(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle
Bureau international

PCT

(43) Date de la publication internationale
19 février 2009 (19.02.2009)

(10) Numéro de publication internationale
WO 2009/022085 A1

(51) Classification internationale des brevets :
H04R 9/02 (2006.01) *H04R 7/24* (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2008/051478

(22) Date de dépôt international : 7 août 2008 (07.08.2008)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
0757017 9 août 2007 (09.08.2007) FR

(71) Déposant et
(72) Inventeur : **MILOT, Gilles** [FR/FR]; Le Carrefour, F-72360 Mayet (FR).

(74) Mandataires : **MICHELET, Alain** etc.; Cabinet HARLE et PHELIP, 7, rue de Madrid, F-75008 Paris (FR).

(81) États désignés *(sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible)* : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés *(sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible)* : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL,

[Suite sur la page suivante]

(54) **Title:** ELECTRODYNAMIC TRANSDUCER, IN PARTICULAR OF THE LOUDSPEAKER TYPE WITH FERROFLUID SUSPENSION AND RELATED DEVICES

(54) **Titre :** TRANSDUCTEUR ELECTRODYNAMIQUE, NOTAMMENT DU TYPE HAUT-PARLEUR, A SUSPENSION FERROFLUIDE ET DISPOSITIFS ASSOCIES

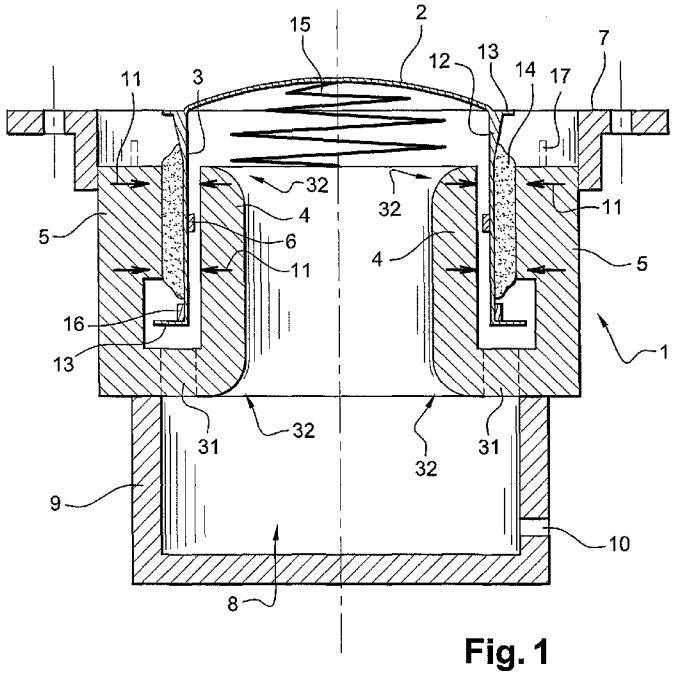


Fig. 1

(57) **Abstract:** The invention relates to an electrodynamic transducer (1) with a membrane (2) including an electrodynamic motor in a carcass (7) and in which a coil (6) held by a mandrel (3) connected to the membrane is capable of movement, the mandrel having a shape generated by an essentially linear generatrix, the coil being arranged in an air gap of a vertical free space where it is capable of movement and defined, towards the centre of the transducer, by an inner magnetic structure (4) and, towards the periphery of the transducer, by an outer magnetic structure (5), at least one of the magnetic structures generating a static magnetic field, wherein the transducer does not include any peripheral nor inner suspension and the guiding of the mobile equipment and the pneumatic tightness between the front and rear faces of the membrane being ensured by a ferrofluid. The transducer is characterised in that the mandrel is maintained in the air gap by the ferrofluid applied on at least one of the two faces of the mandrel and entirely filling the air gap. Fluidic return/braking and ferrofluid-retaining means can also be used. The motor can be a Foucault-current one.

[Suite sur la page suivante]

WO 2009/022085 A1

NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Déclaration en vertu de la règle 4.17 :

— *relative à la qualité d'inventeur (règle 4.17.iv))*

Publiée :

— *avec rapport de recherche internationale*

— *avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues*

(57) Abrégé : L'invention concerne un transducteur électrodynamique (1) à membrane (2) comportant un moteur électrodynamique dans une carcasse (7) et dans lequel une bobine (6) portée par un mandrin (3) solidaire de la membrane peut se déplacer, le mandrin étant une forme générée par une génératrice globalement linéaire, la bobine étant placée dans un entrefer d'un espace libre vertical où elle peut se déplacer et qui est délimité, vers le centre du transducteur par une structure magnétique interne (4) et, vers la périphérie du transducteur par une structure magnétique externe (5), au moins une des structures magnétique générant un champ magnétique statique, le transducteur ne comportant pas de suspension périphérique ni de suspension interne, le guidage de l'équipage mobile et l'étanchéité pneumatique entre les faces avant et arrière de la membrane étant assuré par un ferrofluide. Le transducteur est caractérisé en ce que le mandrin est maintenu dans l'entrefer par du ferrofluide étendu sur au moins une des deux faces du mandrin et qui remplit totalement l'entrefer. Des moyens de rappel/freinage fluidique ainsi que de retenue de ferrofluide peuvent être mis en oeuvre. Le moteur peut être à courant de Foucault.

