

(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
02 juillet 2020 (02.07.2020)



(10) Numéro de publication internationale
WO 2020/136356 A1

(51) Classification internationale des brevets :

B64C 13/04 (2006.01) *F16D 27/00* (2006.01)
B64C 13/50 (2006.01) *G05G 9/047* (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :

PCT/FR2019/053298

(22) Date de dépôt international :

26 décembre 2019 (26.12.2019)

(25) Langue de dépôt :

français

(26) Langue de publication :

français

(30) Données relatives à la priorité :

1874312 28 décembre 2018 (28.12.2018) FR

(71) Déposant : **SAFRAN ELECTRONICS & DEFENSE**

[FR/FR] ; 18/20 Quai du Point du Jour, 92100 BOULOGNE-BILLANCOURT (FR).

(72) Inventeurs : **LE ROUX, Corentin** ; c/o SAFRAN CEPI,

Rond-Point René Ravaud-Réau, 77550 MOISSY-CRAMAYEL (FR). **WERQUIN, Mickael** ; c/o SAFRAN CEPI, Rond-Point René Ravaud-Réau, 77550 MOISSY-CRAMAYEL (FR). **ATTRAZIC, Yannick** ; c/o SAFRAN CEPI, Rond-Point René Ravaud-Réau, 77550 MOISSY-CRAMAYEL (FR).

(74) Mandataire : **REGIMBEAU** ; 20, rue de Chazelles, 75847

PARIS CEDEX 17 (FR).

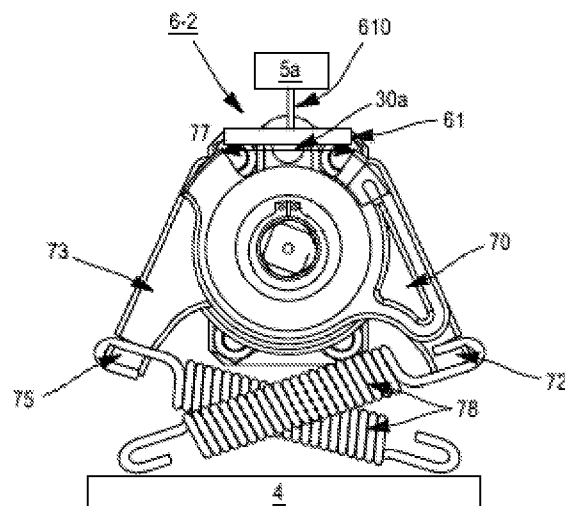
(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de

protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA,

(54) Title: FORCE APPLICATION DEVICE FOR A CONTROL STICK OF AN AIRCRAFT

(54) Titre : DISPOSITIF D'APPLICATION D'EFFORT POUR UN MANCHE DE PILOTAGE D'UN AÉRONEF

[Fig. 5]



(57) Abstract: The invention relates to a force application device for a control stick of an aircraft, said stick comprising a control lever that is connected to a motor comprising a drive shaft, said device having: a first pin connected to the drive shaft, a housing, a second pin secured to the housing, an electromagnet secured in relation to the housing, a movable actuator which comprises a magnetic material such that said actuator can be displaced depending on a supply of current of the electromagnet, and means for clamping the first pin and the second pin which comprise a first tooth and a second tooth, said device having an operating configuration in which the electromagnet is active and the actuator separates the teeth away from the first pin and the second pin, and a blocking configuration in which the electromagnet is inactive, with the first tooth and the second tooth coming into contact with the first pin and the second pin.

[Suite sur la page suivante]



WO 2020/136356 A1

CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, 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), eurasién (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).

Publiée:

- avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))
- avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues (règle 48.2(h))

(57) Abrégé : La présente invention concerne un dispositif d'application d'effort pour un manche de pilotage d'un aéronef, le manche comprenant un levier de commande relié à un moteur comprenant un arbre d'entraînement, le dispositif comprenant: un premier pion, relié à l'arbre d'entraînement, un carter, un deuxième pion, fixé sur le carter, un électro-aimant, fixe par rapport au carter, un actionneur mobile comprenant un matériau magnétique, de sorte que ledit actionneur soit déplaçable en fonction d'une alimentation en courant de l'électro-aimant, des moyens de serrage du premier pion et du deuxième pion, comprenant une première dent et une deuxième dent, avec une configuration de fonctionnement, dans laquelle l'électro-aimant est actif et l'actionneur sépare les dents à distance du premier pion et du deuxième pion, et une configuration de blocage dans laquelle l'électro-aimant est inactif, la première dent et la deuxième dent étant en contact avec le premier pion et le deuxième pion.

Dispositif d'application d'effort pour un manche de pilotage d'un aéronef

DOMAINE DE L'INVENTION

L'invention concerne les dispositifs de pilotage utilisés par le pilote dans un cockpit d'aéronef. Elle concerne notamment un manche actif comprenant un retour d'effort intégré pour assister le pilote.

ARRIERE-PLAN TECHNOLOGIQUE

Un dispositif de pilotage dans un cockpit d'aéronef comprend, de manière habituelle, un manche de pilotage avec notamment un levier de commande monté rotatif selon un axe dit de roulis et un axe dit de tangage, ces deux axes étant orthogonaux l'un à l'autre. On rencontre le plus souvent des dispositifs de type « manche à balai ».

En fonction de la position du levier selon ces deux axes, le dispositif de pilotage transmet des commandes de déplacement à des organes de pilotage de l'aéronef.

Sur les modèles les plus récents d'aéronef, la commande des mouvements de l'aéronef est électronique et le dispositif de pilotage intégré dans le cockpit peut être de type « mini-manche » (« side stick » en anglais). La position du levier selon les deux axes de roulis et de tangage est mesurée par des capteurs et traduite en commandes de déplacement. Le levier n'est pas directement lié mécaniquement aux parties mobiles de l'aéronef. Il n'y a pas de retour mécanique direct sur le levier pour le pilote.

Or, il est souhaitable pour la sécurité du vol que le pilote perçoive un retour mécanique au niveau du levier. Les systèmes de signalisation du cockpit peuvent ne pas être suffisants pour provoquer une réaction suffisamment rapide du pilote face à des événements imprévus au cours du vol. Les sensations de pilotage sont bien meilleures si le mini-manche de pilotage intègre un retour d'effort, aussi appelé « retour haptique ».

Il a été proposé à ce titre d'équiper le mini-manche de systèmes mécaniques passifs, comme des systèmes à ressort, ou de systèmes électromécaniques actifs.

Par ailleurs, il a été proposé dans le document FR 3 011 815 d'utiliser un dispositif de retour d'effort actif à moteur électrique. Typiquement, dans ce document, le dispositif de commande de vol d'aéronef comporte un levier de commande monté sur une platine et relié à un moteur d'axe de roulis et un moteur
5 d'axe de tangage par l'intermédiaire d'arbres de transmission. Les deux moteurs sont commandés selon une loi d'effort, de sorte à générer un effort résistif s'opposant à l'effort exercé sur le levier (retour d'effort) lorsqu'un seuil d'effort est dépassé par le pilote.

