(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
24 novembre 2016 (24.11.2016)

WIPO | PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2016/185114 A1

(51) Classification internationale des brevets : *B64C 33/02* (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale : PCT/FR2016/051103

(22) Date de dépôt international : 11 mai 2016 (11.05.2016)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
1554473 19 mai 2015 (19.05.2015) FR

(71) Déposant : **OFFICE NATIONAL D'ETUDES ET DE RECHERCHES AEROSPATIALES** [FR/FR]; Chemin de la Hunière, 91120 Palaiseau (FR).

(72) Inventeurs : **ROGNANT, Mathieu**; 7 impasse des mésanges, 31560 Calmont (FR). **LE MOING, Thierry**; 46 avenue de la Marqueille, 31650 Saint Orens de Gameville (FR).

(74) Mandataire : **NOVAGRAAF TECHNOLOGIES**; 2 rue Sarah Bernhardt CS90017, 92265 Asnieres sur Seine (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, BN, 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, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, 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, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, 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, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Suite sur la page suivante]

(54) **Title** : MOTORISED DEVICE WITH RECIPROCATING MOTION OF A LOCOMOTION MEMBER AND ASSOCIATED CONTROL METHOD

(54) **Titre** : DISPOSITIF MOTORISE AVEC MOUVEMENT ALTERNATIF D'ORGANE DE LOCOMOTION ET PROCÉDÉ DE PILOTAGE ASSOCIE

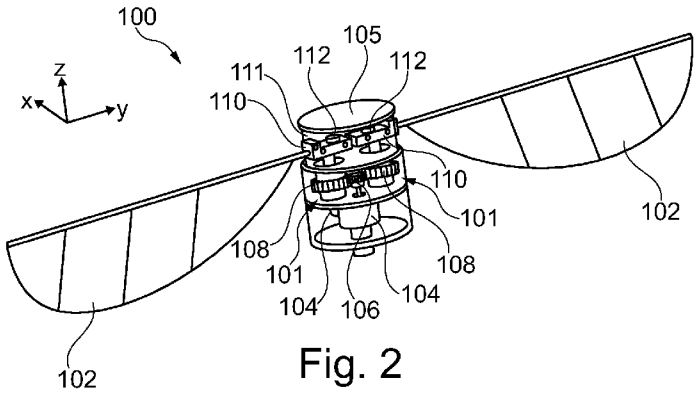


Fig. 2

(57) **Abstract** : The present invention relates to a motorised device (100) capable of moving in a fluid, such as a drone, and comprising one or more locomotor systems (101), each having at least one drive assembly linked to at least one locomotion member (102) and a motor (104) controlled by an electrical voltage such that: • - the frequency of a reciprocating motion of the drive assembly matches the resonance frequency of the locomotion member linked to a non-movable part by at least one prestressed elastic means (111, 112), and • - the instantaneous amplitude of the reciprocating motion of the drive assembly is adjusted to control the average position and the maximum amplitude of the reciprocating motion of the locomotion member, the drive assembly comprising at least one speed reducer (106 and 108) reducing the speed of rotation of the motor such that, when the motor operates at the maximum mechanical power of same, the speed of rotation transmitted to the at least one locomotion member is reduced to match said resonance frequency.

(57) **Abrégé** :

[Suite sur la page suivante]

WO 2016/185114 A1

WO 2016/185114 A1

Publiée :

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

La présente invention se rapporte à un dispositif motorisé (100) apte à se mouvoir dans un fluide, tel qu'un drone, et comprenant un ou plusieurs systèmes locomoteurs (101), avec chacun au moins un ensemble d'entraînement relié à au moins un organe de locomotion (102) et un moteur (104) commandé par une tension électrique telle que : • - la fréquence d'un mouvement alternatif de l'ensemble d'entraînement corresponde à la fréquence de résonance de l'organe de locomotion relié à une partie non mobile par au moins un moyen élastique précontraint (111, 112), et • - l'amplitude instantanée du mouvement alternatif de l'ensemble d'entraînement soit ajustée pour commander la position moyenne et l'amplitude maximale du mouvement alternatif de l'organe de locomotion, l'ensemble d'entraînement comprenant au moins un réducteur (106 et 108) de vitesse de rotation du moteur, pour, lorsque le moteur fonctionne à sa puissance mécanique maximale, la vitesse de rotation transmise à l'au moins un organe de locomotion soit réduite pour correspondre à cette fréquence de résonance.

DISPOSITIF MOTORISE AVEC MOUVEMENT ALTERNATIF D'ORGANE DE LOCOMOTION ET PROCEDE DE PILOTAGE ASSOCIE

Domaine technique

La présente invention relève du domaine technique des drones, plus particulièrement celui des micro-drones à ailes battantes capables de vol stationnaire et des mécanismes d'actionnement permettant ces vols stationnaires.

Etat de l'art

Plusieurs microdrones à ailes battantes ont été proposés dans l'état de l'art.

Pour plusieurs d'entre eux des mécanismes d'actionnement ont été développés afin de permettre un vol stationnaire.

Il a notamment été proposé des microdrones volants avec des mécanismes résonnants actionnant une paire d'ailes battantes de ce microdrone. Ces mécanismes utilisent deux moteurs à courant continu et présentant chacun un axe de rotor sur lequel l'une des ailes est directement fixée. Pour chaque moteur, un ressort à spire est relié d'un côté à une aile et de l'autre au corps du moteur. Chaque moteur est sous-alimenté pour faire battre les ailes à la fréquence de résonance du système mécanique entrainé par ce moteur, en particulier l'aile et le ressort reliés à ce moteur.

L'avantage d'un tel mécanisme est qu'il permet de contrôler le tangage et le roulis par le seul contrôle de l'amplitude du mouvement de battement. Cela permet donc de diminuer le nombre d'actionneurs comparé à des systèmes qui utilisent la déformation et l'orientation spécifique des ailes pour contrôler le tangage et le roulis.

De plus grâce à la résonance du système, ce mécanisme permet d'annuler la dépense d'énergie nécessaire à l'inversion de la vitesse angulaire de l'aile dont l'inertie est non négligeable. Toute la puissance délivrée par le moteur peut être ainsi utilisée pour compenser l'amortissement du mouvement généré par les forces aérodynamiques.

Cependant dans ces mécanismes seulement 10% de la puissance maximale du moteur employé peut être utilisée. Notamment lors du battement des ailes, la puissance mécanique utile du moteur à ce point de fonctionnement est égale à

environ 10% de la puissance maximale de ce moteur lorsqu'il est alimenté à la puissance électrique pour laquelle il est conçu.

Ce type de mécanisme est donc inadapté à des battements de grande amplitude. En effet, pour obtenir de tels mouvements avec des moteurs fonctionnant à 10% de leur puissance maximale, il serait nécessaire d'avoir recours à des moteurs de grande taille, qui grèveraient ainsi fortement la maniabilité des drones les comportant, voire seraient surdimensionnés par rapport à la taille du drone.

Résumé de l'invention

Le problème technique que vise à résoudre l'invention est donc d'obtenir des dispositifs aptes à se mouvoir dans un milieu fluide par un mouvement alternatif d'organes battants, simples de réalisation et très maniables.