Transducteur électrodynamique, notamment du type haut-parleur, à suspension ferrofluide et dispositifs associés

La présente invention concerne le domaine des transducteurs électrodynamiques à bobine mobile, notamment haut-parleurs, sans suspension mécanique mais avec suspension ferrofluide. Elle a des applications dans le domaine de la fabrication d'appareils de mesure : notamment de prise de son, de mesure de vibrations, ainsi que des appareils de restitution sonore, notamment les haut-parleurs.

On connaît déjà par la demande FR05/53330 (FR-2 892 887) un transducteur à type de haut-parleur sans suspension mécanique entre le mandrin porte bobine ou la membrane et la carcasse, le guidage du mandrin étant assuré par au moins deux joints ferrofluides dont un continu pour assurer une étanchéité acoustique entre les deux faces de la membrane. On a également montré dans la demande FR05/53331 (FR-2 892 886) qu'un moteur sans fer pouvait être utilisé avec du ferrofluide.

Classiquement, un haut-parleur électrodynamique à bobine mobile comporte une membrane solidaire d'un mandrin porteur d'une bobine, la bobine étant plongée dans un champ magnétique d'un entrefer. L'entrefer est une zone rétrécie d'un espace libre vertical du moteur électrodynamique du haut-parleur dans laquelle est disposée et peut se déplacer la bobine portée par le mandrin. Lorsqu'elle est parcourue par un courant variable, la bobine se déplace dans le champ magnétique qui est généré par un générateur de champ magnétique à type d'aimant permanent.

Si les moyens présentés dans les demandes FR05/53330 et FR05/53331 permettent d'obtenir des haut-parleurs de structure relativement simple et présentant de bonnes performances par rapport à leur volume, on s'est aperçu que leur fonctionnement pouvait encore être amélioré et que les techniques qui y étaient mises en œuvre pouvait s'étendre à divers types de haut-parleur.

Parmi les moyens améliorant le fonctionnement des transducteurs, notamment haut-parleurs, qui sont sans suspension mécanique (sans suspension périphérique entre la périphérie de la membrane et la carcasse et sans suspension interne entre la membrane ou le mandrin et la carcasse) mais avec une suspension ferrofluide (le mandrin mobile porteur de la bobine et solidaire de la membrane étant maintenu et guidé dans l'entrefer par du ferrofluide), le ferrofluide est étendu sur au moins une des deux faces du mandrin et remplit totalement l'entrefer. De

préférence, le ferrofluide déborde même de l'entrefer afin que lors des mouvements de translation du mandrin dans l'entrefer, ce dernier soit toujours rempli de ferrofluide sur la (les) face(s) correspondante(s) du mandrin. Outre ce remplissage complet de l'entrefer, le joint de ferrofluide est continu sur la circonférence du mandrin et forme un moyen d'étanchéité entre les faces avant et arrière de la membrane. Si le ferrofluide peut se maintenir dans l'entrefer grâce à la présence d'un (de) champ(s) magnétique(s) qui y est (sont) plus concentré(s), on peut en outre prévoir ou compter en plus sur des moyens de confinement de champ magnétique, notamment vers les extrémités de l'entrefer (voir en dehors dans l'espace libre vertical pour le ferrofluide débordant de l'entrefer), pour mieux retenir le ferrofluide dans l'entrefer. En effet, outre des moyens de confinement de champ magnétique spécifiques qui peuvent être réalisés, les extrémités/bords d'aimants (moteur sans fer) ou de pièces polaires (moteur classique avec fer) sont des zones où il se produit un confinement de champ ce qui correspond à un moyen de confiner le champ magnétique. En effet, le ferrofluide a tendance à se placer là où le champ magnétique et/ou la variation du champ magnétique sont le plus élevés.

Une telle structure peut être mise en œuvre dans des transducteurs de type microphone ou du type haut-parleur. Pour ce dernier type, cela concerne aussi bien les haut-parleurs de type à dôme ou à cône.

Ainsi, l'invention concerne un transducteur électrodynamique à membrane comportant un moteur électrodynamique dans une carcasse et dans lequel une bobine mobile fixée sur un mandrin solidaire de la membrane peut se déplacer, le mandrin et la bobine mobile et la membrane formant un équipage mobile, (le mandrin est une forme générée par une génératrice globalement linéaire), la bobine mobile étant placée dans un entrefer d'un espace libre vertical où elle peut se déplacer et qui est délimité, vers le centre du transducteur par une structure magnétique interne et, vers la périphérie du transducteur par une structure magnétique externe, au moins une des structures magnétique générant un champ magnétique statique, le transducteur ne comportant pas de suspension périphérique ni de suspension interne, la suspension périphérique étant une suspension entre la périphérie de la membrane et la carcasse, la suspension interne étant une suspension entre la membrane ou le mandrin et la carcasse, le guidage de la bobine et l'étanchéité pneumatique entre les faces avant et arrière de la membrane étant assuré par un ferrofluide.

Selon l'invention, le mandrin est maintenu dans l'entrefer par du ferrofluide étendu sur au moins une des deux faces du mandrin et qui remplit totalement l'entrefer.

