

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
COURBEVOIE

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

3 035 803

②1 N° d'enregistrement national : **15 00981**

⑤1 Int Cl⁸ : **B 05 C 5/02 (2016.01), B 05 C 13/02**

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

⑫② Date de dépôt : 07.05.15.

⑫③ Priorité :

④③ Date de mise à la disposition du public de la demande : 11.11.16 Bulletin 16/45.

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

⑥⑦ Références à d'autres documents nationaux apparentés :

Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : GOMART ROMARIC — FR.

⑦② Inventeur(s) : GOMART ROMARIC.

⑦③ Titulaire(s) : GOMART ROMARIC.

⑦④ Mandataire(s) : GOMART ROMARIC.

⑤④ **DISPOSITIF DE FAÇONNAGE TRIDIMENSIONNEL REALISE PAR ASSOCIATION D'UN EQUIPEMENT PORTEUR, D'UN EQUIPEMENT ROBOTISE ET D'UN SYSTEME DE MESURE.**

⑤⑦ Dispositif robotisé tridimensionnel à commande numérique permettant des applications de façonnage additif ou soustractif sur un objet de grande taille (4).

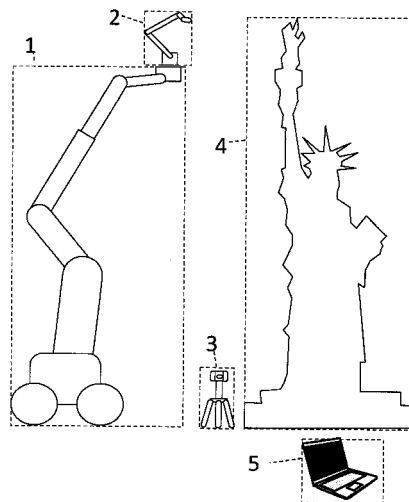
Ce système comprend :

Un équipement mobile porteur (1) et capable de manoeuvrer et de positionner en trois dimensions un système robotisé et ses accessoires.

Un système robotisé (2) supporté par le premier équipement, capable d'être piloté par une commande numérique et portant en son extrémité un outil de façonnage qu'il peut positionner et orienter dans l'espace.

Un l'équipement de relevé de position (3) capable de relever les coordonnées et l'orientation du joint rigide entre le premier et le deuxième équipement par rapport à l'objet à façonner.

Un équipement de contrôle (5), doté une mémoire dans laquelle un programme de façonnage est définis, capable de recevoir des informations de l'équipement de mesure (3), capable de calculer et de transmettre un ordre d'exécution à l'équipement robotisé (2).



FR 3 035 803 - A1



-1-

La présente invention concerne un dispositif tridimensionnel additif ou soustractif piloté de manière à réaliser un façonnage précis sur site sur des objets pouvant être de très grande taille à leurs emplacements définitifs.

Traditionnellement, les opérations de façonnage sur les objets de grande
5 taille à leur emplacement définitif comme par exemple la peinture d'une façade d'immeuble sont réalisées de façon manuelle ou assistées par les opérateurs qui pilotent directement les outils.

Ces travaux peuvent être pénibles et dangereux pour les opérateurs. Par exemple dans le cas d'un travail en hauteur ou dans une atmosphère polluée.

10 De plus, leur mise en œuvre peut être coûteuse et peut durer longtemps, par exemple, à cause de l'installation préalable d'échafaudage ou par la nécessité d'utiliser une nacelle élévatrice avec un ouvrier et un chauffeur.

Enfin dans le cas de la réalisation d'un travail de précision de grande dimension telle la peinture d'une fresque de grande dimension sur une surface
15 sphérique par exemple, la prise de mesure et la peinture par un humain peuvent être très complexe.

Les processus robotisés capable de répondre à ces contraintes sont essentiellement utilisés sur les sites de production industrielle, en milieux protégés. De plus, le coût des équipements robotisés augmente significativement avec leurs
20 dimensions, leur portée, leur précision et la charge qu'ils peuvent transporter.

