

①⑨ RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
—
**INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE**
—
COURBEVOIE
—

①① N° de publication : **3 068 384**

(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

②① N° d'enregistrement national : **17 56252**

⑤① Int Cl⁸ : **F 01 D 5/10 (2017.01), B 64 F 5/60**

①②

BREVET D'INVENTION

B1

⑤④ DISPOSITIF DE SIMULATION DE COMPORTEMENT MECANIQUE D'UN CABLE FLEXIBLE.

②② Date de dépôt : 03.07.17.

③③ Priorité :

④③ Date de mise à la disposition du public
de la demande : 04.01.19 Bulletin 19/01.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du
brevet d'invention : 30.08.19 Bulletin 19/35.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche :

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑥⑥ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : *SAFRAN AIRCRAFT ENGINES —
FR.*

⑦② Inventeur(s) : *PELLION ERIC ANDRE FRANCOIS,
PUECH GUILLAUME JULIEN et VILLER THIBAUT
MICHEL LUCIEN.*

⑦③ Titulaire(s) : *SAFRAN AIRCRAFT ENGINES.*

⑦④ Mandataire(s) : *BREVALEX.*

FR 3 068 384 - B1



DISPOSITIF DE SIMULATION DE COMPORTEMENT MÉCANIQUE D'UN CÂBLE FLEXIBLE

DOMAINE TECHNIQUE

5 La présente invention concerne un dispositif de simulation de comportement mécanique d'un câble flexible relié à un moyeu d'aube d'un moteur.

ÉTAT DE LA TECHNIQUE ANTÉRIEURE

Dans le cadre du développement d'un moteur, des essais sont réalisés sur ses composants afin de vérifier les dispositions réglementaires, notamment en termes de
10 sécurité.

La Fig. 7 représente de manière schématique un moteur d'aéronef à rotor ouvert 202 comportant deux rangées d'aubes 204 à calage variable qui servent à engendrer la poussée du moteur. Les deux rangées tournent dans des sens opposés et chaque aube 204 peut pivoter autour d'un axe de pivotement qui lui est propre. Un tel moteur est décrit en
15 détail dans la demande de brevet WO2014/001723 de la demanderesse.

La Fig. 8 montre un détail d'une roue du moteur de la Fig. 7. La roue comprend une virole annulaire 203 sur laquelle sont montées à pivotement les aubes 204. Ces dernières comprennent chacune un moyeu 205 et une pale 206 solidaire du moyeu 205 comme représenté sur la Fig. 9. Le moyeu 205 est monté à pivotement sur la roue autour
20 de l'axe de pivotement.

En fonctionnement moteur, les pales 206 peuvent se mettre à vibrer. Ainsi afin de s'assurer que ces vibrations et les contraintes induites restent acceptables, des capteurs 208 peuvent être placés sur ces pales 206 pour mesurer les contraintes liées aux vibrations. Le capteur 208 sur chaque pale est relié à un récepteur 210 solidaire de la virole 203. La
25 liaison entre chaque capteur 208 et le récepteur 210 est assurée par un câble flexible 207 traversant le moyeu 205 par un trou 212 correspondant. Le câble flexible 207 a une première partie ou extrémité solidaire du moyeu 205 et une deuxième partie ou extrémité solidaire de la virole 203. En particulier, le câble flexible 207 est relié au moyeu 205 par des moyens de fixations 214 de type pontets, comme représenté à la Fig. 10.

En fonctionnement, le câble flexible 207 est susceptible d'être soumis à des efforts centrifuges induits par la rotation de la virole 203. Ces efforts centrifuges peuvent plaquer le câble 207 sur une paroi du boîtier récepteur 210 entraînant des frottements, des pliures ou des torsions du câble 207. Ces effets cinématiques indésirables peuvent éventuellement
5 conduire à une rupture prématurée du câble 207 et par conséquent à un arrêt de surveillance des pales 206.

Il est ainsi avantageux de réaliser un essai préliminaire afin de s'assurer de la bonne conception et tenue de chaque câble 207 de liaison. L'essai préliminaire permet ainsi de modifier les paramètres du câble 207 (longueur, section, points de fixation, etc.) afin de
10 trouver la solution optimale satisfaisant à la fois des contraintes de résistance mécanique et d'encombrement.

Toutefois, l'analyse du comportement mécanique du câble 207 sur un prototype du moteur est très couteuse et très difficile à réaliser car le câble est situé dans une zone où il n'y a pas d'accès direct. En plus, elle exige des contraintes très rigoureuses de sécurité
15 pour les opérateurs et le matériel. De même, il est très couteux et difficile de concevoir une machine tournante spéciale permettant de reproduire avec exactitude l'effet centrifuge sur le câble.

Ainsi, l'objet de la présente invention est de proposer un dispositif de simulation de comportement mécanique d'un câble qui soit simple à réaliser tout en reproduisant
20 avec fidélité les effets centrifuges sur le câble.

EXPOSÉ DE L'INVENTION

L'invention a pour objet un dispositif de simulation de comportement mécanique d'un câble flexible ayant une première extrémité solidaire d'un moyeu d'aube monté à pivotement sur une virole annulaire d'un moteur et une deuxième extrémité solidaire de
25 la virole, ledit câble flexible étant susceptible d'être soumis à des efforts centrifuges induits par la rotation de la virole, ledit dispositif comportant :

-un bâti et un moyeu de simulation monté à pivotement sur ledit bâti, le bâti étant configuré pour simuler la virole annulaire du moteur et le moyeu de simulation étant configuré pour simuler le moyeu d'aube du moteur,

-un câble magnétique configuré pour simuler le câble flexible du moteur, ledit câble magnétique présentant une portion entre une première extrémité solidaire dudit moyeu de simulation et une deuxième extrémité solidaire dudit bâti, et

5 -des modules d'aimantation montés dans le bâti et configurés pour exercer des forces d'attraction sur le câble magnétique reproduisant de manière artificielle des efforts centrifuges semblables à ceux pouvant être subis par le câble flexible lors de la rotation de la virole.

Ainsi, les efforts centrifuges sont simulés par un dispositif ne comportant aucune pièce tournante, de sorte que ce dispositif permet de manière simple et robuste de
10 reproduire les phénomènes dus aux efforts centrifuges sur un câble flexible, sans avoir besoin de recourir à un essai sur une machine tournante et tout en garantissant la sécurité des opérateurs et du matériel. En particulier, ce dispositif permet d'observer comment se comporte le câble en temps réel et permet de modifier facilement les paramètres du câble (longueur, diamètre, points d'attaches, etc.) afin de trouver la configuration optimale.
15 Notamment, la configuration optimale est celle qui limite l'usure et évite la rupture du câble pour garantir ainsi une bonne tenue mécanique de celui-ci tout en permettant une bonne intégration du câble en terme d'encombrement dans la machine tournante.

Avantageusement, le dispositif comporte des éléments de réglage configurés pour régler l'intensité des forces d'attraction exercées par les modules d'aimantation sur le câble
20 magnétique.

Ceci permet de simuler plusieurs accélérations centrifuges selon des vitesses de rotations différentes et selon le diamètre de la rangée d'aubes.

Selon un mode de réalisation de la présente invention, les modules d'aimantation comportent des aimants permanents.

25 Les aimants permanents sont robustes et peuvent fournir des intenses champs magnétiques.

Avantageusement, chaque module d'aimantation comporte au moins un aimant permanent fixé sur un fond mobile correspondant susceptible d'être logé et monté mobile dans ledit bâti pour se rapprocher ou s'éloigner du câble selon une direction de translation
30 prédéterminée.

