

①2 DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 07.12.15.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 09.06.17 Bulletin 17/23.

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

⑥0 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

⑦1 Demandeur(s) : COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATO-
MIQUE ET AUX ENERGIES ALTERNATIVES — FR.

⑦2 Inventeur(s) : LEROY EDOUARD, ECK LAURENT,
HAFEZ MOUSTAPHA et OREFICE PIERRE-HENRI.

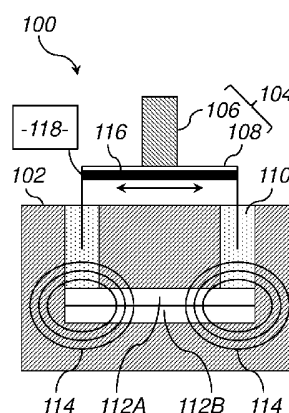
⑦3 Titulaire(s) : COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATO-
MIQUE ET AUX ENERGIES ALTERNATIVES.

⑦4 Mandataire(s) : CABINET BONNET.

⑤4 DISPOSITIF A FREINAGE OU AMORTISSEMENT MAGNETO-RHEOLOGIQUE.

⑤7 Ce dispositif (100) à freinage ou amortissement ma-
gnéto-rhéologique comporte: une pièce de référence (102);
une pièce mobile (104) par rapport à la pièce de référence
(102); une chambre intérieure (110) s'étendant entre la
pièce de référence (102) et la pièce mobile (104), remplie
d'un fluide magnéto-rhéologique; et un générateur (112A,
112B) de champ magnétique disposé de manière à engen-
drer des lignes de champ (114) dans le fluide magnéto-
rhéologique qui agissent sur sa viscosité pour s'opposer à
un déplacement de la pièce mobile (104) par rapport à la
pièce de référence (102) par effet de freinage ou amortisse-
ment.

Il comporte en outre: au moins un élément vibrant (116)
disposé contre au moins l'une desdites pièces de référence
(102) et mobile (104); et un dispositif (118) d'activation des
vibrations dudit au moins un élément vibrant (116) de ma-
nière à engendrer des ondes de pression dans le fluide ma-
gnéto-rhéologique réduisant la viscosité du fluide magnéto-
rhéologique due aux lignes de champ (114).



La présente invention concerne un dispositif à freinage ou amortissement magnéto-rhéologique.

L'invention s'applique plus particulièrement à un dispositif comportant :

- une pièce de référence,
- 5 - une pièce mobile par rapport à la pièce de référence,
- une chambre intérieure s'étendant entre la pièce de référence et la pièce mobile, remplie d'un fluide magnéto-rhéologique, et
- un générateur de champ magnétique disposé de manière à engendrer des
- 10 lignes de champ dans le fluide magnéto-rhéologique qui agissent sur sa viscosité pour s'opposer à un déplacement de la pièce mobile par rapport à la pièce de référence par effet de freinage ou amortissement.

De tels dispositifs sont intéressants car ils sont capables de fournir un couple de freinage ou d'amortissement variable en fonction du champ magnétique appliqué.

Un dispositif à freinage magnéto-rhéologique est par exemple décrit dans le
15 brevet EP 2 274 660 B1 sous la forme d'une interface haptique à liaison pivot. Il comporte notamment avantageusement des moyens de génération d'un champ magnétique permanent, par exemple un aimant permanent, augmentant la viscosité du fluide magnéto-rhéologique s'étendant entre les deux pièces principales de la liaison pivot de manière à engendrer un effet de freinage ou amortissement
20 permanent. Des moyens supplémentaires de génération d'un champ magnétique réglable, par exemple un électro-aimant, permettent alors de moduler l'amplitude des lignes de champ dans le fluide magnéto-rhéologique de manière à contrer temporairement, sur activation de ces moyens supplémentaires, l'effet de freinage ou amortissement.

25 On peut ainsi créer astucieusement une interface haptique magnéto-rhéologique de type bouton rotatif à crans et butées reconfigurables dont la consommation électrique est réduite puisqu'elle n'est pas sollicitée par défaut mais uniquement de façon temporaire. Cette configuration est particulièrement adaptée aux applications pour lesquelles un couple de freinage important est nécessaire pour
30 bloquer par défaut les pièces de référence et mobile du dispositif. On peut notamment imaginer l'appliquer à des dispositifs à éléments repositionnables, l'idée étant de désactiver le frein lorsqu'un utilisateur veut positionner le dispositif puis de le réactiver lorsque le dispositif est dans une position voulue, ceci grâce à l'aimant permanent qui permet de fournir un champ magnétique élevé.

Malheureusement, une telle configuration présente quelques inconvénients. Tout d'abord, engendrer un champ magnétique réglable à l'aide d'un électro-aimant, même temporairement, reste très consommateur d'énergie électrique pour contrer les effets d'un champ magnétique permanent élevé. De plus, l'électro-aimant lui-même
5 présente un certain encombrement et l'établissement du champ magnétique réglable nécessite un temps de réponse de l'ordre de la dizaine de millisecondes qui peut s'avérer trop élevé pour certaines applications. Ces trois inconvénients peuvent réellement poser problème dans des applications embarquées.

Il peut ainsi être souhaité de prévoir un dispositif à freinage ou amortissement
10 magnéto-rhéologique qui permette de s'affranchir d'au moins une partie des problèmes et contraintes précités.

Il est donc proposé un dispositif à freinage ou amortissement magnéto-rhéologique du type précité comportant en outre :

- au moins un élément vibrant disposé contre au moins l'une desdites pièces
15 de référence et mobile, et
- un dispositif d'activation des vibrations dudit au moins un élément vibrant de manière à engendrer des ondes de pression dans le fluide magnéto-rhéologique réduisant la viscosité du fluide magnéto-rhéologique due aux lignes de champ.

20 Il a en effet été remarqué que, de façon inattendue, l'émission d'ondes de pression dans le fluide magnéto-rhéologique, à partir d'au moins un élément vibrant disposé contre l'une ou l'autre des pièces de référence et mobile, tend à contrer les effets du champ magnétique établi dans le fluide magnéto-rhéologique et donc à réduire la viscosité du fluide. Ce phénomène surprenant peut s'expliquer par le fait
25 que l'alignement des particules magnéto-rhéologiques dans le fluide pour former des chaînes, engendré par le champ magnétique établi, est perturbé par la propagation ciblée d'ondes de pression dans le fluide. Plus précisément, les chaînes de particules magnéto-rhéologiques sont rompues par les ondes de pression. Ainsi, l'effet de freinage ou amortissement créé par le champ magnétique peut être réduit, au point
30 même de pouvoir être annulé, par activation dudit au moins un élément vibrant. Une telle solution est d'autant plus avantageuse qu'il existe des éléments vibrants peu encombrants dont l'activation nécessite peu de consommation électrique pour un effet immédiat, en tout cas bien plus rapide que l'établissement d'un champ magnétique réglable temporaire, sur la viscosité du fluide magnéto-rhéologique.

De façon optionnelle, au moins l'une desdites pièces de référence et mobile comporte un matériau ferromagnétique.