L'invention vise à permettre un façonnage de grande dimension à coût réduit grâce au pilotage coordonné de systèmes complémentaires

Le dispositif selon l'invention permet de remédier à ces inconvénients. Il comprend selon une première caractéristique un système robotisé dont l'extrémité
25 peut être positionnée de façon précise dans l'espace par rapport à sa base. Le contrôle de l'orientation de cette extrémité est également possible. Enfin un outil de façonnage peut être supporté par cette extrémité. Ce système robotisé communique avec un système de contrôle afin de recevoir une commande numérique de déplacement et d'actionnement des outils de façonnage.

30 Selon une deuxième caractéristique, un équipement mobile porteur supporte le système robotisé afin d'augmenter de façon significative sa portée. Il permet de positionner grossièrement et éventuellement de maintenir en position le système

-2-

robotisé dans sa zone de travail. Cet équipement mobile porteur est éventuellement pilotable par une commande numérique, un dispositif hybride permettant de passer d'un contrôle manuel à un contrôle automatique de l'équipement mobile porteur est possible.

5 Selon une troisième caractéristique, un équipement de relevé de position relève la position et l'orientation du lien entre le système robotisé et l'équipement mobile porteur par rapport à l'objet à façonner. Cette mesure permet de connaître les points de façonnage accessibles par le système robotisé et de recalculer un ordre de façonnage précis.

10 Ainsi selon ces trois caractéristiques, il est possible d'obtenir un robot de façonnage de très grande amplitude, de grande précision, de coût réduit et facile à déplacer.

Les dessins annexés illustrent un mode de réalisation de l'invention :

15 La figure 1 représente une vue d'ensemble d'une réalisation possible du dispositif de l'invention.

En référence à ces dessins, le dispositif comprend un équipement mobile porteur (1) à l'extrémité duquel est fixé un système robotisé (2) à l'extrémité duquel est fixé l'élément de façonnage. Un l'équipement de relevé de position (3) permet de relever la position et l'orientation du lien entre l'équipement mobile porteur et le système robotisé par rapport à l'objet à façonner (4). Un système de contrôle reçoit les données l'équipement de relevé de position et transmet des ordres de déplacement à l'équipement mobile porteur et au système robotisé ainsi que des ordres de peinture.

Selon ce mode de réalisation préférentiel :

- 25
- L'équipement mobile porteur (1) est une nacelle élévatrice équipée de roues. Elle reçoit des ordres de positionnement. Ces ordres peuvent être interprétés automatiquement par la nacelle ou manuellement par un opérateur.
 - Le système robotisé (2) est un bras anthropomorphe à six axes de rotation équipé d'au moins une buse de peinture en son extrémité.
 - L'équipement de relevé de position (3) est un dispositif de type laser de poursuite permettant de relever à la demande les coordonnées :
- 30

-3-

- d'au moins trois points distincts, rigidement liés au lien entre l'équipement mobile porteur et le système robotisé (2)
- D'au moins trois points distincts, rigidement liés à l'objet à imprimer

5 Ces points peuvent être équipés de réflecteurs.

L'objet à façonner (4) est dans le cas de cette réalisation un objet à peindre. Sa surface a préalablement été numérisée à l'aide, par exemple, d'un scanner laser.

10 Un système de contrôle (5) est muni de ports d'acquisition d'information provenant de l'équipement de relevé de position, de capacité de calcul, de mémoires, de ports de communication et de sorties de commande vers l'équipement mobile porteur et le système robotisé.

15 Avant la mise en application du système, un graphiste a appliqué une texture sur la peau du modèle numérique à l'aide d'un logiciel informatique. Cette texture est constituée d'un ensemble de voxels. A chacun de ces voxels est associé une information colorimétrique et un set de coordonnées spatiales dans le référentiel de l'objet à peindre. Cette texture sert de base à la génération d'un programme de
 20 peinture définissant pour chaque voxel à peindre le point de pulvérisation par la position et l'orientation de la buse de peinture ainsi que des paramètres de pulvérisation. L'ensemble de ces positions peut être synthétisée dans un tableau de points. Chaque point est décrit par les coordonnées cartésiennes et l'orientation de l'organe de peinture exprimées par rapport au référentiel de l'objet à peindre, une
 25 information colorimétrique et éventuellement d'autres paramètres.