Un tel dispositif s'avère efficace pour restituer les sensations de pilotage et
10 accroître la sécurité du vol. Toutefois, en cas de défaillance électrique ou mécanique au niveau d'un des moteurs ou en cas de panne sur la chaîne de traitement des signaux de commande des moteurs, le retour d'effort peut être supprimé.

Dans le domaine de l'aéronautique, les exigences en matière de
15 disponibilité des dispositifs de pilotage sont élevées. Il n'est donc pas acceptable que le pilote passe brutalement à un mode de pilotage sans retour d'effort, en cas de défaillance d'un moteur ou de sa chaîne de traitement.

En outre, les systèmes actifs de retour d'effort de l'état de l'art comprennent souvent un nombre important de composants, notamment les moteurs de roulis et
20 de tangage mais aussi des embrayages, des limiteurs de couple, des engrenages, etc. Ces systèmes peuvent s'avérer coûteux, encombrants et difficiles à intégrer dans un cockpit d'aéronef.

RESUME DE L'INVENTION

25 Au regard de ce qui précède, il existe un besoin pour un manche de pilotage intégrant une voie de secours mécanique, pour empêcher que la rotation du levier ne soit libre et que le pilote ne perde tout retour d'effort, en cas de défaillance électrique affectant un moteur de retour d'effort.

Le manche recherché ne doit pas pouvoir basculer, en cas de panne
30 affectant ledit moteur, dans un mode où le pilote pivote librement le levier.

Il existe un besoin secondaire pour un manche de pilotage dans lequel, en cas de panne affectant ledit moteur, le levier n'est pas complètement immobilisé.

De préférence, la voie de secours mécanique recherchée fournit un effort résistif variable en fonction de la position du levier par rapport à un point neutre, en cas de panne affectant le moteur de retour d'effort.

On recherche également un mini-manche de masse, d'encombrement et de
5 consommation électrique moindres par rapport à l'existant.

A ce titre, selon un premier aspect, l'invention concerne un dispositif d'application d'effort pour un manche de pilotage d'un aéronef, dans lequel le manche de pilotage comprend un levier de commande relié à au moins un moteur
10 comprenant un arbre d'entraînement mobile en rotation autour d'un axe, le dispositif d'application d'effort comprenant :

- un premier pion, relié à l'arbre,
- un carter, configuré pour être fixe par rapport à l'aéronef,
- un deuxième pion, fixé sur le carter,
- 15 un électro-aimant, fixe par rapport au carter,
- un actionneur mobile par rapport au carter, ledit actionneur comprenant un matériau magnétique,

- des moyens de serrage du premier pion et du deuxième pion, comprenant une première dent et une deuxième dent, la première dent et la deuxième dent
20 étant mobiles par rapport au premier pion et au deuxième pion,

- le dispositif d'application d'effort présentant une configuration de fonctionnement, dans laquelle l'électro-aimant est actif et l'actionneur est positionné entre la première dent et la deuxième dent de sorte que la première dent et la deuxième dent sont séparées à distance du premier pion et du
25 deuxième pion, et une configuration de blocage dans laquelle l'électro-aimant est inactif et l'actionneur est escamoté, de sorte que la première dent et la deuxième dent sont en contact avec le premier pion et le deuxième pion.

Un premier avantage de l'invention est de fournir une voie de secours mécanique pour empêcher que le levier ne soit complètement libre dans son
30 mouvement de pivotement. En cas de défaillance affectant le moteur, l'électro-aimant n'est plus actif et le dispositif d'application d'effort adopte une configuration de blocage.

Un couple résistant, s'opposant à une rotation du premier pion par rapport au carter, est exercé sur le premier pion lorsque le dispositif d'application d'effort est en configuration de blocage. En effet, les moyens de serrage comprennent des dents qui viennent serrer le premier pion et le deuxième pion, le deuxième pion
5 étant solidaire en rotation par rapport au carter. L'arbre d'entraînement est alors freiné dans son mouvement de rotation.

Un avantage de l'invention est que la voie de secours mécanique fournie par le dispositif d'application d'effort est réversible, le dispositif d'application d'effort pouvant adopter à nouveau une configuration de fonctionnement lorsque
10 l'électro-aimant est à nouveau actif.

Un deuxième avantage est d'éviter une immobilisation complète de l'arbre d'entraînement associé au moteur, lorsqu'une panne électrique affecte le moteur et lorsque l'électro-aimant n'est plus actif. En effet, les moyens de serrage ne bloquent pas nécessairement totalement une rotation du premier pion par rapport
15 au deuxième pion.

On notera que le dispositif d'application d'effort de l'invention tend à ramener, lorsqu'il est dans la configuration de blocage, le levier de pilotage vers un point neutre fixe. Le deuxième pion étant fixe par rapport au carter, le point neutre ne dépend pas de la position du premier pion lors du passage du dispositif
20 à la configuration de blocage.

De façon avantageuse, l'actionneur dudit dispositif d'application d'effort est déplaçable en fonction d'une alimentation en courant de l'électro-aimant.

Des caractéristiques optionnelles et non limitatives du dispositif d'application d'effort défini ci-avant sont les suivantes, prises seules ou en l'une
25 quelconque des combinaisons techniquement possibles :

- l'actionneur comprend un piston magnétique.
- une direction de déplacement du piston magnétique appartient à un plan orthogonal à une direction longitudinale du premier pion et orthogonal à une direction longitudinale du deuxième pion.
- 30 - les moyens de serrage comportent une première mâchoire et une deuxième mâchoire, et une extrémité de la première mâchoire et une extrémité de la deuxième mâchoire sont liées au carter par des moyens de rappel.

- le dispositif d'application d'effort comprend en outre un capteur de déplacement angulaire configuré pour acquérir une mesure de déplacement angulaire de l'arbre d'entraînement.

- le dispositif d'application d'effort comprend en outre une pièce
5 d'amortissement s'étendant sur une surface de contact entre le premier pion et le deuxième pion.

Selon un autre aspect, l'invention concerne un manche de pilotage d'un aéronef comprenant un levier de commande, comprenant au moins un moteur qui
10 présente un arbre d'entraînement, l'arbre d'entraînement étant mobile en rotation autour d'un axe, et le manche comprenant en outre un dispositif d'application d'effort (tel que défini ci-avant) par moteur.

BREVE DESCRIPTION DES DESSINS

15 D'autres caractéristiques, buts et avantages de la présente invention apparaîtront mieux à la lecture de la description détaillée qui va suivre, accompagnée des dessins annexés donnés à titre d'exemples non limitatifs et sur lesquels :

La figure 1 représente de façon fonctionnelle l'architecture d'ensemble d'un
20 système de pilotage comprenant un manche de pilotage ;

La figure 2 est une vue en perspective du levier de commande d'aéronef et du joint mécanique du système de la Figure 1 ;

La figure 3 est une vue de côté du levier de la Figure 1 intégrant un dispositif de retour d'effort ;

25 La figure 4 est une vue schématique de côté d'une interface entre un arbre moteur et un carter comprenant un dispositif de retour d'effort selon un mode de réalisation de l'invention, vu dans une configuration de fonctionnement hors panne électrique ;

La figure 5 est une vue schématique de dessus de l'interface moteur/carter
30 de la Figure 4 dans la configuration de fonctionnement ;

La figure 6 est une vue schématique de côté de l'interface moteur/carter comprenant le dispositif de retour d'effort de la Figure 4, vu dans une configuration de blocage en cas de panne électrique ;

La figure 7 est une vue schématique de dessus de l'interface moteur/carter de la Figure 4 dans la configuration de blocage.