De façon optionnelle également, le générateur de champ magnétique comporte un aimant permanent disposé de manière à engendrer des lignes de
5 champ permanentes dans le fluide magnéto-rhéologique.

De façon optionnelle également, ledit au moins un élément vibrant et le dispositif d'activation sont conçus pour engendrer des ondes acoustiques ultrasoniques dans une bande de fréquences de résonance d'au moins l'une desdites pièces de référence et mobile.

10 De façon optionnelle également, ledit au moins un élément vibrant comporte au moins l'un des éléments de l'ensemble constitué d'un vibreur excentrique, d'un vibreur piézoélectrique et d'un vibreur magnétostrictif.

De façon optionnelle également, ledit au moins un élément vibrant est disposé de manière à propager les ondes de pression qu'il engendre dans le sens des lignes
15 de champ dans le fluide magnéto-rhéologique.

De façon optionnelle également, ledit au moins un élément vibrant est disposé de manière à propager les ondes de pression qu'il engendre orthogonalement aux lignes de champ dans le fluide magnéto-rhéologique.

De façon optionnelle également, la pièce de référence est un stator, la
20 chambre intérieure est creusée de forme annulaire ou cylindrique dans le stator et la pièce mobile est un rotor à disque, cloche ou multi-cloche plongeant partiellement dans la chambre intérieure, de manière à former un frein à cisaillement.

De façon optionnelle également, la pièce de référence est un boîtier, la chambre intérieure est aménagée de forme hémisphérique à l'intérieur du boîtier et la
25 pièce mobile est une manette comportant une sphère à trois degrés de liberté rotatifs et un bras de préhension, ladite sphère plongeant partiellement dans la chambre intérieure, de manière à former un actionneur de type manette de jeu.

De façon optionnelle également, la pièce de référence est un boîtier ou stator, la chambre intérieure est aménagée de forme cylindrique à l'intérieur du boîtier ou
30 stator et la pièce mobile est un bras de commande ou rotor plongeant partiellement dans la chambre intérieure, de manière à former un actionneur à déplacement linéaire et rotatif.

L'invention sera mieux comprise à l'aide de la description qui va suivre, donnée uniquement à titre d'exemple et faite en se référant aux dessins annexés
35 dans lesquels :

- les figures 1 à 8 représentent, schématiquement et en coupes longitudinales, les structures générales de dispositifs à freinage ou amortissement magnéto-rhéologique, tels que des freins à cloche/disque ou actionneurs, selon différents modes de réalisation de l'invention,
- 5 - la figure 9 représente, schématiquement et en vue de dessus, la structure générale d'un dispositif de freinage selon un mode de réalisation expérimental de l'invention, sur lequel des tests ont été réalisés, et
- la figure 10 illustre, à l'aide d'un diagramme, un résultat des tests réalisés sur le dispositif de la figure 9.

10 Le dispositif 100, représenté schématiquement en coupe longitudinale sur la figure 1, est un frein à cisaillement, plus précisément un frein à cloche comportant un stator 102, ou pièce de référence, de forme quelconque et un rotor 104, ou pièce mobile par rapport à la pièce de référence, constitué d'un arbre rotatif centré 106 et d'une cloche cylindrique 108 entraînée par cet arbre rotatif 106.

15 Une chambre intérieure annulaire 110 est creusée dans le stator 102 à partir de sa face supérieure. Elle est remplie d'un fluide magnéto-rhéologique. Elle est par ailleurs dimensionnée de telle sorte qu'au moins une partie inférieure de la paroi latérale cylindrique de la cloche 108 puisse y plonger. En positionnement adéquat du rotor 104 par rapport au stator 102, c'est-à-dire lorsqu'une partie significative de la

20 paroi latérale de la cloche cylindrique 108 est immergée dans le fluide magnéto-rhéologique, il peut être considéré que la chambre intérieure 110 s'étend entre le stator 102 et le rotor 104.

 Dans l'épaisseur du stator 102 et au fond de la chambre intérieure 110, un générateur 112A, 112B de champ magnétique est disposé de manière à engendrer

25 des lignes de champ 114 dans le fluide magnéto-rhéologique. Selon l'orientation de la figure 1, ces lignes de champ sont horizontales dans le fluide magnéto-rhéologique. Elles agissent sur sa viscosité en formant des chaînes de particules magnéto-rhéologiques orientée radialement dans la chambre intérieure 110. Plus le champ magnétique engendré par le générateur 112A, 112B est élevé, plus la viscosité du

30 fluide magnéto-rhéologique est elle aussi élevée et plus l'effet de freinage en rotation agissant sur le rotor 104 dans la chambre intérieure 110 est important.

 Dans le mode de réalisation de la figure 1, selon lequel il est par exemple souhaité que le rotor 104 soit par défaut immobilisé en rotation par rapport au stator 102, le générateur 112A, 112B de champ magnétique est constitué d'un aimant

permanent en forme de disque à pôles nord 112A et sud 112B superposés. Les lignes de champs 114 qu'il engendre sont alors permanentes.

De façon avantageuse, la paroi latérale de la cloche cylindrique 108 et/ou le stator 102, au moins dans sa partie formant les parois de sa chambre intérieure 110, comportent un matériau ferromagnétique. Cela présente deux avantages. Tout d'abord, le fait que le stator 102 soit en matériau ferromagnétique permet de canaliser les lignes de champ comme souhaité. De plus, le fait que la paroi latérale de la cloche cylindrique 108 et les parois de la chambre intérieure 110 soient elles aussi en matériau ferromagnétique permet d'accentuer leur interaction par adhésion avec les chaînes de particules magnéto-rhéologiques et d'augmenter l'efficacité du freinage. Mais en variante, il est tout à fait possible de prévoir des matériaux amagnétiques, par exemple du plastique, pour chacun de ces éléments.

Conformément à l'invention, le dispositif 100 comporte au moins un élément vibrant 116 disposé contre au moins l'une des pièces de référence et mobile 102, 104. Plus précisément, dans ce mode de réalisation, l'élément vibrant 116 s'étend à l'intérieur de la cloche cylindrique 108 en prenant appui contre sa paroi latérale. Il peut par exemple prendre la forme d'un disque ou d'une tige. Il s'agit avantageusement d'un vibreur piézoélectrique, mais il pourrait aussi s'agir d'un vibreur excentrique ou d'un vibreur magnétostrictif. L'avantage d'un élément piézoélectrique est d'être neutre dans un champ magnétique.

Le dispositif 100 comporte enfin un dispositif électrique 118 d'activation des vibrations de l'élément vibrant 116 de manière à engendrer, par entraînement en vibration de la paroi latérale de la cloche cylindrique 108 contre laquelle il est disposé, des ondes de pression dans le fluide magnéto-rhéologique réduisant sa viscosité due aux lignes de champ 114. Plus précisément, lorsque l'élément vibrant 116 est en forme de disque vibrant, les ondes de pression engendrées dans le fluide magnéto-rhéologique par vibration de la paroi latérale de la cloche cylindrique 108 suivent la direction des lignes de champ 114, comme indiqué par la double flèche horizontale illustrée sous l'élément vibrant 116. Par ailleurs, le dispositif électrique d'activation 118 est conçu ou réglable, en coopération avec l'élément vibrant 116, pour engendrer des ondes acoustiques ultrasoniques dans une bande de fréquences de résonance d'au moins l'une des pièces de référence et mobile 102, 104. La génération de ces ondes acoustiques vise à réduire, voire supprimer, l'effet de freinage du champ magnétique permanent en faisant vibrer au moins une partie des pièces freinées en cisaillement.