A cet effet, un premier objet de l'invention est un dispositif motorisé apte à se mouvoir dans un milieu fluide, ce dispositif comprenant un ou plusieurs systèmes locomoteurs, le ou chacun desdits systèmes locomoteurs comprenant une partie dite non mobile et une partie mobile apte à réaliser au moins un mouvement alternatif par rapport à la partie non mobile et reliée à cette partie non mobile par au moins un moyen élastique, la partie mobile comprenant au moins un ensemble d'entraînement relié à au moins un moteur du ou desdits systèmes locomoteurs et au moins un organe de locomotion relié à au moins un ensemble d'entraînement de sorte qu'un mouvement alternatif de l'ensemble d'entrainement entraîne un mouvement alternatif de cet organe de locomotion. Dans ce dispositif :

- le au moins un moyen élastique est précontraint, le niveau de précontrainte étant suffisant pour que la contrainte du moyen élastique ne change pas de signe lors du mouvement alternatif de la partie mobile ;
- le au moins un moteur est commandé par une tension électrique, la tension électrique étant telle que d'une part, la fréquence du mouvement alternatif de l'ensemble d'entraînement soit sensiblement égale à la fréquence de résonance de la partie mobile reliée à la partie non mobile par le au moins un moyen élastique et que d'autre part, l'amplitude instantanée du mouvement alternatif de l'ensemble d'entraînement soit ajustée de sorte à commander la position moyenne et l'amplitude

maximale du mouvement alternatif du au moins un organe de locomotion ;

- l'ensemble d'entraînement comprend au moins un réducteur de vitesse de rotation du au moins un moteur, le réducteur étant adapté de manière à ce que lorsque le moteur fonctionne à sa puissance mécanique maximale, la vitesse de rotation transmise à l'au moins un organe de locomotion soit réduite par rapport à la vitesse de rotation dudit moteur de manière à correspondre à la vitesse de rotation conférant au mouvement alternatif dudit au moins un organe de locomotion une fréquence correspondant à ladite fréquence de résonance.

Ainsi ce dispositif étant un système résonnant, il en conserve les avantages à savoir qu'il utilise toute la puissance délivrée par le moteur pour compenser l'amortissement du mouvement généré par les forces de frottement du fluide.

Par ailleurs, il permet d'optimiser l'utilisation de la puissance que le moteur est capable de fournir. En particulier grâce au réducteur, la vitesse de rotation au niveau du réducteur est diminuée comparée à la vitesse de rotation du moteur, de ce fait le réducteur, et donc l'ensemble d'entrainement, transmet une vitesse angulaire à l'organe de locomotion plus faible. De ce fait, pour une amplitude donnée, le mouvement alternatif transmis à l'organe de locomotion par l'ensemble d'entrainement a une fréquence plus basse que si l'organe de locomotion était directement entrainé par le moteur. Ainsi, ce réducteur permet que la fréquence du mouvement alternatif de l'ensemble d'entraînement transmise à l'organe de locomotion corresponde à la fréquence de résonance de la partie mobile sans diminuer la vitesse de rotation directement en sortie du moteur. Par conséquent, il n'est plus nécessaire de sous-alimenter ce moteur. Ainsi le réducteur est agencé pour que lorsque le moteur tourne à sa puissance mécanique maximale, le mouvement alternatif de l'ensemble d'entrainement atteigne la fréquence de résonance de la partie mobile. De ce fait, ce dispositif est entrainé par un système résonnant tout en étant puissant.

Notamment, on pourra utiliser des moteurs de petite taille, qui malgré cela auront la puissance requise pour faire voler des dispositifs, notamment des drones, de quelques dizaines de centimètres. Ces dispositifs pourront avoir des capacités d'accélération élevées.

De plus, les organes de locomotion auront un mouvement alternatif dont l'amplitude maximale pourra être fixée par commande de la tension électrique. Cela

permet ainsi de régler la portance du dispositif. En particulier, l'amplitude maximale du mouvement alternatif peut être fixée à une valeur suffisante pour permettre la sustentation du dispositif dans le fluide, par exemple un vol stationnaire dans l'air, tout en restant à la fréquence de résonance du système.

Par ailleurs, la tension électrique permet également de commander la position moyenne du mouvement alternatif du au moins un organe de locomotion. Ce faisant, elle permettra de contrôler la position moyenne du mouvement alternatif de l'organe de locomotion vers l'avant, au milieu ou vers l'arrière du dispositif motorisé. Elle permet donc de contrôler le tangage du dispositif motorisé.

Avec un seul actionneur, il est donc possible de régler la portance et le tangage de du dispositif motorisé.

L'amplitude instantanée est définie comme la position à un instant donné par rapport à la position moyenne au cours d'un mouvement alternatif, par exemple de l'organe de locomotion, ou comme la valeur de la tension électrique à un instant donné. L'amplitude maximale est définie comme la valeur absolue de la position de l'organe de locomotion la plus écartée de la position moyenne du mouvement alternatif, ou comme la valeur absolue maximale de la tension électrique.

Le dispositif selon l'invention peut optionnellement présenter une ou plusieurs des caractéristiques suivantes :

- il comprend deux systèmes locomoteurs, le dispositif motorisé comprenant des moyens de commande permettant d'envoyer et régler lesdites tensions électriques indépendamment l'une de l'autre pour chacun des systèmes locomoteurs, de manière à ce que ces tensions électriques soient telles que l'amplitude instantanée dudit mouvement alternatif dudit ensemble d'entraînement de chacun desdits systèmes locomoteurs puisse être ajustée indépendamment, de sorte à commander la position moyenne et l'amplitude maximale du mouvement alternatif d'un au moins un organe de locomotion de l'un des systèmes locomoteurs indépendamment de la position moyenne et de l'amplitude maximale du mouvement alternatif d'un au moins un organe de locomotion de l'autre des systèmes locomoteurs ; ainsi le dispositif motorisé est pilotable par rapport à son axe de roulis ;

- la tension électrique est une tension sinusoïdale, dont la fréquence correspond à la fréquence de résonance de ladite partie mobile reliée à ladite partie non mobile par ledit au moins un moyen élastique ; cela permet de générer efficacement un mouvement alternatif des organes de locomotion, dont les paramètres seront pilotés facilement par modification de ceux de cette tension électrique, notamment sa fréquence, son amplitude maximale, et son amplitude moyenne ;
- chaque système locomoteur comprend deux moyens élastiques agencés de manière à ce que lorsque l'organe de locomotion se déplace dans un sens lors de son mouvement alternatif, la contrainte de l'un des moyens élastiques augmente et la contrainte de l'autre diminue, et inversement lorsque l'organe de locomotion se déplace dans l'autre sens lors de son mouvement alternatif ; cela permet d'accumuler une énergie potentielle, celle de l'élément élastique dont la contrainte augmente, dans les deux sens du mouvement alternatif ;
- dans le cas de l'option de l'alinéa précédent, pour chaque système locomoteur l'un des moyens élastique est agencé au-dessus du réducteur et l'autre moyen élastique est agencé au-dessous du réducteur, le moteur du système locomoteur correspondant étant agencé au-dessous du réducteur ;
- pour chaque système locomoteur les deux moyens élastiques sont agencés au-dessus du réducteur, le moteur du système locomoteur correspondant étant agencé au-dessous du réducteur ; ainsi en ayant les moyens élastiques d'un côté du réducteur et le moteur de l'autre, on bénéficie de plus de place pour le moteur, permettant ainsi d'avoir un moteur plus volumineux ;
- le ou les moyens élastiques sont des ressorts à spires, notamment non jointives ; les ressorts à spires sont des moyens simples et efficaces pour réaliser un système résonnant ; de plus, le ressort à spires peut être agencé entre la partie mobile et la partie non mobile de manière à être toujours en contrainte de torsion, sa torsion augmentant ou diminuant selon le sens du mouvement alternatif ; les ressort à spires dans ce cas est particulièrement approprié à l'invention ; de plus lorsque les spires sont non jointives, il y a moins de dissipation par frottement et la durée de vie des ressorts est augmentée ;
- le ou les moteurs sont des moteurs électriques sans noyaux ; offrent des capacités d'accélérations très importantes et ont une durée de vie supérieure à celle des

