

⑫ DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

⑮ Date de dépôt : 03.06.92.

⑯ Priorité :

⑰ Demandeur(s) : CLAUSIN Jacques — FR.

⑱ Inventeur(s) : CLAUSIN Jacques.

⑳ Date de la mise à disposition du public de la demande : 10.12.93 Bulletin 93/49.

㉑ Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : Se reporter à la fin du présent fascicule.

㉒ Références à d'autres documents nationaux apparentés :

㉓ Titulaire(s) :

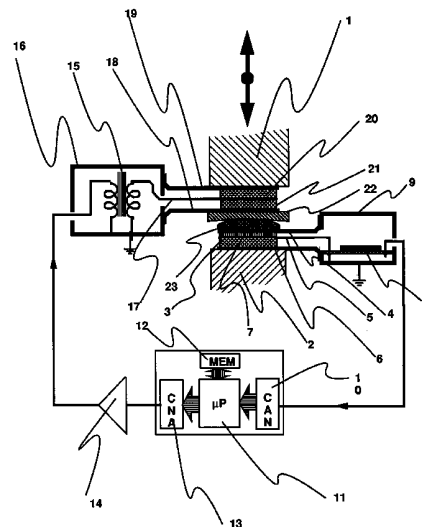
㉔ Mandataire :

㉕ Dispositif de réduction de la transmission des vibrations de machines vibrantes à l'environnement par l'intermédiaire de leurs liaisons.

㉖ L'invention concerne un dispositif de réduction de transmission des vibrations.

Elle consiste en un empilage de plaques piézoélectriques dont une plaque (6) sert à mesurer la force vibratoire transmise, et les autres (20) et (21) servant à générer un déplacement vibratoire commandé par un microprocesseur (11) et tel qu'il diminue très fortement la force vibratoire transmise.

Le dispositif est particulièrement adapté à la réduction des vibrations rayonnées par les bateaux militaires, la stabilisation des appareils de pointage et des appareils de visée et l'augmentation du confort des moyens de transport.



FR 2 692 017 - A1



On connaît les dispositifs de réduction de transmission des vibrations des machines ou d'objets soumis à des mouvements vibratoires que sont les plots amortisseurs constitués de blocs d'élastomères ou d'autres matériaux élastiques à forte dissipation interne. L'efficacité de ces dispositifs est insuffisante lorsque la propagation des vibrations doit être faible, par exemple pour assurer la discrétion acoustique des sous marins ou des bateaux de surface, la stabilité des systèmes de visée, ou encore améliorer le confort de passagers de véhicules de loisirs, paquebots, voitures, trains ou avions. L'invention apporte une amélioration importante dans la réduction de la propagation des vibrations, pouvant réduire la transmission des vibrations résiduelles après une première réduction par un dispositif conventionnel, d'un facteur de 10 à 100. Elle diminue ainsi considérablement les coûts des machines, ne nécessite plus de recourir à des procédés d'isolation des vibrations lourds, encombrants et onéreux, et améliore les suspensions existantes.

Selon l'invention, lorsque la vibration à réduire se propage selon un seul axe, le dispositif assurant la réduction des vibrations est constitué de 2 ensembles de plaques piézoélectriques, dont l'effet piézoélectrique se manifeste selon l'épaisseur, c'est à dire perpendiculairement à la plus grande dimension, empilés l'un sur l'autre.

Selon l'invention le premier ensemble de plaques piézoélectriques que nous appellerons par la suite l'émetteur est excité par une tension oscillatoire et se dilate et se contracte selon l'axe parallèle à l'épaisseur.

Selon l'invention, le second ensemble de plaques piézoélectriques que nous appellerons récepteur dont l'axe de symétrie est confondu avec celui de l'émetteur délivre une tension proportionnelle à l'effort qui lui est appliqué selon l'axe parallèle à l'épaisseur.

Selon l'invention, ces 2 ensembles collés sont séparés par une feuille de métal formant écran électrique et sont placés en sandwich entre le point d'appui de la machine vibrante ou plus généralement le générateur de vibrations et le sol ou la structure qui ne doit pas être soumise aux vibrations indésirables.

Selon l'invention, le récepteur est réuni à un amplificateur de signal électronique filtrant les fréquences basses et les fréquences élevées et qui n'amplifie que les fréquences vibratoires gênantes.

35

Selon l'invention, la tension ainsi convenablement amplifiée est convertie en données numériques par l'intermédiaire d'un convertisseur approprié.

Selon l'invention, ces données sont délivrées à un processeur spécialisé programmé pour assurer les séquences ci-après.

Première séquence : Toutes les données numériques ci-dessus sont de nouveau filtrées dès qu'elles sont converties en utilisant un filtre numérique passe bande à fronts
5 très raides, afin de réduire de plus de - 80 dB les fréquences hors du domaine de réduction des fréquences vibratoires gênantes désiré. La réduction des vibrations s'effectue ensuite selon les cycles de séquences ci-dessous :

Deuxième séquence : Selon l'invention, le processeur ci-dessus dédié au contrôle du
10 fonctionnement mémorise la tension filtrée sous forme numérique provenant de l'émetteur et qui est la traduction fidèle de l'effort vibratoire transmis par la machine vibrante vers la structure de l'appui.