DESCRIPTION DETAILLEE DE MODES DE REALISATION

5 Les exemples ci-après concernent un dispositif d'application d'effort destiné à fonctionner avec un levier de pilotage rotatif selon des axes de roulis et de tangage. L'invention s'applique toutefois avec les mêmes avantages à un levier rotatif selon un seul axe ou encore selon un nombre quelconque d'axes.

Dans la description ci-après et sur les figures annexées, des éléments
10 similaires sont associés aux mêmes références alphanumériques.

Architecture d'ensemble du système de pilotage

Les Figures 1 à 3 représentent un système de pilotage d'un aéronef,
15 comprenant un manche de pilotage, selon un exemple de réalisation.

Le manche se trouve typiquement dans le cockpit de l'aéronef. Le manche est utilisable par le pilote de l'aéronef pour commander des parties mobiles de l'aéronef de manière électronique.

Sur la **Figure 1**, les traits pleins épais entre deux unités fonctionnelles
20 correspondent à des liaisons mécaniques, les liaisons fléchées à trait épais représentent un accouplement mécanique ou magnétique de deux unités (avec désaccouplement possible) et les liaisons fléchées à trait fin sont des liaisons électroniques permettant une transmission de données.

Le manche de pilotage comprend un levier 1 de commande, monté rotatif
25 par rapport à un bâti 2. Le dispositif d'application d'effort comprend un joint mécanique 10. Le levier 1 est rotatif selon un axe X de roulis et un axe Y de tangage, les deux axes étant orthogonaux. Le joint mécanique 10 est fixé à un bâti 2 solidaire du plancher du cockpit de l'aéronef.

Dans le présent exemple, le manche de pilotage comprend un moteur
30 électrique 3a comprenant un arbre d'entraînement d'axe A lié à l'axe X de roulis du levier. Par « lié à l'axe » on entend qu'un mécanisme de liaison existe entre l'arbre d'axe A et un élément du joint 2 mis en mouvement lorsque le levier pivote

selon l'axe X. De même, le manche comprend un moteur électrique 3b comprenant un arbre d'entraînement d'axe B lié à l'axe Y de tangage du levier.

En alternative, le moteur 3a pourrait être agencé pour agir directement sur l'axe X via un arbre tournant lié au joint 10 et le moteur 3b pourrait être agencé
5 pour agir directement sur l'axe Y via un arbre tournant lié au joint 10.

Les moteurs 3a et 3b sont configurés pour appliquer un effort sur leur arbre d'entraînement respectif. De préférence, l'effort appliqué par les moteurs est calculé selon une loi d'effort, en fonction de la position du levier.

Pour acquérir l'information de position du levier, le manche comprend de
10 façon préférentielle des capteurs de déplacement angulaire du levier. Lesdits capteurs comprennent de préférence un capteur 11a associé à l'axe de roulis et un capteur 11b associé à l'axe de tangage. Lesdits capteurs communiquent des signaux électroniques de position à un calculateur 12.

Selon un exemple, les capteurs 11a et 11b acquièrent une position rotative
15 des arbres d'entraînement, respectivement selon les axes A et B.

Le calculateur 12 comprend une interface électronique avec les capteurs. Il peut ainsi recevoir des données acquises de déplacement angulaire du levier. De façon optionnelle, les capteurs 11a et 11b sont également configurés pour communiquer au calculateur 12 des informations de vitesse de rotation du levier 1
20 selon leurs axes associés.

Les informations de position/vitesse du levier sont traduites en signaux de commande de pilotage de parties mobiles de l'aéronef par une unité 13 de commande de vol, ou FCS pour « Flight Control System », de l'aéronef.

En option, le manche de pilotage comprend des capteurs d'effort 15a et 15b
25 associés respectivement à l'axe de roulis X et à l'axe de tangage Y du levier. Lesdits capteurs sont configurés pour mesurer le couple exercé sur le levier en pivotement selon l'axe X et selon l'axe Y. Les capteurs d'effort 15a et 15b sont typiquement des jauges de contraintes, par exemple de type capacitif ou piézoélectrique.

De tels capteurs d'effort sont notamment utiles si le système comprend un
30 mode de pilotage en effort, en complément d'un mode de pilotage en déplacement dont des exemples de fonctionnement seront décrits en relation aux modes de réalisation ci-après. Dans un mode de pilotage en effort, le levier 1 est immobilisé

et l'unité de commande 8 détermine des signaux de commande des parties mobiles de l'aéronef en fonction des efforts appliqués sur le levier 1 par le pilote.

La vue de la Figure 1 illustre, en sus des éléments ci-avant décrits, une pluralité d'éléments de dispositifs d'application d'effort, qui seront décrits ci-après.

5 Dans une forme de réalisation, illustrée sur les figures annexées, chacun des moteurs 3a et 3b d'application d'effort comprend un dispositif d'application d'effort qui lui est propre, constituant une voie de secours mécanique pour ce moteur.

Pour simplifier, seul un premier dispositif d'application d'effort sera décrit et
10 illustré dans les Figures 4 à 8, le deuxième dispositif étant identique.

Sur la Figure 1, les références alphanumériques se terminant par la lettre 'a' correspondent à l'axe X de roulis. Les références se terminant par la lettre 'b' sont les mêmes, transposées à l'axe Y de tangage.

15 La **Figure 2** représente un exemple structurel de réalisation du levier 1 monté sur le joint mécanique 10. Le joint 10 est monté sur le bâti 2 qui est solidarisé à un châssis de l'aéronef. Les moteurs 3a et 3b d'application d'effort (non visibles) sont ici déportés par rapport au levier.

Le levier 1 est libre à une extrémité et fixé à une première platine 101 à
20 l'autre extrémité. La première platine 101 est mobile en rotation selon l'axe X et selon l'axe Y et est liée à une deuxième platine 102 du joint 2. L'axe X est lié à la première platine 101, de sorte qu'un pivotement de la première platine 101 autour de l'axe Y fait pivoter l'axe X autour de l'axe Y.

Deux transmissions, comprenant chacune un joint de Cardan, traduisent un
25 mouvement de rotation du levier selon l'axe X, respectivement selon l'axe Y, en un mouvement de rotation de l'arbre d'entraînement associé (non représenté) s'étendant selon l'axe A, respectivement selon l'axe B.

Les arbres d'entraînement des moteurs sont ainsi liés mécaniquement au levier. Les moteurs 3a et 3b sont en prise directe sur le joint mécanique 10 et
30 peuvent transmettre un effort résistif ou moteur en réponse aux mouvements de pivotement du levier 1 par le pilote, selon une loi d'effort ou une loi d'amortissement prédéterminée.