moteurs à courant continu classiques en raison de l'absence de noyau métallique et des faibles inductances qui en résultent ; de plus, ces moteurs sont peu encombrants ; ces moteurs peuvent en particulier être utilisés dans des réalisations où, comme précédemment décrit, les moyens élastiques sont disposés au-dessus et au-dessous du réducteur ;

- dans le cas de ces moteurs sans noyaux, la tension électrique peut être commandée par une commande à découpage, notamment avec un pont dit « en H » pour chaque moteur ;
- au lieu d'être des moteurs sans noyaux, le ou les moteurs sont des moteurs électriques sans balais ; ces moteurs sont dotés de plusieurs paires de pôles, qui permettent de délivrer un couple élevé à basse vitesse ; de plus, ces moteurs peuvent être mis en œuvre dans le dispositif motorisé avec un réducteur de plus faible rapport, ce qui est favorable à la diminution des dimensions et des pertes mécaniques ; ces moteurs peuvent en particulier être utilisés dans des réalisations où, comme précédemment décrit, les moyens élastiques du ou des systèmes locomoteurs sont disposés au-dessus du réducteur correspondant ;
- dans le cas du ou des moteurs sans balais, chaque système motorisé comprend des capteurs de position du rotor du moteur du système motorisé correspondant et un module de contrôle ajustant ladite tension électrique en fonction de cette position ; cela permet un fonctionnement plus efficace du ou des moteurs ;
- le réducteur est un réducteur de vitesse à un seul étage ; cela permet une conception favorable à la diminution des dimensions et des pertes mécaniques ;
- le dispositif motorisé a une taille comprise entre 15 et 25 cm et/ou un poids compris entre 15 et 30 grammes ; ces dispositifs motorisés sont particulièrement adaptés pour des déplacements en milieu confiné ; le dispositif motorisé selon l'invention est particulièrement adapté à de telles dimensions et poids ;
- le réducteur est agencé de manière à ce que lorsque le moteur fonctionne à sa puissance mécanique maximale, à ladite fréquence de résonance, l'amplitude maximale est comprise entre 50 et 80 degrés par rapport à la position moyenne de l'organe de locomotion ; une telle amplitude est particulièrement adaptée au vol stationnaire ; le dispositif motorisé selon l'invention est particulièrement adapté à de

telles amplitudes.

Un autre objet de l'invention est un procédé de pilotage d'un dispositif motorisé apte à se mouvoir dans un milieu fluide, le dispositif comprenant un ou plusieurs système locomoteurs, le ou chacun desdits systèmes locomoteurs comprenant une partie dite non mobile et une partie mobile apte à réaliser au moins un mouvement alternatif par rapport à la partie non mobile et reliée à cette partie non mobile par au moins un moyen élastique, la partie mobile comprenant au moins un ensemble d'entraînement relié à au moins un moteur du ou desdits systèmes locomoteurs et au moins un organe de locomotion relié à au moins un ensemble d'entraînement de sorte qu'un mouvement alternatif de l'ensemble entraîne un mouvement alternatif de cet organe de locomotion. Ce procédé présente également les caractéristiques suivantes :

- il comprend une commande du moteur ne faisant pas changer de signe la contrainte du moyen élastique lors du mouvement alternatif de la partie mobile ;
- la commande de au moins un moteur étant réalisée par une tension électrique telle que d'une part, la fréquence de mouvement alternatif de l'ensemble d'entraînement soit sensiblement égale à la fréquence de résonance de la partie mobile reliée à la partie non mobile par ledit au moins un moyen élastique et que d'autre part, l'amplitude instantanée de mouvement alternatif de l'ensemble d'entraînement soit ajustée de sorte à commander la position moyenne et l'amplitude maximale du mouvement alternatif de au moins un organe de locomotion ;
- la vitesse de rotation de au moins un moteur lorsqu'il fonctionne à sa puissance mécanique maximale étant transmise, par un réducteur compris dans l'ensemble d'entraînement, à l'au moins un organe de locomotion de manière à ce que la vitesse de rotation de ce dernier corresponde à la vitesse de rotation conférant au mouvement alternatif de l'au moins un organe de locomotion une fréquence correspondant à la fréquence de résonance.

Le procédé confèrera au dispositif motorisé les mêmes avantages que précédemment décrits pour le premier objet de l'invention.

Ce procédé est notamment un procédé de pilotage d'un dispositif motorisé selon l'invention.

Le procédé de pilotage selon l'invention peut optionnellement présenter une ou plusieurs des caractéristiques suivantes :

- il comprend au moins une des étapes suivantes :
    - augmenter ou diminuer l'amplitude maximale de ladite tension électrique, de sorte que la portance du dispositif motorisé est respectivement augmentée ou diminuée ;
    - moduler la valeur moyenne de ladite tension électrique, de sorte que le dispositif motorisé, tangue vers l'avant ou vers l'arrière ou bien reste stable ;
- le dispositif comprend deux systèmes locomoteurs, les commandes électriques du au moins un moteur de chaque système locomoteur étant réalisées indépendamment pour chacun des systèmes locomoteurs, de manière à ce que ces tensions électriques soient telles que l'amplitude instantanée dudit mouvement alternatif dudit ensemble d'entraînement de chacun desdits systèmes motorisés soit ajustée indépendamment, de sorte à commander la position moyenne et l'amplitude maximale du mouvement alternatif d'un au moins un organe de locomotion de l'un des systèmes locomoteurs indépendamment de la position moyenne et de l'amplitude maximale du mouvement alternatif d'un au moins un organe de locomotion de l'autre des systèmes locomoteurs ;
- il comprend au moins l'étape de moduler indépendamment l'amplitude maximale de chacun des moteurs des systèmes locomoteurs de sorte que le dispositif motorisé présente un mouvement de roulis vers la droite ou vers la gauche.

Dans le dispositif motorisé et dans le procédé selon l'invention, l'organe de locomotion peut être une aile et le fluide l'air. Dans ce cas le dispositif motorisé est un objet volant.

Mais l'invention peut également s'appliquer à un dispositif motorisé nageant, l'organe de locomotion étant une nageoire et le fluide un liquide, tel que de l'eau. Le dispositif motorisé nageant peut ne comprendre qu'un système locomoteur, par exemple dans le cas d'un drone reproduisant les mouvements de la nageoire caudale d'un poisson ou d'un mammifère marin.