Par exemple un point peut être désigné par :

« Point 1, X=2m, Y=3m, Z=3m, Rx= 25°, Ry= 10°, Rz = 2°, peinture = vert, débit = 50%, ouverture buse = 60° »

30 où X,Y,Z sont les coordonnées cartésiennes de la buse de peinture en mètres, Rx,Ry,Rz les angles de rotations selon les trois axes X,Y,Z de la buse de peinture en degré exprimé dans le référentiel de l'objet à peindre.

-4-

L'ensemble des points de pulvérisation est subdivisé en zones de pulvérisation.

La figure 2 représente un exemple de subdivision en 46 zones hexagonales d'un objet plan à peindre.

5 Les zones de pulvérisation sont définies de façon à ce que :

- L'ensemble des zones de pulvérisation couvre l'ensemble des points de pulvérisation de l'objet à peindre. Sur la figure 2 les zones de pulvérisation sont délimitées par des hexagones réguliers (6). Cette forme est choisie car le volume de travail défini par l'ensemble des points accessibles par un bras robotisé anthropomorphe est assimilable par
10 endroit à une boule. L'intersection de cette boule avec le plan de l'objet à peindre est un disque. Enfin, l'hexagone régulier inscrit dans ce disque permet de paver l'ensemble de l'objet avec un nombre minimum de zones. Le choix d'utiliser des hexagones réguliers est arbitraire, ces
15 zones pourraient être toutes de taille et de forme différentes. Et dans le cas d'un objet tridimensionnel, elles seraient tridimensionnelles.

- Le positionnement du lien entre l'équipement mobile porteur et le système robotisé est assuré par l'équipement mobile porteur. Ce dernier n'étant pas précis, le positionnement est grossier. Pour une consigne de
20 position donnée, l'ensemble des positions possibles pour le joint entre l'équipement mobile porteur et le système robotisé est contenu dans un volume dont la forme et l'amplitude dépendent entre autre de la position, des jeux, de la rigidité et de la charge appliquée à l'équipement mobile porteur. Pour des raisons de simplification, nous assimilerons ce volume
25 à une sphère autour de la position optimale théorique. Cette sphère sera appelée sphère de positionnement de la zone de pulvérisation. Cette sphère a un rayon égale à la marge d'erreur majorée liée à l'imprécision intrinsèque de l'équipement mobile porteur. Une zone de pulvérisation couvre l'ensemble de points de pulvérisation potentiels
30 accessibles à partir d'un ensemble de positions du lien entre l'équipement mobile porteur et le système robotisé.

-5-

La figure 3 représente le détail de la zone de pulvérisation n°12 de la figure 2 en légère perspective pour laisser apparaître la différence entre le plan de pulvérisation contenant les points de pulvérisation et le plan de peinture contenant les voxels peints. La zone de pulvérisation n°12 est délimitée par un hexagone (6). Les points de pulvérisation effectifs (7) sont un sous ensemble des points de pulvérisation potentiels pour lesquels la buse de peinture pulvérise effectivement de la peinture. La zone de pulvérisation est dans un plan parallèle à la zone des voxels peints (8). Cette distance est la distance de pulvérisation (9).

Le calcul des points de positionnement au centre des sphères de positionnement pour les zones de pulvérisation respectives est défini avant le chantier pour optimiser leur ordonnancement. Cet ordonnancement peut également être redéfini en cours d'exécution pour optimiser le travail restant à effectuer.

Au début de la phase d'application, l'équipement mobile porteur est déplacé et actionné de façon à positionner le joint entre l'équipement mobile porteur et le système robotisé dans la sphère de positionnement correspondant à la première zone de peinture. Cette position est contrôlée grâce au relevé des coordonnées du joint entre l'équipement mobile porteur et le système robotisé dans le référentiel de l'objet à peindre. Un asservissement permet de converger vers cette position sans connaître précisément la position de la base de l'équipement mobile porteur.

Une fois la position atteinte, la position de l'équipement mobile porteur est figée. Cette position sera conservée jusqu'à la fin de la peinture de la zone considérée.

L'équipement de relevé de position (3) relève alors les coordonnées d'au moins trois points du joint entre l'équipement mobile porteur et le système robotisé. Ces points permettent de calculer avec précision la position et l'orientation du repère du système robotisé par rapport au référentiel de l'objet à peindre.