La figure 2 illustre un autre mode de réalisation d'un frein à cloche selon l'invention. Ce frein à cloche 200 diffère du précédent 100 en ce que l'élément vibrant 116 est remplacé par une pluralité de pastilles vibrantes 216 disposées à l'intérieur de la cloche cylindrique 108 en prenant appui contre sa paroi latérale. Ces pastilles
5 sont par exemple réparties circulairement et leur nombre n'est limité que par leur taille. Elles sont avantageusement réalisées sous la forme de vibreurs piézoélectriques et les ondes de pression qu'elles engendrent dans le fluide magnéto-rhéologique par vibration de la paroi latérale de la cloche cylindrique 108, dans le but de réduire voire supprimer l'effet de freinage du champ magnétique,
10 suivent la direction des lignes de champ 114 comme indiqué par chaque double flèche horizontale illustrée sur chacune des deux pastilles vibrantes 216 dans la vue en coupe de la figure 2.

La figure 3 illustre un autre mode de réalisation d'un frein à cloche selon l'invention. Ce frein à cloche 300 diffère du premier 100 en ce que l'élément vibrant
15 116 est remplacé par une pastille vibrante 316 disposée entre l'arbre rotatif centré 106 et le fond de la cloche cylindrique 108. Elle est avantageusement réalisée sous la forme d'un vibreur piézoélectrique et les ondes de pression qu'elle engendre dans le fluide magnéto-rhéologique par vibration verticale de la cloche cylindrique 108, dans le but de réduire voire supprimer l'effet de freinage du champ magnétique, suivent
20 une direction orthogonale aux lignes de champ 114 comme indiqué par la double flèche verticale illustrée sur cette pastille vibrante 316 dans la vue en coupe de la figure 3.

La figure 4 illustre un autre mode de réalisation d'un frein à cloche selon l'invention. Ce frein à cloche 400 diffère du premier 100 en ce que l'élément vibrant
25 116 est remplacé par un élément vibrant 416 disposé au contact du stator 102. Plus précisément, dans ce mode de réalisation, l'élément vibrant 416 est disposé en partie centrale du stator 102, dans le volume compris entre la chambre intérieure annulaire 110 et l'aimant permanent 112A, 112B. Il s'agit avantageusement d'un vibreur piézoélectrique cylindrique disposé verticalement dans l'axe principal du stator 102
30 centré sur la chambre intérieure annulaire 110. Lorsqu'il vibre en épaisseur sous l'activation du dispositif électrique 118, dans le but de réduire voire supprimer l'effet de freinage du champ magnétique, il engendre, par entraînement en vibration du stator contre lequel il est disposé, des ondes de pression qui suivent la direction des lignes de champ 114, comme indiqué par la double flèche horizontale illustrée sur
35 l'élément vibrant 416.

La figure 5 illustre un autre mode de réalisation d'un frein à cloche selon l'invention. Ce frein à cloche 500 diffère du premier 100 en ce que l'élément vibrant 116 est remplacé par un élément vibrant 516 disposé au contact du stator 102. Plus précisément, dans ce mode de réalisation, l'élément vibrant 516 est disposé entre
5 l'aimant permanent 112A, 112B et le fond de la chambre intérieure annulaire 110. Il s'agit avantageusement d'un vibreur piézoélectrique en forme de disque vibrant en épaisseur sous l'activation du dispositif électrique 118. Il engendre ainsi des ondes de pression verticales orthogonales aux lignes de champ 114, comme indiqué par la double flèche verticale illustrée sur l'élément vibrant 516. En pratique, pour une
10 fabrication simple de ce mode de réalisation, l'élément vibrant 516 est disposé au fond d'un alésage cylindrique d'une partie externe du stator 102, sous lequel est disposé l'aimant permanent 112A, 112B. Une partie interne cylindrique du stator, de diamètre extérieur légèrement inférieur au diamètre de l'alésage de la partie externe et comportant la chambre intérieure annulaire 110, est alors rapportée sur l'élément
15 vibrant 516 en laissant un espace annulaire latéral par lequel la connexion électrique nécessaire entre l'élément vibrant 516 et son dispositif d'activation 118 peut passer.

Le dispositif 600, représenté schématiquement en coupe longitudinale sur la figure 6, est un frein à cisaillement, plus précisément un frein à disque comportant un stator 602, formant une pièce de référence, et un rotor 604, formant une pièce mobile
20 par rapport à la pièce de référence, constitué d'un arbre rotatif centré 606 et d'un disque 608 entraînée par cet arbre rotatif 606.

Une chambre intérieure cylindrique 610 est aménagée à l'intérieur du stator 602. L'arbre rotatif 606 traverse de façon hermétique une paroi supérieure du stator 602 de sorte que son extrémité inférieure et le disque 608 qu'elle porte plongent dans
25 le fluide magnéto-rhéologique qui remplit la chambre intérieure cylindrique 610. Il peut donc être considéré que la chambre intérieure 610 s'étend entre le stator 602 et le rotor 604. Un aimant permanent en forme de disque à pôles nord 612A et sud 612B superposés est disposé dans le fond de la chambre intérieure cylindrique 610. Il engendre des lignes de champ 614 dans le fluide magnéto-rhéologique de manière à
30 freiner par cisaillement toute rotation du rotor 604 par rapport au stator 602.

Conformément à l'invention, le dispositif 600 comporte au moins un élément vibrant 616 disposé contre au moins l'une des pièces de référence et mobile 602, 604. Plus précisément, dans ce mode de réalisation, l'élément vibrant 616 est une pastille piézoélectrique vibrante, disposée entre l'extrémité inférieure de l'arbre rotatif
35 606 et le disque 608, dont les vibrations verticales sont activées par un dispositif

électrique 618. Les ondes de pression engendrées dans le fluide magnéto-rhéologique par vibration du disque 608, dans le but de réduire voire supprimer l'effet de freinage du champ magnétique, sont orthogonales aux lignes de champ 114, comme indiqué par la double flèche verticale illustrée sur l'élément vibrant 616. Par
5 ailleurs, le dispositif électrique d'activation 618 est conçu ou réglable, en coopération avec l'élément vibrant 616, pour engendrer des ondes acoustiques ultrasoniques dans une bande de fréquences de résonance d'au moins l'une des pièces de référence et mobile 602, 604.

Le dispositif 700, représenté schématiquement en coupe longitudinale sur la
10 figure 7, est un actionneur de type manette de jeu (de l'anglais « joystick »). Il comporte un boîtier 702, ou pièce de référence, de forme quelconque et une manette 704, ou pièce mobile par rapport à la pièce de référence, constituée d'une sphère 706 à trois degrés de liberté rotatifs et d'un bras de préhension 708.