Troisième séquence : Selon l'invention, le processeur recherche alors le temps de
15 récurrence du signal vibratoire à neutraliser, temps séparant 2 formes d'ondes identiques répétitives.

Quatrième séquence : Selon l'invention, le processeur met en mémoire un cycle du signal vibratoire récurrent identifié à la séquence précédente, en des points calculés par
20 interpolation ou mesurés en grand nombre. Lorsque cette séquence est terminée, commence la régulation proprement dite.

Cinquième séquence : Selon l'invention, le processeur injecte ce signal en continu et en le reproduisant à chaque cycle, à un convertisseur numérique analogique, ce dernier
25 pilotant l'entrée d'un amplificateur de puissance, dont la sortie est couplée à un transformateur élévateur de tension, destiné à adapter les impédances de sortie de l'amplificateur à l'émetteur décrit précédemment, afin d'assurer à celui-ci un mouvement oscillatoire selon son épaisseur. Simultanément, le processeur filtre la tension émise par le récepteur, et mesure son amplitude moyennée sur un nombre de cycles supérieur au retard
30 provoqué par le filtrage.

Sixième séquence : Selon l'invention, par approximations successives et pendant une durée déterminée, le processeur recherche le meilleur coefficient à appliquer à l'amplitude du signal injecté et le meilleur décalage temporel des points du cycle du signal injecté tel
35 que l'effort mesuré soit minimal. A la fin de la durée déterminée, si le signal qui est le reflet direct de la force transmise n'est pas inférieur à une valeur seuil de consigne, le processeur revient à la première séquence, sinon, il poursuit les opérations de la cinquième séquence. Ainsi le dispositif se comporte, dans la bande de fréquence utile, comme une suspension élastique extrêmement souple, car il assure une transmission de force très faible, tout en
40 maintenant le niveau vibratoire de l'objet vibrant.

Selon l'invention, lors d'une variation de fréquence ou d'amplitude des vibrations de la machine, le dépassement de la valeur seuil prédéterminée fait commuter le cycle en première séquence, et le cycle complet est repris. Ainsi, le dispositif s'adapte automatiquement aux évolutions de la source vibratoire.

5

Selon l'invention, l'assemblage mécanique et électrique des éléments décrits ci-dessus forme un module de réduction de vibration monoaxe. Plusieurs modules sont nécessaires lorsque l'axe de déplacement vibratoire n'est pas connu ou est fluctuant : ils peuvent être d'une structure simple ou complexe selon l'utilisation désirée, les modules du premier type seront appelés par la suite modules simples, les seconds modules indifférents. Une description préférentielle non limitative est représentée figures 1, 2 et 3.

La figure 1 représente une coupe de la structure mécanique et le schéma des éléments électroniques et informatiques assurant la régulation dont l'ensemble constitue un module de réduction de vibrations monoaxe simple.

La masse (1) représente le bâti de la machine vibrante ou du générateur de vibrations, cela peut être aussi l'extrémité d'appui d'un plot antivibratoire dont l'effet est ainsi renforcé. La masse (2) schématise la structure sur laquelle repose la machine, par l'intermédiaire du dispositif objet de l'invention. L'invention comporte un capteur de force, constitué des éléments suivants : une plaque en céramique piézoélectrique(3) convertissant en signal électrique les efforts provenant de la machine (1), ce signal étant véhiculé par une feuille de métal (5) vers un amplificateur (8). Selon l'invention, la feuille de métal (5) et l'amplificateur (8) sont protégés des rayonnements électrostatiques et magnétiques par les 2 feuilles de métal (4) et (6) et une boîte formant blindage (9), les feuilles de métal (3), (4) et (5) de très faible épaisseur présentant une flexibilité très importante selon l'axe de vibration afin de ne pas perturber le fonctionnement du capteur de force.

L'invention comporte aussi un générateur de déplacement vibratoire constitué d'un amplificateur de puissance (14) dont la tension sortie est amplifiée par le transformateur adaptateur (15), dont la sortie est reliée au point commun des 2 plaques piézoélectriques (20) et (21), montées de telle manière que leurs polarisations soient inverses et que leurs déplacements s'additionnent. Les 2 faces restantes des 2 plaques (20) et (21) sont raccordées au boîtier (16) par des feuilles de métal (18), (19), l'ensemble(16), (18), (19) formant un écran électrostatique de grande qualité, qui avec les blindages (4), (6) et (9), rendent la diaphonie entre les signaux d'émission haute tension de mise en vibration du générateur et les signaux extrêmement ténus reçus par l'amplificateur (8) négligeable. De même que pour les liaisons (4) et (6), les liaisons (18) et (19) sont constituées de feuilles de métal très fines et très flexibles.

Selon l'invention, l'empilage des éléments ci-dessus est séparé par une plaque rigide (22) dont une face est en forme de calotte sphérique, concave, et par une seconde plaque rigide (23) dont une face est en forme de calotte sphérique convexe, les 2 faces sphériques

étant en contact l'une de l'autre afin de conserver à la mesure des efforts une grande fidélité, en supprimant les moments parasites.