Le système de contrôle (5) de le système robotisé (2) reçoit les informations de l'équipement de relevé de position. Il effectue une opération de changement de repère. Il recalcule les coordonnées et l'orientation des points de pulvérisation

-6-

en fonction de la position et l'orientation du repère du système robotisé par rapport au référentiel de l'objet à peindre. L'ordre de peinture de l'ensemble des points de la zone de pulvérisation exprimé dans référentiel objet corrigé est transmis à le système robotisé.

5 •

Selon une autre réalisation possible, la position et l'orientation du joint entre l'équipement mobile porteur et le système robotisé est mesurée et corrigée en temps réel. Les coordonnées d'au moins trois points sont relevées simultanément, par exemple, au moins trois systèmes de poursuite laser, des systèmes de vision
10 avec traitement d'image, ou à l'aide de centrale inertielle embarquée. Les points de pulvérisation accessibles sont alors calculés en temps réel. La précision nécessaire à l'impression de l'objet est acquise grâce à une compensation dynamique des mouvements de la base de l'équipement de façonnage. Les actionneurs du système robotisé auront une vitesse et une amplitude suffisante pour compenser
15 les mouvements parasites. Un dispositif permettra de suspendre momentanément l'ordre de façonnage en cas de mouvements trop rapide pour être compensés ou de trop grandes amplitudes.

Cette réalisation permet une utilisation dans des conditions de mobilité aléatoires. Par exemple, la peinture depuis un véhicule se déplaçant à basse
20 vitesse sur une surface irrégulière.

Selon l'invention, le système robotisé, l'équipement de relevé de position et l'équipement mobile porteur sont complémentaires et forment un système de grande amplitude, et de grande précision. La capacité d'atteindre une grande
25 portée avec une grande charge est assurée par le module porteur et la précision de façonnage par le robot et l'équipement de relevé de position. Le coût du système s'en trouve donc réduit par rapport à celui d'un système robotisé selon l'état de la technique.

Il n'est pas nécessaire de disposer d'un équipement mobile porteur précis
30 pour avoir une bonne précision finale. Ce qui permet d'utiliser des équipements standard du commerce qui ne sont pas conçus pour des travaux de précision.

-7-

Il n'est pas nécessaire de connaître les causes de l'erreur de position de la base du module pour la corriger efficacement.

Selon les réalisations préférées, l'équipement mobile porteur, capable de
5 déplacer de lourde charge sur de grandes amplitudes est :

- une grue,
- un bateau
- un hélicoptère/ quadrotère/ avion
- un camion
- 10 • un tracteur
- un ballon dirigeable
- un bras robotisé
- un pont roulant
- une nacelle élévatrice
- 15 • tout autre dispositif capable de supporter une lourde charge et pouvant être asservi pour assurer un positionnement grossier.

Selon les réalisations préférées, le système robotisé est

Un bras robotisé anthropomorphique à six joints rotatifs

- 20 Un autre type de bras robotisé (SCARA, Sphérique, Cylindrique, cartésien)

Selon les réalisations préférées, l'équipement de façonnage est un dispositif :

- de peinture
- de modelage par dépôt de matière
- 25 • de sténolithographie, de frittage sélectif par laser
- d'usinage (perceuse, fraiseuse, scie, oxycoupage,)
- de sablage
- de nettoyage haute pression
- d'extrusion de matière de matière pâteuses (joints, colles, ciment...)

30

-8-

Selon les réalisations préférées, l'équipement de relevé de position est :

- Une centrale de mesure inertielle à 3,6 ou 9 degrés de liberté (accéléromètre, gyroscope, magnétomètre)
- 5 • Une géolocalisation Satellitaire (Global Navigation Satellite System) tels par exemple GPS ou Galileo
- Un système de poursuite laser à interféromètre ou scan laser ou lié à des balises
- Un système de caméra vidéo couplée à un logiciel de traitement d'image capable de relever les coordonnées de cibles dont la position est connue par rapport au lien rigide entre l'équipement mobile porteur et le système robotisé ou par rapport à l'objet à façonner.
- 10

Le dispositif selon l'invention est particulièrement destiné à la peinture de fresque sur les façades de bâtiment.