Ainsi, le module d'aimantation est susceptible d'être approché ou éloigné du câble magnétique afin de simuler différentes accélérations centrifuges.

Avantageusement, chaque élément de réglage comporte une vis de réglage couplée via un écrou au fond mobile dudit module d'aimantation correspondant, ladite vis de réglage étant apte à translater ledit fond mobile selon la direction de translation prédéterminée correspondante entraînant ainsi la variation de la distance entre le module d'aimantation et le câble magnétique.

Ainsi, l'élément de réglage est un mécanisme robuste qui permet de simuler la variation de l'accélération centrifuge de manière simple et précise.

10 Selon un autre mode de réalisation de la présente invention, les modules d'aimantation sont des bobines électromagnétiques.

Ainsi, les modules d'aimantation sont faciles à assembler et à désassembler.

Avantageusement, les éléments de réglage comportent une unité de contrôle configurée pour varier l'intensité du courant électrique débité dans les bobines électromagnétiques réglant ainsi l'intensité des forces magnétiques exercées sur le câble magnétique.

Ainsi, la simulation de la variation de l'accélération centrifuge peut être contrôlée de manière électronique.

Avantageusement, le dispositif comporte un boîtier de protection solidaire dudit bâti et définissant un tunnel ayant une paroi interne et une paroi externe entre lesquelles la portion du câble magnétique peut se déplacer lors du pivotement du moyeu de simulation.

Ceci permet de simuler un boîtier de protection installé dans le moteur et destiné à diminuer les risques d'endommagement du câble lors de la rotation des aubes.

25 Avantageusement, la paroi externe dudit boîtier de protection est transparente.

Ceci permet de visualiser en temps réel le comportement et l'usure du câble liés aux frottements contre les parois du boîtier de protection.

Avantageusement, le dispositif comporte un vérin configuré pour faire pivoter le moyeu de simulation de manière à simuler le pivotement des pales du moteur.

Le dispositif de simulation selon les caractéristiques précédentes est destiné à simuler le comportement mécanique d'un câble flexible dans une roue d'un moteur d'aéronef.

5 BRÈVE DESCRIPTION DES DESSINS

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de modes de réalisation préférentiels de l'invention faits en référence aux figures jointes parmi lesquelles :

10 La Fig. 1 illustre de manière schématique un dispositif de simulation de comportement mécanique d'un câble flexible soumis à une force centrifuge, selon un mode de réalisation de l'invention ;

La Fig. 2 illustre de manière schématique un dispositif de simulation selon un mode de réalisation préféré de l'invention ;

15 Les Figs. 3A-3E illustrent le montage des aimants permanents sur le fond mobile d'un module d'aimantation, selon un mode de réalisation de l'invention ;

Les Figs. 4A et 4B illustrent un outillage de maintenance du module d'aimantation, selon un mode de réalisation de l'invention ;

La Fig. 5 illustre un outillage de séparation d'aimants, selon un mode de réalisation de l'invention ;

20 La Fig. 6 illustre de manière schématique un dispositif de simulation selon un autre mode de réalisation de la présente invention ;

La Fig. 7 représente de manière schématique un moteur d'aéronef à rotor ouvert ;

La Fig. 8 montre un détail d'une roue du moteur de la Fig. 7 ;

La Fig. 9 montre un détail d'une aube du moteur de la Fig. 7 ; et

25 La Fig. 10 montre un détail de moyens de fixations d'un câble flexible sur un moyeu du moteur de la Fig. 7.

EXPOSÉ DÉTAILLÉ DE MODES DE RÉALISATION PARTICULIERS

Le principe à la base de l'invention est d'utiliser un champ magnétique adapté pour exercer une force sur un câble magnétique équivalente à celle exercée par une force centrifuge.

5 La Fig. 1 illustre de manière schématique un dispositif de simulation de comportement mécanique d'un câble flexible soumis à une force centrifuge, selon un mode de réalisation de l'invention.

Plus particulièrement, le dispositif de simulation est configuré pour simuler le comportement mécanique d'un câble flexible 207 ayant une première partie ou extrémité
10 solidaire d'un moyeu 205 d'aube monté à pivotement sur une virole 203 annulaire d'un moteur et une deuxième extrémité solidaire de la virole (voir Figs. 8-10). Le câble flexible est susceptible d'être soumis à des efforts centrifuges induits par la rotation de la virole.

Conformément à l'invention, le dispositif de simulation 1 comporte un bâti 3, un faux moyeu (appelé dans la suite un moyeu de simulation) 5, un câble magnétique 7 et des
15 modules d'aimantation 9.

Le bâti 3 est une plaque ou support amagnétique en métal, bois ou plastique qui peut avoir une surface plane ou courbée pour simuler la virole 203 ou le carter du moteur.

Le moyeu de simulation 5 est monté à pivotement sur le bâti 3 et est configuré pour simuler le moyeu 205 d'aube du moteur. Par exemple, le moyeu de simulation 5 est
20 formé d'un pivot avec un roulement 11 logé dans une ouverture circulaire du bâti 3. On notera que le moyeu de simulation 5 est également amagnétique et peut être fabriqué en métal, bois ou plastique.

Le câble magnétique 7 comme son nom l'indique est composé d'un matériau ferromagnétique (par exemple en acier de type XC38) capable de s'aimanter lorsqu'il est
25 soumis à un champ magnétique. Il présente une section et une longueur équivalente au câble flexible 207 réel au moins en ce qui concerne son extension entre une première et une deuxième extrémité 71, 72 et est configuré pour simuler le câble flexible d'un moteur comme celui représenté sur la Fig. 8. Le câble flexible 207 s'étend au moins en partie sur une portion (de câble) située entre la première extrémité 71 qui est solidaire du moyeu de

simulation 5 et la deuxième extrémité 72 qui est solidaire du bâti 3. On notera que dans un moteur, ladite portion permet au câble de s'adapter à la rotation de l'aube. Avantageusement, la première extrémité 71 du câble magnétique 7 est reliée au moyeu de simulation 5 par des moyens de fixations amovibles, par exemple par une ou plusieurs fixation(s) simulant les pontets de fixation utilisés pour fixer le câble flexible 207 réel sur le moyeu 205 d'un moteur comme représenté à la Fig. 10.

En outre, les modules d'aimantation 9 sont montés dans le bâti 3 et sont configurés pour créer un champ magnétique exerçant des forces d'attraction sur le câble magnétique 7, ces aimants reproduisent les effets de la force centrifuge exercée sur le câble lors de la rotation de la virole. Plus particulièrement, les modules d'aimantation 9 sont montés de manière à ce que le câble magnétique 7 soit attiré vers le bâti 3. Le champ magnétique permet ainsi de simuler des efforts centrifuges agissant sur le câble magnétique 7 et semblables à ceux pouvant être subis par le câble flexible 207 réel lors du pivotement du moyeu 205 d'aube. On notera que la disposition spatiale des modules d'aimantation 9 par rapport au bâti 3 peut être quelconque pourvu que leurs forces magnétiques permettent de plaquer le câble magnétique 7 contre une paroi d'intérêt du bâti 3.

Le moyeu de simulation 5 peut comporter une prise ou une poignée 51 qui permet de tourner le moyeu de simulation 5 à la main dans un sens ou dans un autre selon une amplitude prédéterminée d'environ 30° afin de simuler le pivotement du vrai moyeu 205.

