

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
2 février 2012 (02.02.2012)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2012/013878 A1

(51) Classification internationale des brevets :
G01N 29/22 (2006.01) **B64C 39/02** (2006.01)
G01N 29/265 (2006.01) **G01N 27/90** (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2011/051444

(22) Date de dépôt international :
23 juin 2011 (23.06.2011)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
1056167 27 juillet 2010 (27.07.2010) FR

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) :
COFICE [FR/FR]; Rue du 8 Mai 1945, F-59760 Grande
Synthe (FR).

(72) Inventeur; et

(75) Inventeur/Déposant (pour US seulement) : **PALLIER,**
Pierre-Yves [FR/FR]; 11 Rue Leo Lagrange, F-59180
Cappelle La Grande (FR).

(74) Mandataire : **MATKOWSKA & ASSOCIES**; 9 rue
Jacques Prévert, F-59650 Villeneuve d'Ascq (FR).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre
de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM,
AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ,
CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO,
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP,
KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD,
ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI,
NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD,
SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR,
TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre
de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH,
GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG,
ZM, ZW), eurasién (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ,
TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK,
EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU,
LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK,
SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ,
GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Déclarations en vertu de la règle 4.17 :

— relative au droit du déposant de demander et d'obtenir un
brevet (règle 4.17.ii)

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : DEVICE FOR NON-DESTRUCTIVELY CHECKING STRUCTURES, COMPRISING A DRONE AND AN
ONBOARD MEASUREMENT PROBE

(54) Titre : DISPOSITIF PERMETTANT LE CONTRÔLE NON DESTRUCTIF DE STRUCTURES ET COMPORTANT UN
DRONE ET UNE SONDE DE MESURE EMBARQUÉE

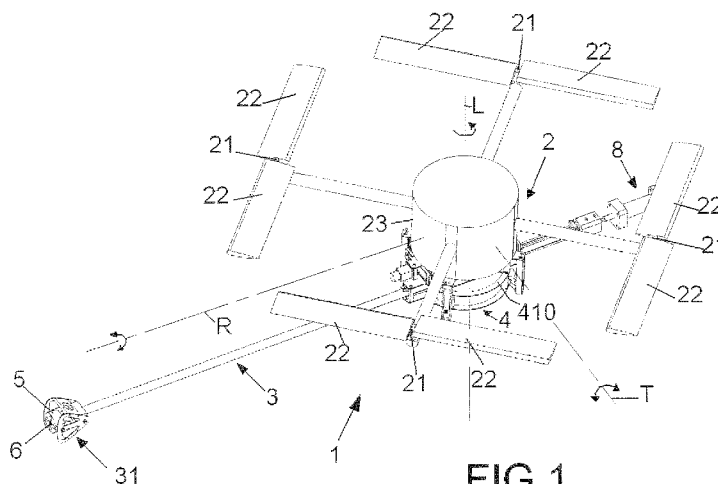


FIG.1

(57) Abstract : The invention relates to a device (1) for non-destructively checking structures, and, for example, measuring the
thicknesses of structures using an ultrasonic probe. The device comprises a drone (2), which is capable of hovering flight and
which can preferably be manually and remotely piloted by an operator using a remote control, as well as an onboard measurement
probe (6) which is connected to the drone (2) by connection means (3; 4). The connection means (3; 4) enable the measurement
probe (6), in contact with a surface of a structure to be checked, to be positioned and temporarily immobilized while piloting the
drone.

(57) Abrégé :

[Suite sur la page suivante]



— *relative à la qualité d'inventeur (règle 4.17.iv)*

Publiée :

— *avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))*

Le dispositif (1) permet le contrôle non destructif de structures, et par exemple la mesure d'épaisseurs de structures au moyen d'une sonde ultrasonore. Il comporte un drone (2) qui a une capacité de vol stationnaire, et qui est de préférence pilotable à distance de manière manuelle par un opérateur au moyen d'une télécommande, et une sonde de mesure (6) embarquée et reliée au drone (2) par des moyens de liaison (3; 4). Les moyens de liaison (3; 4) permettent, en pilotant le drone, de positionner et immobiliser temporairement la sonde de mesure (6) au contact d'une surface d'une structure à contrôler.

DISPOSITIF PERMETTANT LE CONTRÔLE NON DESTRUCTIF DE STRUCTURES ET COMPORTANT UN DRONE ET UNE SONDE DE MESURE EMBARQUEE

5

Domaine technique

La présente invention concerne le domaine du contrôle non destructif et à distance de structures, et en particulier de grandes structures métalliques ou en matériau composite. Elle concerne plus particulièrement, mais non exclusivement, la mesure à distance de l'épaisseur d'une structure en différents points au moyen d'un drone et d'une sonde de mesure embarquée.

Art antérieur

Pour réaliser le contrôle non destructif de structures, il est usuel d'utiliser une sonde de mesure qui est appliquée sur la structure à contrôler, ou qui est positionnée à proximité de la structure à contrôler. Par exemple, la sonde de mesure émet un signal, qui peut notamment être de type ultrasonore ou électromagnétique, lequel signal se propage dans la matière de la structure, et est au moins en partie réfléchi par la structure. La sonde capte ce signal réfléchi par la matière de la structure. Ce signal réfléchi et capté par la sonde est converti en un signal de mesure permettant de caractériser la structure, et par exemple de mesurer l'épaisseur locale de la structure. En procédant à plusieurs mesures en différents points de la structure, il est possible de cartographier la structure en ces différents points de mesure avec cette caractéristique contrôlée (par exemple l'épaisseur) et/ou de détecter par exemple des faiblesses ou anomalies dans la structure.

Plus particulièrement, lorsque le contrôle non destructif est réalisé avec une sonde de type palpeur, c'est-à-dire une sonde devant être appliquée au contact de la structure, tel que par exemple une sonde de mesure ultrasonore, il est indispensable de s'assurer du bon positionnement de la sonde au contact de la structure pendant une durée suffisamment

longue pour pouvoir effectuer une mesure correcte. Pendant cette mesure, la sonde doit être immobile et en contact avec la structure. A titre purement indicatif, dans le cas d'une sonde de mesure ultrasonore permettant une mesure d'épaisseur, la durée de mise en contact de la sonde avec la structure est typiquement au moins de l'ordre de 2 secondes.

La manière la plus simple de procéder à ce contrôle non destructif de structures est de faire positionner manuellement par un opérateur la sonde de mesure par rapport à la structure. Cette méthode manuelle pose des problèmes lorsque les parties de la structure à contrôler sont difficiles d'accès pour l'opérateur, et notamment lorsque les parties de la structure à contrôler sont situées en hauteur, comme par exemple des parties en hauteur de grands ouvrages (ponts, tours, bâtiments, ...). En outre, cette méthode manuelle occasionne des risques de chute pour l'opérateur lorsque les parties de la structure à contrôler sont situées en hauteur.

Pour pallier ce problème, on a déjà proposé dans la demande de brevet français FR 2861457 d'utiliser un robot mobile téléguidé, embarquant une ou plusieurs sondes de mesure, et apte à rouler ou glisser sur une paroi de la structure. Le robot comporte des moyens lui permettant d'adhérer à la paroi de la structure. La sonde de mesure est appliquée sur la paroi de la structure à contrôler par exemple par aimantation.

Cette solution technique oblige à mettre en œuvre des moyens permettant de faire adhérer le robot à la paroi de la structure, tout en lui permettant de se déplacer en glissant ou en roulant au contact de la paroi de la structure. En pratique, cette solution peut être mise en œuvre uniquement pour contrôler des structures présentant une paroi continue à géométrie simple, telle que par exemple la coque d'un navire, qui permet de guider le robot lors de ses déplacements jusqu'au point de mesure. Cette solution n'est pas adaptée pour le contrôle non destructif de structures complexes (par exemple structures comportant un assemblage de poutres, structures présentant des surfaces accidentées ou fortement irrégulières).

On a également proposé dans la demande de brevet internationale

WO2009/142933 un système d'inspection de structures comportant une pluralité de véhicules mobiles indépendants, tels que par exemple des drones, qui sont équipés par exemple de caméra(s) et de capteur(s) (notamment de capteurs ultrasonores) et qui sont conçus pour se déployer
5 de manière autonome (sans pilotage manuel) et en même temps sur la structure.

Objectif de l'invention

La présente invention vise à proposer une nouvelle solution technique de contrôle non destructif d'une structure au moyen d'au moins
10 une sonde de mesure devant être appliquée au contact d'une surface de la structure, laquelle solution technique présente au moins les avantages suivants :

- elle permet de réaliser des contrôles non destructifs d'une partie d'une structure qui peut être difficilement accessible, et qui est par
15 exemple située en hauteur, et ce notamment sans risque d'accident pour un opérateur,
- elle permet de réaliser des contrôles non destructifs et à distance d'une structure, quelle que soit la complexité de la structure.

Résumé de l'invention

L'invention a ainsi pour objet un dispositif pour le contrôle non destructif de structures, lequel dispositif comporte un drone ayant une capacité de vol stationnaire, et une sonde de mesure embarquée et reliée
20 au drone par des moyens de liaison qui permettent, en pilotant le drone, de positionner et immobiliser temporairement la sonde de mesure au contact
25 d'une surface d'une structure à contrôler.