Du fait que le ferrofluide remplit totalement l'entrefer, c'est à dire aussi bien en hauteur que circonférentiellement sur le mandrin, on peut noter qu'une étanchéité est assurée entre l'avant et l'arrière du mandrin. Une étanchéité peut être indispensable entre l'avant et l'arrière de la membrane et donc, dans certains types de transducteurs, le ferrofluide étendu par sa fonction supplémentaire de joint d'étanchéité procure un avantage. A signaler que le terme joint est pris dans le présent contexte dans le sens de relier (une face du mandrin à la face adjacente de l'espace libre vertical, notamment de l'entrefer). Ainsi, un joint de ferrofluide peut assurer ou non une étanchéité pneumatique entre l'avant et l'arrière du mandrin pour la face correspondante selon sa forme : joint continu sur la circonférence du mandrin (comme celui qui rempli totalement l'entrefer ou comme un joint de faible hauteur continu sur la circonférence) ou joint discontinu (comme des joints discrets verticaux étendu sur toute la hauteur de l'entrefer, voir en débordement). On doit également noter que l'on utilise le terme « entrefer » pour désigner une zone particulière de l'espace libre vertical (vertical par référence à une représentation de moteur dont l'axe de symétrie cylindrique est vertical) dans lequel peut translater (excursion) le mandrin, cette zone est celle où un/des champs magnétiques sensiblement radiaux sont crées et concentrés pour agir sur la bobine mobile. Cette zone est en rapport avec une/des structures magnétiques génératrices de champ(s) magnétique(s) statique(s) ou de guidage de champ(s) avec ou sans fer en fonction du type de moteur choisi : moteur avec fer ou moteur sans fer. Ainsi, le terme entrefer n'impose pas la présence de fer (ou d'autre matériau ferromagnétique) pour guidage du champ magnétique en relation avec ledit entrefer. On doit également noter que chaque moteur comporte deux structures magnétiques (interne et externe par rapport au mandrin) au moins une des deux comportant au moins un moyen pour générer un/des champs magnétiques (aimant(s) notamment) et l'autre pouvant comporter un/de tels moyens générateurs de champ(s) magnétique(s) ou une pièce pour rebouclage du champ magnétique (pièce ferromagnétique par exemple comme dans le cas d'un moteur à fer classique) ou une pièce neutre vis-à-vis du champ magnétique (partie de carcasse en plastique par exemple) ou, encore, être de l'air (absence d'élément matériel propre).

Dans divers modes de mise en œuvre de l'invention, les moyens suivants pouvant être utilisés seuls ou selon toutes les combinaisons techniquement possibles sont mis en œuvre :

- de préférence, le ferrofluide étendu et qui remplit totalement l'entrefer l'est sur une seule des deux faces du mandrin, (sur l'autre face il peut y avoir ou non du ferrofluide et, s'il y en a, ce ferrofluide de préférence ne rempli pas totalement l'entrefer : peut (peuvent) être continu ou discontinu (=discret) dont joints discrets étendus verticalement)
- le transducteur est un microphone ou géophone,
- le transducteur est un haut-parleur,
- du ferrofluide est mis en œuvre sur chacune des deux faces du mandrin, (dont un joint étendu et remplissant totalement l'entrefer)
- le mandrin est percé et le ferrofluide disposé de chaque coté dudit mandrin peut traverser ledit mandrin,
- le ferrofluide déborde de l'entrefer à chacune de ses deux extrémités afin que lors des excursions du mandrin dans l'entrefer, ce dernier soit toujours rempli de ferrofluide sur la (les) face(s) correspondante(s) du mandrin,
- le transducteur comporte un moyen de rappel fluidique à une position d'équilibre de l'équipage mobile et de freinage, ledit moyen de rappel/freinage fluidique provoquant une diminution de préférence progressive de l'espace dans lequel peut se placer le ferrofluide lors d'excursions de l'équipage mobile hors de sa position d'équilibre, ledit moyen de rappel/freinage fluidique étant choisi dans au moins un des moyens suivants et leurs combinaisons :
    - une conicité haute et/ou basse (par rapport à la bobine) du mandrin du coté du ferrofluide,
    - au moins un motif en surépaisseur haut et/ou bas (par rapport à la bobine) du mandrin du coté du ferrofluide,
    - au moins une concavité du mandrin,
- la concavité du mandrin est allongée axialement et comporte des extrémités avant et arrière (de part et d'autre de la bobine) de profondeur plus réduite que vers son centre (selon la longueur),
- la concavité du mandrin allongée axialement à une profondeur sensiblement constante dans la zone de l'entrefer, (zone du mandrin dans l'entrefer lorsque le mandrin est au repos)
- la concavité du mandrin allongée axialement déborde de l'entrefer vers l'avant et vers l'arrière, (par rapport à la bobine)
- le mandrin comporte un ensemble de concavités allongées axialement,