Avantageusement, un dispositif de pivotement 13 ou de cyclage peut être fixé sur la prise 51 du moyeu de simulation 5 afin de faire pivoter ce dernier de manière automatique selon une amplitude prédéterminée, selon une vitesse prédéterminée et selon un nombre de cycles prédéterminé qui peut être de l'ordre de 200000 cycles. A titre d'exemple, le dispositif de pivotement 13 est un vérin pneumatique ou électrique connecté au moyeu de simulation 5 et configuré pour faire pivoter le moyeu de simulation 5 de manière à simuler le pivotement des pales du moteur. On peut également utiliser un moteur pas-à-pas comme dispositif de pivotement.

Ainsi, le pivotement du moyeu de simulation 5 permet de reproduire des effets mécaniques sur le câble magnétique 7 similaires à ceux pouvant être produits sur le câble

flexible 207 par la rotation des pales autour de leur axe de pivotement respectif. En particulier, on peut observer en temps réel l'usure du câble 7 et sa dégradation en fonction du nombre de cycles et de la force d'attraction des aimants sur le câble 7. En outre, on peut faire varier la longueur et/ou le diamètre du câble magnétique 7 ainsi que le nombre de points d'attaches et leurs positions sur le moyeu de simulation 5 afin de trouver la meilleure configuration.

Avantageusement, le dispositif de simulation 1 comporte un boîtier de protection 15 amagnétique solidaire du bâti 3 et définissant un tunnel ayant une paroi interne et une paroi externe entre lesquelles ladite portion du câble magnétique 7 peut se déplacer lors du pivotement du moyeu de simulation 5 et de l'attraction générée par les aimants.

En effet, lorsque la virole est dans un état de rotation, le câble flexible 207 frotte contre la paroi de la virole 203 qui comporte en général des angles vifs et des éléments saillants qui peuvent endommager le câble prématurément. Ainsi, afin de limiter les risques d'endommagement du câble 207, un boîtier de « gestion » du mou 215 métallique définissant un tunnel est installé de manière solidaire à la virole 203. En se déplaçant à l'intérieur du tunnel du boîtier de gestion du mou, le câble flexible 207 est ainsi protégé des angles vifs et/ou éléments saillants de la virole 203 (voir Fig. 8). On notera que le câble flexible 207 est généralement détendu mais peut éventuellement se tendre lorsqu'il est par exemple soumis à la force centrifuge des aimants et/ou la rotation du moyeu.

Avantageusement, le boîtier de protection de simulation 15 est en matière plastique ayant une paroi externe transparente permettant une observation en continu du câble magnétique 7. La surveillance du câble magnétique 7 peut être réalisée par une caméra installée du côté de la paroi transparente. Eventuellement, le boîtier de protection de simulation 15 peut être en partie ou en totalité en un matériau métallique.

Avantageusement, le dispositif de simulation 1 comporte des éléments de réglage 17 configurés pour régler l'intensité des forces d'attraction exercées par les modules d'aimantation 9 sur le câble magnétique 7. Les éléments de réglage 17 peuvent être configurés pour faire varier la distance entre les modules d'aimantation 9 et le câble magnétique 7 et/ou pour faire varier l'intensité du champ magnétique exercée par les modules magnétiques 9.

En effet, en variant les forces d'attraction, on peut simuler le comportement mécanique du câble flexible 207 réel selon différentes valeurs de vitesse de rotation de la virole.

La Fig. 2 illustre de manière schématique un dispositif de simulation 1 selon un mode de réalisation préféré de la présente invention.

Selon ce mode de réalisation, le bâti 3 est un support ou structure en forme de boîtier construit en un matériau amagnétique de type aluminium. Il définit une face avant 3a et une face arrière 3b et comporte un logement cylindrique 31 et un ou plusieurs logements parallélépipédiques rectangles 33 dont les ouvertures sont du côté de la face avant 3a du bâti 3. Par ailleurs, le fond de chaque logement parallélépipédique rectangle comporte un trou cylindrique 35 qui se prolonge jusqu'à la face arrière 3b du bâti 3.

On notera que selon les applications ou processus de simulation, les surfaces des faces avant 3a et arrière 3b du bâti 3 peuvent être planes ou courbées et peuvent éventuellement comporter une partie légèrement inclinée par rapport à l'autre partie de la surface comme représenté sur l'exemple de la Fig. 2.

Le moyeu de simulation 5 est fixé en rotation via un palier (par exemple un roulement à billes) 11 sur l'ouverture circulaire du logement cylindrique 31 du côté de la face avant 3a du bâti 3. Ainsi, le moyeu de simulation 5 est adapté pour tourner autour d'un axe de pivotement passant par l'axe central de l'ouverture cylindrique 31.

Les modules d'aimantation 9 sont logés dans les logements parallélépipédiques rectangles 33 du bâti 3. Chaque module d'aimantation 9 a une forme parallélépipédique rectangle adaptée pour être logée selon une liaison glissière dans le logement 33 correspondant du bâti 3. Plus particulièrement, chaque module d'aimantation 9 est constitué d'un fond mobile 91 amagnétique de forme parallélépipédique rectangle comportant un ou plusieurs aimant(s) 93 permanents. Le montage des aimants 93 permanents sur le fond mobile 91 est décrit par la suite en référence aux Figs. 3A-3E.

Par ailleurs, le dispositif de simulation 1 comporte des éléments de réglage 17 couplés aux modules magnétiques 9. En effet, un élément de réglage 17 de type vis-écrou est associé à chaque module magnétique 9 pour le déplacer selon une direction de translation prédéterminée. Chaque élément de réglage 17 comporte une vis (ou tige

filetée) de réglage 171 couplée au fond mobile 91 du module d'aimantation 9 via un écrou 95 correspondant. Plus particulièrement, chaque fond mobile 91 comporte de manière solidaire un écrou 95 dans lequel est filetée la vis de réglage 171 qui passe à travers le trou cylindrique 35 du bâti 3. Ainsi, en tournant la tête 173 de la vis de réglage 171 qui se trouve
5 du côté de la face arrière 3b du bâti 3, on entraîne en translation le module magnétique 9 via l'écrou 95 selon la direction prédéterminée qui correspond à l'axe central du trou cylindrique 35. Avantageusement, un bouton est fixé sur la tête 173 de la vis afin de faciliter la manipulation de sa rotation manuelle ou automatique. Par ailleurs, en tournant les vis de réglage 171, les modules magnétiques 9 se déplacent selon la direction de translation
10 prédéterminée entraînant ainsi la variation de leur distance par rapport à l'emplacement du câble magnétique 7.

En outre, un boîtier de protection de simulation 15 amagnétique est fixé sur la face avant 3a du bâti 3. Ce boîtier de protection 15 est délimité par des première et deuxième parois 15a, 15b. La première paroi 15a forme un contenant pourvu, sur une face interne,
15 d'une rainure tandis que la deuxième paroi 15b forme un couvercle qui est avantageusement en une matière transparente. La rainure du contenant forme avec le couvercle 15b un tunnel délimitant un espace dans lequel le câble magnétique 7 peut se déplacer lors du pivotement du moyeu de simulation 5.

Une première extrémité du câble magnétique 7 est fixée au moyeu de simulation
20 5 par des moyens de fixations amovibles de type pontets tandis que la deuxième extrémité est fixée au bâti 3. La portion entre les deux extrémités passe par l'espace délimité par le tunnel du boîtier de protection 15.