Selon l'invention, une feuille de matériau isolant (7) isole le conducteur (5) de la feuille de blindage (6).

5 Selon l'invention, la rotule formée par les 2 surfaces sphériques peut être placée en d'autres endroits, par exemple entre l'appui (1) et la feuille (19) ou entre la masse (2) et la feuille (3).

 Selon l'invention, la sortie de l'amplificateur (8) est raccordée au convertisseur analogique digital (10) , lui-même en liaison avec le microprocesseur (11) et la mémoire
10 (12). Les informations numériques délivrées par le microprocesseur sont ensuite reconverties en données analogiques par le convertisseur numérique analogique (13).

Ce module est utilisable lorsque qu'une force statique permanente s'applique dans une direction parallèle à la vibration et de sens tel qu'elle maintient l'ensemble des pièces jointives. Par contre, il est inutilisable dans les autres cas.

15 La figure 2 représente un module de réduction de vibration monoaxe indifférent à la force d'application, la forme des étriers (26) et (27) est schématique : Selon l'invention, ils peuvent prendre des formes constructives différentes. En plus des éléments constitutifs décrits précédemment figure 1, ce module appelé indifférent comporte un autre ensemble de plaques piézoélectriques (24) et (25) génératrices de vibration et de fonctionnement
20 opposé à l'ensemble (20) et (21) figure 1. Ainsi lorsque l'ensemble (20) et (21) se dilate, l'ensemble (24) et (25) se contracte de la même valeur de déplacement. L'écran électrostatique est constitué par les feuilles (28) et (29) et l'apport d'énergie électrique effectué par le conducteur (30). Le détail figure 2 représente le raccordement de l'ensemble au transformateur adaptateur (15).

25

 Les figures 3, 4, 5 et 6 représentent un assemblage de 3 modules associés à 2 plots antivibratoires qui selon l'invention assurent une atténuation vibratoire triaxiale très importante et d'encombrement identique à l'encombrement d'un plot antivibratoire conventionnel : cette disposition, qui selon l'invention est non limitative, fournit un moyen
30 de remplacement des suspensions de machines existantes, par exemple lors de la refonte de bateaux militaires existants au moindre coût, en leur assurant des performances équivalentes ou supérieures aux constructions neuves. Les 3 axes d'atténuations vibratoires peuvent être orthogonaux et les modules peuvent être identiques.

35 La figure 3 représente une coupe de l'assemblage de 2 modules indifférents et d'un module simple, associés pour fournir un support antivibratoire triaxial assurant une liaison mécanique stable telle que nécessaire pour les suspensions destinées aux bateaux de surfaces, soumises au roulis et au tangage, et devant donc transmettre des efforts statiques considérables.

La figure 4 représente une coupe fictive effectuée au droit des 2 modules indifférents.

La figure 5 représente une coupe fictive effectuée au droit des barres horizontales et du module simple.

La figure 6 représente une coupe semblable à la coupe de figure 3 mais effectuée dans un plan orthogonal au premier plan de coupe.

La figure 7 explique schématiquement les régulations adoptées d'une part pour une disposition correspondant à la figure 1, et d'autre part pour la régulation correspondant à la conception décrite figures 3, 4 et suivantes.

Selon l'invention, la structure non limitative formant support antivibratoire triaxial se compose, entre la masse de la machine vibrante (1) et la structure schématisée par la masse (2), d'un ensemble de 2 plots élastiques de conception connue (31), liés ensemble par des moyens connus d'une part à la plaque d'appui (40) et d'autre part à l'étrier (32). Cet étrier (32) est traversé par la tige cylindrique (33) qui le suspend à la plaque cylindrique (34) tout en restant guidé latéralement par les 2 encastrement de la tige (33) avec la plaque (34) et le bâti (35). Cette tige raide selon l'axe OZ est souple selon les axes OX et OY. Le bâti (35) de forme cylindrique comporte en bas de sa partie supérieure 2 ouvertures permettant le débattement de l'étrier (32) et son montage. L'étrier (32) est immobilisé latéralement selon les 2 axes OX et OY par 2 modules indifférents (36) et (42) qui annulent tout déplacement latéral du bâti (35), selon un processus qui sera décrit par la suite. En partie inférieure du bâti (35) une alvéole est ménagée pour insérer un module simple (39) entre le bâti (35) et le socle (38). Le bâti (35) et le socle (38) sont solidarités en mouvement selon les directions OX et OY par 3 à 4 barres de flexion (37) souples selon l'axe OZ fixées au bâti (35) et au socle (38) par un moyen connu tel que la brasure. Le module (39) annule le déplacement vertical du socle (38) de la même manière que les modules (36) et (42) annulent les déplacements latéraux. Les moments de flexions s'ils existent transmettent, selon l'invention, les efforts par l'intermédiaire des barres de flexion (33) et (37) qui en réduisent l'amplitude par leur grande souplesse propre. L'atténuation des vibrations dues aux moments est donc moindre de l'atténuation des efforts, ce qui est d'une importance mineure, une machine étant toujours supportée par plusieurs points d'appuis très largement espacés les uns des autres, et les moments donc toujours très peu importants.