Dans le présent texte, on désigne par « drone » tout aéronef pouvant embarquer une charge et ne comportant pas de pilote humain embarqué. Dans le cadre de l'invention, le drone peut être piloté de manière automatique, soit par une unité électronique de commande embarquée et
30 programmée de manière appropriée, soit à distance par une unité de commande déportée et programmée de manière appropriée, afin d'effectuer

automatiquement, et sans intervention d'un opérateur, un plan de vol prédéfini permettant une prise de mesure automatique sur une structure. Néanmoins, le drone est de préférence un aéronef pilotable à distance de manière manuelle par un opérateur au moyen d'une télécommande.

- 5 Dans le dispositif de l'invention, le drone présente une capacité de vol stationnaire, c'est-à-dire peut être contrôlé de manière à sensiblement conserver une même position sensiblement stable dans l'air.

 Dans le cadre de l'invention, la sonde de mesure peut être toute sonde comportant un capteur à contact, c'est-à-dire toute sonde de mesure
10 devant pour son fonctionnement être mise en contact avec la structure à contrôler.

 De manière optionnelle, le dispositif de l'invention peut comporter l'une et/ou l'autre des caractéristiques facultatives suivantes, prises isolément ou en combinaison l'une avec l'autre :

- 15 - le drone est pilotable à distance de manière manuelle par un opérateur au moyen d'une télécommande ;
- les moyens de liaison permettent de découpler la sonde de mesure et le drone de manière à permettre, une fois la sonde de mesure positionnée au contact d'une surface, des mouvements et/ou
20 déplacements du drone sans modifier la position et l'orientation de la sonde de mesure par rapport à la surface ;
- les moyens de liaison sont conçus pour découpler la sonde de mesure et le drone, de manière à permettre, une fois la sonde de mesure positionnée au contact d'une surface, des mouvements de
25 tangage du drone sans modifier la position et l'orientation de la sonde de mesure par rapport à la surface ;
- les moyens de liaison comportent des moyens d'amortissement des mouvements de tangage du drone ;
- les moyens de liaison sont conçus pour découpler la sonde de
30 mesure et le drone, de manière à permettre, une fois la sonde de mesure positionnée au contact d'une surface, des mouvements de

- roulis du drone sans modifier la position et l'orientation de la sonde de mesure par rapport à la surface ;
- les moyens de liaison comportent des moyens d'amortissement des mouvements de roulis du drone ;
- 5 - les moyens de liaison sont conçus pour découpler la sonde de mesure et le drone, de manière à permettre, une fois la sonde de mesure positionnée au contact d'une surface, des mouvements de lacet du drone sans modifier la position et l'orientation de la sonde de mesure par rapport à la surface ;
- 10 - les moyens de liaison comportent des moyens d'amortissement des mouvements de lacet du drone ;
- les moyens d'amortissement comportent des attaches en matériau viscoélastique ;
- 15 - les moyens de liaison sont conçus pour découpler la sonde de mesure et le drone, de manière à permettre, une fois la sonde de mesure positionnée au contact d'une surface, des déplacements verticaux du drone sans modifier la position et l'orientation de la sonde de mesure par rapport à la surface ;
- 20 - les moyens de liaison sont conçus pour découpler la sonde de mesure et le drone, de manière à permettre, une fois la sonde de mesure positionnée au contact d'une surface, des déplacements latéraux du drone sans modifier la position et l'orientation de la sonde de mesure par rapport à la surface ;
- 25 - les moyens de liaison entre la sonde de mesure et le drone comportent un support de sonde sur lequel est fixée la sonde de mesure, un châssis en au moins deux parties, une première partie étant fixée au drone et une deuxième partie étant solidaire du support de sonde, et les deux parties du châssis étant reliées entre elles par des moyens de liaison permettant des mouvements de la
- 30 première partie par rapport à la deuxième partie du châssis de manière à découpler la sonde de mesure du drone et permettre,

une fois la sonde de mesure positionnée au contact d'une surface, des mouvements de tangage et/ou de roulis et/ou de lacet du drone sans modifier la position et l'orientation de la sonde de mesure par rapport à la surface ;

- 5 - les moyens de liaison entre les deux parties du châssis permettent d'amortir les mouvements de tangage et/ou de roulis et/ou de lacet du drone ;
- les moyens de liaison entre les deux parties du châssis comportent des attaches en matériau viscoélastique ;
- 10 - les moyens de liaison entre la sonde de mesure et le drone comportent une tête de perche sur laquelle est fixée la sonde de mesure, et qui est articulée de manière à posséder au moins deux degrés de liberté en rotation suivant deux axes de rotation qui sont perpendiculaires entre eux ;
- 15 - lesdits deux axes de rotation de la tête de perche définissent un plan sensiblement parallèle au plan défini par les deux axes de tangage et lacet du drone ;
- le débattement en rotation de la tête de perche autour desdits deux axes est limité par des butées ;
- 20 - le dispositif comporte un palpeur dans lequel est fixée au moins ladite sonde de mesure, ledit palpeur définissant un plan de contact et ladite sonde de mesure affleurant au niveau du plan de contact du palpeur ;
- le palpeur comporte une face avant, qui est plane et qui définit ledit plan de contact.
- 25 - l'orientation du plan de contact du palpeur par rapport au drone est réglable ;
- les moyens de liaison entre la sonde de mesure et le drone comportent une perche à l'extrémité de laquelle est fixée la sonde de mesure ;
- 30 - les moyens de liaison entre la sonde de mesure et le drone sont

- conçus de telle sorte que la sonde est mobile et guidée en translation sur une course limitée par rapport au drone entre une position rétractée dans laquelle la distance entre la sonde de mesure et le drone est minimale, et une position déployée dans laquelle la distance entre la sonde de mesure et le drone est maximale, et les moyens de liaison entre la sonde de mesure et le drone comportent des moyens de rappel élastique exerçant une force de rappel qui ramène la sonde de mesure en position déployée lorsque la sonde de mesure n'est pas en contact avec une surface ;
- Le dispositif comporte en outre des moyens de fixation qui permettent, lorsque la sonde de mesure est positionnée au contact d'une surface, de fixer temporairement ladite sonde de mesure au contact de cette surface ;
 - lesdits moyens de fixation sont fixés au palpeur ;
 - lesdits moyens de fixation comportent un ou plusieurs aimants ;
 - la sonde de mesure est une sonde ultrasonore ;
 - les moyens de liaison entre la sonde de mesure et le drone comportent des moyens d'appui qui permettent de décoller la sonde de mesure d'une surface en faisant basculer le drone en appui sur la surface par l'intermédiaire desdits moyens d'appui ;
 - le dispositif comporte en outre des moyens d'injection qui sont embarqués sur le drone, et qui permettent, lorsque la sonde de mesure est appliquée contre une surface, d'injecter un agent couplant entre la sonde de mesure et ladite surface ;
 - les moyens d'injection sont télécommandables ;
 - le dispositif comporte en outre au moins un capteur de contact permettant de détecter si la sonde de mesure est en contact ou non avec une surface ;
 - le dispositif comporte des moyens de commande embarqués sur le drone qui permettent de commander automatiquement les moyens

d'injection à partir au moins du signal de détection délivré par ledit capteur de contact ;

- lesdits moyens d'injection comportent un réservoir, qui contient l'agent couplant, et qui est amovible de manière à pouvoir être remplacé.

5

L'invention a également pour objet l'utilisation du dispositif visé précédemment, pour réaliser un contrôle non destructif d'une structure.

Plus particulièrement, mais non exclusivement, le contrôle non destructif de la structure consiste par exemple à mesurer localement

10 l'épaisseur de la structure

Brèves description des dessins

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront plus clairement à la lecture de la description détaillée ci-après de plusieurs variantes de réalisation d'un dispositif de l'invention qui ne sont pas limitatives, ni exhaustives, de l'invention, laquelle description est faite en

15

référence aux dessins annexés sur lesquels :

- La figure 1 est une représentation en perspective d'un dispositif de contrôle, conforme à une première variante de réalisation de l'invention, et comportant notamment un drone de type hélicoptère, et une perche rectiligne rétractable, qui est solidaire du drone, et à l'extrémité de laquelle est fixé un palpeur intégrant au moins une sonde de mesure,
- La figure 2 est une vue de côté du dispositif de contrôle de la figure 1, en phase d'approche d'une surface d'une paroi de structure à contrôler, la sonde de mesure étant en position déployée et n'étant pas en contact avec ladite surface,
- La figure 3 est une vue de côté du dispositif de contrôle de la figure 1, en phase de prise de mesure pour le contrôle d'une paroi de structure, la sonde de mesure étant appliquée au contact de la surface de la paroi et étant en position rétractée,
- la figure 4 est une vue partielle en perspective du dispositif de la

20

25

30

figure 1 montrant en détail le châssis du dispositif et le montage de la perche sur ce châssis,

- la figure 5 est une représentation en perspective d'un exemple de réalisation d'une perche avec tête de perche articulée et système d'injection d'un agent couplant,
- la figure 6 est une vue de côté de la perche de la figure 5,
- la figure 7 est une vue de côté d'un dispositif de contrôle de l'invention, conforme à une deuxième variante de réalisation, et comportant notamment un drone de type hélicoptère, et une perche coudée à 90°, qui est solidaire du drone, et à l'extrémité de laquelle est fixé un palpeur intégrant au moins une sonde de mesure.