Les Figs. 3A-3E illustrent le montage des aimants permanents sur le fond mobile d'un module d'aimantation, selon un mode de réalisation de l'invention.

25 La Fig. 3A illustre un fond mobile 91 et un aimant permanent 93. Le fond mobile 91 est un boîtier amagnétique ayant une forme parallélépipédique rectangle (par exemple en aluminium) dans lequel est intégré un écrou 95 (par exemple en bronze) adapté pour recevoir la vis de réglage 171 qui peut être en inox. Le fond mobile 91 comporte des cavités ou trous de passage 97 à travers lesquels des vis de fixation peuvent être introduites pour
30 fixer les aimants 93. En effet, les aimants 93 sont destinés à être fixés sur une face avant

91a du fond mobile 91. Avantageusement, le fond mobile 91 comporte en outre des éléments de guidage 98 qui facilitent la translation du module d'aimantation 9 selon la liaison glissière dans des rainures adaptées formées dans le logement 33 correspondant du bâti 3.

5 L'aimant permanent 93 a une forme parallélépipédique rectangle adaptée pour être fixée sur la face avant 91a du fond mobile 91. A titre d'exemple, l'aimant 93 est adapté pour exercer une force de contact de l'ordre de 800N à 1000N sur le câble magnétique 7. En effet, cette force F de contact est définie par la formule suivante :

$$F = B^2 A / 2\mu$$

10 où B est le champ magnétique (en teslas), A est la surface de la face de contact de l'aimant 93 (i.e. la face opposée au câble magnétique) et μ est la perméabilité de l'air. On notera que la force exercée sur le câble magnétique 7 diminue de manière connue selon le carré de la distance entre l'aimant 93 et le câble magnétique 7.

A l'étape E1, le fond mobile 91 est positionné et fixé sur une plaque support 21. 15 En outre, un premier élément de mise en position 23 en forme de S est également fixé sur la plaque support 21 en regard de la face avant 91a du fond mobile 91 afin de recevoir un premier aimant 93. Cet élément 23 est destiné à former un espace parallélépipédique rectangle entre lui et la face avant 91a du fond mobile 91. Ainsi, cet espace est adapté pour recevoir l'aimant 93 et pour le positionner sur la face avant 91a du fond mobile 91. On 20 notera que tous les éléments représentés sur la Fig. 3B ne sont pas magnétiques.

A l'étape E2, le premier aimant 93 est introduit dans l'espace formé entre l'élément de mise en position 23 et la face avant 91a du fond mobile 91. Ensuite, il est fixé sur un premier emplacement du fond mobile 91 avec une vis de fixation correspondant.

A l'étape E3, un deuxième élément de mise en position 23 est fixé sur la plaque 25 support 21 et un deuxième aimant 93 est introduit dans l'espace formé entre le deuxième élément de mise en position 23 et la face avant 91a du fond mobile 91. On notera que l'élément de mise en position 23 permet de guider les aimants 93 pour qu'ils soient positionnés l'un à côté de l'autre selon une configuration bien déterminée. Ensuite, le deuxième aimant 93 est fixé sur un deuxième emplacement du fond mobile 91 avec une 30 vis de fixation correspondante. Les mêmes étapes sont répétées pour fixer un troisième

aimant 93 sur le fond mobile 91. On notera que le nombre d'aimants 93 est donné ici uniquement à titre indicatif et non limitatif.

A l'étape E4, après que les aimants 93 ont été fixés sur le fond mobile 91, ce dernier est démonté de la plaque support 21 pour être prêt à être monté dans le bâti 3.

5 Les Figs. 4A et 4B illustrent un outillage de manutention du module d'aimantation, selon un mode de réalisation de l'invention.

L'outillage de manutention est constitué d'un couvercle 41 en un matériau paramagnétique (par exemple, en aluminium) comportant un anneau de manutention 43. Ce couvercle 41 est destiné à être fixé sur le module d'aimantation 9 en couvrant les
10 aimants 93. Ainsi, grâce à ce couvercle 41, l'aimantation est réduite et la portabilité est améliorée.

La Fig. 5 illustre un outillage de séparation d'aimants, selon un mode de réalisation de l'invention.

On notera que lorsque les aimants 93 sont démontés du fond mobile 91, ils
15 peuvent néanmoins rester collés entre eux. On utilise alors un outillage de séparation comportant une plaque support 61 sur laquelle sont fixés un levier 63 et un élément de maintien 65 en forme de tunnel adapté pour recevoir les aimants 93. Bien entendu, tous les éléments de l'outillage de séparation ne sont pas magnétiques.

Ainsi, pour séparer un bloc de deux aimants 93 collés entre eux, on introduit le
20 bloc des aimants dans l'élément de maintien 65 en faisant sortir un des aimants de l'autre côté de cet élément de maintien 65. En actionnant le levier 63, les deux aimants seront séparés. On notera qu'un élément de protection de type papier bulle peut être utilisé pour envelopper l'aimant sortant de l'élément de maintien 65 afin de le protéger lors de l'actionnement du levier 63.

25 La Fig. 6 illustre de manière schématique un dispositif de simulation selon un autre mode de réalisation de la présente invention.

Ce mode de réalisation est similaire à celui de la Fig. 2 sauf que les aimants permanents des modules d'aimantation sont remplacés par des bobines électromagnétiques 94.

En outre, l'intensité du champ magnétique exercée par les bobines électromagnétiques 94 peut être contrôlée de manière électronique. En effet, selon ce mode de réalisation, les éléments de réglage 17 comportent une unité de contrôle 172 configurée pour faire varier l'intensité du courant électrique débité dans les bobines électromagnétiques 92 réglant ainsi l'intensité des forces magnétiques exercées sur le câble magnétique 7.

REVENDEICATIONS

1. Dispositif de simulation de comportement mécanique d'un câble flexible ayant une première extrémité solidaire d'un moyeu d'aube monté à pivotement sur une virole annulaire d'un moteur et une deuxième extrémité solidaire de la virole, ledit câble flexible étant susceptible d'être soumis à des efforts centrifuges induits par la rotation de la virole, caractérisé en ce que ledit dispositif comporte :

-un bâti (3) et un moyeu de simulation (5) monté à pivotement sur ledit bâti, le bâti étant configuré pour simuler la virole annulaire du moteur et le moyeu de simulation (5) étant configuré pour simuler le moyeu d'aube du moteur,

-un câble magnétique (7) configuré pour simuler le câble flexible du moteur, ledit câble magnétique présentant une portion entre une première extrémité (71) solidaire dudit moyeu de simulation (5) et une deuxième extrémité (72) solidaire dudit bâti, et

-des modules d'aimantation (9) montés dans le bâti (3) et configurés pour exercer des forces d'attraction sur le câble magnétique (7) simulant des efforts centrifuges semblables à ceux pouvant être subis par le câble flexible lors de la rotation de la virole.

2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comporte des éléments de réglage (17) configurés pour régler l'intensité des forces d'attraction exercées par les modules d'aimantation (9) sur le câble magnétique (7).

3. Dispositif selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que les modules d'aimantation (9) comportent des aimants permanents (93).

4. Dispositif selon la revendication 3, caractérisé en ce que chaque module d'aimantation (9) comporte au moins un aimant permanent (93) fixé sur un fond mobile (91) correspondant susceptible d'être logé et monté mobile dans ledit bâti (3) pour se rapprocher ou s'éloigner du câble selon une direction de translation prédéterminée.

