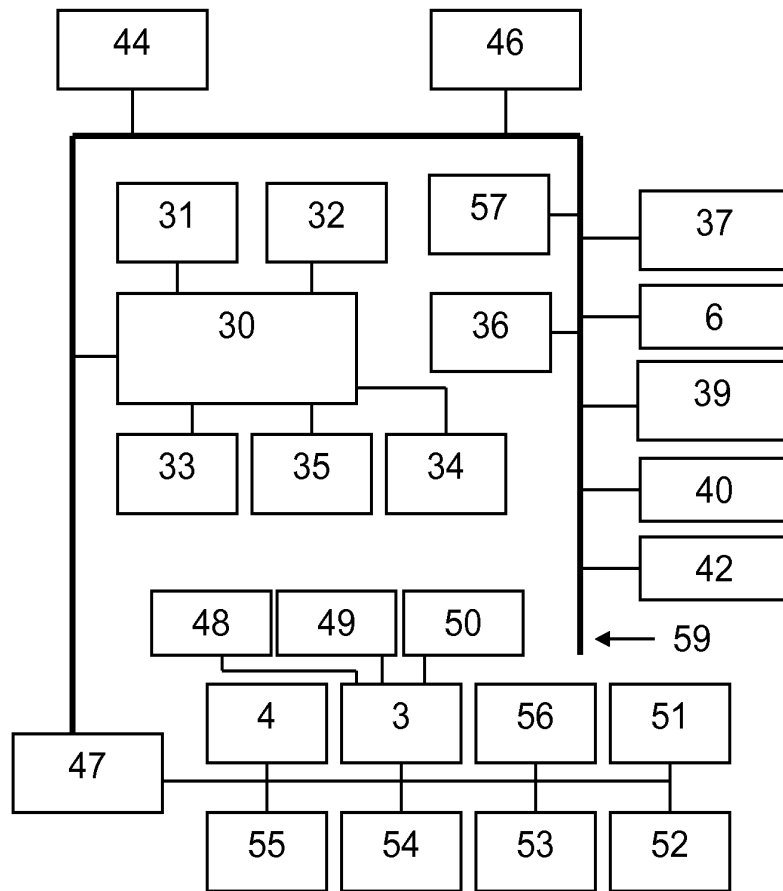


FIG.3

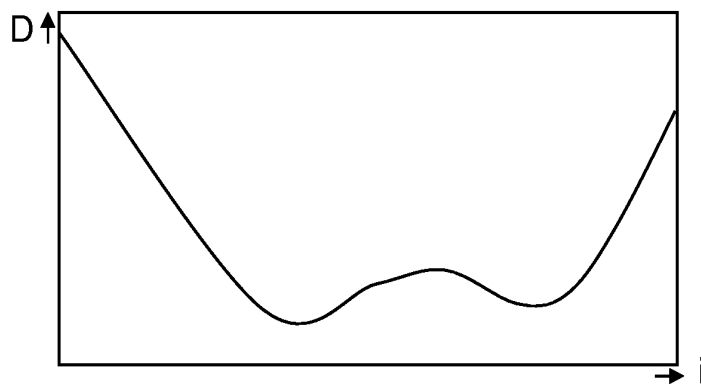


FIG.5

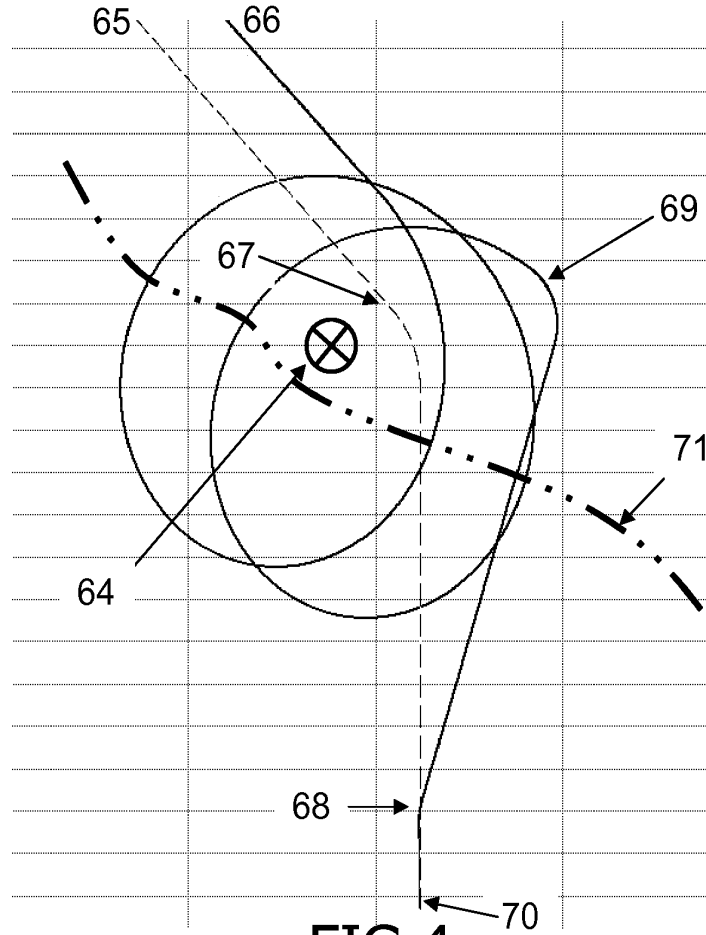


FIG. 4

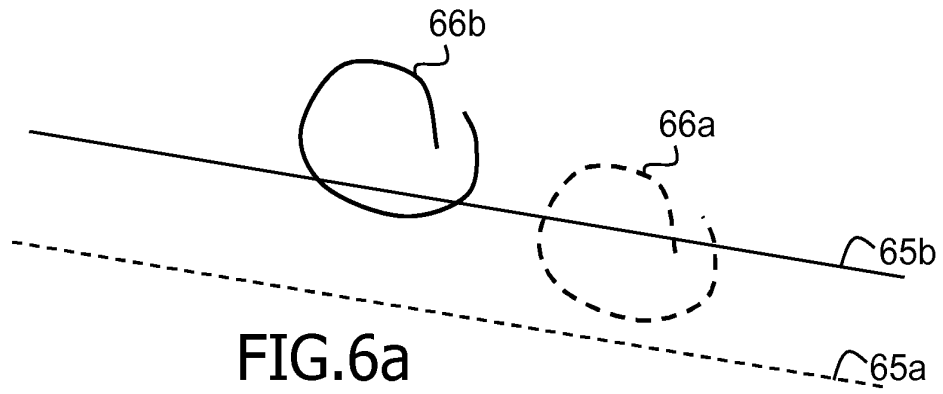


FIG. 6a

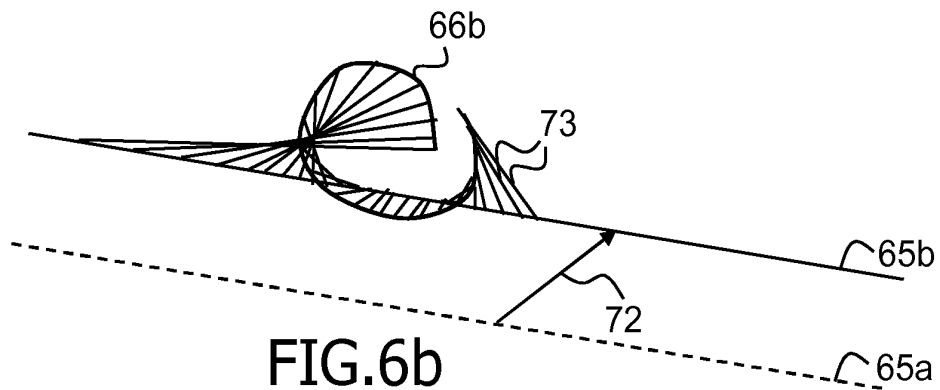


FIG. 6b



**RAPPORT DE RECHERCHE  
PRÉLIMINAIRE PARTIEL**

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

voir FEUILLE(S) SUPPLÉMENTAIRE(S)

N° d'enregistrement  
national

FA 706244  
FR 0850483

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendications concernées	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
D,A	US 3 943 875 A (SANDERS RAYMOND J) 16 mars 1976 (1976-03-16) * le document en entier * -----	1-14	G05D1/12 B63G8/00 G05D1/10
D,A	US 5 447 115 A (MOODY PAUL E [US]) 5 septembre 1995 (1995-09-05) * le document en entier * -----	1-14	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			G05D B63G
		Date d'achèvement de la recherche	Examineur
		11 décembre 2008	Philippot, Bertrand
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITES		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 ..... & : membre de la même famille, document correspondant	
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			

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE  
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0850483 FA 706244**

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 **11-12-2008**

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 3943875	A	16-03-1976	AUCUN	
-----				
US 5447115	A	05-09-1995	AUCUN	
-----				

**RECHERCHE INCOMPLÈTE**  
**FEUILLE SUPPLÉMENTAIRE C**

Numéro de la demande

FA 706244  
FR 0850483

Revendications ayant fait l'objet de recherches complètes:  
1-14

Revendications n'ayant pas fait l'objet de recherches:  
15

Raison pour la limitation de la recherche (invention(s) non  
brevetable(s)):

Article L.116-10(2)c) CPI