- la force de rappel (ou freinage) crée par le moyen de rappel/freinage fluidique est proportionnelle à l'excursion,
- les forces de rappel (ou de freinage) crées par les moyens de rappel/freinage fluidiques pour les deux sens d'excursion par rapport à la position d'équilibre de l'équipage mobile sont symétriques entre-elles, (courbes de variation de la force versus excursion par rapport à la position d'équilibre/repos, ceci est de préférence obtenu par mise en œuvre de moyens de rappel/freinage fluidiques identiques mais symétriques de part et d'autre de la bobine)
- le motif en surépaisseur est sensiblement triangulaire à pointe vers le ferrofluide (donc vers l'entrefer) et base vers l'extrémité du mandrin (donc à l'opposé de l'entrefer),
- les bords entre la pointe et la base du motif en surépaisseur sont droits,
- les bords entre la pointe et la base du motif en surépaisseur sont incurvés,
- les surépaisseurs ont une épaisseur constante,
- les surépaisseurs ont une épaisseur qui augmente vers l'extrémité du mandrin
- l'épaisseur maximale de la conicité ou des surépaisseurs est telle que la conicité ou les surépaisseurs peuvent passer dans l'entrefer,
- l'épaisseur maximale de la conicité ou des surépaisseurs est telle que leurs parties finales vers l'extrémité du mandrin ne peuvent pas passer dans l'entrefer, (forme en outre une/des butées)
- au repos (équipage mobile à la position d'équilibre), le/les moyens de rappel/freinage fluidique sont déjà en partie dans le ferrofluide (afin que des forces de rappel/freinage fluidiques desdits moyens agissent même au repos),
- au repos (équipage mobile à la position d'équilibre), le/les moyens de rappel/freinage fluidique sont à une distance déterminée de la limite du ferrofluide, en dehors du ferrofluide (afin que toute force de rappel/freinage fluidique desdits moyens ne commencent à agir qu'après un certain début d'excursion),
- de préférence, au repos (équipage mobile à la position d'équilibre), le/les moyens de rappel/freinage fluidique sont en limite du ferrofluide (afin que toute force de rappel/freinage fluidique desdits moyens ne commencent à agir que lors des débuts d'excursions),
- la paroi correspondante de l'entrefer ou l'espace libre vertical attenant comporte vers ses extrémités des motifs en relief orientés vers le mandrin (surépaisseurs) en relation avec les espaces entre les motifs en

surépaisseur du mandrin, (peut permettre de limiter les possibilités de rotation du mandrin sur lui-même, les surépaisseurs du mandrin et de l'espace libre vertical s'engrainant entre-elles avec ou sans contact, de préférence le ferrofluide limitant l'engrainement)

- les motifs en relief orientés vers le mandrin de la paroi correspondante de l'entrefer ou de l'espace libre vertical attenant sont en outre de formes complémentaires de celles des espaces entre les motifs en surépaisseur du mandrin, (l'engrainement est plus poussé en ce sens que les formes sont complémentaires)
- la conicité ou le (les) motif(s) de l'extrémité haute et/ou basse du mandrin du coté du ferrofluide sont dans un matériau ou recouvert d'un matériau non mouillable par le ferrofluide,
- la conicité ou le (les) motif(s) de l'extrémité haute et/ou basse du mandrin du coté du ferrofluide sont dans un matériau ou recouvert d'un matériau mouillable par le ferrofluide,
- le transducteur comporte à au moins une des deux extrémités du mandrin une collerette, (outre une fonction de retenue de ferrofluide s'il y en a du coté de la collerette, la collerette peut également assurer une fonction de butée lors des excursions excessives puisque du ferrofluide peut venir buter contre ladite collerette si elle est du coté du ferrofluide ou, éventuellement, venir buter contre un rebord de l'entrefer ou de l'espace libre vertical en l'absence de ferrofluide)
- le transducteur comporte à au moins une des deux extrémités du mandrin un moyen de retenue du ferrofluide, ledit moyen de retenue étant une collerette pour, lors des excursions excessives dudit mandrin, maintenir le ferrofluide du coté du mandrin où il se situe initialement,
- la collerette est d'une largeur telle qu'elle peut passer dans l'entrefer, (permet de réaliser un mandrin avec collerettes puis de l'insérer ensuite dans l'espace libre vertical)
- la collerette est d'une largeur telle qu'elle ne peut pas passer dans l'entrefer et forme une butée lors des excursions excessives dudit mandrin, (butée mécanique en l'absence de ferrofluide du coté de la collerette ou, en présence de ferrofluide, butée fluidique puisque le ferrofluide peut venir buter contre ladite collerette lors des excursions excessives)
- la collerette est une pièce rapportée sur le mandrin, (elle peut être installée une fois que le mandrin est placé dans l'entrefer, utile lorsque la collerette ne peut pas passer dans l'entrefer du fait de sa largeur)
- la collerette est une pièce plane,

- la collerette est contournée en L (renvoi du coté de l'entrefer),
- le transducteur comporte au moins deux moyens de confinement du champ magnétique dans l'espace libre vertical, les moyens de confinement étant étagés dans l'espace libre vertical,
- les au moins deux moyens de confinement du champ magnétique sont au niveau de l'entrefer,
- le mandrin comporte des déformations concaves selon des formes déterminées dans lesquelles le ferrofluide forme une surépaisseur par rapport au reste du mandrin,
- le transducteur comporte en outre au moins un moyen de rappel non fluidique de l'équipage mobile (mais toujours pas de suspension mécanique),
- le moyen de rappel non fluidique de l'équipage mobile est choisi parmi un ou plusieurs des moyens suivants:
    - charge de la membrane par un volume clos à l'arrière du dôme, la structure magnétique interne étant ouverte vers ledit volume clos;
    - charge de la membrane par un volume clos à l'arrière du dôme, la structure magnétique interne étant ouverte vers ledit volume clos qui comporte un dispositif de régulation de sa pression interne, notamment par régulation de la température de l'air contenu dans ledit volume clos ;
    - charge de la membrane par un volume quasi-clos à l'arrière du dôme, la structure magnétique interne étant ouverte vers ledit volume quasi-clos, ledit volume quasi-clos comportant une fuite pneumatique minime dont la constante de temps est très longue par rapport aux fréquences à reproduire, ladite fuite étant notamment sous forme de matière poreuse ou d'un orifice à très faible diamètre ou d'un tube fin vers l'extérieur du transducteur;
    - un moyen de rappel mécanique du type ressort ou matière élastique entre le dôme ou le mandrin et une partie fixe du transducteur ;
    - un asservissement électronique de position de la bobine ;
    - une configuration de la bobine et des structures magnétiques interne et externe telle qu'une force de rappel soit exercée sur la bobine par effet électromagnétique ;
    - une configuration de l'équipage mobile et des structures magnétiques interne et externe telle qu'une force de rappel soit exercée sur ledit équipage mobile par effet magnétique (notamment par mise en place (fixation) d'aimants de petite taille (micro-aimants

notamment) sur le mandrin, de préférence de tels micro-aimants sont disposés en face (à la même hauteur, l'équipage mobile étant au repos) d'une (ou des) bague ferromagnétique de structure magnétique du moteur, permet en outre d'améliorer le centrage) ;