5 **5.** Dispositif selon la revendication 4, caractérisé en ce que chaque élément de réglage (17) comporte une vis de réglage (171) couplée via un écrou (95) au fond mobile (91) dudit module d'aimantation (9) correspondant, ladite vis de réglage (171) étant apte à translater ledit fond mobile (91) selon la direction de translation prédéterminée correspondante entraînant ainsi la variation de la distance entre le module d'aimantation (9) et le câble magnétique (7).

10 **6.** Dispositif selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que les modules d'aimantation (9) sont des bobines électromagnétiques (94).

15 **7.** Dispositif selon la revendication 6, caractérisé en ce que les éléments de réglage comportent une unité de contrôle (172) configurée pour faire varier l'intensité du courant électrique débité dans les bobines électromagnétiques (94) réglant ainsi l'intensité des forces magnétiques exercées sur le câble magnétique (7).

20 **8.** Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comporte un boîtier de protection (15) solidaire dudit bâti (3) et définissant un tunnel ayant une paroi interne (15a) et une paroi externe (15b) entre lesquelles la portion du câble magnétique (7) peut se déplacer.

9. Dispositif selon la revendication 8, caractérisé en ce que la paroi externe (15b) dudit boîtier de protection (15) est transparente.

25 **10.** Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comporte un vérin configuré pour faire pivoter le moyeu de simulation (5) de manière à simuler le pivotement des pales du moteur.

30 **11.** Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il est destiné à simuler le comportement mécanique d'un câble flexible dans une roue d'un moteur d'aéronef.