REVENDICATIONS

1. Dispositif de façonnage d'un objet tridimensionnel caractérisé en ce qu'il comporte :
 - Un système robotisé (2) ;
 - 5 – Un équipement mobile porteur (1) qui positionne grossièrement et maintient en position le système robotisé (2) ;
 - Un équipement de relevé de position (3) capable de relever les coordonnées du joint entre l'équipement mobile porteur (1) et le système robotisé (2) ;
 - 10 – Un système de contrôle (5) qui reçoit les données de l'équipement de relevé de position (3) et transmet des ordres de déplacement et de façonnage à l'équipement robotisé (2) et au mobile porteur (1).
2. Dispositif de façonnage d'un objet tridimensionnel selon la revendication 1 caractérisé en ce que le système robotisé (2) est équipé en son extrémité
15 d'au moins une buse de peinture.
3. Dispositif selon la revendication 2 caractérisé en ce que l'équipement de relevé de position (3) relève les coordonnées d'au moins trois points du joint entre l'équipement mobile porteur et le système robotisé.
4. Dispositif selon la revendication 3 caractérisé en ce que le système de
20 contrôle 5 recalcule les coordonnées et l'orientation des points de pulvérisation en fonction de la position et l'orientation du repère du système robotisé par rapport au référentiel de l'objet à peindre.
5. Dispositif de façonnage d'un objet tridimensionnel selon l'une quelconque
25 des revendications présentes caractérisé en ce que l'équipement mobile porteur (1) est équipé de roues.
6. Dispositif selon l'une quelconque des revendications caractérisé en ce que le système robotisé est un bras robotisé anthropomorphe à six axes de rotation.
7. Dispositif de façonnage d'un objet tridimensionnel selon l'une quelconque
30 des revendications caractérisé en ce que le système de contrôle (5) reçoit en

-2-

temps réel les coordonnées du joint entre le mobile porteur (1) et le système robotisé (2).

- 5 8. Dispositif de façonnage d'un objet tridimensionnel selon l'une quelconque des revendications caractérisé en ce que le système de contrôle (5) suspend l'ordre de façonnage en cas de mouvements trop rapide pour être compensés ou de trop grandes amplitudes.
9. Dispositif de façonnage d'un objet tridimensionnel selon l'une des revendication précédente caractérisé en ce qu'il est utilisé pour le sablage.
- 10 10. Dispositif de façonnage d'un objet tridimensionnel selon l'une des revendication précédente caractérisé en ce qu'il est utilisé pour le lavage à haute pression.