- un ensemble d'aimants de petite taille (taille telle qu'ils ne gênent pas les excursions du mandrin dans l'entrefer) est fixé sur le mandrin, (par exemple répartition équiangulaire de ces aimants le long de la circonférence du mandrin)
- le transducteur comporte en outre au moins un autre moyen de rappel de l'équipage mobile (mais toujours pas de suspension mécanique), choisi parmi un ou plusieurs des moyens suivants :
  - une déformation du mandrin dans la zone du ferrofluide ou en dehors, ladite déformation étendue le long du pourtour du mandrin étant définie de façon à créer une force de rappel proportionnelle au déplacement de l'équipage mobile lorsque du ferrofluide s'y trouve;
  - mise en oeuvre en outre de segments de joints ferrofluides verticaux, chaque segment de joint vertical étant en relation avec une déformation le long d'un segment de génératrice verticale du mandrin, les déformations verticales étant définies de façon à créer une force de rappel proportionnelle au déplacement de l'équipage mobile ;
  - une/des déformations dans une zone de joints ferrofluides, notamment déformations le long de segments de génératrices verticales du mandrin, lesdites déformations étant définies de façon à créer une force de rappel proportionnelle au déplacement de l'équipage mobile,
- la structure magnétique interne comporte au moins un aimant,
- la structure magnétique externe comporte au moins un aimant,
- le moteur est un moteur à fer, un élément ferromagnétique rebouclant le champ magnétique en dehors de l'entrefer,
- le moteur est un moteur sans fer, le champ magnétique se rebouclant en dehors de l'entrefer dans l'air,
- le moteur est un moteur sans fer, le champ magnétique se rebouclant en dehors de l'entrefer dans un matériau non ferromagnétique,
- le moteur est un moteur sans fer, le champ magnétique se rebouclant en dehors de l'entrefer dans des aimants,
- le transducteur est un haut-parleur, la membrane est un dôme, (la membrane est vers le centre du haut-parleur : un seul joint d'étanchéité pneumatique suffit)

- le transducteur est un haut-parleur, la membrane est un cône, (la membrane est externe par rapport au centre du haut-parleur : deux joints d'étanchéité pneumatiques sont nécessaires aux deux extrémités circonférentielles, vers le centre et vers l'extérieur, de la membrane)
- le transducteur est un haut-parleur, la membrane comporte une partie en dôme et une partie en cône, (un seul joint d'étanchéité pneumatique peut suffire vers l'extérieur de la membrane de la partie cône)
- le transducteur est un haut-parleur, la membrane est un cône, ladite membrane étant externe par rapport au centre du haut-parleur et un joint continu de ferrofluide (pour étanchéité pneumatique) est en outre disposé le long de la circonférence d'un rebord de la membrane, ledit rebord étant le long du bord de la membrane opposé au bord de la membrane en relation avec le mandrin, ledit joint de ferrofluide étant maintenu par un moyen de confinement de champ magnétique,
- le rebord comporte un moyen de retenue et de rappel/freinage fluidique (c'est donc un moyen fluidique de rappel à une position d'équilibre de la membrane qui assure un retour de la membrane à une position d'équilibre pour le bord correspondant de la membrane) sous forme d'une incurvation telle que lorsque la membrane est à sa position de repos (d'équilibre statique), le joint de ferrofluide a un maximum d'espace pour se positionner par rapport à des excursions hors de la position de repos,
- la membrane comporte une partie dôme et une autre partie cône,
- la bobine mobile est une spire en court-circuit électrique et au moins l'une des structures magnétiques comporte une bobine fixe destinée à recevoir un courant de modulation, la bobine fixe étant placée au niveau de l'entrefer dans la structure magnétique,
- le moteur comporte une seule bobine fixe,
- le moteur comporte deux bobines fixes, chacune dans une des structures magnétiques,
- la bobine mobile du type spire en court-circuit électrique est intégrée au mandrin, le mandrin étant métallique et conducteur électrique et formant ladite spire en court-circuit électrique.

L'invention concerne également un dispositif de rappel/freinage fluidique pour bobine mobile d'un transducteur électrodynamique à membrane comportant un moteur électrodynamique dans une carcasse et dans lequel la bobine portée par un mandrin solidaire de la membrane peut se déplacer, la bobine étant placée dans un entrefer d'un espace libre vertical où elle peut se déplacer et qui est délimité, vers le centre du transducteur par une structure magnétique interne et, vers la périphérie

du transducteur par une structure magnétique externe, au moins une des structures magnétique générant un champ magnétique statique, le transducteur ne comportant pas de suspension périphérique ni de suspension interne, la suspension périphérique étant une suspension entre la périphérie de la membrane et la carcasse, la suspension interne étant une suspension entre la membrane ou le mandrin et la carcasse, le guidage de l'équipage mobile et l'étanchéité pneumatique entre les faces avant et arrière de la membrane étant assuré par un ferrofluide.