Sur la **Figure 3**, on a représenté le levier de pilotage et le dispositif d'application d'effort en vue de côté. Le levier 1 est ici dans une position neutre. La position neutre correspond à une position où les commandes de pilotage n'agissent ni en roulis, ni en tangage sur les parties mobiles de l'aéronef. Le levier
5 1 est monté sur la cabine du cockpit au niveau d'un socle présentant un soufflet 16. Les moteurs 3a et 3b sont donc cachés par les parois de l'habitacle de l'aéronef.

Le moteur 3a de roulis et le moteur 3b de tangage sont, dans cet exemple, de dimensions identiques. Les éléments réalisant la voie de secours mécanique
10 des moteurs sont ici situés sous les moteurs, à l'intérieur du boîtier 50. Les arbres d'entraînement associés aux moteurs se prolongent à l'intérieur du boîtier 50. Ce dernier est fixe par rapport au carter 4.

Pour plus de détails sur la structure du joint mécanique 10 et sur la liaison mécanique avec les moteurs 3a et 3b, on pourra se référer à la Figure 1 du
15 document FR 3 011 815 et à la description y afférente.

Dispositif d'application d'effort

Le système de pilotage comprend une voie de secours mécanique pour au
20 moins l'un des moteurs de retour d'effort 3a et 3b (et, de préférence, pour chacun de ces moteurs), afin d'empêcher que la rotation du levier 1 ne soit complètement libre en cas de défaillance électrique affectant ledit moteur. Dans toute la suite, on décrira la voie de secours mécanique pour le moteur 3a de roulis entraînant l'arbre 41a d'axe A. Grâce au secours mécanique, le pilote conserver en cas de
25 défaillance un retour d'effort ou « retour haptique ».

La voie de secours est réalisée par le dispositif d'application d'effort qui comprend un premier pion 30a, un deuxième pion 40a, des moyens 7a de serrage du premier pion et du deuxième pion, un électro-aimant 5a, un actionneur 6a comprenant un matériau magnétique et un carter 4. Le carter est solidaire d'un
30 bâti de l'aéronef. Le dispositif d'application d'effort présente deux configurations distinctes :

- une configuration de fonctionnement, dans laquelle l'actionneur 6a se trouve dans une position portant la référence 6-2 sur les figures, dans laquelle l'électro-aimant 5a est actif et sollicite l'actionneur 6a,

5 - une configuration de blocage, dans laquelle l'électro-aimant est inactif et dans laquelle l'actionneur 6a se trouve dans une position escamotée portant la référence 6-1 sur les figures. Le premier pion 30a subit alors un effort résistif s'opposant à des mouvements de rotation du premier pion 30a par rapport au carter 4 autour de l'axe A, une première dent 71 et une deuxième dent 74 des moyens de serrage 7a serrant ensemble le premier pion 30a et le deuxième pion
10 40a.

Ainsi, le fait d'alimenter en courant l'électro-aimant 5a, ou de couper le courant, provoque un déplacement de l'actionneur 6a et un changement de configuration du dispositif d'application d'effort.

Le carter 4 étant fixe par rapport au bâti 2 et le premier pion 30a étant relié
15 à l'arbre 41a d'entraînement du moteur 3a, le pilote ressent un effort résistif lorsqu'il essaie de déplacer le levier 1 dans la direction de roulis, alors que le dispositif d'application d'effort est dans la configuration de blocage - malgré la défaillance du moteur électrique 3a de roulis.

Un exemple de structure du dispositif d'application d'effort est donné ci-
20 après.

Premier pion et deuxième pion

Le premier pion 30a est monté sur l'arbre d'entraînement d'axe A, c'est-à-
25 dire que le premier pion 30a est solidaire du mouvement de rotation de l'arbre autour de l'axe A.

Dans cet exemple, le premier pion est un téton. Le téton est de forme cylindrique et fait saillie d'une pièce de surface 42a solidaire du mouvement rotatif de l'arbre. Le premier pion peut tourner par rapport au carter 4.

30 Le deuxième pion 40a est, dans la position neutre représentée en Figure 4, coaxial au premier pion 30a. Un écart axial 31 existe entre le premier pion 30a et le deuxième pion 40a.

Le deuxième pion 40a est également un téton de forme cylindrique.

De façon avantageuse, le dispositif d'application d'effort comprend en outre une pièce d'amortissement, de préférence une pièce d'amortissement visqueux 14a, s'étendant transversalement dans l'écart axial 31 entre le premier pion 30a et le deuxième pion 40a.

- 5 Le deuxième pion 40a fait saillie d'une surface supérieure d'une pièce annulaire 79, la pièce 79 étant fixée sur le carter 4.

Electro-aimant et actionneur

- 10 L'électro-aimant 5a est alimenté électriquement par une source de courant du système de pilotage de l'aéronef. Si ledit système est éteint ou défaillant, l'électro-aimant ne produit pas de champ magnétique particulier.

- Dans les deux modes ci-après, et de manière préférée, l'électro-aimant et le moteur de roulis 3a sont alimentés par la même source de courant électrique.
- 15 Ainsi, lorsque le moteur est fonctionnel, l'électro-aimant transforme le courant électrique en champ magnétique, et en cas de panne électrique affectant le moteur de roulis 3a, l'électro-aimant est également affecté par la panne et ne produit pas de champ magnétique.

- La perte d'action de l'électro-aimant est ainsi automatique et immédiate en
- 20 cas de perte de courant du moteur de roulis 3a.

L'électro-aimant 5a est associé à un actionneur 6a.

L'actionneur 6a est « passif » dans l'exemple ci-après. Son déplacement et son action mécanique sur les pions dépendent de l'interaction magnétique avec le champ de l'électro-aimant.

- 25 L'actionneur 6a comprenant un matériau magnétique. Par matériau magnétique, on comprendra ici un matériau métallique réagissant au champ magnétique, de sorte que l'alimentation en courant de l'électro-aimant déplace l'actionneur.

- Dans l'exemple ci-après, le matériau de l'actionneur 6a est choisi de
- 30 polarité opposée à celle de l'électro-aimant 5a. Ainsi :

- lorsque l'électro-aimant est alimenté en courant, l'actionneur 6a est forcé dans un sens d'éloignement par rapport à l'électro-aimant ;

- lorsque l'électro-aimant n'est pas alimenté en courant, notamment en cas de panne, l'actionneur n'est pas forcé à demeurer éloigné de l'électro-aimant, et l'actionneur se rapproche de l'électro-aimant. L'actionneur adopte ainsi une position escamotée dans la configuration de blocage.

5 En alternative, si la polarité du matériau magnétique de l'actionneur est la même que celle de l'électro-aimant, l'actionneur est forcé dans un sens de rapprochement par rapport à l'électro-aimant lorsque l'électro-aimant est alimenté en courant électrique.

10 Moyens de serrage des pions

Les moyens de serrage comprennent une première dent 71 et une deuxième dent 74 mobiles en rotation par rapport au carter 4 et également par rapport au premier pion et au deuxième pion. Dans l'exemple ci-après, les moyens
15 de serrage 7a comprennent une première mâchoire 70 et une deuxième mâchoire 73 mobiles par rapport au carter 4, la première dent 71 appartenant à la première mâchoire et la deuxième dent 74 appartenant à la deuxième mâchoire. Les dents 71 et 74 présentent des surfaces libres agencées pour s'étendre l'une en face de l'autre lorsque les mâchoires sont en position serrée. Les dents 71 et 74 tendent à
20 aligner les deux pions selon une direction parallèle à l'axe A lorsque le dispositif d'application d'effort est en configuration de blocage.