Une chambre intérieure hémisphérique 710 est aménagée à l'intérieur du
15 boîtier 702. La sphère 706 traverse de façon hermétique une paroi supérieure du boîtier 702, cette paroi supérieure étant creusée en portion de sphère, de sorte que la moitié inférieure de la sphère 706 plonge sans degré de liberté en translation dans le fluide magnéto-rhéologique qui remplit la chambre intérieure hémisphérique 710. Il peut donc être considéré que la chambre intérieure 710 s'étend entre le boîtier 702 et
20 la manette 704. Un aimant permanent en forme de disque à pôles nord 712A et sud 712B superposés est disposé dans le boîtier 702 sous la chambre intérieure hémisphérique 710. Il engendre des lignes de champ 714 dans le fluide magnéto-rhéologique de manière à freiner ou amortir toute rotation de la sphère 706 et donc de la manette 704 par rapport au boîtier 702.

Conformément à l'invention, le dispositif 700 comporte au moins un élément vibrant 716 disposé contre au moins l'une des pièces de référence et mobile 702, 704. Plus précisément, dans ce mode de réalisation, il comporte au moins deux éléments vibrants 716, par exemple des pastilles piézoélectriques vibrantes, disposées à l'interface du boîtier 702 et de la chambre intérieure 710. Les vibrations
30 de ces pastilles 716 sont activées par un dispositif électrique 718. Elles engendrent des ondes de pression dans le fluide magnéto-rhéologique dont l'orientation est indiquée à titre d'exemple non limitatif par les doubles flèches illustrées sur les pastilles 716. Par ailleurs, le dispositif électrique d'activation 718 est conçu ou réglable, en coopération avec les pastilles 716, pour engendrer des ondes
35 acoustiques ultrasoniques dans une bande de fréquences de résonance d'au moins

l'une des pièces de référence et mobile 702, 704. La génération de ces ondes acoustiques vise à réduire, voire supprimer, l'effet de freinage ou d'amortissement du champ magnétique permanent en faisant vibrer les pièces freinées en cisaillement. Il est par ailleurs possible de régler finement les vibrations des pastilles 716 et orienter
5 ainsi les ondes de pression dans le fluide magnéto-rhéologique de sorte que l'effet de freinage ou d'amortissement ne soit réduit, voire supprimé, que selon certaines directions privilégiées, par exemple un axe de rotation et pas les autres.

Le dispositif 800, représenté schématiquement en coupe longitudinale sur la figure 8, est un actionneur à déplacement linéaire et rotatif. Il comporte un boîtier ou
10 stator 802, remplissant la fonction de pièce de référence, de forme quelconque et un bras de commande ou rotor 804, remplissant la fonction de pièce mobile par rapport à la pièce de référence.

Une chambre intérieure cylindrique 810 est aménagée à l'intérieur du stator 802. Le rotor 804 traverse de façon hermétique une paroi supérieure du stator 802 de sorte que sa portion inférieure, de plus grande largeur cylindrique, plonge dans le
15 fluide magnéto-rhéologique qui remplit la chambre intérieure cylindrique 810 sans autre degré de liberté qu'une translation verticale (pour un fonctionnement en valve) et une rotation (pour un fonctionnement en frein à cisaillement) autour de l'axe de translation verticale. Il peut donc être considéré que la chambre intérieure 810
20 s'étend entre le stator 802 et le rotor 804. Un aimant permanent en forme de disque à pôles nord 812A et sud 812B superposés est disposé dans la portion de plus grande largeur cylindrique du rotor 804 immergée dans la chambre intérieure cylindrique 810. Il engendre ainsi des lignes de champ 814 dans le fluide magnéto-rhéologique de manière à freiner ou amortir toute translation ou rotation verticale du rotor 804 par
25 rapport au stator 802.

Conformément à l'invention, le dispositif 800 comporte au moins un élément vibrant 816 disposé contre au moins l'une des pièces de référence et mobile 802, 804. Plus précisément, dans ce mode de réalisation, il comporte au moins deux éléments vibrants 816, par exemple des pastilles piézoélectriques vibrantes,
30 disposées à l'intérieur de la portion de plus grande largeur du rotor 804. Les vibrations de ces pastilles 716 sont activées par un dispositif électrique 818. Elles engendrent, par l'intermédiaire de la portion de plus grande largeur du rotor 804 dans laquelle elles sont disposées, des ondes de pression dans le fluide magnéto-rhéologique dont l'orientation horizontale est indiquée à titre d'exemple non limitatif
35 par les doubles flèches illustrées sur les pastilles 816. Par ailleurs, le dispositif

électrique d'activation 818 est conçu ou réglable, en coopération avec les pastilles 816, pour engendrer des ondes acoustiques ultrasoniques dans une bande de fréquences de résonance d'au moins l'une des pièces de référence et mobile 802, 804. La génération de ces ondes acoustiques vise à réduire, voire supprimer, l'effet
5 de freinage ou d'amortissement du champ magnétique permanent en faisant vibrer les pièces freinées en cisaillement ou linéairement.

La figure 9 illustre schématiquement, en vue de dessus avec certains éléments visibles en transparence, un frein à cloche 900 similaire aux dispositifs des figures 1 à 5, mais configuré de façon particulière pour effectuer des tests.

10 Ce frein à cloche comporte un stator 902 et un rotor 904 métalliques. Le rotor est constitué d'un arbre rotatif centré 906 et d'une cloche cylindrique 908 de quelques centimètres de diamètre entraînée par cet arbre rotatif 906. Une chambre intérieure annulaire 910 est creusée dans le stator 902 (délimitée par son plus grand diamètre en trait plein et son plus petit diamètre en traits interrompus courts). Elle est remplie
15 d'un fluide magnéto-rhéologique soumis à un champ magnétique créant des lignes de champ orientées radialement. Elle est par ailleurs dimensionnée de telle sorte qu'une partie inférieure de la paroi latérale cylindrique de la cloche 908 puisse y plonger.

La paroi latérale cylindrique de la cloche 908 est découpée orthogonalement au plan de la figure 9 de manière à présenter deux portions indépendantes l'une de
20 l'autre en termes de vibrations. Une première portion 908A, représentant environ 20% de la surface totale de la paroi latérale cylindrique est soumise aux vibrations d'un actionneur piézoélectrique 912 à couches multiples en appui contre elle grâce à la disposition d'une cale 914 contre l'arbre rotatif 906. Ces vibrations sont parallèles aux lignes de champ dans le fluide magnéto-rhéologique. L'actionneur piézoélectrique
25 912 et la cale 914 sont visibles par transparence mais sont en fait disposées à l'intérieur de la cloche 908. La deuxième portion 908B de la paroi latérale cylindrique de la cloche 908 n'est soumise à aucune vibration.

La figure 10 illustre un résultat de tests réalisés sur le frein à cloche de la figure 9. Selon ces tests, la cloche 908 est mise en rotation à vitesse angulaire
30 constante et le couple de freinage C (exprimé en N.m) qui s'applique sur elle est mesuré. Les vibrations de l'actionneur piézoélectrique 912 contre la première portion 908A de la paroi latérale cylindrique de la cloche 908 sont activées selon différentes tensions d'excitation (de 1 à 40 V pic à pic) et fréquences (de 0 à 30 kHz) pendant cette mesure.