Description détaillée

En référence à la figure 1, le dispositif 1 de contrôle non destructif de structures comporte :

- un drone 2,
- une perche 3 portant à une extrémité un élément palpeur 5 dans lequel est logée au moins une sonde de mesure 6,
- un système d'injection 8 d'agent couplant, fixé à l'autre extrémité de la perche 3,
- un châssis 4, sur lequel est fixé le drone 2 et sur lequel la perche 3 est montée en porte-à-faux.

Drone 2

Le drone 2 est un aéronef, qui a une capacité de vol stationnaire, et qui de manière usuelle est pilotable manuellement à distance par un opérateur au moyen d'une télécommande.

Dans l'exemple particulier illustré, le drone 2 est un aéronef, qui comporte de manière connue en soi :

- quatre rotors 21 d'axe vertical équipés chacun de deux pales 22, et
- une cellule centrale 23.

On a représenté sur la figure 1, l'axe de roulis R, l'axe de tangage T et l'axe de lacet L du drone 2.

L'invention n'est pas limitée à ce type particulier de drone 2. De manière non exhaustive, on pourrait par exemple mettre en œuvre un drone de type hélicoptère comportant un rotor central ou un drone à plusieurs rotors tel que par exemple celui décrit dans la demande de brevet français 5 FR 2 909 972. Le drone pourrait également être un aéronef de type dirigeable, pilotable à distance.

La cellule centrale 23 sert de logement notamment :

- au moteur et au mécanisme d'entraînement du rotor 21,
- à une carte électronique permettant la télécommande du drone 2, 10 pour le contrôle manuel à distance du vol du drone 2 par un opérateur,
- à un équipement électronique d'acquisition permettant d'acquérir les données de mesure acquises au moyen des capteurs du palpeur 5, dont au moins la sonde de mesure 6,
- 15 - à des moyens de télécommunication radio, qui permettent notamment de dialoguer à distance avec ledit équipement électronique d'acquisition et de transmettre vers un poste de mesure distant les données de mesures acquises par le dispositif,
- à un équipement électronique de contrôle et commande du système 20 d'injection 8, lequel équipement est de préférence télécommandable à distance par un opérateur au moyen d'une télécommande adaptée.

Perche 3 – élément palpeur 5

Dans la variante particulière de réalisation des figures 1 à 6, la perche 3 comporte un support tubulaire rectiligne 30, d'axe longitudinal 30a 25 (figure 2) sensiblement parallèle à l'axe de roulis R du drone 2, et une tête de perche 31 (figures 1 et 2) qui est montée à une extrémité du tube 30, de manière à être déportée par rapport au drone 2 et à ne pas être positionnée au dessous des pales 22 du drone 2. Le tube 30 peut plus généralement être constitué par tout support permettant de déporter la tête de perche 31, 30 et de ce fait le palpeur 5 intégrant la sonde de mesure 6, en dehors du volume d'encombrement du drone 2.

Le tube 30 doit présenter une résistance à la flexion suffisante pour éviter une flèche du tube 30, et est de préférence le plus léger possible. Pour un bon compromis entre ces deux contraintes, on choisit par exemple un tube 30 rigide en carbone pultrudé, de diamètre adapté.

5 Plus particulièrement, le palpeur 5 est fixé sur la tête de perche 31, et se présente sous la forme d'un bloc cylindrique dans lequel sont intégrés (figure 5) la sonde de mesure précitée 6, plusieurs aimants 51 et de manière optionnelle un capteur supplémentaire 7, tel que par exemple un capteur de température. Ce capteur supplémentaire 7 peut être un capteur nécessitant,
10 comme pour la sonde de mesure 6, une mise en contact avec une surface S de la structure à contrôler, ou être un capteur de proximité du type capteur infrarouge.

Le bloc cylindrique du palpeur 5 comporte (figures 2 et 5) une face avant 5a plane, au niveau de laquelle affleurent la sonde de mesure 6, les
15 aimants 51 et le cas échéant le capteur 7. Cette face avant 5a plane définit un plan P de contact du palpeur 5 avec une surface d'une structure à contrôler.

Le palpeur 5 ne comporte pas nécessairement une face avant 5a plane, mais peut plus généralement comporter en face avant au moins trois
20 points de contact définissant un plan de contact P du palpeur 5, au niveau duquel affleurent la sonde de mesure 6, les aimants 51 et le cas échéant le capteur 7.

La sonde de mesure 6 doit, pour effectuer une mesure, être appliquée contre une surface S, en étant maintenue immobile, pendant une
25 durée minimale nécessaire à la mesure. Par exemple, la sonde de mesure 6 est une sonde ultrasonore qui permet la mesure d'épaisseur locale de la structure à contrôler ou qui permet la détection de fissures dans la structure.

La sonde de mesure 6 peut être toute sonde comportant au moins un capteur à contact, c'est-à-dire toute sonde de mesure devant pour son
30 fonctionnement être mise en contact avec la structure à contrôler. Le capteur à contact de la sonde de mesure 6 n'est pas nécessairement un capteur

ultrasonore, mais peut par exemple être capteur de température à contact, un capteur électromagnétique à contact,...

On a représenté de manière schématique sur la figure 2, le drone 2 en phase d'approche (flèche D) d'une paroi P1 d'une structure à contrôler.

5 Sur cette figure 2, le palpeur 5 n'est pas en contact avec la surface S de la paroi P1.

On a représenté de manière schématique sur la figure 3, le drone 2 en position de vol stationnaire par rapport à une paroi P1 d'une structure à contrôler. Sur cette figure 3, l'axe 30a du tube 30 de la perche 3 est
10 sensiblement perpendiculaire à la surface S de la paroi, et la tête de perche 31 est appliquée en butée contre la surface S de la paroi P1, de telle sorte que la face avant 5a du palpeur 5 est en appui plan sur toute sa surface avec la surface S de la paroi P1. Il en résulte que la sonde de mesure 6 est positionnée au contact de la surface S de la paroi P en étant correctement,
15 orientée par rapport à la surface S et peut être utilisée pour effectuer une mesure. Pour effectuer une prise de mesure correcte au moyen de la sonde de mesure 6, il est nécessaire d'immobiliser le palpeur 5 dans cette position de contact de la figure 3 pendant une durée minimale, qui dépend de la technologie de la sonde de mesure 6 et qui est par exemple typiquement
20 d'au moins 2 secondes pour une sonde ultrasonore. Si pendant la phase de prise de mesure, la face avant 5a du palpeur 5 n'est pas maintenue en permanence en contact sur toute sa surface avec la surface S, la position et/ou l'orientation de la sonde de mesure 6 par rapport à la surface S sont modifiées et la mesure est faussée ou impossible.

25 Dans la variante particulière de mise en œuvre des figures 2 et 3, la paroi P1 est verticale et les axes X, Y, Z sont sensiblement parallèles respectivement aux axes de roulis R, de tangage T et de lacet L du drone 2. Dans cette variante particulière de réalisation, la face avant 5a du palpeur 5, qui définit le plan de contact P de la sonde de mesure 6, est
30 sensiblement perpendiculaire à l'axe R de roulis. Ceci n'est toutefois pas limitatif de l'invention. Dans une autre variante, le support 30 de la tête de

perche 31 pourrait être conçu de telle sorte que le plan de contact P de la sonde de mesure 6 est sensiblement perpendiculaire à l'axe L de lacet du drone 2, tel que dans l'exemple illustré sur la figure 7. A cet effet, sur cette figure 7, le support 30 de la perche 3 est un tube coudé vers le haut suivant un angle A de 90°. Cette variante permet par exemple d'effectuer facilement une mesure au moyen de la sonde 6 sur une surface S de paroi sensiblement horizontale.

De préférence dans la variante de la figure 7, la perche 3 est conçue de sorte que l'angle A est réglable, de manière à régler l'orientation du plan de contact P de la sonde de mesure 6 par rapport au drone 2. Ceci est obtenu en mettant en œuvre par exemple un coude 30b formant une articulation réglable.

Dans une autre variante de réalisation, l'orientation du plan P de contact de la sonde de mesure 6 (face avant 5a du palpeur 5) par rapport aux axes de roulis R, tangage T et lacet L du drone 2 peut être différente des deux exemples particuliers d'orientation illustrés respectivement sur les figures 1 et 7.

Dans une variante perfectionnée, le support 30 et la tête de perche 31 peuvent également être conçus de manière à permettre un réglage manuel de l'orientation initiale du plan P de contact de la sonde de mesure 6 par rapport aux axes de roulis R, tangage T et lacet L du drone 2.

Pour positionner la sonde de mesure 6 contre la surface S (position de la figure 3), un opérateur commande le vol du drone 2 en pilotant manuellement et à distance le drone 2 au moyen de sa télécommande, de manière à positionner le palpeur 5 au contact de la zone de la surface S de la structure à contrôler. Ce pilotage peut être totalement manuel ou être assisté. La zone à contrôler peut avantageusement être située en un point difficilement accessible ou inaccessible pour l'opérateur, et notamment en hauteur, et les opérations de mesure peuvent avantageusement être réalisées sans aucun risque corporel pour l'opérateur. Pendant la mesure, l'opérateur pilote le drone en vol stationnaire de manière à constamment

maintenir le palpeur 5 dans la position de contact de la figure 3 pendant une durée minimale nécessaire à la prise de mesure.