Le premier pion 30a et le deuxième pion 40a présentent ainsi une extension axiale suffisante (ici selon l'axe A) pour que les dents 71 et 74 des moyens de serrage puissent venir en prise contre les faces latérales des deux
25 pions, afin de serrer les deux pions ensemble.

Toutefois, la force de serrage des mâchoires 70 et 73 n'est pas suffisante pour empêcher tout désalignement du premier pion 30a par rapport au deuxième pion 40b.

En effet, il existe un jeu en rotation entre le premier pion 30a et le deuxième
30 pion 40a, même lorsque les moyens de serrage (ici les mâchoires) sollicitent les deux pions.

Les Figures 4 à 7 se rapportent à un mode de réalisation particulier du dispositif d'application d'effort avec voie de secours mécanique.

Dans ce mode, le deuxième pion 40a est monté fixe par rapport au carter 4. Ici, le deuxième pion 40a est monté solidaire à la pièce d'attache 79. La pièce d'attache 79 est fixée au carter 4 via des moyens de fixation, ici des boulons.

Dans la configuration de fonctionnement du dispositif, l'actionneur 6a est positionné entre les deux dents 71 et 74. L'actionneur desserre alors les moyens de serrage, si bien que le premier pion 30a ne tend pas à s'aligner avec le deuxième pion 40a.

Dans la configuration de blocage du dispositif, l'actionneur 6a n'agit pas sur les deux dents 71 et 74. Les moyens de serrage présentent une position d'équilibre mécanique dans laquelle le premier pion 30a tend à s'aligner avec le deuxième pion 40a, ce dernier étant solidaire du carter 4.

On a représenté sur les **Figures 4 et 5** un état normal du système, l'actionneur étant dans la configuration de fonctionnement normal du moteur de roulis 3a.

La Figure 4 est une vue de côté du système, selon une direction de vision verticale par rapport à la vue de la Figure 5, dans un sens du haut vers le bas de la Figure 5. L'actionneur et l'électro-aimant ne sont pas représentés sur la Figure 4, pour une meilleure visibilité.

La première mâchoire 70 s'étend sous la pièce de surface 42a. La première mâchoire comprend un plateau circulaire central, percé en son centre pour laisser passer une fixation qui immobilise la mâchoire 70 en translation selon l'axe A par rapport à la pièce d'attache 79. La mâchoire 70 est mobile en rotation autour de l'axe A.

La deuxième mâchoire 73 comprend un plateau circulaire central, percé en son centre pour laisser passer la fixation. Le carter et les deux mâchoires 70 et 73 sont fixes en translation les uns par rapport aux autres.

Les mâchoires 70 et 73 sont dans une position écartée qui ne correspond pas à une position d'équilibre mécanique. Dans la position écartée, il existe un écart 77 entre les dents 71 et 74, du fait de la position de l'actionneur 6a. Une extrémité libre du premier pion 30a et une extrémité libre du deuxième pion 40a s'étendent à l'intérieur de l'écart 77.

Dans cet exemple, l'actionneur 6a comprend un piston magnétique 61 agencé pour s'engager dans l'écart 77 et maintenir un écart minimal, dans la configuration de fonctionnement du dispositif.

Comme illustré en Figure 5, le piston magnétique 61 est monté sur un bras 610, sur lequel le piston 61 est mobile en translation. Le bras 610 s'étend selon une direction comprise dans un plan perpendiculaire à l'axe A. Le piston 61 est agencé face à l'écart 77. En position déployée, le piston 61 pénètre dans l'écart 77. Les mâchoires 70 et 73 sont ainsi maintenues dans leur position écartée.

On a représenté sur les **Figures 6 et 7** un état d'avarie du moteur de roulis 3a. Le niveau de courant électrique dans l'électro-aimant 5a n'est alors pas suffisant pour que l'électro-aimant soit actif. Le dispositif d'application d'effort se trouve ainsi dans la configuration de blocage.

L'actionneur 6a (ici le piston 61) n'est plus soumis au champ magnétique de l'électro-aimant. Le piston 61 de l'actionneur adopte donc une position escamotée et se rétracte le long du bras 610. Ainsi, le piston ne maintient plus l'écart 77 entre les dents.

Les mâchoires 70 et 73 sont donc déplacées vers leur position d'équilibre mécanique, dans le sens d'un serrage des pions 30a et 40a.

Dans le présent exemple, la mâchoire 70 comprend une protubérance radiale s'étendant à l'extérieur de la fixation, la protubérance se terminant par une extrémité 72. La mâchoire 71 comprend une protubérance radiale s'étendant à l'extérieur de la fixation, se terminant par une extrémité 73. Les extrémités 72 et 73 sont fixées au carter 4 par un moyen de rappel respectif, par exemple un ressort 78 respectif, comme illustré en Figure 7.

Dans la position des Figures 6 et 7, lesdits moyens de rappel sont comprimés. On comprendra que dans la position des Figures 4 et 5, les moyens de rappel sont sollicités en détente du fait de l'écartement des mâchoires.

Dans la configuration de blocage, l'écart 77 est refermé et les dents 71 et 74 viennent donc en contact avec les pions, comme visible en Figure 6.

Séquence de fonctionnement du dispositif à point neutre fixe

En configuration de fonctionnement normal, par exemple en cours de vol de l'aéronef, l'actionneur 6a est dans la position déployée des Figures 4 et 5. Les
5 mâchoires 70 et 73 sont desserrées.

Le moteur de roulis 3a exerce de préférence un effort résistif s'opposant au mouvement de roulis imposé par le pilote sur le levier 1. La voie de secours mécanique n'est pas active.

En cas de panne, et notamment en cas de défaillance électrique au niveau
10 du moteur 3a - ou éventuellement en cas de défaillance mécanique du moteur et/ou en cas de panne dans la chaîne de traitement des signaux de commande du moteur 3a – l'électro-aimant ne produit plus de champ magnétique particulier. Le dispositif d'application d'effort passe dans une configuration de blocage. L'actionneur 6a, et notamment le piston 61, est déplacé de façon automatique
15 dans une position escamotée où les mâchoires 70 et 73 sont serrées. Le premier pion 30a tend à être aligné par rapport au deuxième pion 40a.

Le deuxième pion 40a étant fixe par rapport au carter, un effort résistif est exercé sur le premier pion 30a en cas de déplacement du premier pion 30a par rapport au deuxième pion 40a.

20 L'effort résistif exercé par les moyens de serrage tend à ramener le premier pion 30a, et par voie de conséquence l'arbre d'entraînement du moteur de roulis 3a, vers un point fixe aligné avec le deuxième pion 40a.

L'arbre d'entraînement étant couplé mécaniquement au levier de pilotage 1 par l'intermédiaire du joint mécanique 10, l'effort résistif exercé par le dispositif
25 tend à ramener le levier 1 vers un point neutre fixe sur l'axe de roulis, de préférence vers une position centrale du levier.