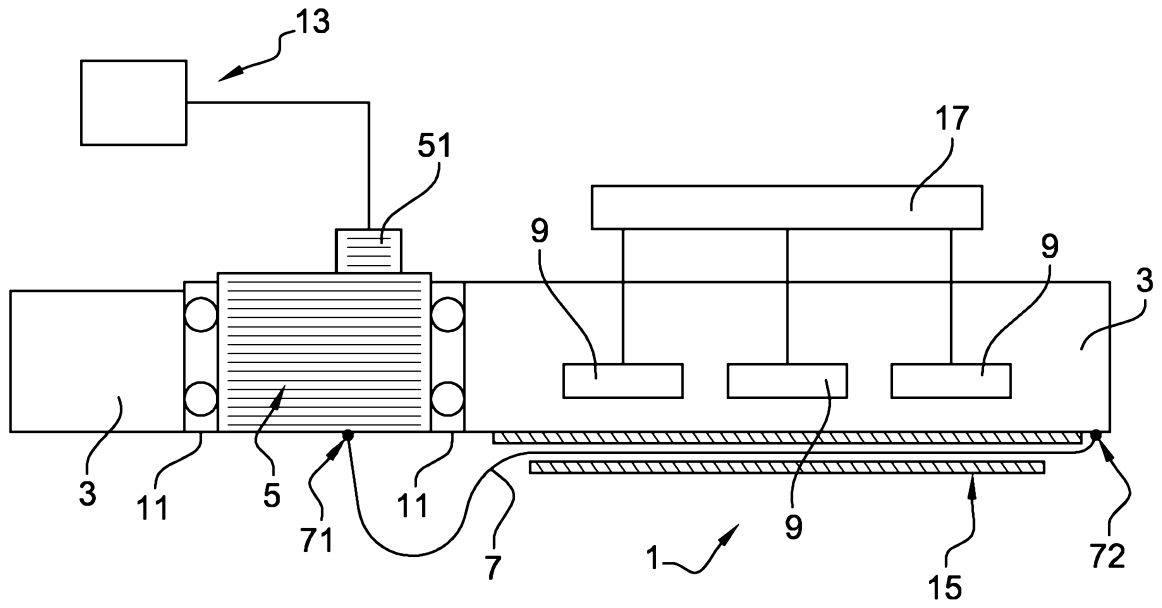


Fig. 1

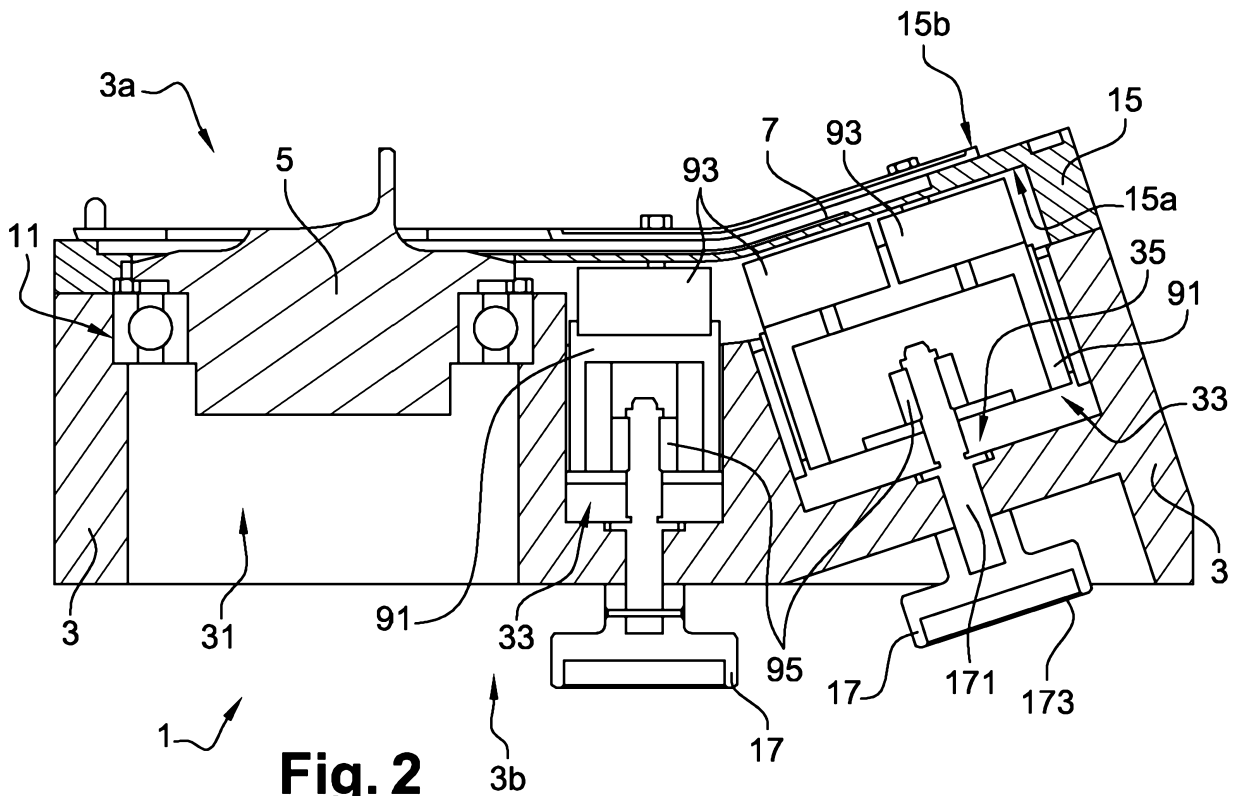


Fig. 2

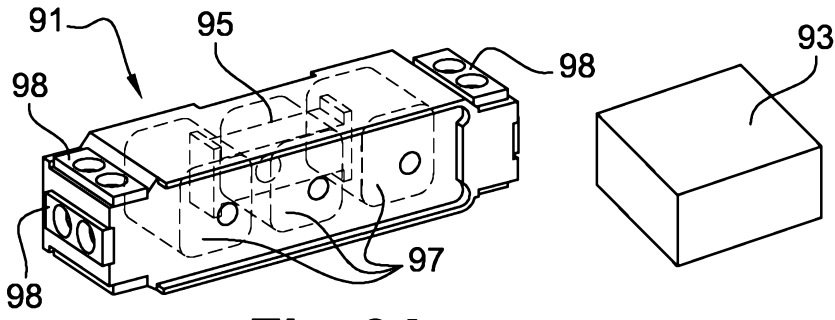


Fig. 3A

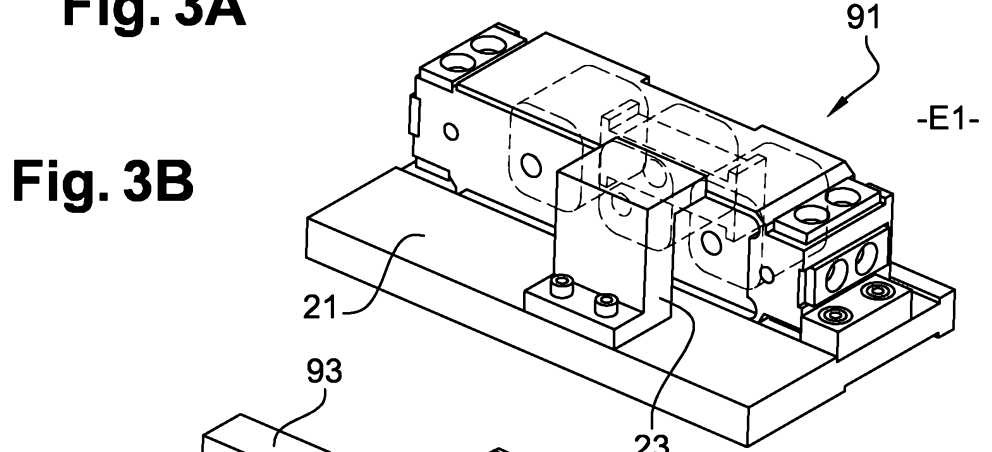


Fig. 3B

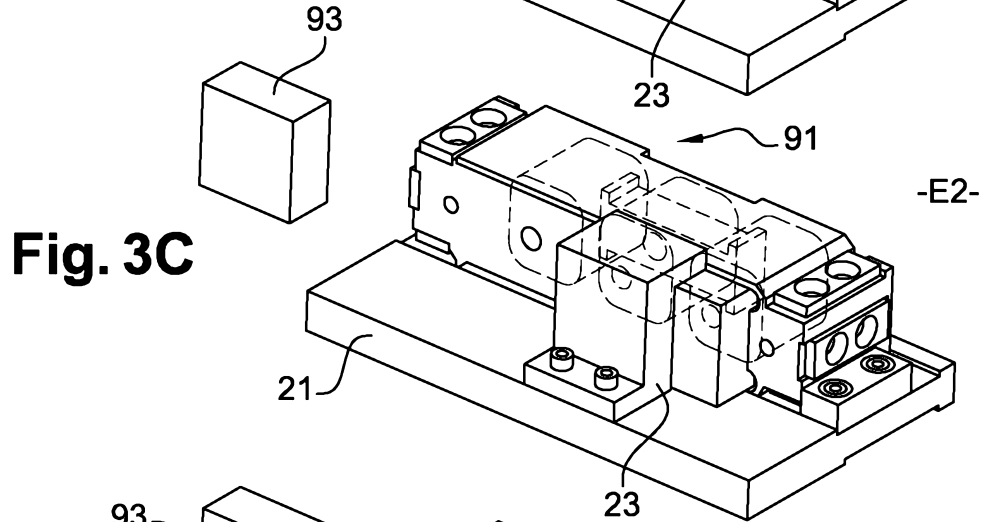


Fig. 3C

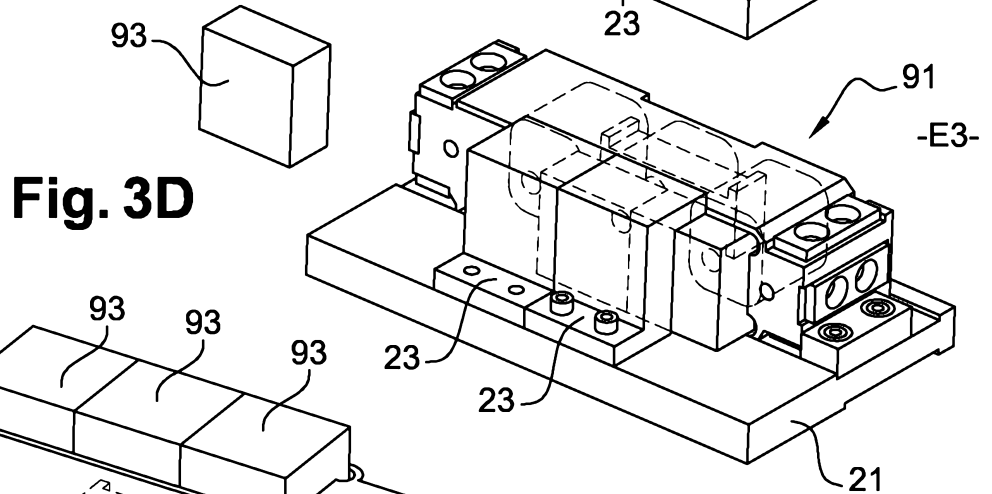