Tête de perche 31- aimants 51

Dans la variante particulière de réalisation des figures annexées, les aimants 51 sont utiles lorsque la surface S de la structure à contrôler est métallique et par exemple en acier. Ils sont en revanche inopérants lorsque la surface S n'est pas métallique. Ils permettent de fixer temporairement (pendant la durée nécessaire à la mesure) le palpeur 5, et par là-même la sonde de mesure 6, contre une surface S métallique.

Les aimants 51 peuvent être des aimants permanents ou des électroaimants.

Lorsque la surface S est métallique, il suffit à l'opérateur de piloter le drone 2 de manière à positionner, en vol stationnaire, la tête de perche 31 à proximité de la paroi S. Une fois ce vol d'approche réalisé, les aimants 51 de la tête de perche 31 attirent la tête de perche 31 au contact de la surface S et permettent de fixer temporairement et de manière fiable (pendant la durée nécessaire à la mesure) le palpeur 5, et de ce fait la sonde de mesure 6, contre la surface S métallique. Cette aimantation facilite le pilotage du drone 2 pour obtenir la mise en contact et un maintien en contact du palpeur 5 avec la surface S, et facilite le pilotage en vol stationnaire du drone 2 pendant la phase de mesure de la figure 3.

Les aimants 51 pourraient être remplacés par d'autres moyens de fixation temporaire remplissant la même fonction, et par exemple par des moyens de fixation de type ventouses, qui présentent l'avantage par rapport aux aimants de permettre la fixation temporaire de la sonde de mesure 6 au contact la surface S, quelle que soit le matériau constitutif de cette surface S.

Décollement du palpeur 5 par rapport à la surface S

Une fois la mesure effectuée, l'opérateur pilote le drone 2 de manière à écarter la tête de perche 31 de la surface S.

Lorsque le palpeur 5 porté par tête de perche 31 est fixé au contact

de la surface S par des moyens de fixation temporaire, tels que les aimants 51 ou équivalents, le mouvement de retrait du drone 2 doit être suffisant pour décoller le palpeur 5 de la surface S, malgré la force d'attraction exercée par les aimants 51.

5 Dans la variante particulière de réalisation des figures annexées, pour aider au décollement du palpeur 5 de la paroi P1, la tête de perche 31 est équipée de deux flasques latéraux 310 (figure 5) présentant chacun un bord d'appui avant 311. Chaque bord d'appui 311 comporte au moins une portion 311a (figure 6) sensiblement rectiligne ou à grand rayon de courbure, 10 qui est positionnée dans le plan de contact P du palpeur 5, et qui est prolongée par au moins une portion courbe 311b positionnée en dehors du plan de contact P du palpeur 5. Dans la variante particulière illustrée (figure 6), chaque bord d'appui avant 311 comporte une portion centrale 311a prolongée de part et d'autre par des portions courbes 311b.

15 Lorsque le palpeur 5 est appliqué au contact d'une surface S, les bords avant 311 des deux flasques latéraux 310 sont au contact de la surface S, sensiblement au niveau de leur partie centrale 311a. Pour décoller la tête de perche 31 de la surface S, l'opérateur pilote le drone 2 de manière à faire basculer légèrement le plan de contact P du palpeur 5 par 20 rapport à la surface S. Dans l'exemple particulier de la figure 3, ceci est obtenu en faisant basculer la tête de perche 31 vers le haut ou vers le bas dans le plan vertical (X,Z). Lors de ce mouvement, la tête de perche 31 prend appui sur la surface S par l'intermédiaire des portions courbes 311b des bords d'appui avant 311, ce qui permet d'exercer sur le palpeur 5, une 25 force contribuant avantageusement au décollement des aimants 51 de la surface S.

On notera que la mise en œuvre des flasques 310 avec bord d'appui avant 311 pour le décollement du palpeur 5 est utile principalement lorsque les moyens de fixation 51 ont un effet permanent, tel que par 30 exemple des aimants permanent ou des ventouses. En revanche, lorsqu'on utilise des moyens de fixation 51 à effet non permanent, tels que par

exemple des électroaimants, il est avantageusement possible d'aider au décollement du palpeur 5 en commandant à distance les électroaimants ou équivalent de manière à faire cesser l'effet d'aimantation une fois la mesure effectuée au moyen de la sonde 6.

5 Articulation de la tête de perche 31

Pendant une mesure au moyen de la sonde 6, le drone 2 peut, en fonction par exemple de la précision du pilotage du vol stationnaire par l'opérateur et/ou sous l'effet d'un vent latéral ou d'un flux d'air ascendant ou descendant, subir des déplacements verticaux (vers le haut ou vers le bas)
10 et/ou latéraux (vers la droite ou vers la gauche).

Lorsque la tête de perche 31 est fixée rigidement à l'extrémité du tube 30, sans aucun degré de liberté par rapport au tube 30, ces déplacements peuvent contribuer à décoller prématurément de la surface S la face avant 5a du palpeur 5 pendant une mesure, et de ce fait à modifier
15 prématurément la position ou l'orientation de la sonde de mesure 6 par rapport à la surface S, ce qui peut empêcher ou fausser la mesure au moyen la sonde 6.

Pour pallier notamment ce problème, selon une caractéristique optionnelle de l'invention, la tête de perche 31 est articulée par rapport au
20 tube 30 de manière à posséder au moins deux degrés de liberté en rotation par rapport au tube 30 suivant deux axes de rotation (R1, R2) qui sont perpendiculaires entre eux et définissent un plan sensiblement parallèle au plan défini par les deux axes tangage T et lacet L (figure 5).

A cet effet, dans la variante particulière de réalisation de la figure 5,
25 la tête de perche 31 comporte une platine 312 sur laquelle les deux flasques latéraux 310 sont montés libres en rotation au moyen d'un premier axe 313 définissant un premier axe de rotation R1. Le palpeur 5 est fixé rigidement aux deux flasques 310. La platine 312 est montée libre en rotation par rapport au tube 30 au moyen d'un deuxième axe 314
30 définissant un deuxième axe de rotation R2 perpendiculaire au premier axe R1, les deux axes de rotation R1, R2 étant sensiblement parallèles au plan

de contact P de la sonde de mesure 6. La course en rotation de la tête de perche 31 autour de l'axe de rotation R1 est limitée par des butées haute 315 et basse 316. La course en rotation de la tête de perche 31 autour de l'axe de rotation R2 est limitée par des butées latérales droite et gauche
5 (non visibles sur les figures annexées).

Ces débattements limités en rotation de la tête de perche 31 par rapport au tube 30 autour desdits deux axes de rotation R1, R2, permettent de compenser dans une certaine mesure des déplacements verticaux (vers le haut ou vers le bas) et/ou latéraux (vers la droite ou vers la gauche) du
10 drone 2 sans modifier l'orientation du plan de contact P du palpeur 5, la sonde de mesure 6 restant ainsi en permanence correctement positionnée et orientée par rapport à la surface S de la structure à contrôler. En outre, cette articulation de la tête de perche 31 permet également d'adapter l'orientation du plan de contact P de la sonde de mesure par rapport aux
15 axes de roulis R, tangage T et lacet L et ainsi de contrôler plus facilement des parois P1 de structure ayant des orientations diverses par rapport au drone 2.

Dans une variante de réalisation, il est possible de prévoir un rappel élastique en rotation de la tête de perche 31 autour de l'axe R1 et/ou de
20 l'axe R2.

L'amplitude maximale des déplacements verticaux (vers le haut ou vers le bas) que peut subir le drone 2, sans modifier l'orientation du plan de contact P du palpeur 5 en appui contre une surface S, dépend respectivement de l'angle total de débattement en rotation de la tête de
25 perche 31 autour de l'axe de rotation R1. L'amplitude maximale des déplacements horizontaux (vers la droite ou vers la gauche) que peut subir le drone 2, sans modifier l'orientation du plan de contact P du palpeur 5 en appui contre une surface S, dépend respectivement de l'angle total de débattement en rotation de la tête de perche 31 autour de l'axe de rotation
30 R2. L'angle de total de débattement en rotation de la tête de perche 31 autour de l'axe de rotation R1 et l'angle de totale de débattement en rotation

de la tête de perche 31 autour de l'axe de rotation R2 sont par exemple inférieurs ou égaux à 30°.

Dans une autre variante de réalisation, l'articulation en rotation de la tête de perche 31 par rapport au tube 30 pourrait être réalisée au moyen d'une liaison de type pivot.

Amortissement des mouvements de tangage, roulis et lacet

Au cours d'une mesure, lorsque le drone 2 est en vol stationnaire, il peut subir des mouvements de rotation autour de son axe de tangage T, et/ou de son axe de roulis R et/ou de son axe de lacet L (mouvements de tangage et/ou roulis, et/ou lacet). Ces mouvements peuvent de manière préjudiciable se traduire par des oscillations du drone 2 autour de l'un ou l'autre de ces axes, et occasionner un basculement ou décollement prématuré de la sonde de mesure 6 par rapport à la surface S, et empêcher ou fausser la prise de mesure au moyen de la sonde 6.

Pour pallier ce problème, et en référence à la figure 4, le châssis 4 du dispositif 1 comporte deux parties rigides 41 et 42 reliés mécaniquement entre elles par des moyens de liaison viscoélastiques 43.

Plus particulièrement, la première partie 41 comporte un plateau supérieur 410, qui est fixé rigidement sur sa périphérie à quatre pieds 411 verticaux. Ce plateau supérieur 410 sert de support au drone 2, la cellule centrale 23 du drone 2 étant fixée rigidement à ce plateau supérieur 410.