Le point neutre fixe ne dépend pas de la position du premier pion et ne dépend donc pas de la position ponctuelle du levier 1 sur l'axe de roulis, lors du déclenchement de la panne qui a mené à la désactivation de l'électro-aimant.
30 Autrement dit, le point neutre est constant.

On entre dans un mode de pilotage en déplacement : les moyens de serrage 7a réalisent une loi d'amortissement à l'encontre des mouvements exercés par le pilote visant à éloigner le levier 1 de son point neutre fixe.

REVENDICATIONS

1. Dispositif d'application d'effort pour un manche de pilotage d'un aéronef, dans lequel le manche de pilotage comprend un levier (1) de commande relié à au moins un moteur (3a) comprenant un arbre d'entraînement, l'arbre d'entraînement étant mobile en rotation autour d'un axe (A), le dispositif d'application d'effort comprenant :
- un premier pion (30a), configuré pour être relié à l'arbre d'entraînement,
 - un carter (4), configuré pour être fixe par rapport à l'aéronef,
 - 10 - un deuxième pion (40a), fixé sur le carter,
 - un électro-aimant (5a), fixe par rapport au carter,
 - un actionneur (6a) mobile par rapport au carter, ledit actionneur (6a) comprenant un matériau magnétique, de sorte que ledit actionneur (6a) soit déplaçable en fonction d'une alimentation en courant de l'électro-aimant (5a),
 - 15 - des moyens de serrage (7a) du premier pion et du deuxième pion, comprenant une première dent (71) et une deuxième dent (74), la première dent et la deuxième dent étant mobiles par rapport au premier pion et au deuxième pion, le dispositif d'application d'effort présentant une configuration de fonctionnement, dans laquelle l'électro-aimant (5a) est actif et l'actionneur (6a) est positionné entre
 - 20 la première dent (71) et la deuxième dent (74) de sorte que la première dent et la deuxième dent sont séparées à distance du premier pion et du deuxième pion, et une configuration de blocage dans laquelle l'électro-aimant (5a) est inactif et l'actionneur (6a) est escamoté, de sorte que la première dent (71) et la deuxième dent (74) sont en contact avec le premier pion et le deuxième pion.
- 25
2. Dispositif d'application d'effort selon la revendication 1, dans lequel l'actionneur comprend un piston magnétique (61).
3. Dispositif d'application d'effort selon la revendication 2, dans lequel une
- 30 direction de déplacement du piston magnétique (61) appartient à un plan orthogonal à une direction longitudinale du premier pion et orthogonal à une direction longitudinale du deuxième pion.

4. Dispositif d'application d'effort selon l'une des revendications 1 à 3, dans lequel les moyens de serrage comportent une première mâchoire (70) et une deuxième mâchoire (73), et dans lequel une extrémité (72) de la première mâchoire et une extrémité (75) de la deuxième mâchoire sont liées au carter (4) par des moyens de rappel (78).

5. Dispositif d'application d'effort selon l'une des revendications 1 à 4, comprenant en outre un capteur (11a) de déplacement angulaire configuré pour acquérir une mesure de déplacement angulaire de l'arbre d'entraînement.

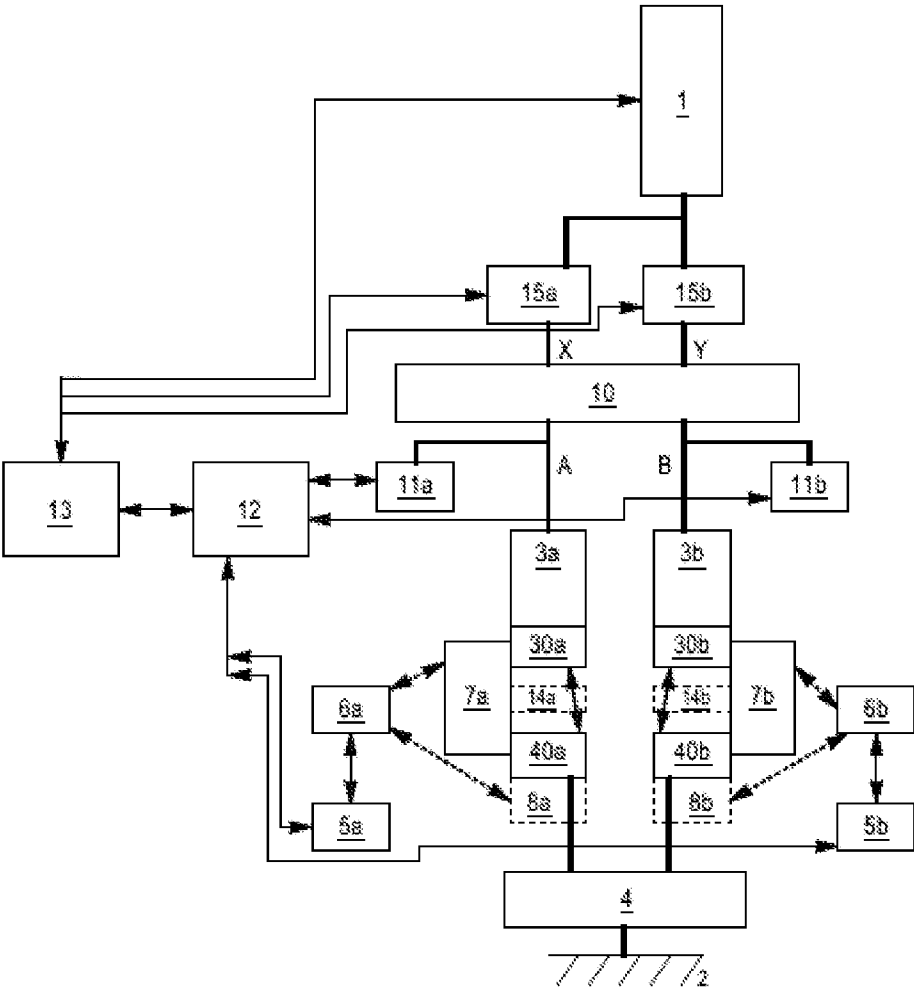
10

6. Dispositif d'application d'effort selon l'une des revendications 1 à 5, comprenant en outre une pièce d'amortissement (14a) s'étendant sur une surface de contact (31) entre le premier pion (30a) et le deuxième pion (40a).