Selon l'invention, la cinquième séquence décrite précédemment et d'asservissement de l'effort vibratoire à une valeur minimale est modifiée pour tenir compte de la particularité constructive qui établit une liaison continue de transmission des vibrations placée en dérivation de chaque module, et constituées des tiges (36) et (37). Cette modification consiste à asservir l'amplitude de l'excitation de compensation jusqu'à ce que la phase entre l'émission et la mesure d'effort s'inverse, qui se manifeste lorsque les efforts vibratoires dérivés par les liaisons parasites sont strictement compensées par les efforts

généérés par le déplacement vibratoire de chaque module, opération contrôlée par le microprocesseur (11).

5 Selon l'invention, les tiges de flexion sont réalisées dans des matériaux assurant un facteur de résonance important, condition nécessaire à la réalisation de l'asservissement revendiqué ci-dessus.

10 La figure 7 représente un organigramme schématique simplifié de l'asservissement assurant l'atténuation de la transmission des vibrations dans le cas d'une suspension n'utilisant qu'un module et dans le cas d'une suspension à barres de flexion telle que ci-dessus.

REVENDICATIONS

- 1) Dispositif destiné à la réduction de la transmission des vibrations caractérisé en ce qu'il comporte, par axe de transmission des vibrations à atténuer, un ensemble de plaques piézoélectriques génératrices de déplacement (20), (21), (24), (25) et une plaque piézoélectrique de mesure (3) des efforts solidairement assemblées et aux axes de symétrie confondus.
- 2) Dispositif selon la revendication 1 caractérisé par le fait que le procédé comporte un amplificateur (8) à filtre passe bande et un convertisseur analogique digital (10), un processeur de commande (11), un convertisseur numérique analogique (13), un amplificateur de puissance (14) et un transformateur convertisseur d'impédance (15).
- 3) Dispositif selon la revendication 2 caractérisé en ce que la réduction des vibrations est obtenue par mesure de la force vibratoire qui asservit le déplacement vibratoire provoqué par les plaques piézoélectriques génératrices de déplacement (20), (21), (24), (25).
- 4) Dispositif selon la revendication 3 caractérisé en ce que cette réduction des vibrations s'effectue par une séquence de phases de mesure, puis de recherche de cycle vibratoire et d'utilisation de ce cycle vibratoire, de phase et d'amplitude convenable, pour générer le déplacement vibratoire annulant la force vibratoire, assurée par un microprocesseur (11).
- 5) Dispositif selon la revendication 2 caractérisé en ce que chaque module de réduction de la transmission des vibrations comporte, empilé selon un seul axe, un ensemble de plaques piézoélectriques génératrices de déplacement, au moins une plaque piézoélectrique de mesure de force séparés par des feuilles métalliques (18, 19, 3, 7, 28 et 29) souples formant blindages, et associés à 2 plaques de matériau dur à surface de portée en forme de calottes sphériques (22) et (23).
- 6) Dispositif caractérisé en ce que l'atténuation de vibrations selon 3 axes orthogonaux s'effectue par 3 modules identiques selon revendication 5.
- 7) Dispositif de réduction des vibrations triaxiales selon l'une quelconque des revendications précédentes caractérisé en ce qu'il peut comporter des tiges (33) et (37) assurant la transmission des efforts statiques.
- 8) Dispositif selon la revendication 7 caractérisé en ce qu'il peut comporter 2 plots élastiques (31).
- 9) Dispositif selon la revendication 7 caractérisé en ce qu'il comporte 2 modules indifférents comportant chacun une plaque piézoélectrique de mesure (3) et 2 ensembles de plaques piézoélectriques générateurs de vibration opposés (20) et (21) et (24) et (25), et un module simple ne comportant qu'un ensemble de plaques piézoélectriques générateur de vibration (20) et (21) et une plaque piézoélectrique de mesure (3).