Brève description des figures

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description détaillée des exemples non limitatifs qui suivent, pour la compréhension de laquelle on se reportera aux dessins annexés, parmi lesquels :

- la figure 1 est une vue en perspective qui représente un système locomoteur d'un dispositif motorisé selon un premier mode de réalisation selon l'invention ;
- la figure 2 est une vue en perspective qui représente un dispositif motorisé selon un deuxième mode de réalisation selon l'invention ;
- la figure 3 est une vue en coupe de la figure 2 dans un plan vertical passant par les axes de pivotement des organes de locomotions ;
- la figure 4 est une vue en coupe de la figure 3 selon BB ;
- la figure 5 illustre des positions des organes de locomotion lors du pilotage du dispositif motorisé selon le premier ou le deuxième mode de réalisation du dispositif motorisé selon l'invention.

Description détaillée d'un exemple de réalisation

Selon un premier mode de réalisation, le dispositif motorisé est un microdrone volant, se mouvant dans l'air par le battement de deux ailes, formant les deux organes de locomotion. Sur la figure 1, seul un système locomoteur 1 est illustré. Le drone en comprend un deuxième symétrique à celui qui est illustré.

Chaque système locomoteur comprend une partie non mobile formée par le châssis du microdrone. Ici le châssis est représenté schématiquement par le trait référencé 5. Le châssis 5 est commun dans cet exemple au système locomoteur non représenté. Dans ce châssis est monté un moteur électrique 4, comprenant un rotor et un stator (non représentés). Le rotor de ce moteur entraîne indirectement en rotation un ensemble d'éléments formant une partie mobile par rapport au châssis 5.

Cette partie mobile comprend l'aile 2 et une pièce de maintien 10 de l'aile. Une commande (non représentée) du système locomoteur 1 commande le rotor du moteur 4 en un mouvement alternatif. De ce fait, le moteur 4 entraîne un battement des ailes 2.

Le moteur 4 peut par exemple être un moteur classiquement utilisé pour des

applications de modèles réduits.

Selon l'invention, le moteur 4 entraîne l'aile 2, via un ensemble d'entrainement comprenant un réducteur de vitesse. Ce dernier est par exemple un réducteur de vitesse à un seul étage, formé par un pignon 6 et une roue dentée 8 d'un diamètre supérieur à celui du pignon 6. Le pignon 6 est directement entrainé en rotation par le rotor. La roue dentée 8 est engrenée avec le pignon 6, et leurs axes de rotation sont parallèles.

La pièce de maintien 10 est agencée au-dessus de la roue dentée 8, l'axe de rotation de ce dernier passant par cette pièce de maintien 10. La pièce de maintien 10 est fixée à la roue dentée 8 et est donc entrainée en rotation autour de l'axe de rotation de ce dernier.

L'aile 2 comprend une tige, un jonc 3 dans cet exemple, notamment un jonc 3 de carbone, formant le bord d'attaque de l'aile. La membrane de l'aile 2 s'étend le long de la plus grande partie de ce jonc 3. Ce jonc 3 est fixé dans la pièce de maintien 10, transversalement à l'axe de rotation de la roue dentée 8, notamment perpendiculairement, de manière à ce que l'axe de rotation de la roue dentée 8 soit également celui de l'aile 2. Cette dernière est donc entrainée dans un mouvement alternatif, correspondant à un battement de cette aile 2.

Un moyen élastique relie la partie mobile au châssis 5 via, un premier ressort 11 de torsion à spires non jointives, fixé dans cet exemple à la pièce de maintien 10. Un autre moyen élastique, notamment un deuxième ressort 12 de torsion à spires non jointives peut également être ajouté, comme illustré en figure 1.

Dans cet exemple, la pièce de maintien 10 et le premier moyen élastique 11 sont situés au-dessus du réducteur, et en particulier de la roue dentée 8. Le deuxième ressort 12 est au-dessous du réducteur, en particulier de la roue dentée 8. Notamment le deuxième ressort 12 est fixé d'un côté à la roue dentée et de l'autre au châssis 5.

Chacun de ces ressorts 11, 12, est monté en contrainte de manière à ce que cette contrainte ne change jamais de signe. Par exemple, les ressorts sont alignés sur l'axe de rotation de la roue dentée 8 et fixés au châssis 5 après rotation d'un quart de tour, de façon à rester chargés dans le sens de la fermeture des spires tout au long d'un cycle de battement.

Ils sont notamment agencés de part et d'autre du réducteur de manière à ce que lorsque la roue dentée 8 augmente la torsion du premier ressort 11, le deuxième ressort 12 libère l'énergie précédemment accumulée et sa contrainte en torsion diminue. Lors de cette phase du mouvement alternatif, la contrainte du deuxième ressort 12 ne passe pas par une valeur nulle. Lorsque le mouvement change de sens, la contrainte du deuxième ressort 12 est augmentée, forcée par le moteur et par la libération de l'énergie accumulée par le premier ressort 11.

L'utilisation de deux ressorts 11, 12, précontraints permet d'exercer un pré-chargement en torsion dans la position d'équilibre de l'aile 2, et par suite, de maintenir un chargement des ressorts dans le sens de la fermeture tout au long d'une période de battement. Cela permet de prolonger la conservation des caractéristiques de résistance mécanique des ressorts.

L'ensemble des ressorts 11 et 12 et l'aile 2 forment un système résonnant ayant sa fréquence de résonance propre. Selon l'invention, le moteur 4 est commandé pour que la fréquence du mouvement alternatif du pignon 6 soit identique à cette fréquence de résonance.

Le réducteur 6, 8, de vitesse permet de placer le moteur 4 à sa puissance maximale, où le régime moteur fonctionne de façon la plus efficace et avec le plus de puissance, et donc à une vitesse de rotation élevée, tout en ayant des battements d'aile 2 dont la fréquence correspond à la fréquence de résonance. Sans ce réducteur 6, 8, la fréquence de battement de l'aile 2 serait au-dessus de la fréquence de résonance.

La vitesse de rotation nominale des micromoteurs électriques standards utilisés est souvent par conception toujours très supérieure à la vitesse instantanée maximale résultant du mouvement de battement d'une aile. Le rapport de réduction est donc déterminé pour pouvoir disposer de la puissance mécanique maximale à la valeur efficace de la vitesse de rotation résultant du mouvement de battement.

Pour commander ce mouvement alternatif dans le cas d'un moteur sans noyau, la commande module la tension d'alimentation du moteur en une tension électrique sinusoïdale. L'amplitude instantanée correspond ainsi à l'amplitude instantanée du mouvement alternatif de l'aile 2. Le contrôle de l'amplitude maximale et

de la valeur moyenne de cette tension électrique vont permettre le pilotage du microdrone, comme il sera ultérieurement expliqué.

Dans cet exemple, le moteur 4 est un moteur dit sans noyau, encore appelé « coreless ». Son rotor est dépourvu de fer, d'une masse de 2,6 grammes (g) et de 7 millimètres (mm) de diamètre. Sa vitesse de rotation à vide avoisine 40000 tours par minutes (tr/mn), ce qui est bien au-dessus de ce qu'il faut pour atteindre la fréquence de résonance de la partie mobile. Le moteur 4 est sous une tension d'alimentation continue de 3,7V. La génération de la tension électrique est par exemple assurée par une électronique de commande à découpage comportant un pont en H pour chacun des moteurs 4.