Fig. 3D

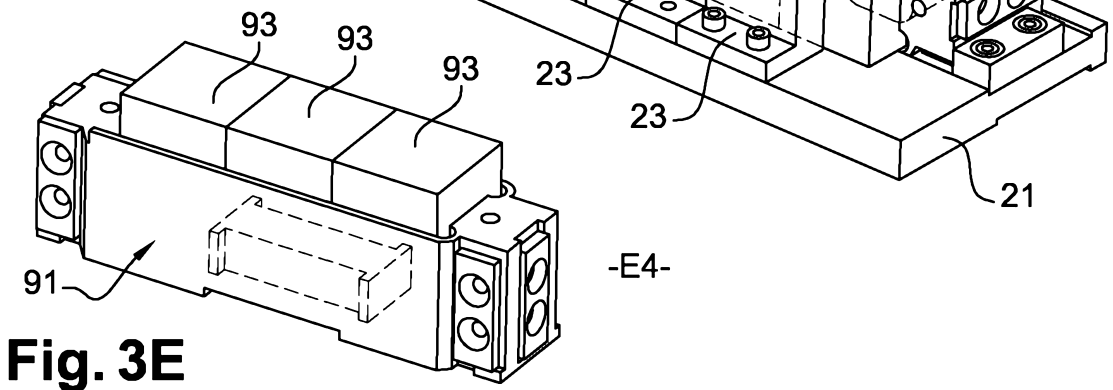


Fig. 3E

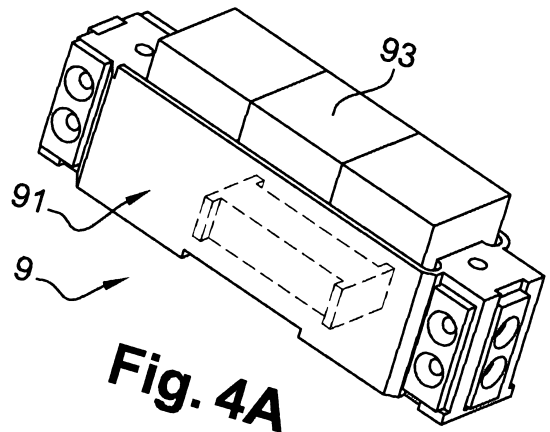


Fig. 4A

3 / 5

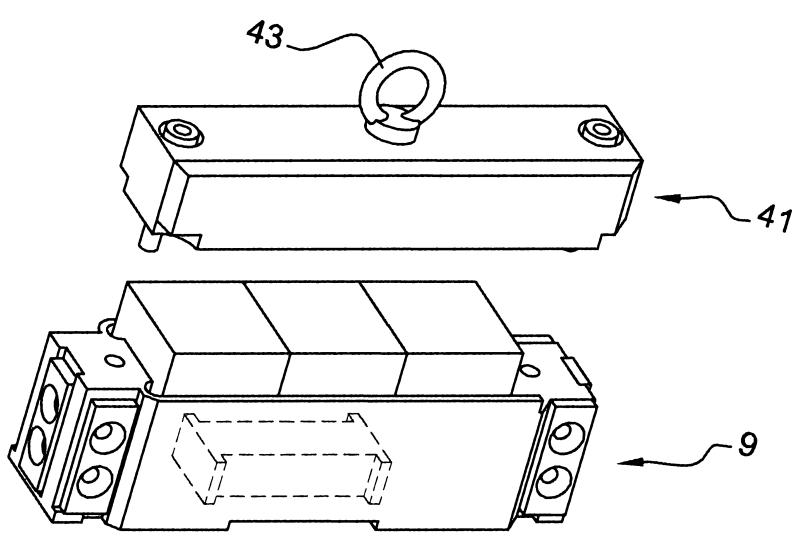
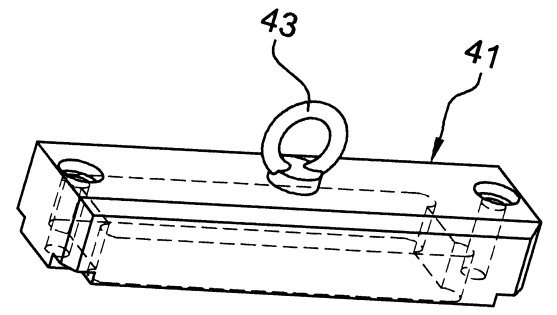


Fig. 4B

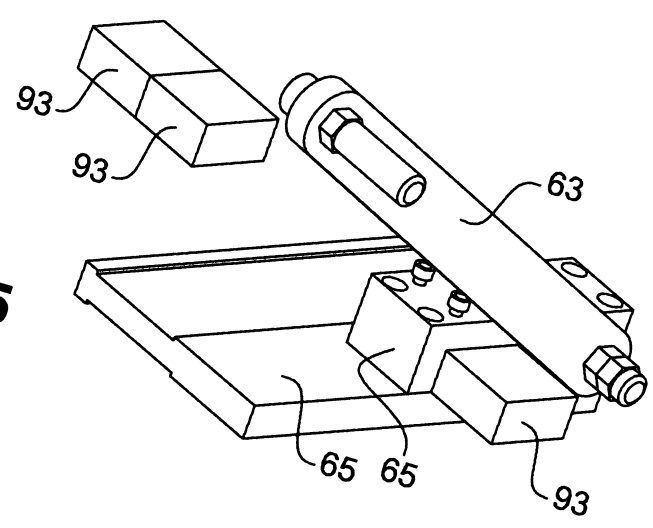
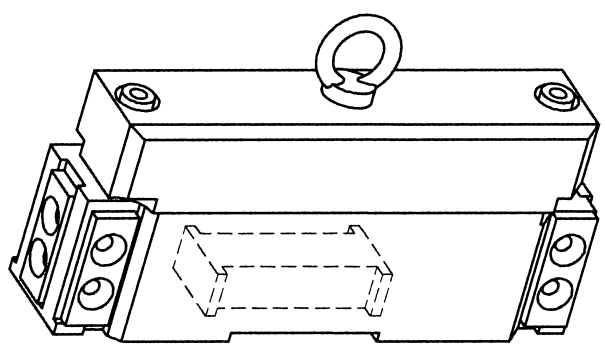