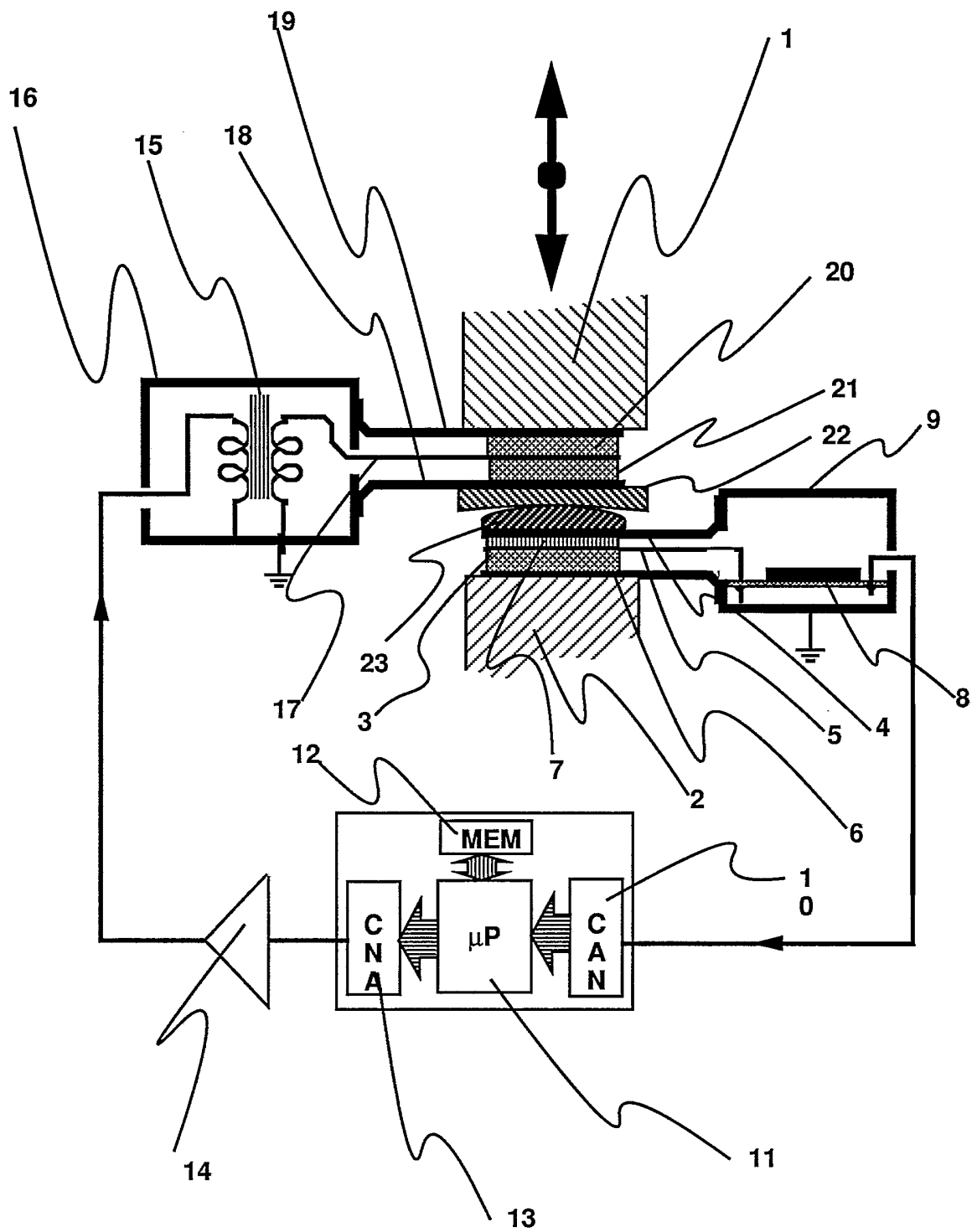
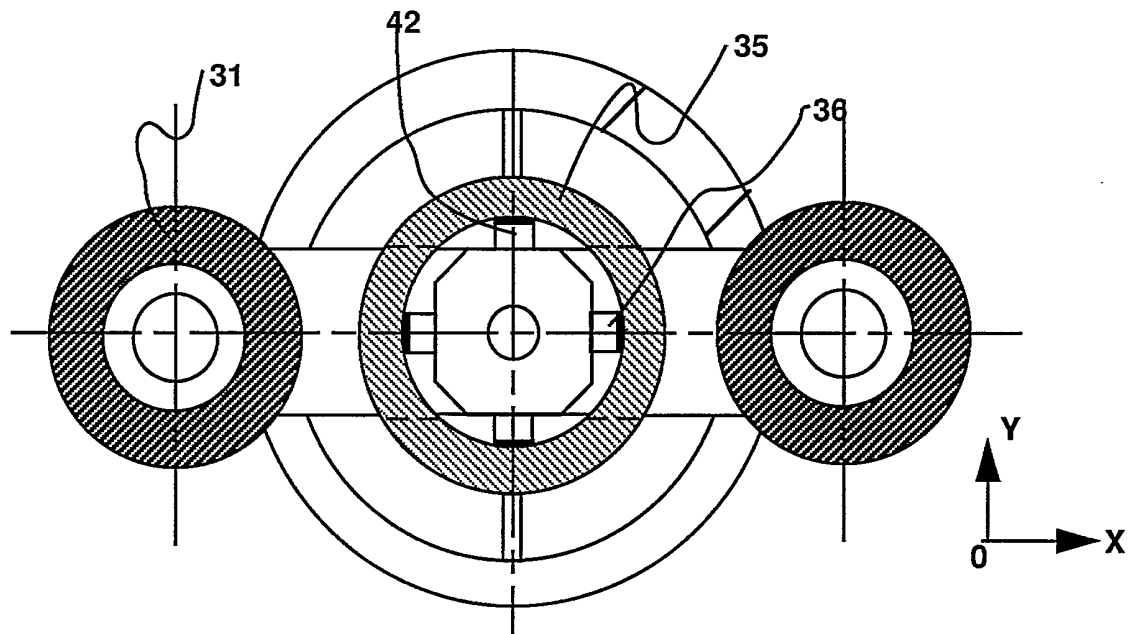