Une première courbe C1 en trait continu reprend les mesures du couple de freinage C en fonction des fréquences de vibrations pour une tension d'excitation de 1 V. Une deuxième courbe C2 en traits interrompus longs reprend les mesures du couple de freinage C en fonction des fréquences de vibrations pour une tension d'excitation de 2 V. Une troisième courbe C3 en traits interrompus mixtes longs reprend les mesures du couple de freinage C en fonction des fréquences de vibrations pour une tension d'excitation de 4 V. Une quatrième courbe C4 en traits interrompus courts reprend les mesures du couple de freinage C en fonction des fréquences de vibrations pour une tension d'excitation de 10 V. Une cinquième courbe C5 en traits interrompus mixtes courts reprend les mesures du couple de freinage C en fonction des fréquences de vibrations pour une tension d'excitation de 20 V. Enfin, une sixième courbe C6 en pointillés reprend les mesures du couple de freinage C en fonction des fréquences de vibrations pour une tension d'excitation de 40 V.

On observe tout d'abord une réduction du couple de freinage de plus en plus significative au fur et à mesure que l'on augmente la tension d'excitation à fréquence de vibration constante.

En outre, pour chacune des trois dernières courbes à tension d'excitation donnée, C4, C5, C6, on observe des réductions importantes du couple de freinage pour certaines fréquences de vibration, notamment voisines de 8, 13, 20 et 28 kHz dans l'exemple du frein à cloche 900 de la figure 9. Ces fréquences correspondent à des fréquences de résonance d'au moins une partie des éléments constitutifs de ce frein à cloche 900.

Par ailleurs, bien que seulement 20% de la portion latérale cylindrique de la cloche 908 soit soumise aux vibrations de l'actionneur piézoélectrique 912, l'effet de freinage peut être réduit jusqu'à environ 35% (courbe C6 autour de 20 kHz) montrant une probable propagation dans tout le fluide magnéto-rhéologique de l'effet d'une vibration locale sur les chaînes de particules magnéto-rhéologiques.

Par ailleurs, des tests ont été réalisés sur une configuration de frein à cloche selon laquelle des vibrations tangentielles sont appliquées à la paroi latérale cylindrique de la cloche (non illustrée). Ils ont montré le même type de résultats.

Ces tests montrent enfin qu'un dispositif selon l'invention peut avantageusement utiliser les fréquences de résonances des pièces qui le composent et que la disposition du ou des éléments vibrants peut être optimisée au cas par cas

en fonction de la configuration de l'ensemble pour améliorer l'effet sur la réduction du couple de freinage ou amortissement lors de l'activation des vibrations.

Il apparaît clairement qu'un dispositif à freinage ou amortissement magnéto-rhéologique tel que l'un de ceux décrits précédemment permet de contrer efficacement l'effet de freinage ou amortissement d'un fluide magnéto-rhéologique soumis à un champ magnétique à l'aide d'éléments vibrants peu encombrants, très réactifs et peu consommateurs en énergie électrique.

Des applications multiples sont envisageables pour la conception de freins reconfigurables à grande capacité de couple, d'amortisseurs, de systèmes d'embrayages ou d'actionneurs, dans des domaines aussi divers que les interface homme-machine, l'haptique, l'automobile, l'aéronautique, les jeux ou les instruments de mesure.

En particulier, dans le domaine automobile par exemple, la configuration en frein à cloche ou à disque des figures 1 à 6 est tout particulièrement adaptée pour concevoir un système d'embrayage magnéto-rhéologique. L'une des deux pièces, de référence ou mobile par rapport à la pièce de référence, est ainsi un élément de l'arbre moteur de l'embrayage, tandis que l'autre des deux pièces est un élément de l'arbre récepteur de l'embrayage, les deux pièces étant mobiles en rotation lorsque l'effet de freinage (autrement dit : l'effet d'embrayage) est temporairement réduit ou supprimé (i.e. le débrayage).

L'utilité d'un dispositif tel que l'un de ceux décrits précédemment est particulièrement sensible lorsqu'un couple de freinage ou d'amortissement important est nécessaire et que la pièce mobile doit, par défaut, rester bloquée. On peut notamment l'appliquer à des systèmes de bras repositionnables pour déplacer une lampe, une loupe ou tout autre instrument : l'idée est de désactiver temporairement le frein magnéto-rhéologique par vibrations lorsque l'utilisateur veut positionner correctement le système puis de le fixer dans la position voulue en arrêtant les vibrations.

On notera par ailleurs que l'invention n'est pas limitée aux modes de réalisations décrits précédemment.

Il existe une grande quantité de configurations possibles pour son implémentation. On peut ainsi choisir de l'implémenter sur un dispositif rotatif, avec un rotor en disque, cloche ou multi-cloche, ou sur un dispositif linéaire tel qu'il peut en être trouvé dans l'état de la technique. L'élément vibrant peut prendre diverse formes. Il peut être disposé pour engendrer des vibrations tangentielles ou normales au

champ magnétique et donc aux chaînes de particules magnéto-rhéologiques formées par ce champ. Enfin le principe peut être utilisé dans des dispositifs à frein ou amortisseur utilisant un aimant permanent, un électro-aimant, ou une combinaison de sources de champ magnétique.

- 5 Il apparaîtra plus généralement à l'homme de l'art que diverses modifications peuvent être apportées aux modes de réalisation décrits ci-dessus, à la lumière de l'enseignement qui vient de lui être divulgué. Dans les revendications qui suivent, les termes utilisés ne doivent pas être interprétés comme limitant les revendications aux modes de réalisation exposés dans la présente description, mais doivent être
- 10 interprétés pour y inclure tous les équivalents que les revendications visent à couvrir du fait de leur formulation et dont la prévision est à la portée de l'homme de l'art en appliquant ses connaissances générales à la mise en œuvre de l'enseignement qui vient de lui être divulgué.

REVENDECATIONS

1. Dispositif (100 ; 200 ; 300 ; 400 ; 500 ; 600 ; 800 ; 900) à freinage ou amortissement magnéto-rhéologique comportant :

- 5 - une pièce de référence (102 ; 602 ; 702 ; 802 ; 902),
- une pièce mobile (104 ; 604 ; 704 ; 804 ; 904) par rapport à la pièce de référence (102 ; 602 ; 702 ; 802 ; 902),
- une chambre intérieure (110 ; 610 ; 710 ; 810 ; 910) s'étendant entre la pièce de référence (102 ; 602 ; 702 ; 802 ; 902) et la pièce mobile (104 ; 604 ; 704 ; 804 ; 904), remplie d'un fluide magnéto-rhéologique,
- 10 - un générateur (112A, 112B ; 612A, 612B ; 712A, 712B ; 812A, 812B) de champ magnétique disposé de manière à engendrer des lignes de champ (114 ; 614 ; 714 ; 814) dans le fluide magnéto-rhéologique qui agissent sur sa viscosité pour s'opposer à un déplacement de la
- 15 pièce mobile (104 ; 604 ; 704 ; 804 ; 904) par rapport à la pièce de référence (102 ; 602 ; 702 ; 802 ; 902) par effet de freinage ou amortissement,

caractérisé en ce qu'il comporte en outre :

- 20 - au moins un élément vibrant (116 ; 216 ; 316 ; 416 ; 516 ; 616 ; 716 ; 816 ; 912) disposé contre au moins l'une desdites pièces de référence (102 ; 602 ; 702 ; 802 ; 902) et mobile (104 ; 604 ; 704 ; 804 ; 904), et
- un dispositif (118 ; 618 ; 718 ; 818) d'activation des vibrations dudit
- 25 au moins un élément vibrant (116 ; 216 ; 316 ; 416 ; 516 ; 616 ; 716 ; 816 ; 912) de manière à engendrer des ondes de pression dans le fluide magnéto-rhéologique réduisant la viscosité du fluide magnéto-rhéologique due aux lignes de champ (114 ; 614 ; 714 ; 814).