La deuxième partie 42 du châssis 4 comporte un plateau inférieur 421 qui est fixé rigidement sur sa périphérie à un plateau médian 422 au moyen de quatre pieds 423 verticaux. Dans cet exemple particulier de réalisation, les moyens de liaison viscoélastiques 43 sont montés entre chaque pied 411 de la première partie 41 et chaque pied en vis-à-vis 423 de la deuxième partie 42. Plus particulièrement, entre chaque pied 411 de la première partie 41 et chaque pied en vis-à-vis 423 de la deuxième partie 42 sont montées deux attaches 430 en matériau viscoélastique. Ces moyens de liaison viscoélastiques 43 permettent de découpler la deuxième partie 42 de la première partie 41 et d'amortir les mouvements de tangage, roulis et

lacet du drone 2 par rapport à la perche 3, lorsque la tête de perche 31 est appliquée au contact d'une surface S (position de la figure 3). Ces amortissements sont réalisés par cisaillement et compression/ allongement des attaches viscoélastiques 430. Le choix du matériau viscoélastique des attaches 430 sera effectué, de manière connue en soi par l'homme du métier, en fonction notamment des charges embarquées sur les deux parties 41 et 42 du châssis 4, et de l'amortissement souhaité.

Les moyens de liaison viscoélastiques 43 pourraient être remplacés par tout autre moyen de liaison permettant de découpler la sonde de mesure 6 du drone 2 en amortissant le mouvement de tangage et/ou le mouvement de roulis et/ou le mouvement de lacet du drone 2 par rapport à la sonde 6.

Absorption de la force de réaction de la paroi

En phase d'approche de la surface S, lorsque l'opérateur pilote le drone 2 de manière à amener le plan de contact P de la sonde de mesure 6 en appui contre la surface S, la tête de perche 31 subit une force de réaction plus ou moins importante au contact de la surface S. Si la liaison mécanique entre la perche 3 et le drone 2 est trop rigide, cette force de réaction peut occasionner de manière préjudiciable un phénomène de rebond du dispositif par rapport à la surface S, et/ou endommager le dispositif, et ce malgré les forces de collage des aimants 51 dans le cas d'une surface S métallique. Ce phénomène de rebond rend plus difficile l'application et le maintien prolongé pendant une durée suffisante de la sonde de mesure 6 au contact de la surface S, ce qui complique et ralentit les prises de mesure.

Afin d'éviter ce phénomène de rebond, les moyens de liaison mécanique entre la sonde de mesure 6 et le drone 2 sont conçus de telle sorte que la sonde 6 est mobile et guidée en translation sur une course limitée par rapport au drone 2 entre une position rétractée dans laquelle la distance d entre la sonde de mesure 6 et le drone 2 est minimale (figure 3 / $d=d_{\min}$), et une position déployée dans laquelle la distance d entre la sonde de mesure 6 et le drone 2 est maximale (figure 2 / $d= d_{\max}$); les moyens

de liaison mécanique entre la sonde de mesure 6 et le drone 2 comportent en outre des moyens de rappel élastique exerçant une force de rappel qui ramène la sonde de mesure 6 en position déployée lorsque la sonde de mesure 6 n'est pas en contact avec une surface S.

5 Ainsi, lorsque la sonde de mesure 6 est appliquée au contact d'une surface S, le drone 2 peut être déplacé en translation en direction de la sonde 6 de manière absorber la force de réaction subie par la sonde de mesure 6 au contact de la surface S. Une fois la mesure effectuée, lorsque la sonde de mesure 6 est décollée de la surface S, elle reprend
10 automatiquement sa position déployée en étant automatiquement écartée du drone 2 par les moyens de rappel élastique. La position déployée de la sonde de mesure 6 est de préférence définie de manière à optimiser la position du centre de gravité du dispositif 1 pour obtenir une très bonne stabilité en vol du dispositif de contrôle 1.

15 Plus particulièrement, dans la variante de réalisation de la figure 4, le plateau médian 422 et le plateau inférieur 421 sont reliés par des entretoises avant 424 et arrière 425 comportant un orifice traversant. Le tube 30 de la perche 3 est solidaire des plateaux médian 422 et inférieur 421 en étant enfilé dans les orifices traversants des entretoises 424, 425 et peut
20 coulisser par rapport aux plateaux médian 422 et inférieur 421 en étant guidé en translation le long d'un axe parallèle à son axe longitudinal 30a et dans les deux directions opposées. La perche 3 est ainsi rétractable par rapport au drone 2. Les moyens de rappel élastique de la perche 3 en position déployée sont constitués par quatre élastiques 428 (figure 4) qui
25 sont fixés entre l'entretoise avant 424 et une pièce arrière 427 fixée sur le tube 30 de la perche 3. Lorsque le palpeur 5 est décollé de la surface S et que le drone 2 est à distance suffisante de la paroi P1, les moyens de rappel élastique 428 repoussent la perche 3 en position déployée tel qu'illustré sur la figure 2.

30 Une fois le palpeur 5 (incorporant la sonde de mesure 6) positionné en appui plan au contact de la surface S de la paroi P1, il est possible de

piloter le drone 2 de manière à le rapprocher en direction de la paroi P1 (figure 3 dans la direction X), grâce au mouvement de translation de la perche 3 vers l'arrière en direction du drone 2.

Afin de délimiter ce mouvement de translation de la perche par rapport au drone 2, une butée mobile 426 est fixée sur le tube 30. Cette butée mobile 426 coopère avec l'entretoise avant 424 à fonction de butée fixe, de manière à limiter la course en translation du drone 2 par rapport à la perche 3, lorsque le drone 2 est déplacé en translation en direction de la sonde 6 qui est en appui contre une surface S. Cette butée mobile 426 coopère avec l'entretoise arrière 425 à fonction de butée fixe, de manière à limiter la course en translation de la perche 3 par rapport au drone 2, lorsque la sonde 6 n'est pas en appui contre une surface et que la perche 3 est rappelée élastiquement en position déployée de la figure 2. Les positions de des deux butées 426 et 424 permettent de définir la position rétractée maximale (figure 3) de la sonde de mesure par rapport au drone 2, et la position des deux butées 426 et 425 permettent de définir la position déployée maximale (figure 2) de la sonde de mesure par rapport au drone 2.

Système d'injection 8

En référence aux figures 5 et 6, le système d'injection 8 comporte :

- une cartouche amovible 80 comprenant un réservoir 800, qui contient un agent couplant sous pression, et qui est équipé en partie arrière d'une valve 801 de pressurisation ; la valve de pressurisation 801 permet de régler initialement la pression dans le réservoir 800,
- un bloc de distribution 81 positionné à l'avant du réservoir 800 et couplé au réservoir 800 pour son alimentation en agent couplant ; de préférence le couplage entre le réservoir 800 et le bloc de distribution 81 est réalisé au moyen d'un raccord rapide 82 permettant de facilement adapter la cartouche 80 sur le bloc de distribution 81 ou de facilement séparer la cartouche 80 du le bloc de distribution 81.

Le bloc de distribution 81 est équipé d'une électrovanne 810 qui permet d'alimenter le bloc de distribution 81, à chaque prise de mesure,

avec une faible quantité prédéfinie d'agent couplant en provenance du réservoir 800.

Plus particulièrement, le dispositif peut comporter des moyens de télécommande à distance de l'électrovanne 810, de manière à permettre à
5 un opérateur de commander manuellement et à distance l'électrovanne 810 à chaque prise de mesure.

Plus particulièrement, le dispositif peut comporter des moyens de commande automatique de l'électrovanne 810 qui sont embarqués sur le drone 2 et qui permettent de commander automatiquement l'électrovanne
10 810, à chaque prise de mesure. En particulier, ces moyens de commande automatique peuvent comporter un ou plusieurs capteurs 9 (figure 5), de type tout ou rien, qui sont par exemple montés sur la tête de perche 31, et qui permettent de détecter si la tête de perche 31 est en contact ou non avec une surface S. Chaque capteur 9 délivre un signe de détection qui est
15 traité par des moyens électroniques qui sont embarqués sur le drone 2, et qui permettent de commander automatiquement l'électrovanne 810 en fonction de l'état de chaque signal de détection délivré par le ou les capteurs 9.

La sortie du bloc de distribution 81 est raccordée à l'extrémité d'une
20 tubulure souple 83 (figure 6), qui est logée dans le tube 30. Cette tubulure 83 est raccordée à son autre extrémité à un canal d'alimentation en agent couplant, qui traverse la tête de perche 31 et débouche dans la face avant 5a du palpeur 5, de manière à permettre l'injection à chaque prise de mesure d'une faible quantité prédéfinie d'agent couplant entre la sonde de
25 mesure 6 et la surface S de la paroi P1 contre laquelle la sonde de mesure 6 est appliquée. Cette injection d'agent couplant permet d'éviter, au cours d'une mesure, la présence d'air entre la sonde de mesure 6 et la surface S, malgré par exemple la présence d'irrégularités dans la surface S de la paroi P1. Une telle présence d'air peut en effet être préjudiciable à la transmission
30 des signaux entre la sonde de mesure 6 et la paroi P1 et empêcher une mesure correcte.