Le rapport du réducteur formé par le pignon 6 et la roue dentée 8 est de 8/70. Ce réducteur à fort rapport permet de décaler l'axe de l'aile 2 du rotor du moteur 4, compte tenu de la taille de la roue dentée 8. Il devient ainsi plus facile de disposer les ressorts 11 et 12 au-dessus et au-dessous du réducteur.

Les ressorts peuvent avoir un diamètre extérieur de 4 à 6, notamment 5 mm. Ce diamètre réduit contribue à une faible augmentation de l'inertie des éléments mobiles, et par suite, à un abaissement réduit de la fréquence de résonance du système mécanique.

L'aile 2 a une longueur de 75mm et le jonc de carbone un diamètre de 1mm. La membrane de l'aile est découpée dans un film polyester de 60µm d'épaisseur.

Cet exemple de systèmes locomoteurs 1 permet d'entretenir le battement des ailes du microdrone à une fréquence de 28 Hertz (Hz) avec des amplitudes maximales atteignant +/- 75°, sous une tension d'alimentation de 3,7 Volts (V).

Malgré sa faible masse, le moteur 4 sans noyau délivre une puissance significative. Outre ses capacités d'accélérations très importantes, il présente une durée de vie supérieure à celle des moteurs à courant continu classiques en raison de l'absence de noyau métallique et des faibles inductances qui en résultent.

Le stator interne des moteurs sans noyau n'est constitué que d'une seule paire de pôles ce qui conduit à des vitesses de rotation élevées. De ce fait, cela conduit à les privilégier pour des applications dans des drones de taille réduite nécessitant des fréquences de battement assez élevées, comme celui illustré.

Un deuxième mode de réalisation est illustré aux figures 2 à 4. Il s'agit également d'un microdrone volant 100, se mouvant dans l'air par le battement de deux ailes 102. Sur les figures 2 et 3, les deux systèmes locomoteurs 101 sont visibles, alors qu'un seul est visible en figure 4. Celui-ci diffère du mode de réalisation précédent par les caractéristiques ci-après.

Dans ce mode de réalisation, le premier ressort 111 et le deuxième ressort 112, sont deux ressorts de torsion symétriques disposés au dessus du réducteur, formé par la roue dentée 108 et le pignon 106. Les deux ressorts 111 et 112 sont disposés côte à côte au dessus de la pièce de maintien 110 de l'aile 102 correspondante, de part et d'autre de l'axe de rotation de la pièce de maintien 110 de l'aile 102. L'absence de ressort disposé sous le réducteur 6, 8, permet l'utilisation de moteur nécessitant un plus faible rapport de réduction.

Ces ressorts 111 et 112 sont fixés en précontrainte d'un côté à cette pièce de maintien 110 et au châssis 105, de manière à ce qu'à la position d'équilibre de l'aile, ces deux ressorts soient préchargés, notamment d'un quart de tour, dans deux sens opposés.

Chacun des systèmes locomoteurs 101 comprend un moteur 104 sans balais (ou moteur « brushless ») à rotor externe, de 10 mm de diamètre dans cet exemple.

Les micromoteurs sans balais sont dotés de plusieurs paires de pôles, qui permettent de délivrer un couple élevé à basse vitesse. Par suite, ces moteurs peuvent être mis en œuvre dans le mécanisme proposé avec un réducteur de plus faible rapport, ce qui est favorable à la diminution des dimensions et des pertes mécaniques.

Dans cet exemple, le réducteur 106, 108, présente un rapport de réduction de vitesse de 12/48, soit moins élevé que dans le premier mode de réalisation.

Les moteurs 104 sans balais peuvent être des moteurs triphasés de type synchrone à aimants permanents. Le système locomoteur 101 comprend une électronique de commande agencée pour permettre un changement périodique du sens rotation. Cette électronique de commande peut notamment comporter des capteurs qui permettent de déterminer la position du rotor à un instant donné.

L'inertie du rotor externe qui supporte des aimants et l'utilisation d'un

réducteur conduisent à une inertie des éléments mobiles non négligeable, qui amène à privilégier ce type de moteur 104 pour des microdrones 100 de plus grande taille nécessitant des fréquences de battement moins élevée que dans le premier mode de réalisation

Les microdrones des premier et deuxième modes de réalisation sont pilotés par un procédé mettant en œuvre la commande de la tension électrique sinusoïdale. Des mouvements basiques résultant de la mise en œuvre de ce procédé sont illustrés en figure 5.

La commande en mouvement alternatif du moteur 4 ou 104 est obtenue par une alimentation par une tension sinusoïdale. La fréquence de cette tension électrique est ajustée à une valeur proche de la fréquence de résonance du système mécanique, réalisant ainsi une commande en régime forcé du système résonnant.

L'ajustement de l'amplitude instantanée de la tension sinusoïdale appliquée au moteur 4 ou 104 permet le contrôle de l'amplitude instantanée du battement de l'aile du système locomoteur 1 ou 101 correspondant, sans modification de la fréquence de battement à la différence des systèmes bielle-manivelle. Sur la figure 5 à gauche, l'amplitude maximale de la tension électrique a été augmentée entre le dessin du haut et celui du bas, ce qui s'est traduit par une augmentation de l'amplitude maximale du battement de l'aile autour de la position moyenne du mouvement. La portance du microdrone est ainsi augmentée.

Les tensions électriques envoyées aux moteurs 4 ou 104 des deux systèmes locomoteurs 1 ou 101, sont en phase, d'amplitude maximale et de valeur moyenne égale. Chaque aile 2 ou 102 bat donc avec la même amplitude maximale et avec la même position moyenne. Le microdrone ne présente donc pas d'angle de tangage, ni d'angle de roulis.

Pour générer un tangage vers l'avant ou l'arrière du microdrone, le procédé de pilotage permet l'introduction d'une composante continue décalant la valeur moyenne de cette tension électrique sinusoïdale, permettant de déplacer vers l'avant ou vers l'arrière la position moyenne de l'aile 2 ou 102 au cours de son battement. C'est le cas sur la figure 5 à droite, où dans le dessin du haut, l'introduction d'une composante positive entraîne le décalage vers l'avant de la position moyenne des ailes 2, 102, et donc un tangage vers l'arrière, alors que dans le dessin du bas l'introduction d'une

composante négative entraîne un tangage vers l'avant.

La génération d'un moment de roulis est obtenue, comme illustrée par les dessins du centre en figure 5, par l'alimentation des moteurs des systèmes locomoteurs avec des tensions électriques synchronisées à la même fréquence, présentant la même valeur moyenne, mais avec des amplitudes maximales différentes. Ainsi, les amplitudes maximales de battement ne sont plus symétriques et par suite commandent un couple de roulis. De ce fait, on peut conférer au microdrone un mouvement vers la gauche (dessin du centre en haut) ou vers la droite (dessin du centre en bas).