Le dispositif de rappel/freinage fluidique est caractérisé par une structure en relief du mandrin pouvant passer au moins en partie dans une partie de section réduite de l'espace libre vertical (et en particulier dans l'entrefer, alors lui aussi vertical) lors des excursions de l'équipage mobile et qui, lors de ces excursions réduit progressivement l'espace où peut se placer le ferrofluide, ladite structure étant choisie, isolément ou en combinaison, parmi une conicité ou des motifs en relief de l'extrémité haute et/ou basse du mandrin (en pratique en toute position adéquate sur le mandrin pour la fonction attendue) du coté du ferrofluide.

De préférence, le dispositif de rappel/freinage fluidique est spécialement adapté au transducteur selon l'une ou plusieurs des modalités décrites, le ferrofluide remplissant complètement l'entrefer, voire allant au-delà.

L'invention concerne également un dispositif de retenue de ferrofluide et/ou de butée (limiteur d'excursion mécanique ou fluidique selon absence ou présence de ferrofluide) pour transducteur électrodynamique à membrane comportant un moteur électrodynamique dans une carcasse et dans lequel une bobine portée par un mandrin solidaire de la membrane peut se déplacer, la bobine étant placée dans un entrefer d'un espace libre vertical où elle peut se déplacer et qui est délimité, vers le centre du transducteur par une structure magnétique interne et, vers la périphérie du transducteur par une structure magnétique externe, au moins une des structures magnétique générant un champ magnétique statique, le transducteur ne comportant pas de suspension périphérique ni de suspension interne, la suspension périphérique étant une suspension entre la périphérie de la membrane et la carcasse, la suspension interne étant une suspension entre la membrane ou le mandrin et la carcasse, le guidage de l'équipage mobile et l'étanchéité pneumatique entre les faces avant et arrière de la membrane étant assuré par un ferrofluide.

Le dispositif de retenue de ferrofluide est caractérisé en ce qu'il est une collerette disposée vers au moins une des deux extrémités du mandrin (en pratique en toute position adéquate sur le mandrin pour la fonction attendue) en débordement latéral dudit mandrin au moins du coté du mandrin où se situe ferrofluide et destinée à retenir de ce même coté le ferrofluide lors des excusions excessives de l'équipage mobile.

De préférence, le dispositif de retenue de ferrofluide est spécialement adapté au transducteur selon l'une ou plusieurs des modalités décrites, le ferrofluide remplissant complètement l'entrefer, voire allant au-delà.

L'invention concerne également un moteur à courant de Foucault pour transducteur électrodynamique à membrane dans lequel une bobine mobile fixée sur un mandrin solidaire de la membrane peut se déplacer, le mandrin étant une forme générée par une génératrice globalement linéaire, la bobine étant placée dans un entrefer d'un espace libre vertical où elle peut se déplacer et qui est délimité, vers le centre du transducteur par une structure magnétique interne et, vers la périphérie du transducteur par une structure magnétique externe, au moins une des structures magnétique générant un champ magnétique statique.

Le moteur (avec ou sans fer) à courant de Foucault est caractérisé en ce qu'il comporte dans au moins une des structures magnétique une bobine fixe (il peut y avoir une bobine fixe dans la structure magnétique interne et une autre dans l'externe) destinée à recevoir un courant de modulation, la bobine fixe étant placée au niveau de l'entrefer dans la structure magnétique et en ce que la bobine mobile est une spire en court-circuit électrique.

Dans une variante du moteur à courant de Foucault, la bobine mobile du type spire en court-circuit électrique est intégrée au mandrin, le mandrin étant métallique et conducteur électrique et formant ladite spire en court-circuit électrique.

De préférence, le moteur à courant de Foucault est un moteur sans fer.

De préférence, le moteur à courant de Foucault est spécialement adapté au transducteur selon l'une ou plusieurs des modalités décrites, ledit transducteur ne comportant pas de suspension périphérique ni de suspension interne, la suspension périphérique étant une suspension entre la périphérie de la membrane et la carcasse, la suspension interne étant une suspension entre la membrane ou le mandrin et la carcasse, le guidage de l'équipage mobile et l'étanchéité pneumatique entre les faces

avant et arrière de la membrane étant assuré par un ferrofluide, plus particulièrement, le mandrin étant maintenu dans l'entrefer par du ferrofluide étendu sur au moins une des deux faces du mandrin et qui remplit totalement l'entrefer.

On doit noter qu'un haut-parleur destiné à produire plutôt les fréquences basses du spectre audible doit en général avoir une excursion importante pour pouvoir produire une énergie acoustique suffisante et qu'un haut-parleur destiné à produire plutôt les fréquences hautes du spectre audible n'a pas besoin d'avoir une excursion aussi importante. Grâce à l'invention, on peut réaliser un haut-parleur à dôme pour des basses fréquences et qui peut être relativement compact grâce à une grande excursion.