2. Dispositif (100 ; 200 ; 300 ; 400 ; 500 ; 600 ; 800 ; 900) à freinage ou amortissement magnéto-rhéologique selon la revendication 1, dans lequel au moins 30 l'une desdites pièces de référence (102 ; 602 ; 702 ; 802 ; 902) et mobile (104 ; 604 ; 704 ; 804 ; 904) comporte un matériau ferromagnétique.

3. Dispositif (100 ; 200 ; 300 ; 400 ; 500 ; 600 ; 800 ; 900) à freinage ou amortissement magnéto-rhéologique selon la revendication 1 ou 2, dans lequel le 35 générateur (112A, 112B ; 612A, 612B ; 712A, 712B ; 812A, 812B) de champ

magnétique comporte un aimant permanent disposé de manière à engendrer des lignes de champ permanentes (114 ; 614 ; 714 ; 814) dans le fluide magnéto-rhéologique.

4. Dispositif (100 ; 200 ; 300 ; 400 ; 500 ; 600 ; 800 ; 900) à freinage ou
5 amortissement magnéto-rhéologique selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel ledit au moins un élément vibrant (116 ; 216 ; 316 ; 416 ; 516 ; 616 ; 716 ; 816 ; 912) et le dispositif d'activation (118 ; 618 ; 718 ; 818) sont conçus pour engendrer des ondes acoustiques ultrasoniques dans une bande de fréquences de résonance d'au moins l'une desdites pièces de référence (102 ; 602 ; 702 ; 802 ; 902)
10 et mobile (104 ; 604 ; 704 ; 804 ; 904).

5. Dispositif (100 ; 200 ; 300 ; 400 ; 500 ; 600 ; 800 ; 900) à freinage ou amortissement magnéto-rhéologique selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel ledit au moins un élément vibrant (116 ; 216 ; 316 ; 416 ; 516 ; 616 ; 716 ; 816 ; 912) comporte au moins l'un des éléments de l'ensemble constitué d'un
15 vibreur excentrique, d'un vibreur piézoélectrique et d'un vibreur magnétostrictif.

6. Dispositif (100 ; 200 ; 400 ; 900) à freinage ou amortissement magnéto-rhéologique selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel ledit au moins un élément vibrant (116 ; 216 ; 416 ; 912) est disposé de manière à propager les ondes de pression qu'il engendre dans le sens des lignes de champ (114) dans le
20 fluide magnéto-rhéologique.

7. Dispositif (300 ; 500 ; 600 ; 700 ; 800) à freinage ou amortissement magnéto-rhéologique selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel ledit au moins un élément vibrant (316 ; 516 ; 616 ; 716 ; 816) est disposé de manière à propager les ondes de pression qu'il engendre orthogonalement aux lignes de
25 champ (114 ; 614 ; 714 ; 814) dans le fluide magnéto-rhéologique.

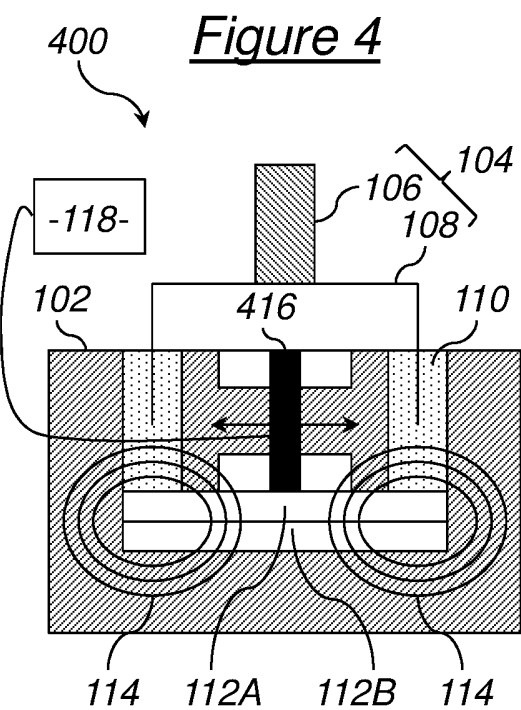
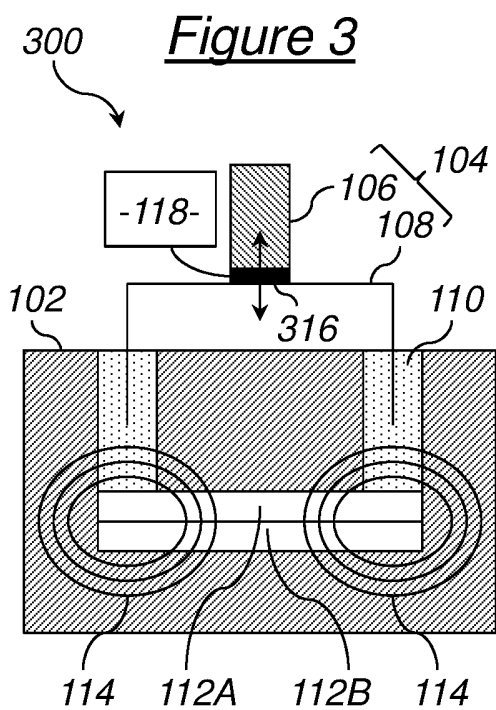
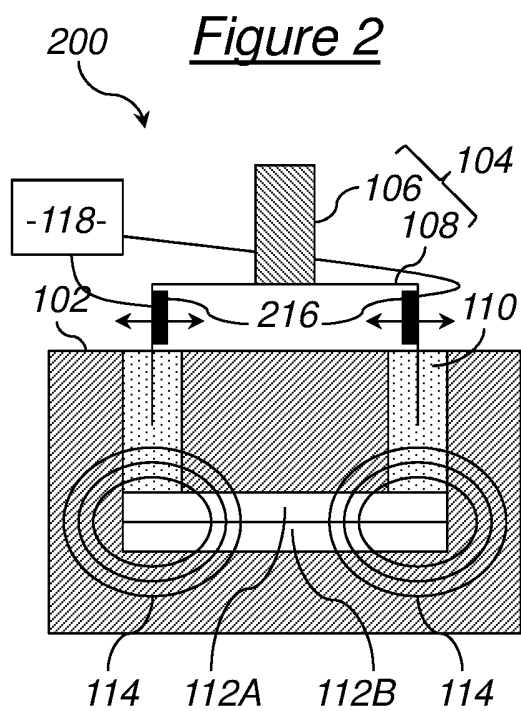
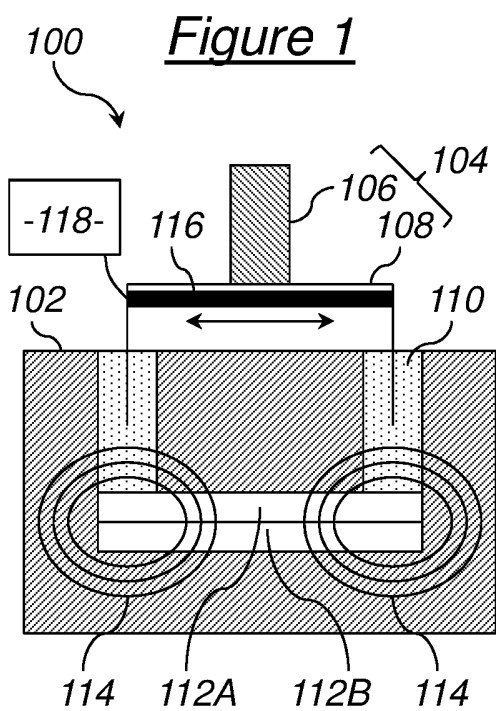
8. Dispositif (100 ; 200 ; 300 ; 400 ; 500 ; 600 ; 900) à freinage ou amortissement magnéto-rhéologique selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, dans lequel la pièce de référence (102 ; 602 ; 902) est un stator, la chambre intérieure (110 ; 610 ; 910) est creusée de forme annulaire ou cylindrique dans le
30 stator et la pièce mobile (104 ; 604 ; 904) est un rotor à disque, cloche ou multi-cloche plongeant partiellement dans la chambre intérieure (110 ; 610 ; 910), de manière à former un frein à cisaillement.