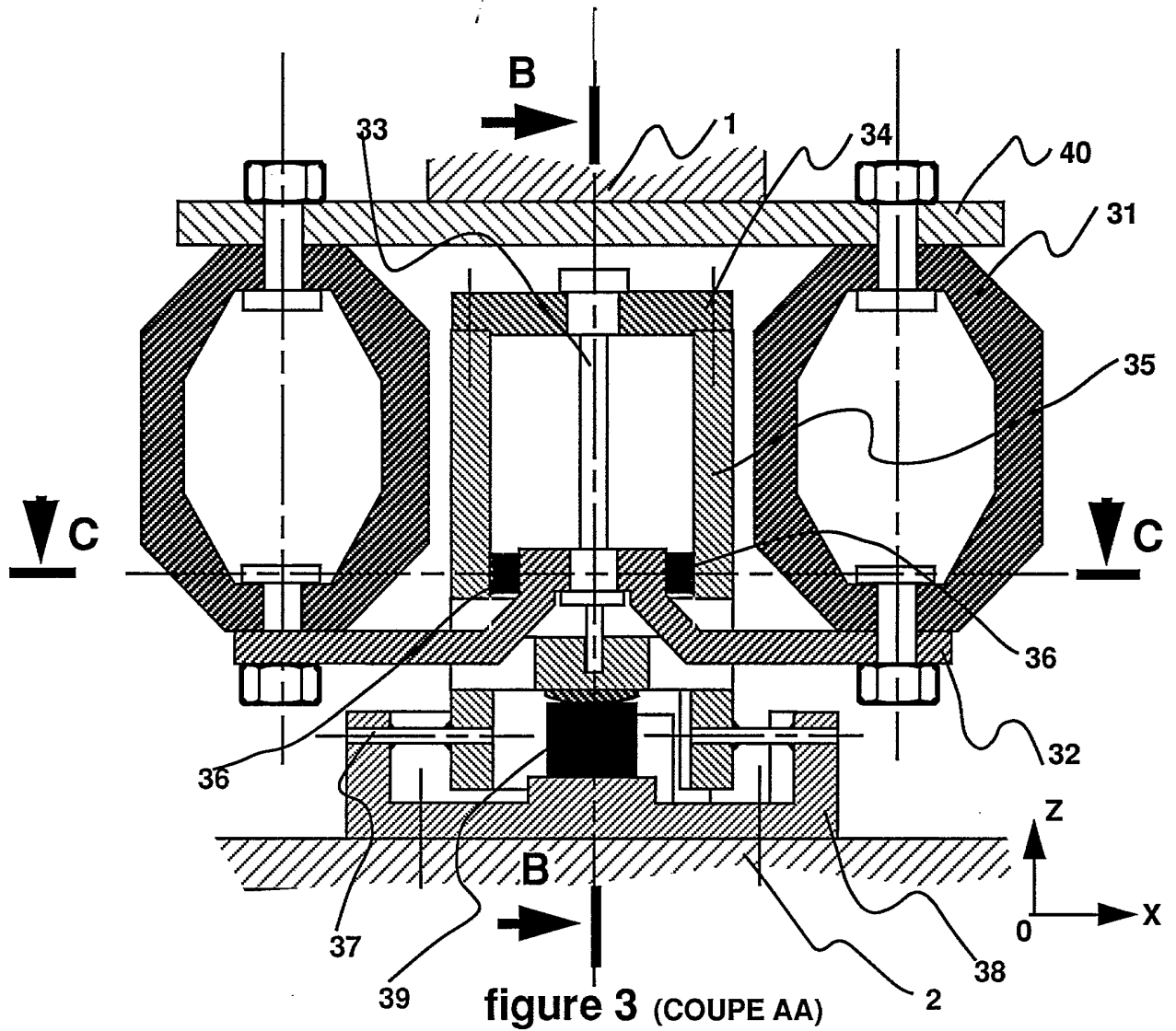