REVENDICATIONS

1. Dispositif motorisé apte à se mouvoir dans un milieu fluide, ledit dispositif comprenant un ou plusieurs systèmes locomoteurs (1 ; 101), le ou chacun desdits systèmes locomoteurs comprenant une partie dite non mobile et une partie mobile apte à réaliser au moins un mouvement alternatif par rapport à ladite partie non mobile et reliée à cette partie non mobile par au moins un moyen élastique (11, 12 ; 111, 112), ladite partie mobile comprenant au moins un ensemble d'entraînement relié à au moins un moteur (4 ; 104) dudit ou desdits systèmes locomoteurs et au moins un organe de locomotion (2 ; 102) relié à au moins un ensemble d'entraînement de sorte qu'un mouvement alternatif dudit ensemble entraîne un mouvement alternatif de cet organe de locomotion, ledit dispositif étant
caractérisé en ce que :
   - ledit au moins un moyen élastique est précontraint, le niveau de précontrainte étant suffisant pour que la contrainte dudit moyen élastique ne change pas de signe lors dudit mouvement alternatif de ladite partie mobile ;
   - ledit au moins un moteur est commandé par une tension électrique, ladite tension électrique étant telle que d'une part, la fréquence dudit mouvement alternatif dudit ensemble d'entraînement soit sensiblement égale à la fréquence de résonance de ladite partie mobile reliée à ladite partie non mobile par ledit au moins un moyen élastique et que d'autre part, l'amplitude instantanée dudit mouvement alternatif dudit ensemble d'entraînement soit ajustée de sorte à commander la position moyenne et l'amplitude maximale du mouvement alternatif dudit au moins un organe de locomotion ;
   - ledit ensemble d'entraînement comprend au moins un réducteur (6 et 8 ; 106 et 108) de vitesse de rotation dudit au moins un moteur, ledit réducteur étant adapté de manière à ce que lorsque ledit moteur fonctionne à sa puissance mécanique maximale, la vitesse de rotation

transmise audit au moins un organe de locomotion soit réduite par rapport à la vitesse de rotation dudit moteur de manière à correspondre à la vitesse de rotation conférant au mouvement alternatif dudit au moins un organe de locomotion une fréquence correspondant à ladite fréquence de résonance.

2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que le dispositif comprend deux systèmes locomoteurs (1 ; 101), le dispositif motorisé comprenant des moyens de commande permettant d'envoyer et régler lesdites tensions électriques indépendamment l'une de l'autre pour chacun des systèmes locomoteurs, de manière à ce que ces tensions électriques soient telles que l'amplitude instantanée dudit mouvement alternatif dudit ensemble d'entraînement de l'un desdits systèmes locomoteurs puisse être ajustée indépendamment de celle de l'autre desdits systèmes locomoteurs, de sorte à commander la position moyenne et l'amplitude maximale du mouvement alternatif d'un au moins un organe de locomotion (2 ; 102) de l'un des systèmes locomoteurs indépendamment de la position moyenne et de l'amplitude maximale du mouvement alternatif d'un au moins un organe de locomotion (2 ; 102) de l'autre des systèmes locomoteurs.

3. Dispositif selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que ladite tension électrique est une tension sinusoïdale, dont la fréquence correspond à la fréquence de résonance de ladite partie mobile reliée à ladite partie non mobile par ledit au moins un moyen élastique (2 ; 102).

4. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que chaque système locomoteur (1 ; 101) comprend deux moyens élastiques (11, 12 ; 111, 112) agencés de manière à ce que lorsque l'organe de locomotion (2 ; 102) se déplace dans un sens lors de son mouvement alternatif, la contrainte de l'un des moyens élastique augmente et la contrainte de l'autre diminue, et inversement lorsque l'organe de locomotion se déplace dans l'autre sens lors de son mouvement alternatif.

5. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le ou les moyens élastiques sont des ressorts (11, 12 ; 111, 112) à spires non jointives.

6. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le ou les moteurs (4) sont des moteurs électriques sans noyaux.

7. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que le ou les moteurs (104) sont des moteurs électriques sans balais.

8. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le réducteur (6 et 8 ; 106 et 108) est un réducteur de vitesse à un seul étage.

9. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le dispositif motorisé a une taille comprise entre 15 et 25 cm et/ou un poids compris entre 15 et 30 grammes.

10. Procédé de pilotage d'un dispositif motorisé apte à se mouvoir dans un milieu fluide, le dispositif comprenant un ou plusieurs système locomoteurs (1 ; 101) , le ou chacun desdits systèmes locomoteurs comprenant une partie dite non mobile et une partie mobile apte à réaliser au moins un mouvement alternatif par rapport à ladite partie non mobile et reliée à cette partie non mobile par au moins un moyen élastique (11, 12 ; 111, 112), ladite partie mobile comprenant au moins un ensemble d'entraînement relié à au moins un moteur dudit ou desdits systèmes locomoteurs et au moins un organe de locomotion (2 ; 102) relié à au moins un ensemble d'entraînement de sorte qu'un mouvement alternatif dudit ensemble entraîne un mouvement alternatif de cet organe de locomotion,
ledit procédé étant caractérisé en ce que :

- il comprend une commande dudit moteur (4 ; 104) ne faisant pas changer de signe la contrainte dudit moyen élastique lors dudit mouvement alternatif de ladite partie mobile ;
- la commande dudit au moins un moteur est réalisée par une tension électrique telle que d'une part, la fréquence dudit mouvement alternatif dudit ensemble d'entraînement soit sensiblement égale à la fréquence de résonance de ladite partie mobile reliée à ladite partie non mobile par ledit au moins un moyen élastique et que d'autre part, l'amplitude instantanée dudit mouvement alternatif dudit ensemble d'entraînement soit ajustée de sorte à commander la position moyenne et l'amplitude maximale du mouvement alternatif dudit au moins un organe de locomotion ;
- la vitesse de rotation dudit au moins un moteur lorsqu'il fonctionne à sa puissance mécanique maximale est transmise, par un réducteur (6 et 8 ; 106 et 108) compris dans ledit ensemble d'entraînement, audit au moins un organe de locomotion de manière à ce que la vitesse de rotation de ce dernier corresponde à la vitesse de rotation conférant au mouvement alternatif dudit au moins un organe de locomotion une fréquence correspondant à ladite fréquence de résonance.

11. Procédé selon la revendication 10, caractérisé en ce que le procédé est un procédé de pilotage d'un dispositif selon l'une des revendications 1 à 9.