9. Dispositif (700) à freinage ou amortissement magnéto-rhéologique selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, dans lequel la pièce de référence (702)
35 est un boîtier, la chambre intérieure (710) est aménagée de forme hémisphérique à

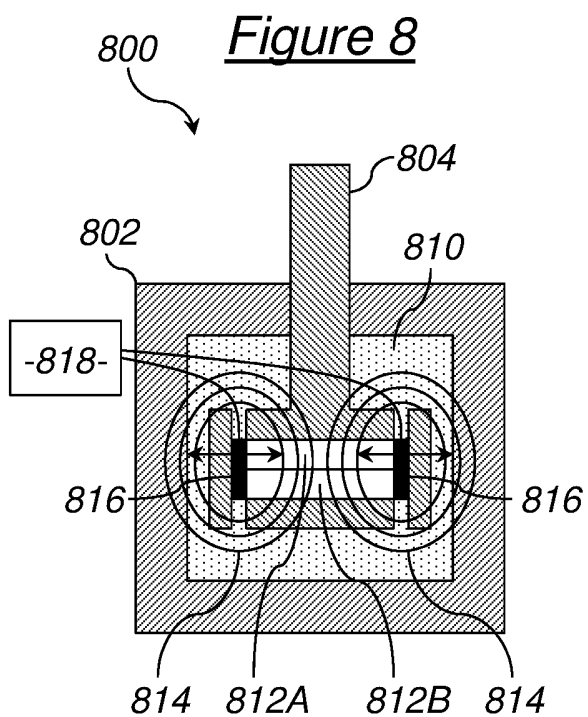
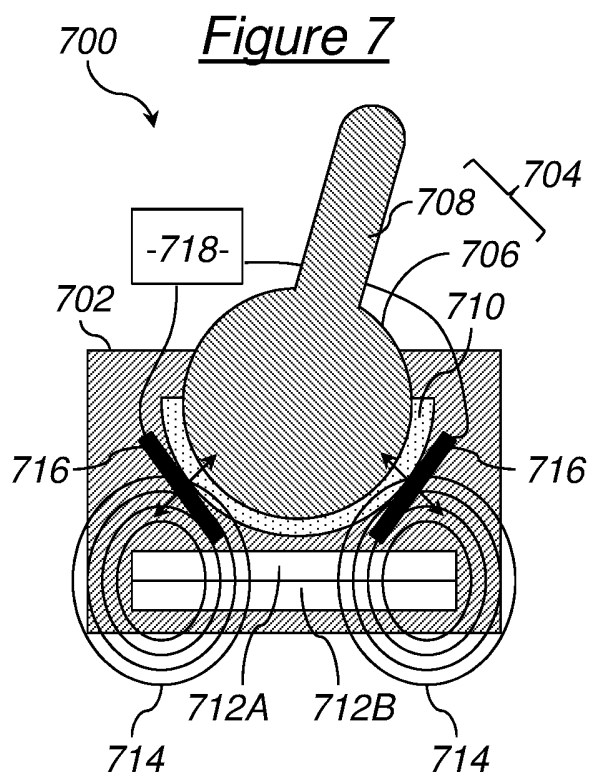
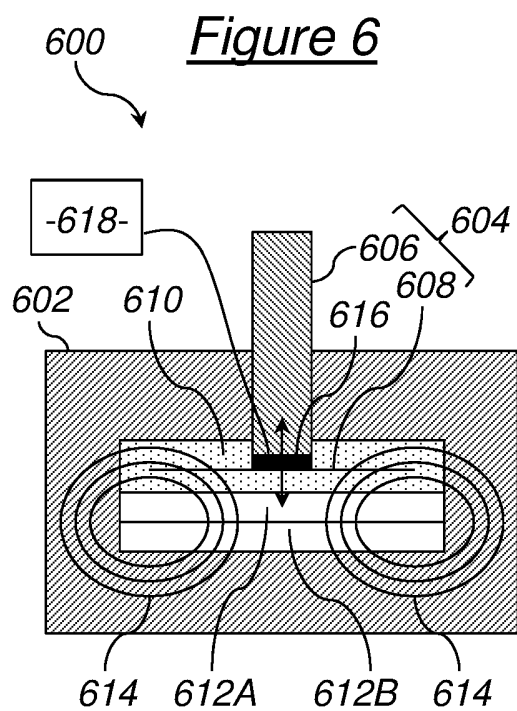
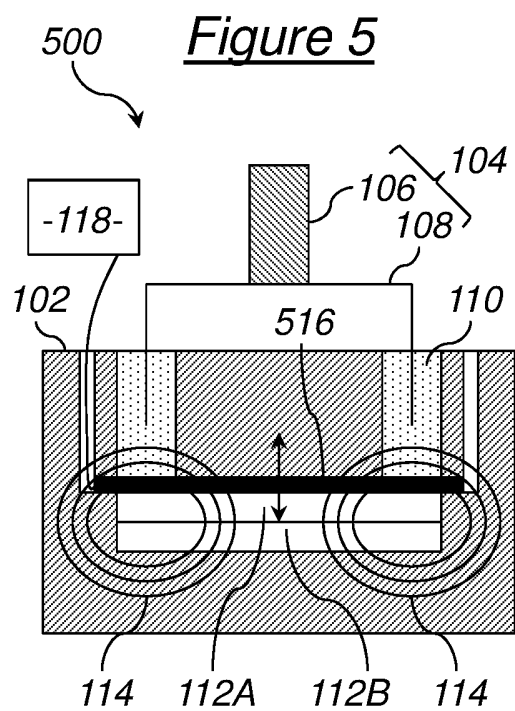
l'intérieur du boîtier et la pièce mobile (704) est une manette comportant une sphère (706) à trois degrés de liberté rotatifs et un bras de préhension (708), ladite sphère (706) plongeant partiellement dans la chambre intérieure (710), de manière à former un actionneur de type manette de jeu.