Grâce à l'injection d'agent couplant, et indépendamment de l'état de surface de la paroi P1 de la structure à contrôler, on assure une très bonne transmission, entre la sonde de mesure 6 et la paroi P1, du signal émis par la sonde de mesure 6 dans la paroi P1, et du signal de mesure qui est
5 réfléchi par la paroi P1 et capté par la sonde 6.

L'agent couplant est choisi en fonction du type de signaux à transmettre entre la sonde de mesure 6 et la paroi P1. Lorsqu'il s'agit d'ondes ultrasonores, l'agent couplant est par exemple un liquide tel que de l'eau ou un gel adapté.

10 Afin de contrôler le volume d'agent couplant contenu dans le réservoir 800, le système d'injection 8 est plus particulièrement équipé d'un capteur de pression 811 (figure 5) mesurant directement ou indirectement la pression dans le réservoir 800 en cours d'injection. Dans l'exemple illustré, ce capteur de pression 811 mesure directement la
15 pression en sortie du réservoir 800.

Lorsque la pression mesurée par le capteur 811 est trop faible (pression inférieure à un seuil prédéfini), un signal d'alerte (lumineux et/ou sonore) est par exemple émis automatiquement afin d'informer l'opérateur que le réservoir 800 ne contient plus suffisamment d'agent couplant et doit
20 être changé. Lorsque le réservoir 800 ne contient plus suffisamment d'agent couplant, l'opérateur retire la cartouche 80 usagée et la remplace par une cartouche 80 neuve comportant un réservoir 800 rempli d'agent couplant. La cartouche usagée est soit jetée, soit rechargée en remplissant son réservoir 800 avec de l'agent couplant.

REVENDICATIONS

1. Dispositif (1) pour le contrôle non destructif de structures, caractérisé en ce qu'il comporte un drone (2) ayant une capacité de vol stationnaire, et une sonde de mesure (6) embarquée et reliée au drone (2) par des moyens de liaison (3 ; 4 ; 5) qui permettent, en pilotant le drone, de positionner et immobiliser temporairement la sonde de mesure (6) au contact d'une surface (S) d'une structure à contrôler.
2. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel les moyens de liaison (3 ; 4 ; 5) permettent de découpler la sonde de mesure (6) et le drone (2) de manière à permettre, une fois la sonde de mesure (6) positionnée au contact d'une surface (S), des mouvements et/ou déplacements du drone sans modifier la position et l'orientation de la sonde de mesure (6) par rapport à la surface (S).
3. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel les moyens de liaison (3 ; 4 ; 5) sont conçus pour découpler la sonde de mesure (6) et le drone (2), de manière à permettre, une fois la sonde de mesure (6) positionnée au contact d'une surface (S), des mouvements de tangage du drone (2) sans modifier la position et l'orientation de la sonde de mesure (6) par rapport à la surface (S).
4. Dispositif selon la revendication 3, dans lequel les moyens de liaison comportent des moyens (43) d'amortissement des mouvements de tangage du drone (2).
5. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel les moyens de liaison (3 ; 4 ; 5) sont conçus pour découpler la sonde de mesure (6) et le drone (2), de manière à permettre, une fois la sonde de mesure (6) positionnée au contact d'une surface (S), des mouvements de roulis du drone (2) sans

modifier la position et l'orientation de la sonde de mesure (6) par rapport à la surface (S).

5 6. Dispositif selon la revendication 5, dans lequel les moyens de liaison comportent des moyens (43) d'amortissement des mouvements de roulis du drone (2).

7. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel les moyens de liaison (3 ; 4 ; 5) sont conçus pour découpler la sonde de mesure (6) et le drone (2), de manière à permettre, une fois la sonde de mesure (6) positionnée au contact
10 d'une surface (S), des mouvements de lacet du drone (2) sans modifier la position et l'orientation de la sonde de mesure (6) par rapport à la surface (S).

8. Dispositif selon la revendication 7, dans lequel les moyens de liaison comportent des moyens (43) d'amortissement des
15 mouvements de lacet du drone (2).

9. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 4, 6 ou 8 dans lesquels les moyens d'amortissement (43) comportent des attaches (430) en matériau viscoélastique.

10. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel les moyens de liaison (3 ; 4 ; 5) sont conçus pour découpler la sonde de mesure (6) et le drone (2), de manière à permettre, une fois la sonde de mesure (6) positionnée au contact d'une surface (S), des déplacements verticaux du drone (2) sans modifier la position et l'orientation de la sonde de mesure (6) par rapport à la surface (S).
25

11. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel les moyens de liaison (3 ; 4 ; 5) sont conçus pour découpler la sonde de mesure (6) et le drone (2), de manière à permettre, une fois la sonde de mesure (6) positionnée au contact d'une surface (S), des déplacements latéraux du drone
30 (2) sans modifier la position et l'orientation de la sonde de mesure

(6) par rapport à la surface (S).

5 12. Dispositif selon la revendication 2, dans lequel les moyens de liaison (3 ; 4 ; 5) entre la sonde de mesure (6) et le drone (2) comportent un support (3) de sonde sur lequel est fixée la sonde de mesure (6), un châssis (4) en au moins deux parties (41 ; 42),
10 une première partie (41) étant fixée au drone (2) et une deuxième partie (42) étant solidaire du support (3) de sonde (6), et les deux parties (41 ; 42) du châssis étant reliées entre elles par des moyens de liaison (43) permettant des mouvements de la première partie (41) par rapport à la deuxième partie (42) du châssis de manière à découpler la sonde de mesure (6) du drone (2) et permettre, une fois la sonde de mesure (6) positionnée au contact d'une surface (S), des mouvements de tangage et/ou de roulis et/ou de lacet du drone (2) sans modifier la position et
15 l'orientation de la sonde de mesure (6) par rapport à la surface (S).

20 13. Dispositif selon la revendication 12, dans lequel les moyens de liaison (43) entre les deux parties (41 ; 42) du châssis permettent d'amortir les mouvements de tangage et/ou de roulis et/ou de lacet du drone (2).

14. Dispositif selon la revendication 13, dans lequel les moyens de liaison (43) entre les deux parties (41 ; 42) du châssis comportent des attaches (430) en matériau viscoélastique.

25 15. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel les moyens de liaison (3 ; 4 ; 5) entre la sonde de mesure (6) et le drone (2) comportent une tête de perche (31) sur laquelle est fixée la sonde de mesure (6), et qui est articulée de manière à posséder au moins deux degrés de liberté en rotation suivant deux axes de rotation (R1, R2) qui sont
30 perpendiculaires entre eux.

16. Dispositif selon la revendication 15, dans lequel les deux axes

de rotation (R1, R2) de la tête de perche (31) définissent un plan sensiblement parallèle au plan défini par les deux axes de tangage (T) et lacet (L) du drone (2).

- 5 17. Dispositif selon la revendication 15 ou la revendication 16, dans lequel le débattement en rotation de la tête de perche (31) autour des deux axes (R1, R2) est limité par des butées.
- 10 18. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, comportant un palpeur (5) dans lequel est fixée au moins ladite sonde de mesure (6), ledit palpeur (5) définissant un plan de contact (P) et ladite sonde de mesure (6) affleurant au niveau du plan de contact (P) du palpeur (5).
- 15 19. Dispositif selon la revendication 18, dans lequel le palpeur (5) comporte une face avant (3a), qui est plane et qui définit ledit plan de contact (P).
- 20 20. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 18 ou 19, dans lequel l'orientation du plan de contact (P) du palpeur (5) par rapport au drone (2) est réglable.
- 25 21. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel les moyens de liaison (3 ; 4 ; 5) entre la sonde de mesure (6) et le drone (2) comportent une perche (3) à l'extrémité de laquelle est fixée la sonde de mesure (6).
- 30 22. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel les moyens de liaison (3 ; 4 ; 5) entre la sonde de mesure (6) et le drone (2) sont conçus de telle sorte que la sonde (6) est mobile et guidée en translation sur une course limitée par rapport au drone (2) entre une position rétractée dans laquelle la distance entre la sonde de mesure (6) et le drone (2) est minimale, et une position déployée dans laquelle la distance entre la sonde de mesure (6) et le drone (2) est maximale, et les moyens de liaison (3 ; 4) entre la sonde de mesure (6) et le drone (2) comportent des moyens de rappel élastique (428) exerçant

une force de rappel qui ramène la sonde de mesure (6) en position déployée lorsque la sonde de mesure (6) n'est pas en contact avec une surface (S).

5 23. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, comportant en outre des moyens de fixation (51) qui permettent, lorsque la sonde de mesure (6) est positionnée au contact d'une surface (S), de fixer temporairement ladite sonde de mesure au contact de cette surface (S).

10 24. Dispositif selon les revendications 18 et 23, dans lequel les moyens de fixation (51) sont fixés au palpeur (5).

25. Dispositif selon la revendication 19 ou la revendication 20, dans lequel les moyens de fixation comportent un ou plusieurs aimants (51).

15 26. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la sonde de mesure (6) est une sonde ultrasonore.

20 27. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel les moyens de liaison (3 ; 4 ; 5) entre la sonde de mesure (6) et le drone (2) comportent des moyens d'appui (311) qui permettent de décoller la sonde de mesure (6) d'une surface (S) en faisant basculer le drone (2) en appui sur la surface (S) par l'intermédiaire desdits moyens d'appui (311).

25 28. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, comportant en outre des moyens d'injection (8) qui sont embarqués sur le drone (2), et qui permettent, lorsque la sonde de mesure (40) est appliquée contre une surface (S), d'injecter un agent couplant entre la sonde de mesure (6) et ladite surface (S).