La présente invention, sans qu'elle en soit pour autant limitée, va maintenant être exemplifiée avec la description qui suit de modes de réalisation en relation avec :

la Figure 1 qui représente une coupe verticale passant par l'axe antéropostérieur de symétrie circulaire d'un haut-parleur à dôme et avec des variantes de moyens de rappel/freinage fluidique et de retenue/butée de ferrofluide, ainsi qu'un moyen de rappel non fluidique de l'équipage mobile,

la Figure 2 qui représente plusieurs exemples de moyens de rappel/freinage fluidiques à type de surépaisseurs figurés à une des deux extrémités d'un mandrin,

la Figure 3 qui est une coupe verticale passant par l'axe de symétrie antéropostérieur d'un haut-parleur à cône représentant schématiquement deux modes de réalisation d'un moteur, le premier avec une bobine mobile classique parcourue par un courant de modulation et le second avec une bobine mobile qui est une spire en court-circuit électrique, le courant de modulation étant envoyé dans une bobine fixe disposée dans l'entrefer,

la Figure 4 qui représente une coupe verticale passant par l'axe antéropostérieur de symétrie circulaire d'un haut-parleur mixte comportant une partie de membrane de type dôme et une autre partie de type cône et avec, coté interne du cône et moteur, des moyens de rappel/freinage fluidique et de retenue/butée de ferrofluide, et avec, coté externe du cône, un moyen de guidage fluidique avec moyen de confinement du champ magnétique,

la Figure 5 qui représente un agrandissement simplifié d'une extrémité postérieure (inférieure) d'un entrefer avec une collerette en L et mur optionnel.

Dans la description qui suit, on considérera plus particulièrement des transducteurs à type de haut-parleur bien que les moyens de l'invention puissent s'appliquer à d'autres types de dispositifs et notamment des microphones ou géophones, du moment que ces dispositifs sont du type électrodynamique à bobine mobile.

Les haut-parleurs à suspension ferrofluide considérés à titre d'exemple sont des haut-parleurs à dôme ou à cône ou mixtes (dôme + cône).

Les haut-parleurs à dôme ont une membrane centrale et un seul joint ferrofluide d'étanchéité pneumatique continu le long de la circonférence périphérique du mandrin est suffisant pour assurer l'isolation pneumatique entre les deux faces de la membrane. Le joint peut être unique et, de préférence, s'étendre sur toute la hauteur de l'entrefer (sur au moins une des faces du mandrin avec remplissage total de l'entrefer avec du ferrofluide) ou être associé à un ou d'autres joints ferrofluides sur l'autre face du mandrin (par exemple : un autre joint, sur l'autre face du mandrin, étendu sur toute la hauteur de l'entrefer). Outre le joint continu étendu en hauteur dans l'entrefer, le/les éventuels autres joints ferrofluides peuvent être étagés et/ou de forme(s) quelconque(s) dont joints verticaux.

Les haut-parleurs à cône ont une membrane latérale et au moins deux joints ferrofluides dont deux d'étanchéité pneumatique continus le long des deux circonférences périphériques interne et externe de la membrane (en pratique le long de la circonférence du mandrin et de la circonférence d'un rebord de la membrane) sont mis en œuvre pour assurer l'isolation pneumatique entre les deux faces de la membrane. Coté mandrin, le joint ferrofluide peut être unique et, de préférence, s'étendre sur toute la hauteur de l'entrefer (sur au moins une des faces du mandrin avec remplissage total de l'entrefer avec du ferrofluide) ou être associé à un ou d'autres joints ferrofluides sur l'autre face du mandrin (le/les autres joints ferrofluides peuvent être étagés et/ou de forme(s) quelconque(s) dont joints verticaux).

Enfin, les haut-parleurs mixtes qui ont une partie de membrane de type cône et une autre partie de type dôme, se rapprochent des haut-parleurs de type dôme en ce sens qu'un seul joint ferrofluide d'étanchéité pneumatique continu le long de la circonférence périphérique externe de la partie cône de la membrane peut être suffisant pour assurer l'isolation pneumatique entre les deux faces de la membrane.

Dans tous les cas, les moyens de génération du champ magnétique dans l'entrefer, même s'ils sont de préférence du type moteur sans fer, peuvent également être plus classiques et du type moteur à fer.

A noter que dans le cas des haut-parleurs à cône ou mixte, deux moteurs (donc deux mandrins et deux bobines mobiles classiques et/ou à courant de Foucault) peuvent être mis en œuvre et, ainsi, un premier moyen de génération de champ magnétique pour un premier entrefer d'un premier moteur est coté périphérie interne de la membrane (partie cône dans le cas mixte) et un second moyen de génération de champ magnétique pour un second entrefer d'un second moteur est coté périphérie externe de la membrane.

Dans un moteur sans fer, si un rebouclage du champ magnétique doit s'effectuer en dehors de l'entrefer, ce rebouclage s'effectue par des aimants. Dans les autres cas de moteur sans fer, le rebouclage du champ s'effectue (en général en dehors de l'entrefer) soit dans l'air, soit à travers des pièces qui ne guident pas le champ magnétique. Ainsi, dans un moteur sans fer, c'est un aimant ou ce sont des aimants qui assurent la création du champ magnétique et qui peuvent également assurer le guidage du champ magnétique statique (avec un ou plusieurs sens de champ magnétique dans l'entrefer).

Dans le moteur avec fer, un corps ferromagnétique est utilisé pour guider le champ magnétique. A noter que dans un moteur sans fer, des pièces polaires de petite taille peuvent être mises en œuvre, mais, dans ce cas, elles servent essentiellement à créer des zones de confinement de champ magnétique où le ferrofluide peut se concentrer préférentiellement.