Fig. 5

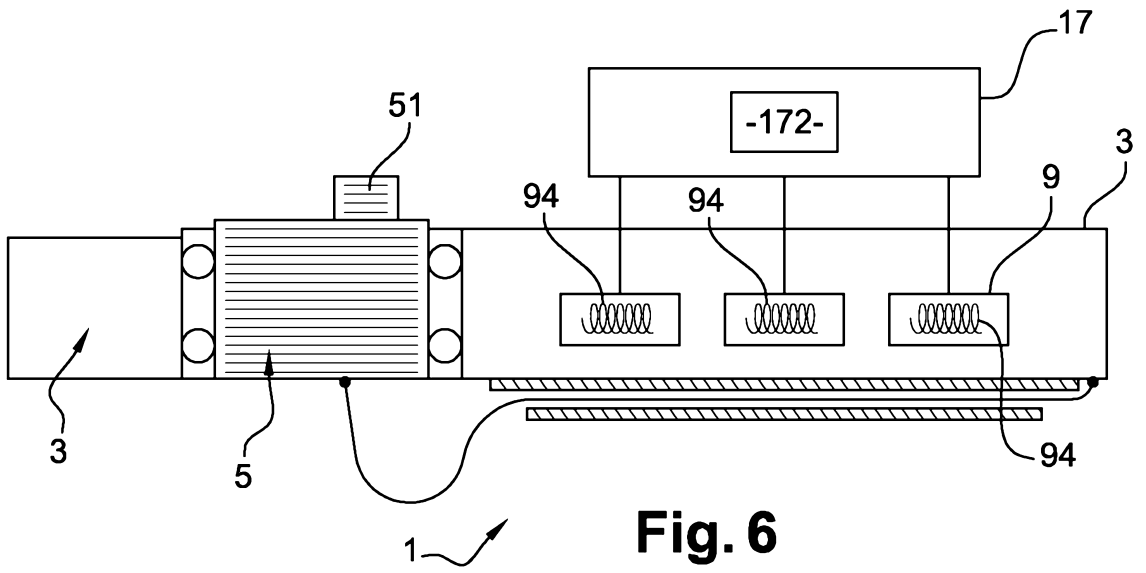


Fig. 6

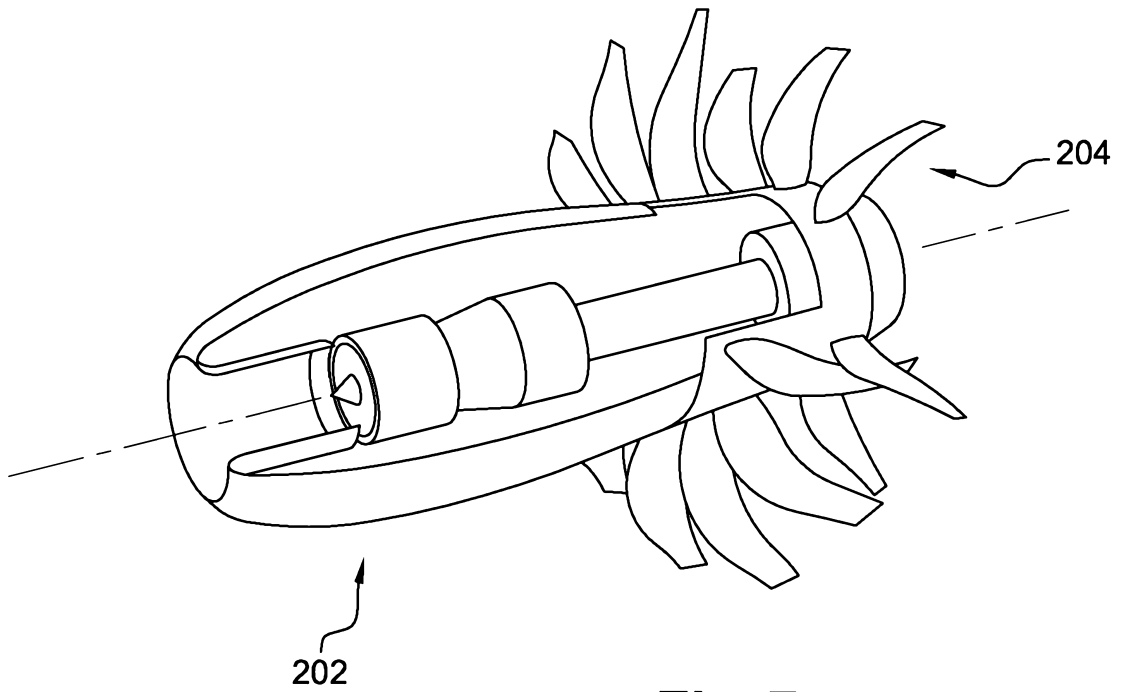


Fig. 7

Fig. 8

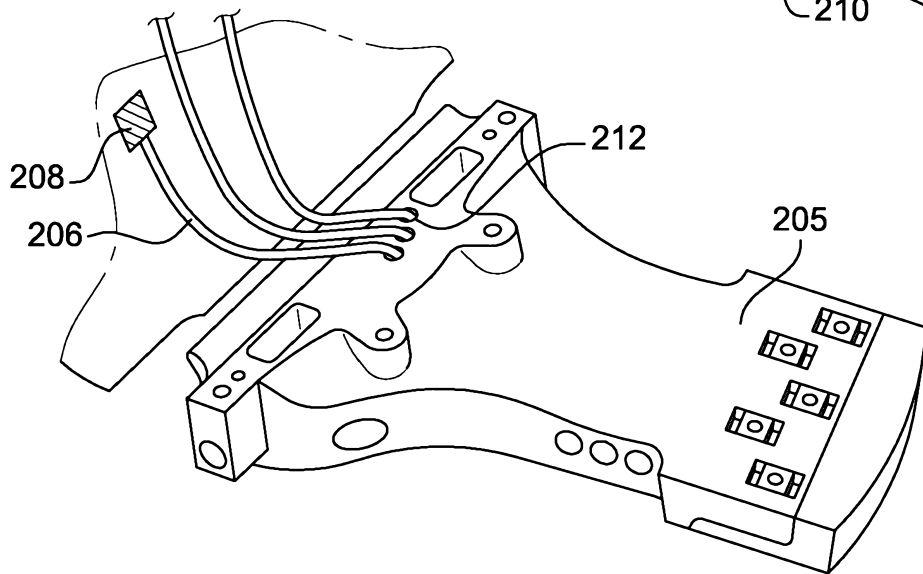
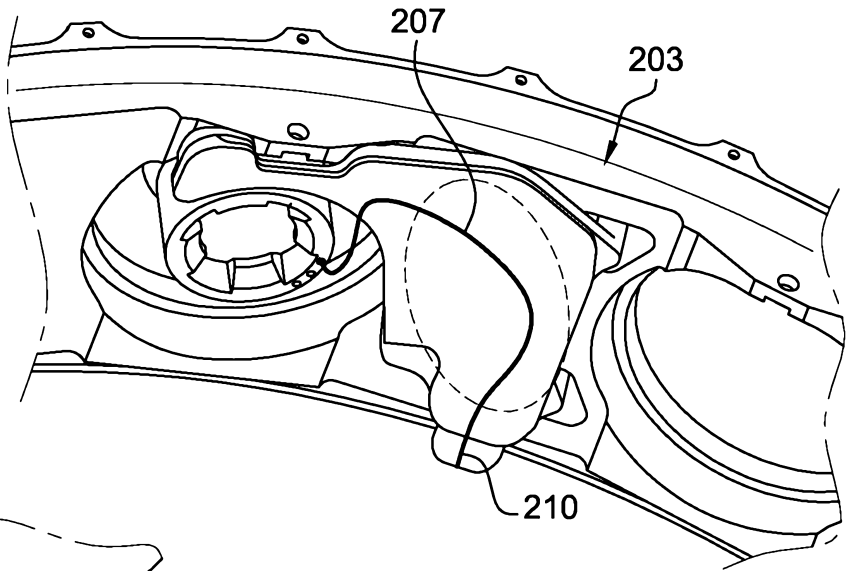


Fig. 9

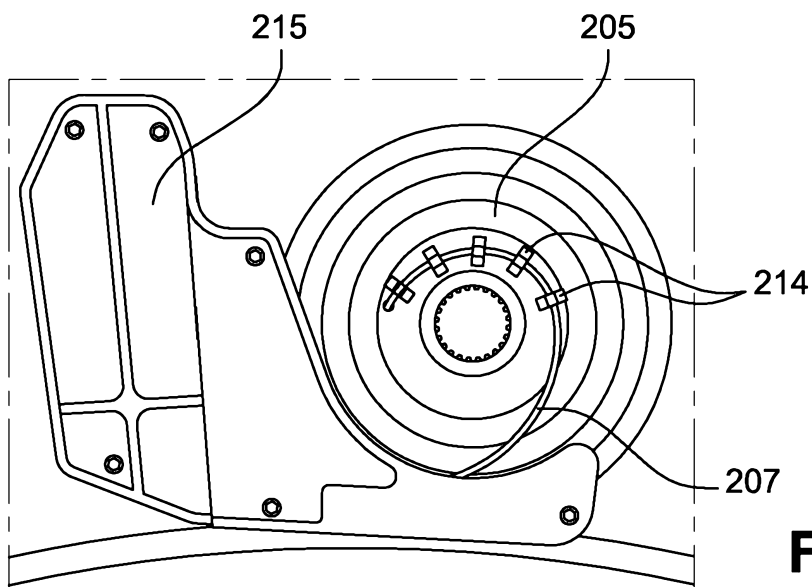


Fig. 10

RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveau) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.

Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.

Le demandeur a maintenu les revendications.

Le demandeur a modifié les revendications.

Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.

Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.

Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.

Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.

Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.

Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION

NEANT

2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN TECHNOLOGIQUE GENERAL

US 3 690 160 A (KRIESTEN HORST) 12 septembre 1972 (1972-09-12)

GB 840 506 A (ROLLS ROYCE; JOSEPH ALBERT POPE) 6 juillet 1960 (1960-07-06)

US 2016/341629 A1 (SCHAEFER JAN [DE]) 24 novembre 2016 (2016-11-24)

3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND DE LA VALIDITE DES PRIORITES

NEANT