30 29. Dispositif selon la revendication 28, dans lequel les moyens d'injection (8) sont télécommandables.

30. Dispositif selon l'une quelconque des revendications

précédentes, comportant en outre au moins un capteur de contact (9) permettant de détecter si la sonde de mesure (6) est en contact ou non avec une surface.

5 31. Dispositif selon les revendications 28 et 30, comportant des moyens de commande embarqués sur le drone (2) qui permettent de commander automatiquement les moyens d'injection (8) à partir au moins du signal de détection délivré par ledit capteur de contact (9).

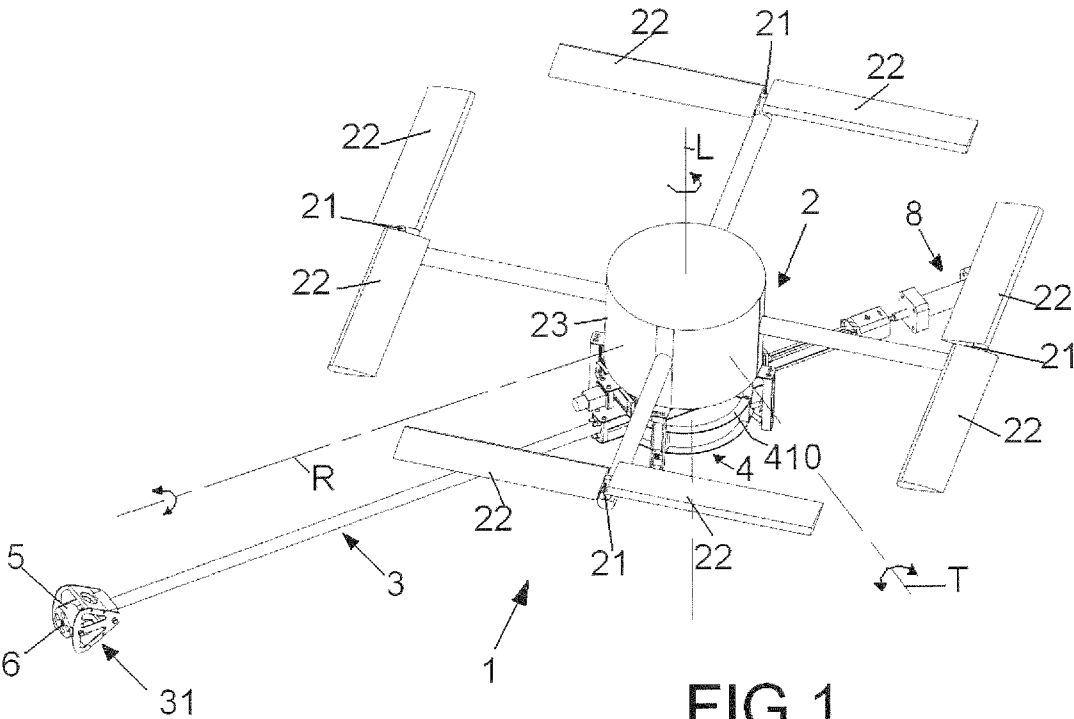
10 32. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 28, 29, ou 31, dans lequel lesdits moyens d'injection (8) comportent un réservoir (18), qui contient l'agent couplant, et qui est amovible de manière à pouvoir être remplacé.

15 33. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le drone (2) est pilotable à distance de manière manuelle par un opérateur au moyen d'une télécommande.

34. Utilisation du dispositif visé à l'une quelconque des revendications précédentes pour réaliser un contrôle non destructif d'une structure.

20 35. Utilisation selon la revendication 34, dans laquelle le contrôle non destructif de la structure consiste à mesurer localement l'épaisseur de la structure.