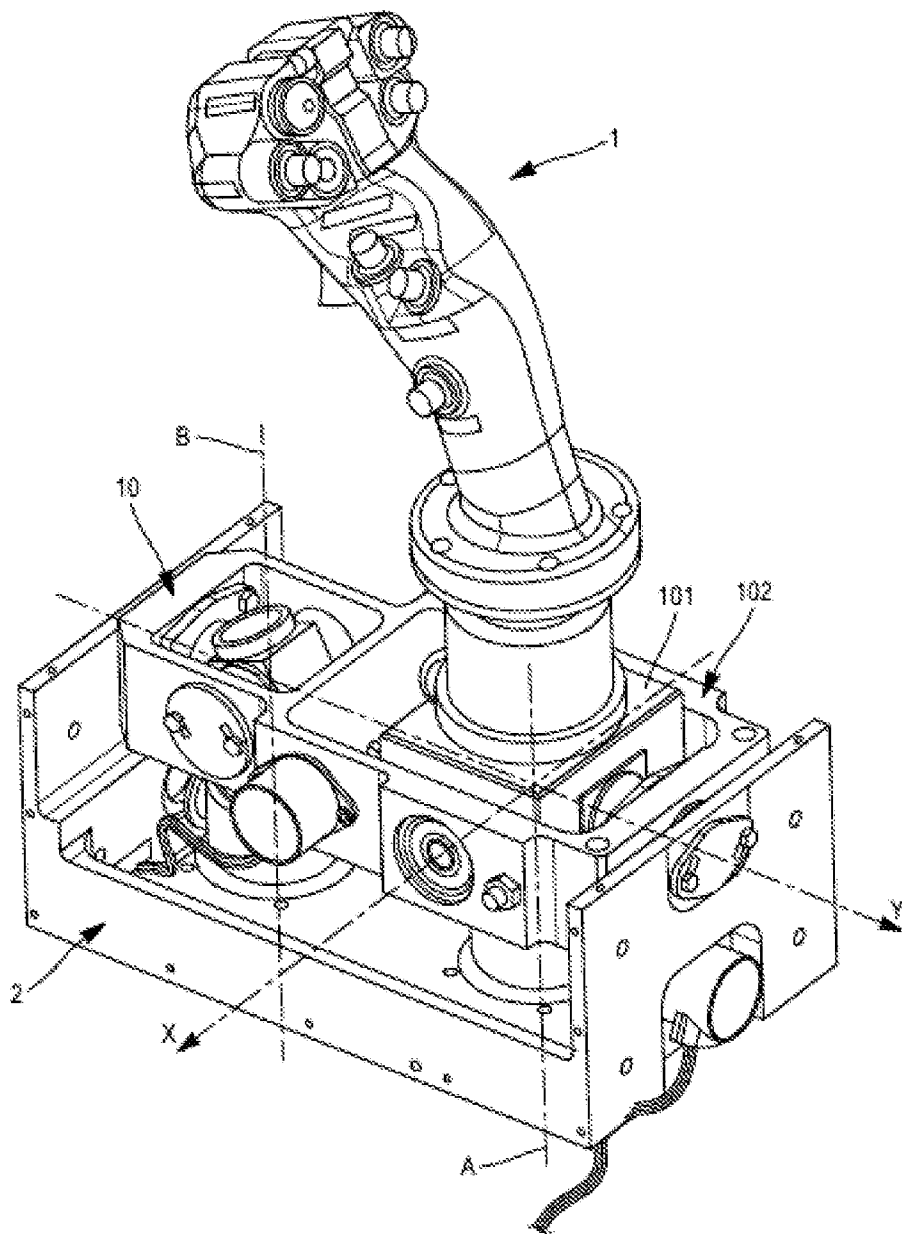
7. Manche de pilotage d'un aéronef comprenant un levier de commande (1), comprenant au moins un moteur (3a) qui présente un arbre d'entraînement, l'arbre d'entraînement étant mobile en rotation autour d'un axe (A), le manche comprenant en outre un dispositif d'application d'effort selon l'une des revendications 1 à 6 par moteur.

20

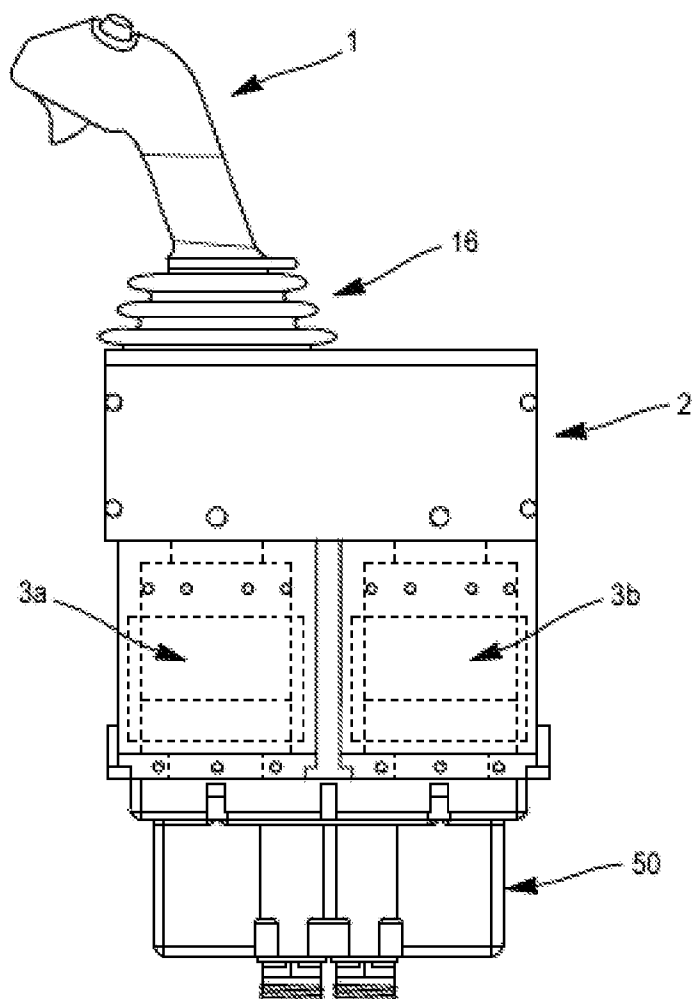
[Fig. 1]



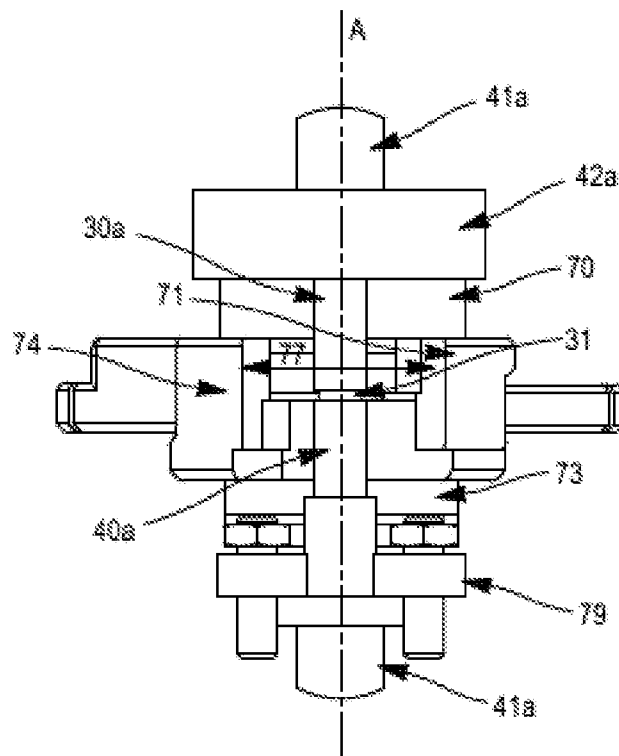
[Fig. 2]