1/3

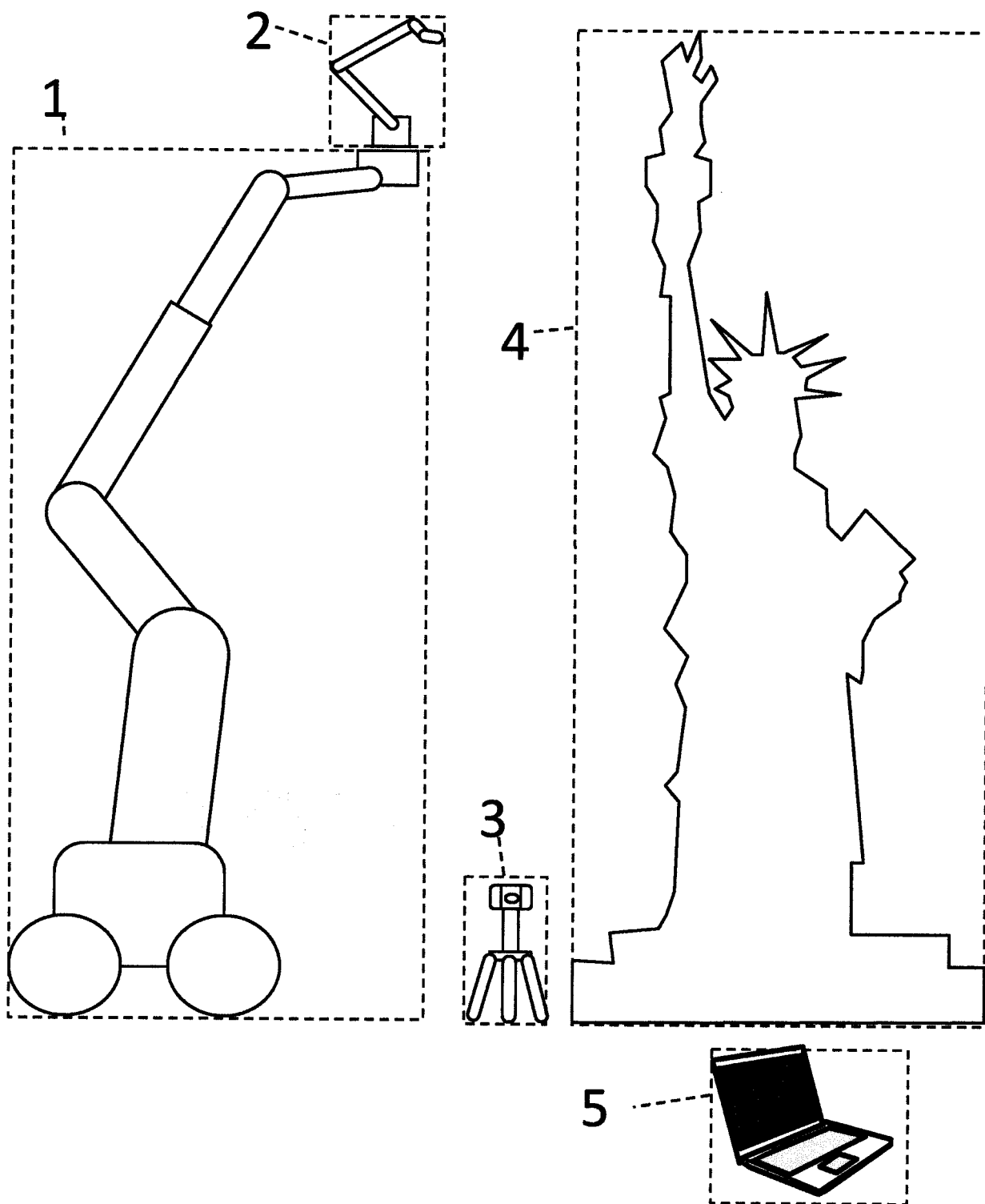


FIG.1

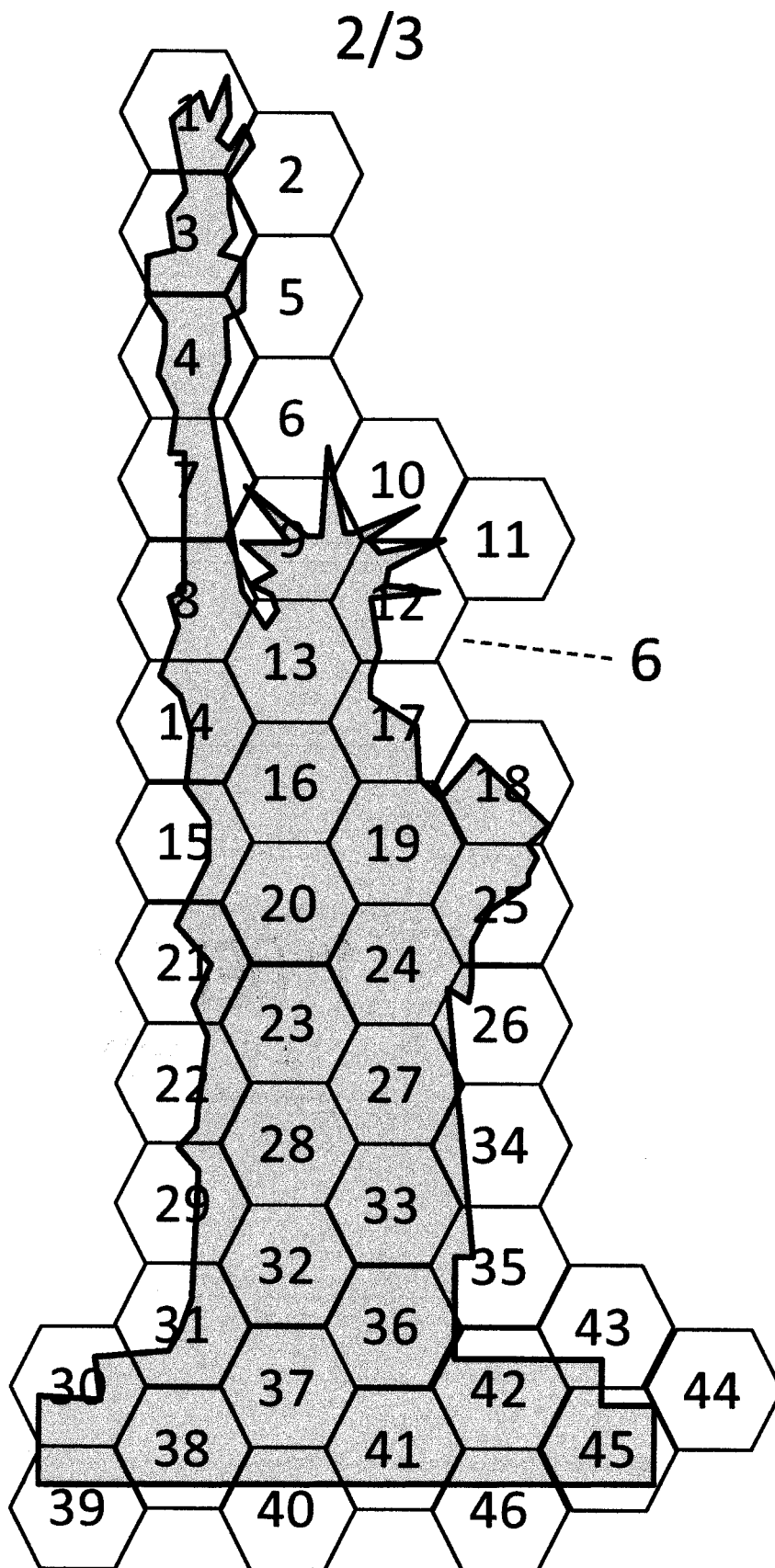


FIG.2

3/3

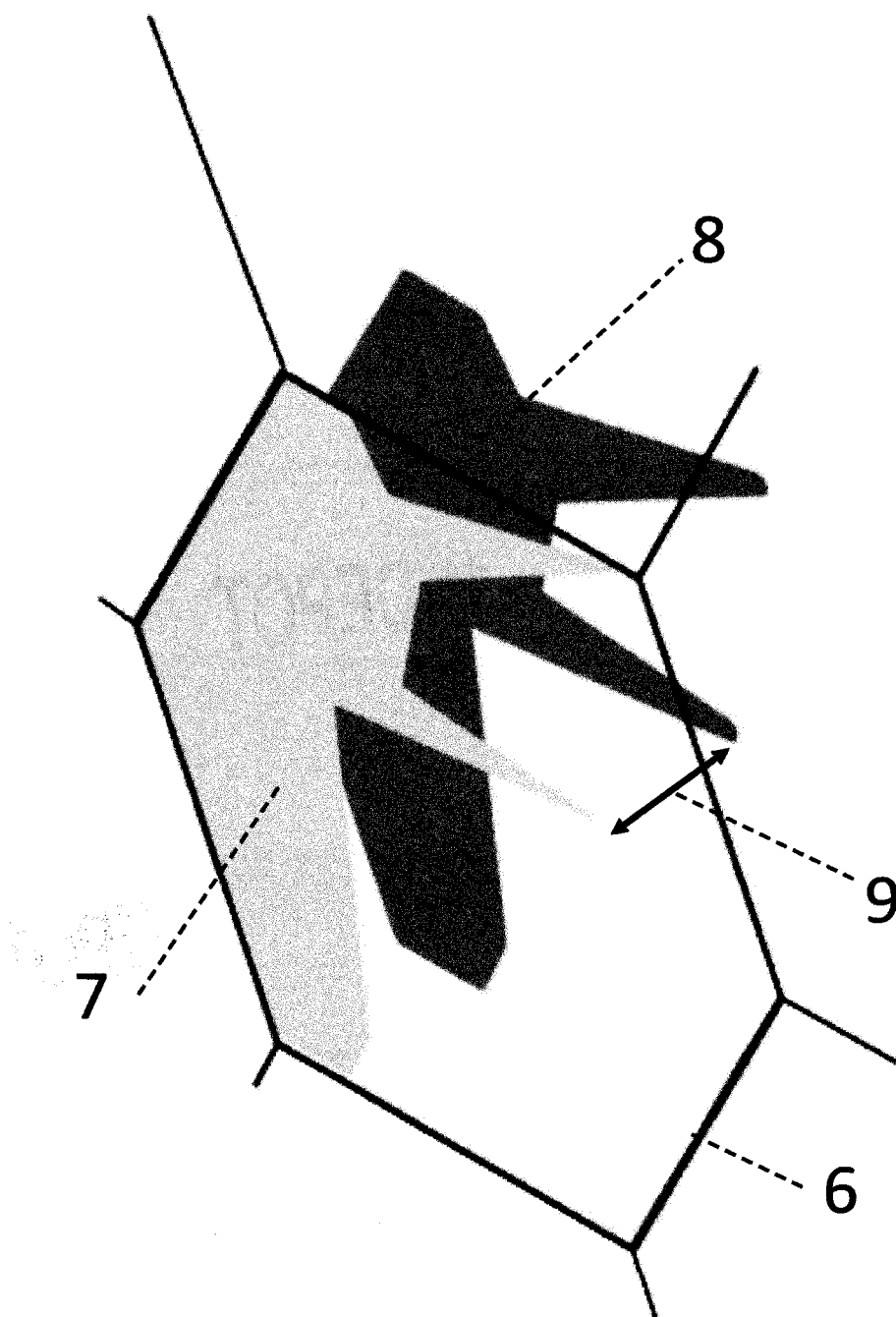


FIG.3



**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement national

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

FA 811594
FR 1500981

| DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS | | Revendication(s) concernée(s) | Classement attribué à l'invention par l'INPI |
|---|--|--|--|
| Catégorie | Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes | | |
| X A | DE 10 2009 042014 A1 (DUERR SYSTEMS GMBH [DE]) 24 mars 2011 (2011-03-24) * abrégé; figures 1,2,3,4,5 * * alinéa [0009] * * alinéa [0040] - alinéa [0045] * * alinéa [0057] * * alinéa [0068] * | 1-3,5-7 8 | B05C5/02 B05C13/02 |