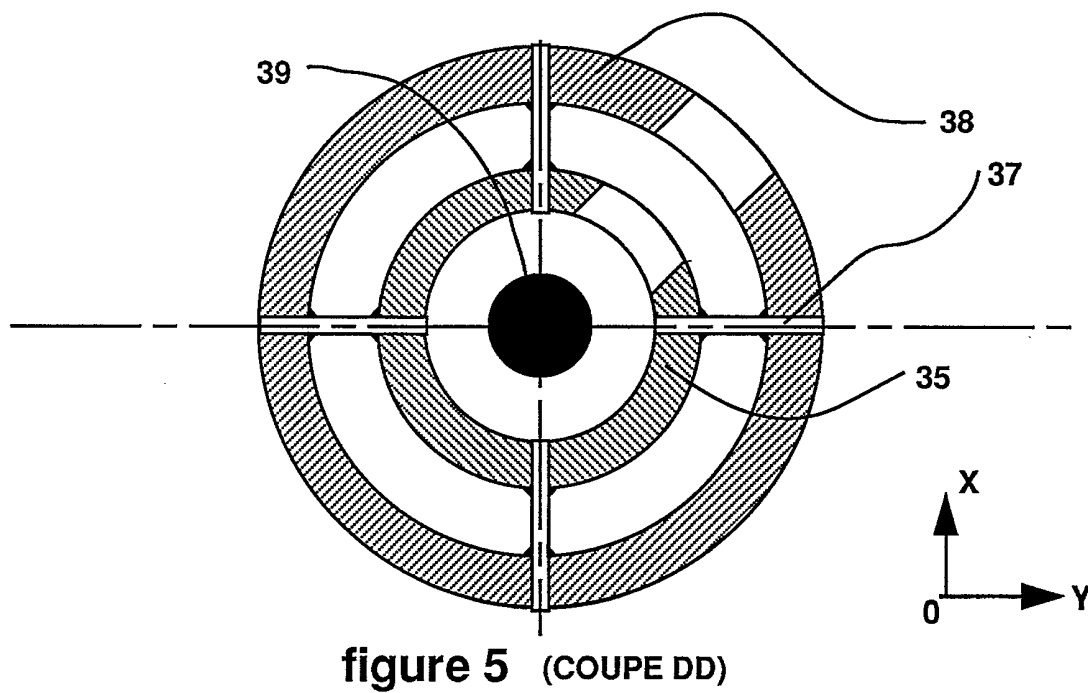
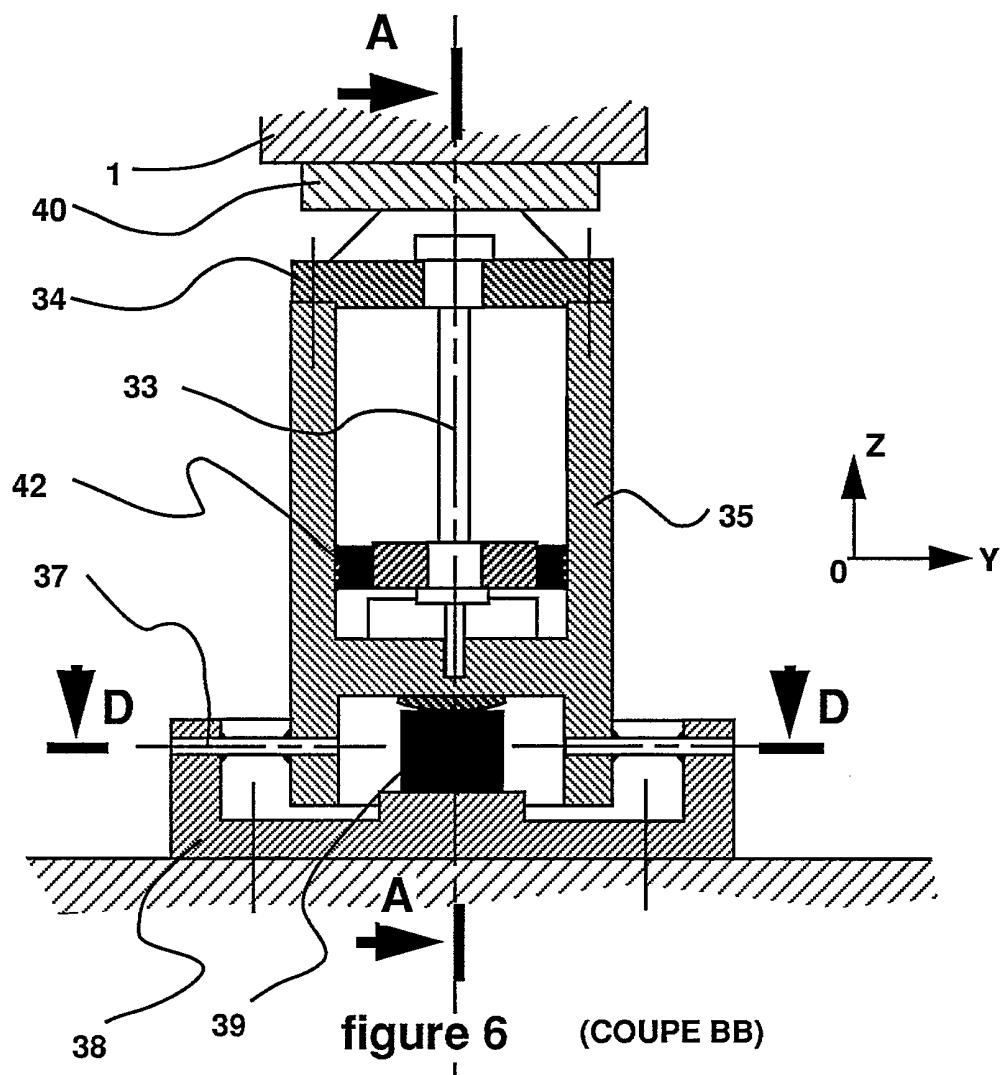