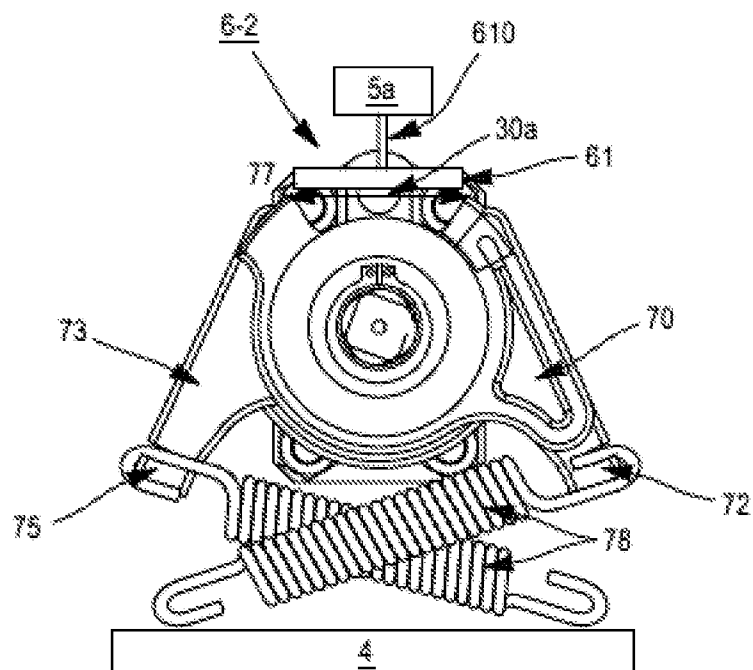
[Fig. 3]



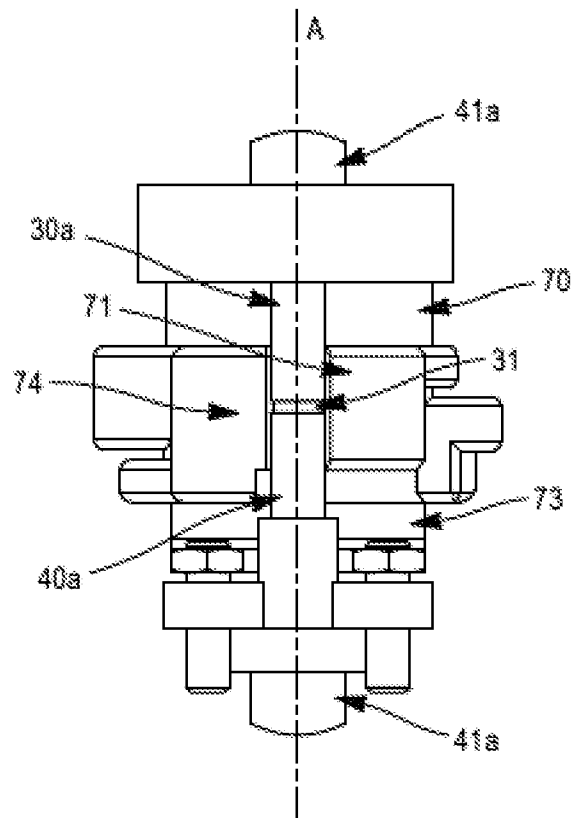
[Fig. 4]



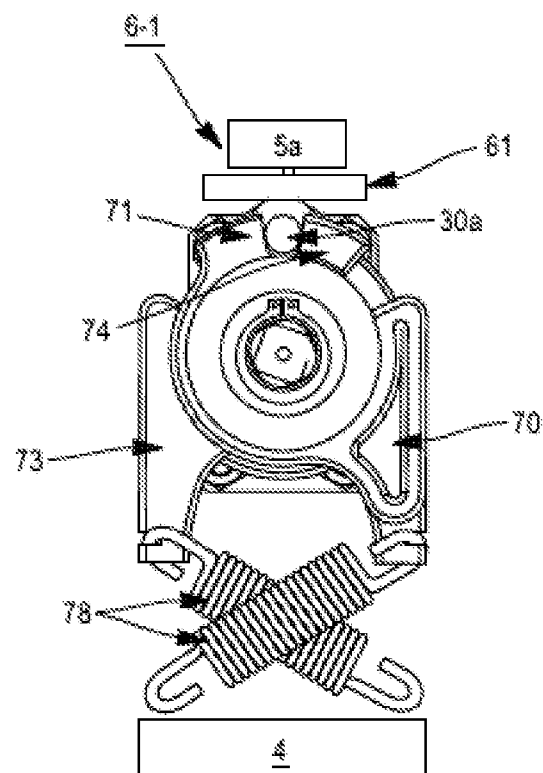
[Fig. 5]



[Fig. 6]



[Fig. 7]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/FR2019/053298**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER****B64C 13/04**(2006.01)i; **B64C 13/50**(2006.01)i; **F16D 27/00**(2006.01)i; **G05G 9/047**(2006.01)n

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; F16D; G05G

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.
A	FR 3025493 A1 (SAGEM DEFENSE SECURITE [FR]) 11 March 2016 (2016-03-11) pages 5-12; claims 1-3; figures 1-8	1-7
A	FR 3058806 A1 (DASSAULT AVIAT [FR]) 18 May 2018 (2018-05-18) pages 5-22; claims 8-10; figures 1-4	1-7

☐ 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 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

08 April 2020

Date of mailing of the international search report

28 April 2020

Name and mailing address of the ISA/EP

European Patent Office
p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk
Netherlands

Telephone No. (+31-70)340-2040

Facsimile No. (+31-70)340-3016

Authorized officer

Lambert, Brice

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/FR2019/053298

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
FR	3025493	A1	11 March 2016	EP	3191365	A1	19 July 2017
				FR	3025493	A1	11 March 2016
				RU	2017111757	A	10 October 2018
				US	2017259915	A1	14 September 2017
				WO	2016038069	A1	17 March 2016
FR	3058806	A1	18 May 2018	BR	102017024209	A2	29 May 2018
				CA	2983993	A1	14 May 2018
				FR	3058806	A1	18 May 2018
				US	2018134404	A1	17 May 2018

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2019/053298

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. B64C13/04 B64C13/50 F16D27/00 ADD. G05G9/047		
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 F16D G05G		
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
A	FR 3 025 493 A1 (SAGEM DEFENSE SECURITE [FR]) 11 mars 2016 (2016-03-11) pages 5-12; revendications 1-3; figures 1-8 -----	1-7
A	FR 3 058 806 A1 (DASSAULT AVIAT [FR]) 18 mai 2018 (2018-05-18) pages 5-22; revendications 8-10; figures 1-4 -----	1-7
☐ 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 8 avril 2020	Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale 28/04/2020	
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 Lambert, Brice

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2019/053298

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
FR 3025493	A1	11-03-2016	EP 3191365 A1	19-07-2017
			FR 3025493 A1	11-03-2016
			RU 2017111757 A	10-10-2018
			US 2017259915 A1	14-09-2017
			WO 2016038069 A1	17-03-2016

FR 3058806	A1	18-05-2018	BR 102017024209 A2	29-05-2018
			CA 2983993 A1	14-05-2018
			FR 3058806 A1	18-05-2018
			US 2018134404 A1	17-05-2018