- 5 10. Dispositif (800) à freinage ou amortissement magnéto-rhéologique selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, dans lequel la pièce de référence (802) est un boîtier ou stator, la chambre intérieure (810) est aménagée de forme cylindrique à l'intérieur du boîtier ou stator et la pièce mobile (804) est un bras de commande ou rotor plongeant partiellement dans la chambre intérieure (810), de
10 manière à former un actionneur à déplacement linéaire et rotatif.

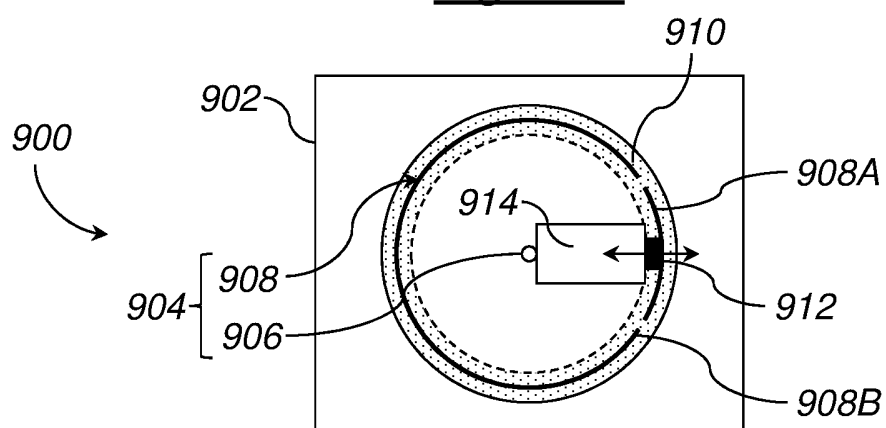
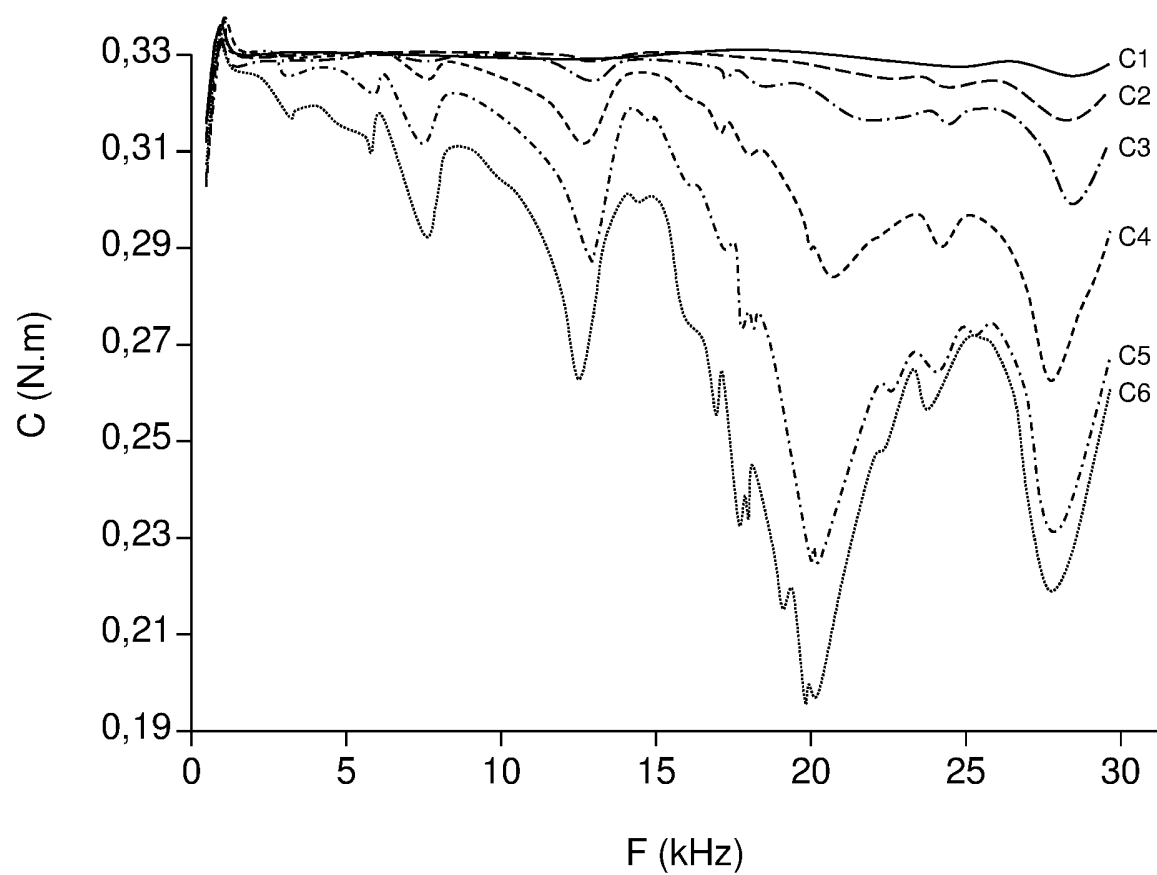
1/3



2/3



3/3

Figure 9Figure 10



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

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

N° d'enregistrement
national

FA 821500
FR 1561934

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
A	FR 2 724 702 A1 (FICHTEL & SACHS AG [DE]) 22 mars 1996 (1996-03-22) * figure 1; 2 *	1-10	F16F9/53 G05G5/03
A,D	----- EP 2 274 660 A1 (COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE [FR]) 19 janvier 2011 (2011-01-19) * le document en entier *	1-10	
A	----- US 5 547 049 A (WEISS KEITH D [US] ET AL) 20 août 1996 (1996-08-20) * colonne 7, ligne 25 - ligne 37 *	1-10	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			F16F
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
9 septembre 2016		de Miscault, Xavier	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE**RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1561934 FA 821500**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **09-09-2016**

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)		Date de publication
FR 2724702	A1	22-03-1996	DE	4433056 A1	28-03-1996
			FR	2724702 A1	22-03-1996
			US	5632361 A	27-05-1997

EP 2274660	A1	19-01-2011	EP	2274660 A1	19-01-2011
			FR	2930655 A1	30-10-2009
			JP	5523444 B2	18-06-2014
			JP	5916783 B2	11-05-2016
			JP	2011519098 A	30-06-2011
			JP	2014149857 A	21-08-2014
			US	2011181405 A1	28-07-2011
			WO	2009133056 A1	05-11-2009

US 5547049	A	20-08-1996	AUCUN		