figure 1



figure 2





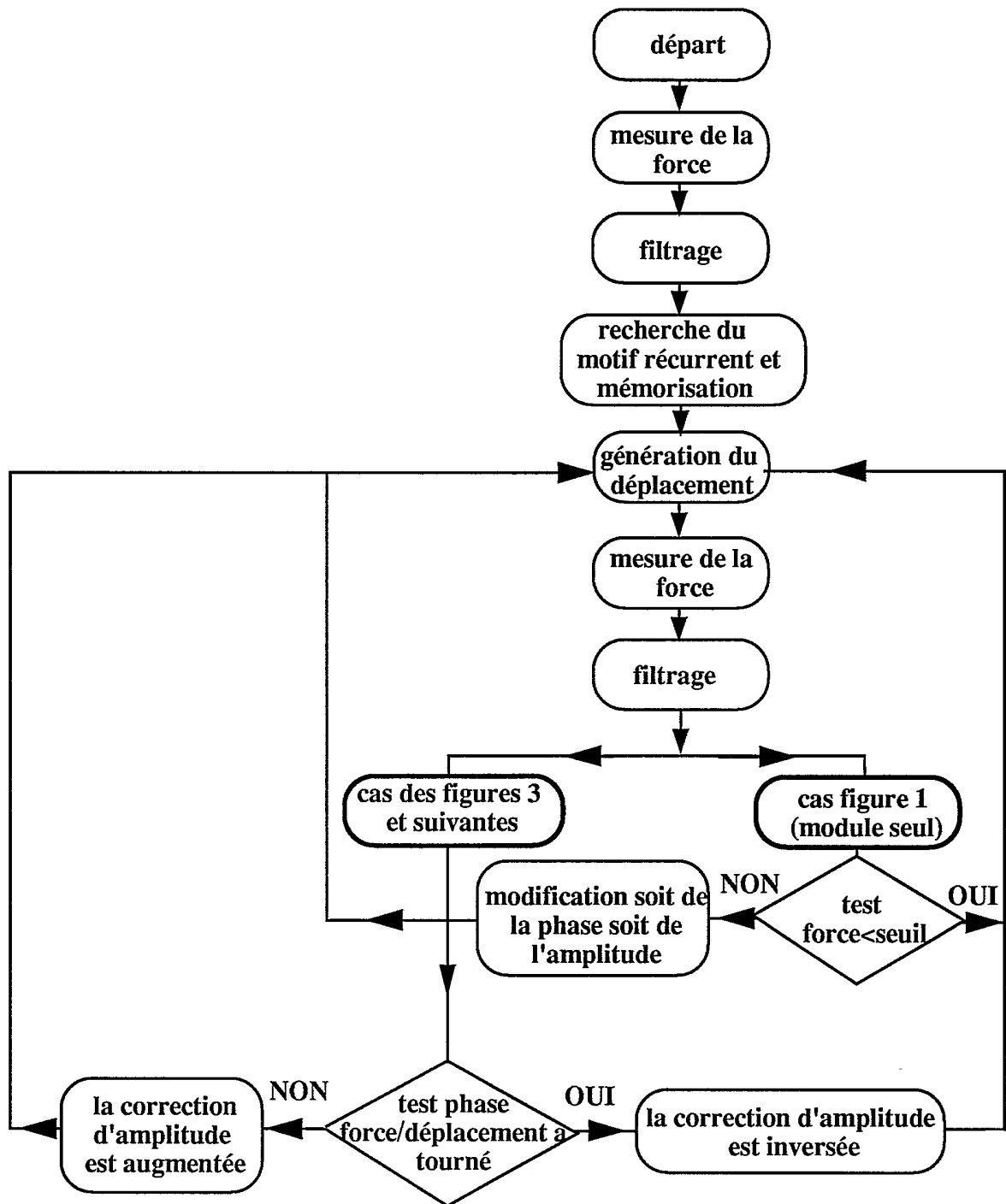


figure 7

INSTITUT NATIONAL
de la
PROPRIETE INDUSTRIELLE

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

N° d'enregistrement
national

FR 9206737
FA 478738

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
X	US-A-5 000 415 (J.R. SANDERCOCK) * colonne 2, ligne 44 - colonne 10, ligne 68; figures *	1
Y		2-4,7,8
A	---	5
Y	EP-A-0 412 853 (BRIDGESTONE CORPORATION) * page 2, ligne 42 - page 27, ligne 45; figures *	2-4,7
A	---	8
Y	EP-A-0 410 647 (TOKKYO KIKI KABUSHIKI KAISHA) * page 5, ligne 45 - page 13, ligne 22; figures *	7,8
A	---	1,2,4,6,9
X	THE JOURNAL OF THE ACOUSTICAL SOCIETY OF AMERICA vol. 90, no. 1, 1990, NEW YORK, US pages 374 - 384 , XP216664 C.K.LEE ET AL. 'PIEZOELECTRIC MODAL SENSOR/ACTUATOR PAIRS FOR CRITICAL ACTIVE DAMPING VIBRATION CONTROL' *INTRODUCTION* * figures 1,3,6 *	1
A	---	2,3
A	GB-A-2 222 657 (TOPEXPRESS LIMITED) * page 3, ligne 5 - page 12, ligne 16; figures *	1-3,5-9

Date d'achèvement de la recherche 08 AVRIL 1993		Examineur VAN DER VEEN F.
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général 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		