1/6



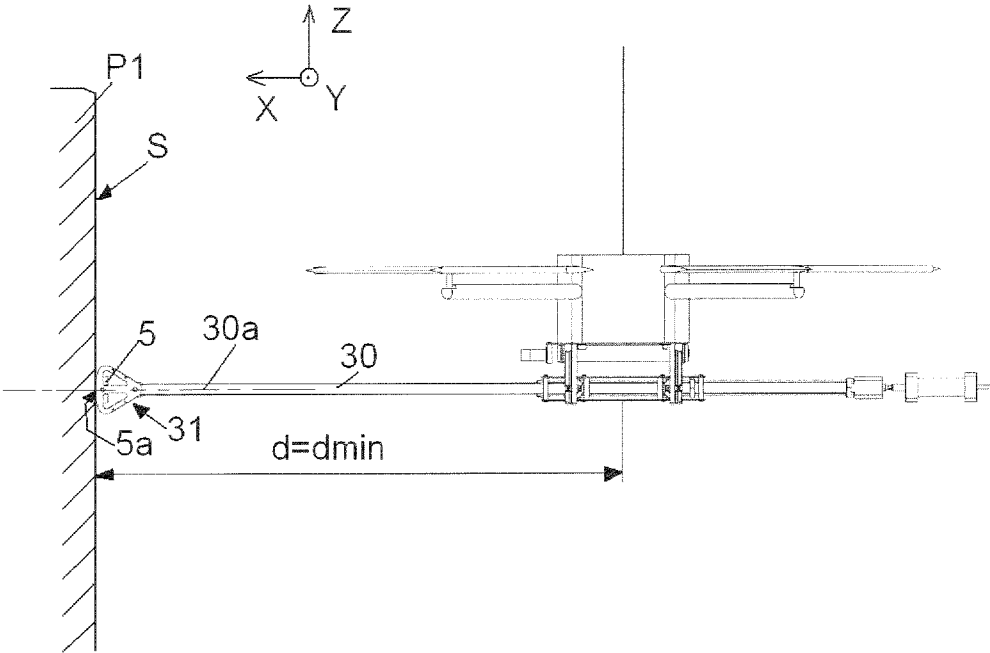


FIG.3

4/6

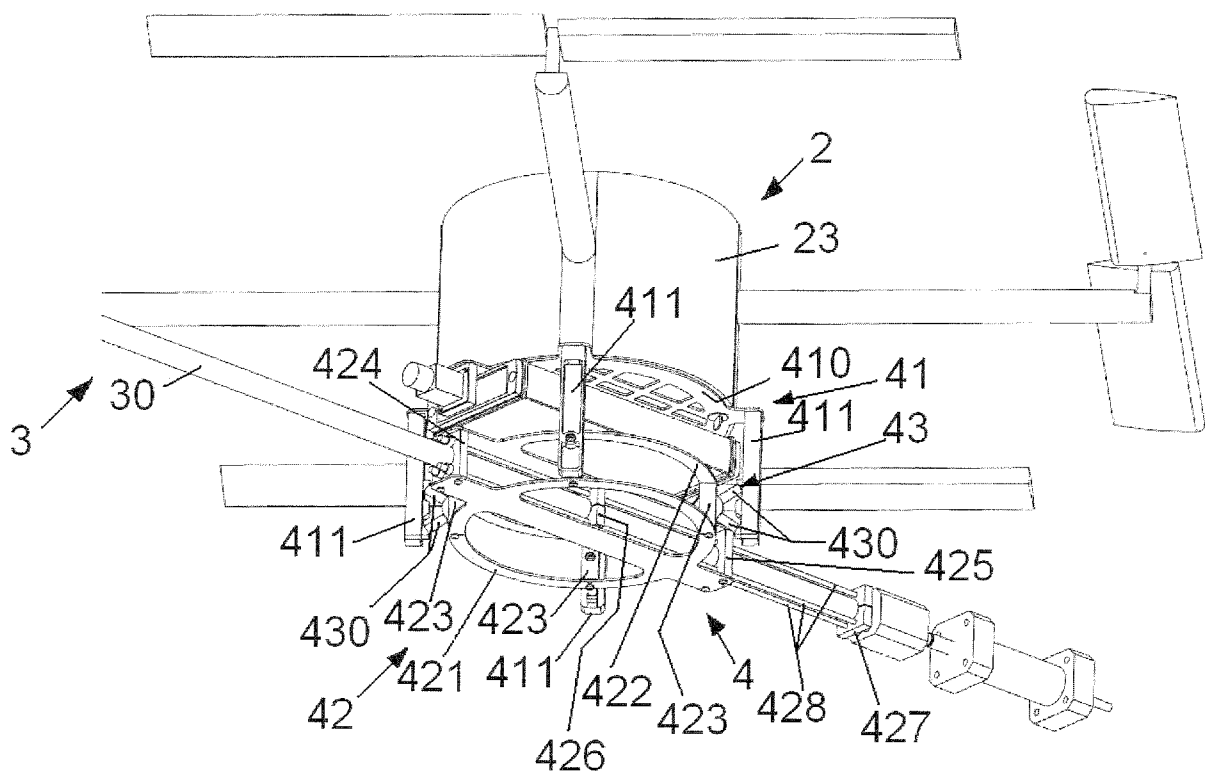


FIG.4

5/6

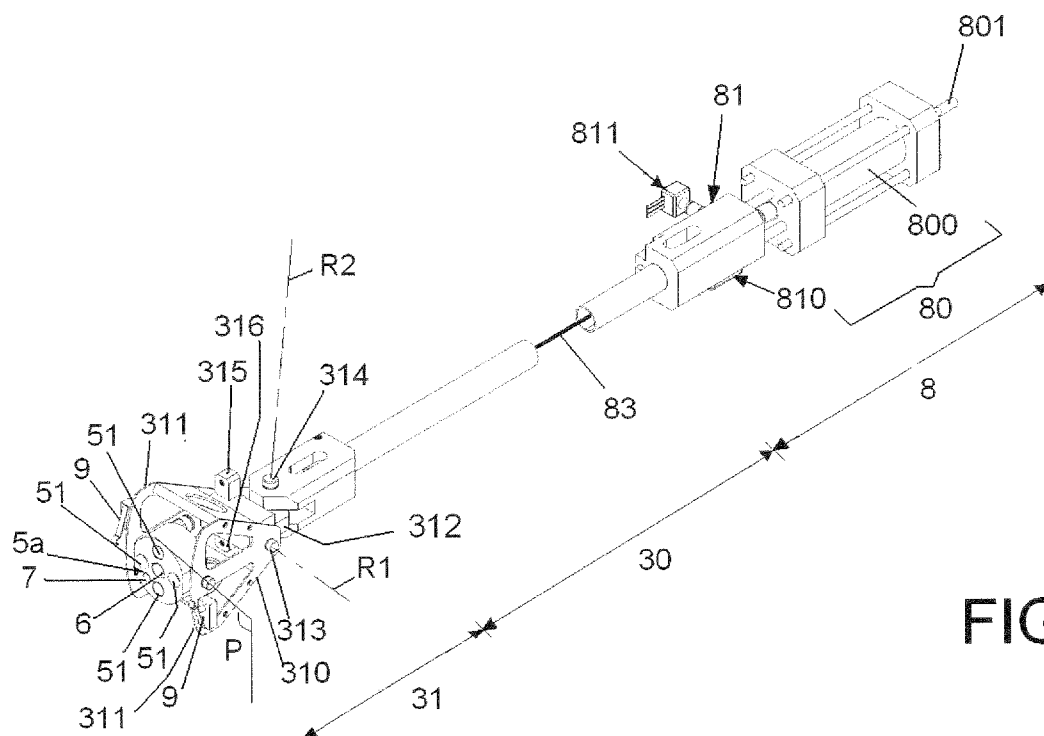


FIG.5

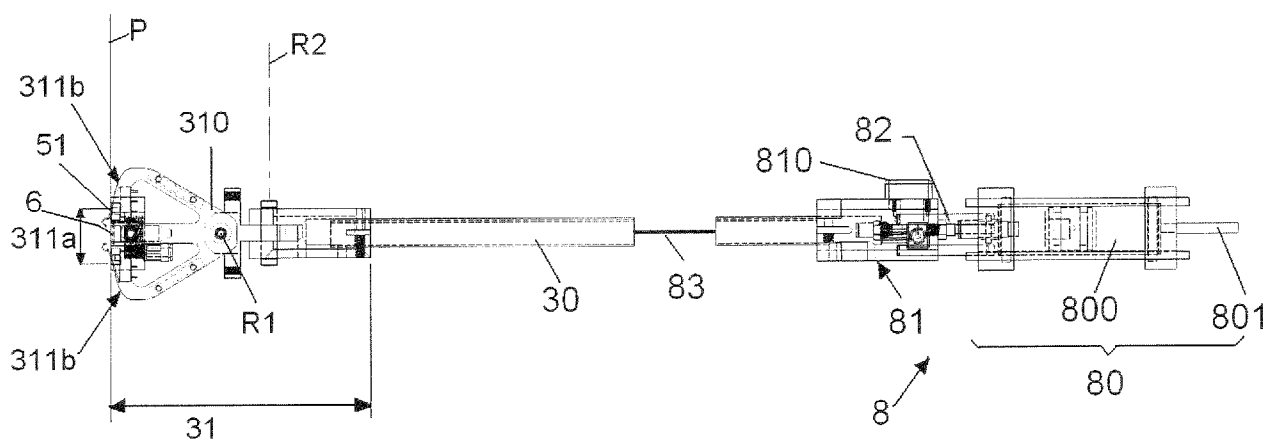


FIG. 6

6/6

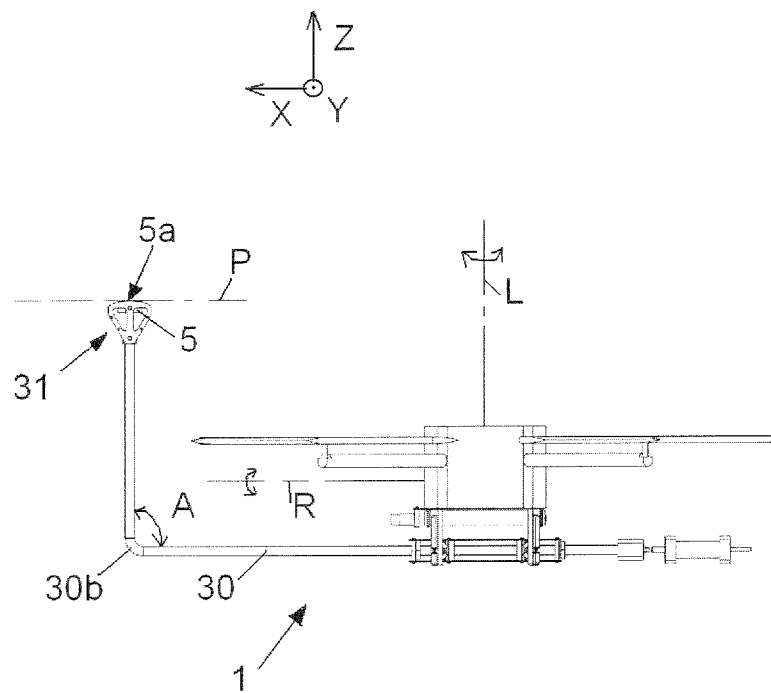


FIG.7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/FR2011/051444

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. G01N29/22 G01N29/265 B64C39/02 G01N27/90
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01N B64C B64D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, INSPEC, COMPENDEX, IBM-TDB

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	ALBERS A ET AL: "Semi-autonomous flying robot for physical interaction with environment", 2010 IEEE CONFERENCE ON ROBOTICS, AUTOMATION AND MECHATRONICS (RAM 2010) 28-30 JUNE 2010 SINGAPORE, SINGAPORE, June 2010 (2010-06), pages 441-446, XP002626666, 2010 IEEE Conference on Robotics, Automation and Mechatronics (RAM 2010) IEEE Piscataway, NJ, USA DOI: DOI:10.1109/RAMECH.2010.5513152 ISBN: 978-1-4244-6503-3 the whole document ----- -/--	1-35



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

15 September 2011

Date of mailing of the international search report

23/09/2011

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Filipas, Alin

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/FR2011/051444

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2009/142933 A2 (BOEING CO [US]; VIAN JOHN L [US]; MANSOURI ALI R [US]; SAAD EMAD W [US] 26 November 2009 (2009-11-26) cited in the application page 5, line 12 - page 6, line 23 page 9, lines 16-20 -----	1,26,34
A	US 2003/089183 A1 (JACOBSEN ROBERT A [US] ET AL) 15 May 2003 (2003-05-15) abstract paragraphs [0006] - [0008], [0025], [0034] -----	1-35

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/FR2011/051444

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date	
WO 2009142933	A2	26-11-2009	CN 102160005 A	17-08-2011
			EP 2288970 A2	02-03-2011
			US 2010268409 A1	21-10-2010

US 2003089183	A1	15-05-2003	NONE	

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2011/051444

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. G01N29/22 G01N29/265 B64C39/02 G01N27/90 ADD.		
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB		
B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) G01N B64C B64D		
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche		
Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal, WPI Data, INSPEC, COMPENDEX, IBM-TDB		
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	ALBERS A ET AL: "Semi-autonomous flying robot for physical interaction with environment", 2010 IEEE CONFERENCE ON ROBOTICS, AUTOMATION AND MECHATRONICS (RAM 2010) 28-30 JUNE 2010 SINGAPORE, SINGAPORE, juin 2010 (2010-06), pages 441-446, XP002626666, 2010 IEEE Conference on Robotics, Automation and Mechatronics (RAM 2010) IEEE Piscataway, NJ, USA DOI: DOI:10.1109/RAMECH.2010.5513152 ISBN: 978-1-4244-6503-3 le document en entier ----- -/--	1-35
☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents ☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe		
* Catégories spéciales de documents cités:		
"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée) "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée "T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier "&" document qui fait partie de la même famille de brevets		
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée 15 septembre 2011		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale 23/09/2011
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Fonctionnaire autorisé Filipas, Alin

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2011/051444

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	WO 2009/142933 A2 (BOEING CO [US]; VIAN JOHN L [US]; MANSOURI ALI R [US]; SAAD EMAD W [US] 26 novembre 2009 (2009-11-26) cité dans la demande page 5, ligne 12 - page 6, ligne 23 page 9, ligne 16-20 -----	1,26,34
A	US 2003/089183 A1 (JACOBSEN ROBERT A [US] ET AL) 15 mai 2003 (2003-05-15) abrégé alinéas [0006] - [0008], [0025], [0034] -----	1-35

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2011/051444

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 2009142933 A2	26-11-2009	CN 102160005 A	17-08-2011
		EP 2288970 A2	02-03-2011
		US 2010268409 A1	21-10-2010

US 2003089183 A1	15-05-2003	AUCUN	