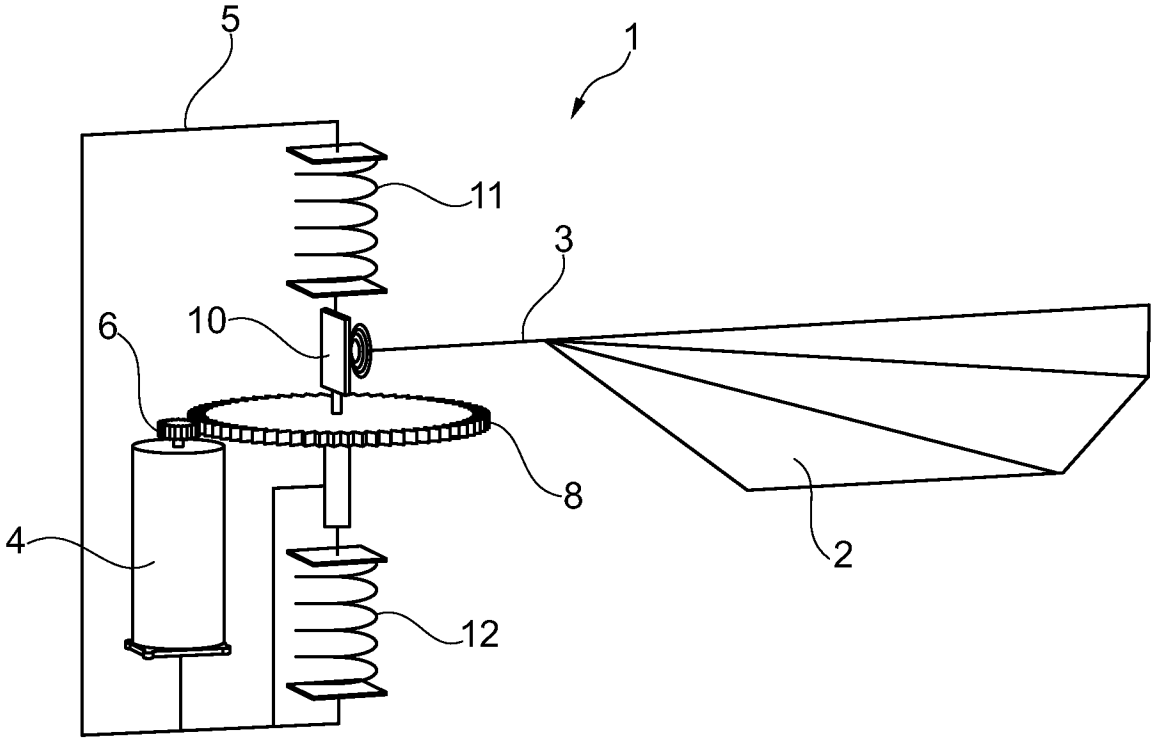

5
1
11
3
6
10
8
4
2
12

Fig. 1

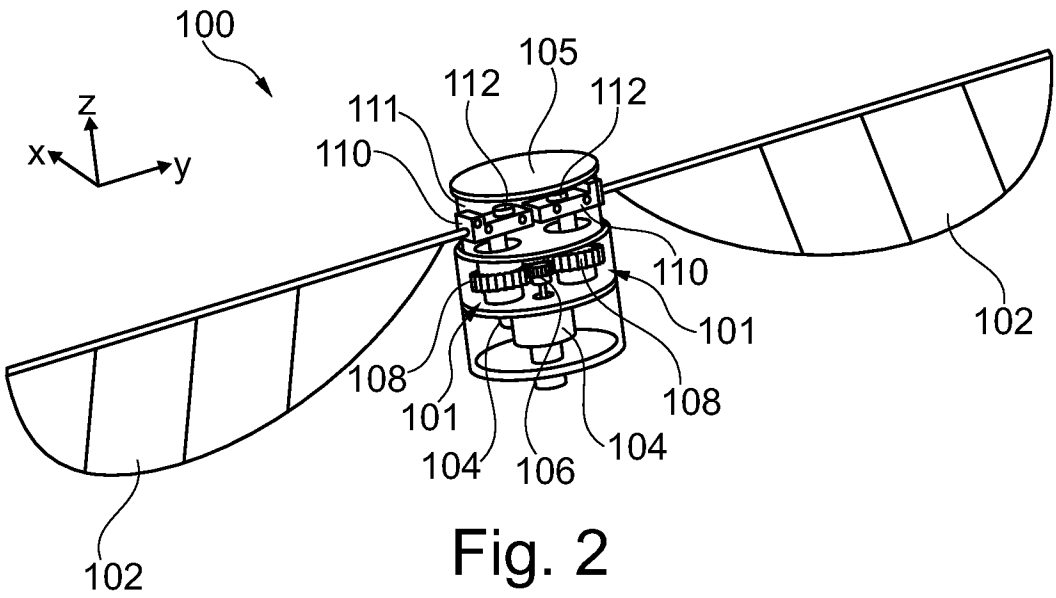

100
z
x
y
111
112
105
112
110
110
101
102
108
101
108
104
106
104
102

Fig. 2

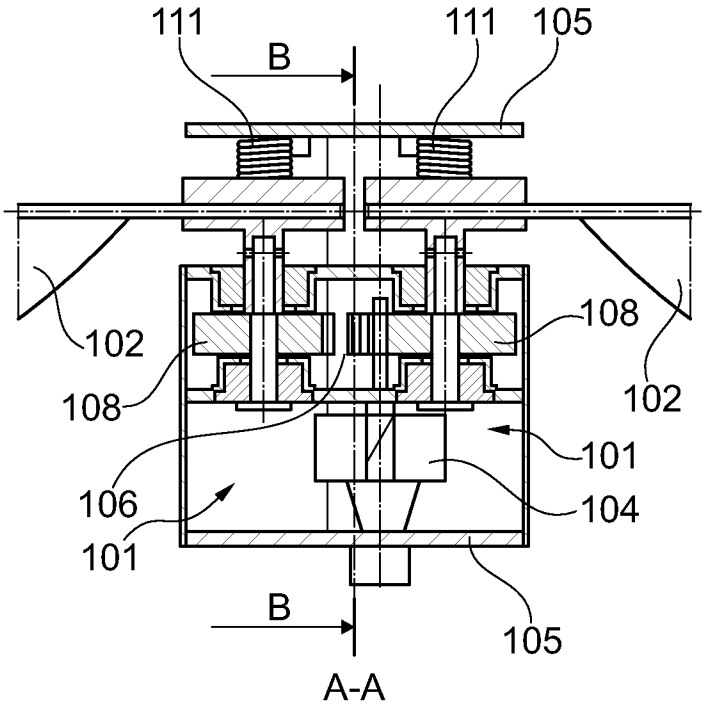


Fig. 3

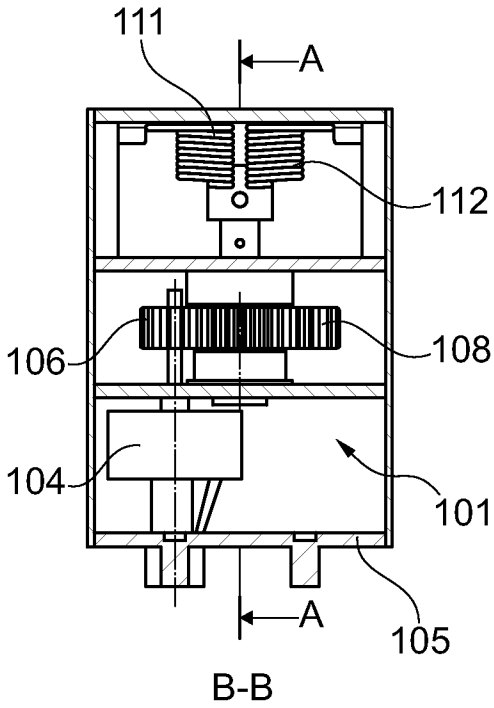


Fig. 4

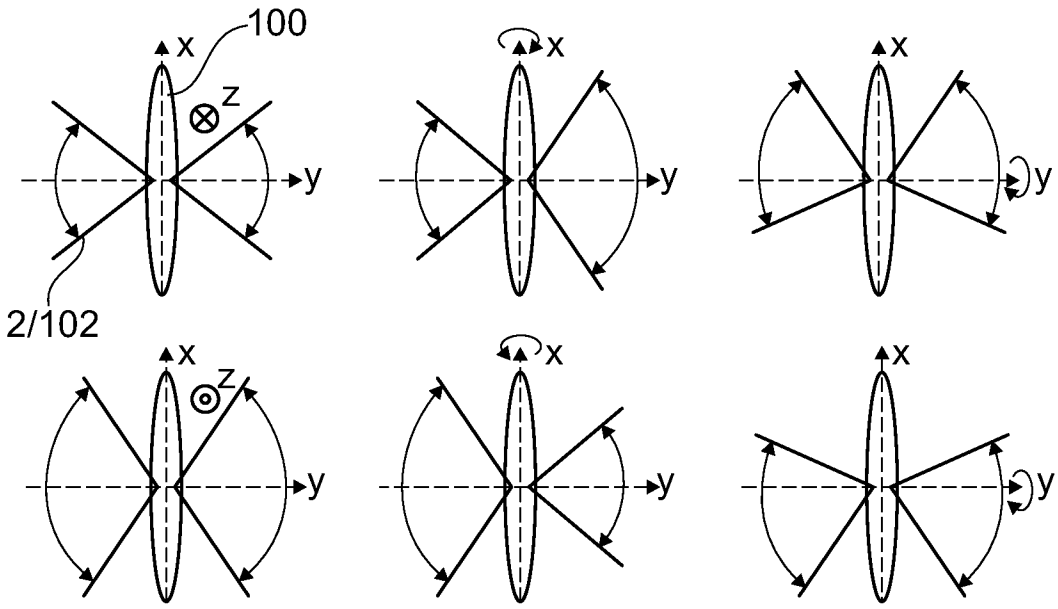


Fig. 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/FR2016/051103

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. B64C33/02
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)
B64C A63H B64B B63H

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 practicable, search terms used)
EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2013/320133 A1 (RATTI JAYANT [US] ET AL) 5 December 2013 (2013-12-05) abstract; figures 1, 2, 8-17, 20, 21 paragraph [0128] - paragraphs [0131], [0189]	1-11
X	US 2014/061379 A1 (CAMPOLO DOMENICO [SG] ET AL) 6 March 2014 (2014-03-06) abstract; figures 2b, 3, 5 paragraph [0111] - paragraph [0112]	1-3,5-11
A	US 2014/162524 A1 (VAN RUYMBEKE EDWIN [FR]) 12 June 2014 (2014-06-12) abstract; figures 1-4	1-11
A	US 2014/158821 A1 (KEENNON MATTHEW TODD [US] ET AL) 12 June 2014 (2014-06-12) abstract; figures 1, 2	1-11

-/--

[X] Further documents are listed in the continuation of Box C.

[X] 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 application or patent 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	Date of mailing of the international search report
10 August 2016	19/08/2016

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Podratzky, Andreas

2

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (April 2005)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/FR2016/051103

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2004/195436 A1 (SINCLAIR PETER LOGAN [GB]) 7 October 2004 (2004-10-07) abstract; figures 1, 2, 5 paragraphs [0092], [0097], [0153]	1-11
A	US 2002/117583 A1 (HAMAMOTO MASAKI [JP] ET AL) 29 August 2002 (2002-08-29) abstract; figures 1, 11-14 paragraphs [0139] - [0141]	1-11
A	JP 2009 178592 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP) 13 August 2009 (2009-08-13) figures 2-6, 14	1-11

2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/FR2016/051103

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2013320133 A1	05-12-2013	CA 2827688 A1	23-08-2012
		CN 103492264 A	01-01-2014
		EP 2675708 A1	25-12-2013
		US 2013320133 A1	05-12-2013
		WO 2012112939 A1	23-08-2012
US 2014061379 A1	06-03-2014	NONE	
US 2014162524 A1	12-06-2014	NONE	
US 2014158821 A1	12-06-2014	NONE	
US 2004195436 A1	07-10-2004	CA 2451197 A1	16-01-2003
		CN 1538863 A	20-10-2004
		EP 1409097 A1	21-04-2004
		US 2004195436 A1	07-10-2004