| X | WO 2007/101475 A1 (CTI SYSTEMS S A [LU]; BENETTI MARCO [LU]) 13 septembre 2007 (2007-09-13) * abrégé; figure 1 * * page 1, ligne 10 - ligne 21 * * page 6, lignes 32,33 * * page 12, ligne 4 - ligne 12 * * page 15, ligne 4 * | 1-3,6,7, 9,10 | |
| X | US 2010/143089 A1 (HVASS PAUL [US] ET AL) 10 juin 2010 (2010-06-10) * alinéas [0002], [0003] * * figures 2A,2C * * alinéa [0018] * * alinéa [0030] * * alinéa [0032] - alinéa [0034] * * alinéa [0040] * * alinéa [0043] - alinéa [0046] * | 1,2,4,5, 9,10 | DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) B25J G01S G01C |
| X | WO 2009/086495 A2 (STATHIS SAM [US]) 9 juillet 2009 (2009-07-09) * figures 1,2E,3A,9 * * page 6, ligne 24 - page 7, ligne 28 * | 1,5 | |
| Date d'achèvement de la recherche | | Examineur | |
| 21 mars 2016 | | Lumineau, Stéphane | |
| CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS | | T : théorie ou principe à la base de l'invention | |
| X : particulièrement pertinent à lui seul | | 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. | |
| Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie | | D : cité dans la demande | |
| A : arrière-plan technologique | | L : cité pour d'autres raisons | |
| O : divulgation non-écrite | | | |
| P : document intercalaire | | & : membre de la même famille, document correspondant | |

1

EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1500981 FA 811594**

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 **21-03-2016**

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 |
|---|------------------------|---|------------------------|
| DE 102009042014 A1 | 24-03-2011 | AUCUN | |
| ----- | | | |
| WO 2007101475 A1 | 13-09-2007 | AUCUN | |
| ----- | | | |
| US 2010143089 A1 | 10-06-2010 | AUCUN | |
| ----- | | | |
| WO 2009086495 A2 | 09-07-2009 | AUCUN | |
| ----- | | | |