		WO 03004122 A1	16-01-2003
US 2002117583 A1	29-08-2002	JP 3889956 B2	07-03-2007
		JP 2002326599 A	12-11-2002
		US 2002117583 A1	29-08-2002
		US 2005151010 A1	14-07-2005
JP 2009178592 A	13-08-2009	JP 4681062 B2	11-05-2011
		JP 2009178592 A	13-08-2009

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°
PCT/FR2016/051103

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
INV. B64C33/02
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)
B64C A63H B64B B63H

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

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	US 2013/320133 A1 (RATTI JAYANT [US] ET AL) 5 décembre 2013 (2013-12-05) abrégé; figures 1, 2, 8-17, 20, 21 alinéa [0128] - alinéas [0131], [0189]	1-11
X	US 2014/061379 A1 (CAMPOLO DOMENICO [SG] ET AL) 6 mars 2014 (2014-03-06) abrégé; figures 2b, 3, 5 alinéa [0111] - alinéa [0112]	1-3,5-11
A	US 2014/162524 A1 (VAN RUYMBEKE EDWIN [FR]) 12 juin 2014 (2014-06-12) abrégé; figures 1-4	1-11
A	US 2014/158821 A1 (KEENNON MATTHEW TODD [US] ET AL) 12 juin 2014 (2014-06-12) abrégé; figures 1, 2	1-11

-/--

[X] Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

[X] 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	Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale
10 août 2016	19/08/2016

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale	Fonctionnaire autorisé
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Podratzky, Andreas

2

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	US 2004/195436 A1 (SINCLAIR PETER LOGAN [GB]) 7 octobre 2004 (2004-10-07) abrégé; figures 1, 2, 5 alinéas [0092], [0097], [0153]	1-11
A	US 2002/117583 A1 (HAMAMOTO MASAKI [JP] ET AL) 29 août 2002 (2002-08-29) abrégé; figures 1, 11-14 alinéas [0139] - [0141]	1-11
A	JP 2009 178592 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP) 13 août 2009 (2009-08-13) figures 2-6, 14	1-11

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°
PCT/FR2016/051103

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2013320133 A1	05-12-2013	CA 2827688 A1	23-08-2012
		CN 103492264 A	01-01-2014
		EP 2675708 A1	25-12-2013
		US 2013320133 A1	05-12-2013
		WO 2012112939 A1	23-08-2012
US 2014061379 A1	06-03-2014	AUCUN	
US 2014162524 A1	12-06-2014	AUCUN	
US 2014158821 A1	12-06-2014	AUCUN	
US 2004195436 A1	07-10-2004	CA 2451197 A1	16-01-2003
		CN 1538863 A	20-10-2004
		EP 1409097 A1	21-04-2004
		US 2004195436 A1	07-10-2004
		WO 03004122 A1	16-01-2003
US 2002117583 A1	29-08-2002	JP 3889956 B2	07-03-2007
		JP 2002326599 A	12-11-2002
		US 2002117583 A1	29-08-2002
		US 2005151010 A1	14-07-2005
JP 2009178592 A	13-08-2009	JP 4681062 B2	11-05-2011
		JP 2009178592 A	13-08-2009