Le moteur comporte un générateur de champ magnétique dans au moins une de ses deux structures magnétiques (interne et externe). Le générateur de champ magnétique peut comporter plusieurs aimants pour création d'au moins une zone de champ magnétique dans l'entrefer. Dans des variantes, l'entrefer comporte trois zones de sens de champs avec une zone médiane dans un sens et deux zones extrêmes dans l'autre sens. Dans ce dernier cas, une seule bobine peut être mise en oeuvre, la bobine au repos se trouvant dans la zone médiane (ce qui correspond à une configuration à freinage électromagnétique d'extrémité du fait de l'inversion de champ aux deux extrémités de l'entrefer, freinage effectif lors des excursions extrêmes, la réponse devant être sensiblement linéaire lors des excursions normales). Toujours dans ce dernier cas, plusieurs bobines de sens adapté à la zone de champ considérée peuvent

être mises en œuvre pour additionner leurs effets. Le/les aimants mis en œuvre dans le générateur de champ magnétique peut/vent être d'une seule pièce et/ou être constitués chacun d'un assemblages d'aimants plus petits. Dans le cas où chacune des structures magnétiques interne et externe (par rapport à la bobine) comporte un/des générateurs de champ(s) magnétique(s), ceux ci sont disposés de manière à optimiser la répartition et l'intensité de la/des zones de champ magnétique dans l'entrefer.

De préférence le (les) moteur mis en œuvre est à configuration à freinage électromagnétique d'extrémité.

Dans l'entrefer, le champ magnétique (au moins un des sens de champs au cas où il y a plusieurs zones de sens de champs) peut être sensiblement uniforme le long de la hauteur de l'entrefer ou comporter des zones de renforcement de champ magnétique (ou des zones de variation importante du champ magnétique) où le ferrofluide ira préférentiellement se placer s'il est en quantité réduite.

A noter que même s'il existe une/des zones de renforcement du champ magnétique pouvant être des emplacements de formation d'autant de joints ferrofluides dans l'entrefer, le ferrofluide s'il est introduit en grande quantité, finira par remplir totalement, même en débordement, l'entrefer. Ainsi, dans un moteur avec au moins deux moyens de confinement du champ magnétique, il se formera sur une face du mandrin où il est introduit et selon la quantité de ferrofluide introduite, deux joints puis un seul lorsque la quantité introduite est augmentée, (les deux joints de ferrofluide finissent par fusionner). Inversement, si l'on retire progressivement le ferrofluide, on pourra éventuellement arriver à ne laisser qu'un/des joints individualisés dans les zones de renforcement (confinement) de champ.

Pour informations en ce qui concerne les moteurs sans fer et les suspensions ferrofluides, on peut éventuellement consulter les demandes FR05/53330 et FR05/53331 déjà mentionnées.

Dans une variante fonctionnant par courant de Foucault, une bobine fixe recevant un courant de modulation est disposée dans une structure magnétique ayant un générateur de champ magnétique, la bobine mobile étant alors une spire en court-circuit électrique et, de préférence, un mandrin métallique conducteur électrique (le mandrin assure alors sa fonction de mandrin et, en plus, la fonction de bobine mobile qui est une spire en court-circuit électrique).

De préférence, dans le cas d'un joint étendu et qui remplit totalement l'entrefer, le ferrofluide déborde hors de l'entrefer de chaque côté afin que lors de l'excursion du mandrin, celui-ci baigne toujours dans le ferrofluide dans la zone où il se trouve dans l'entrefer. En effet, pour de meilleurs résultats, il est préférable que de l'air ne pénètre pas dans la région de l'entrefer et qu'il n'y ait pas non plus d'air emprisonné dans le joint de ferrofluide étendu remplissant totalement l'entrefer.

En outre, notamment dans le cas où un (des) joint est étendu sur toute la hauteur de l'entrefer, qu'il remplisse totalement l'entrefer (il est également étendu circulairement) ou non (cas de joint(s) discret(s) étendu(s) verticalement sur toute la hauteur de l'entrefer), afin d'obtenir un effet de rappel fluidique à une position d'équilibre de l'équipage mobile et de freinage fluidique lors d'excursions, les extrémités du mandrin haute et basse (en pratique en toute position adéquate sur le mandrin pour la fonction attendue de réduction de l'espace où peut se placer le ferrofluide) peuvent être coniques (s'évaser) du côté du joint pour que lors des excursions, l'espace d'entrefer (ou de l'espace libre vertical voisin) entre la paroi dudit entrefer (ou la paroi voisine dudit espace libre vertical) et du mandrin se réduise progressivement réduisant ainsi l'espace où peut se placer le ferrofluide, ce qui entraîne, outre un freinage « fluidique », la création d'une force de rappel du mandrin et donc de l'équipage mobile à une position d'équilibre lors de la suppression du courant de modulation. Cet évasement conique peut également consister en une surépaisseur conique de l'extrémité du mandrin.

En alternative, le mandrin peut rester droit sur toute sa hauteur et des surépaisseurs sont alors réalisées vers les deux extrémités du mandrin (en pratique en toute position adéquate sur le mandrin pour la fonction attendue de réduction de l'espace où peut se placer le ferrofluide). Ces surépaisseurs qui ont une épaisseur constante ou non (notamment épaisseur de la surépaisseur augmentant progressivement vers l'extrémité du mandrin), ont une largeur qui augmente progressivement au fur et à mesure que l'on s'approche de l'extrémité du mandrin. A titre d'exemple, la forme d'une de ces surépaisseurs est un triangle pointé vers l'entrefer et à base vers le bord d'extrémité (supérieure ou inférieure selon le cas) du mandrin.

Lors des excursions du mandrin, ces surépaisseurs (tout comme la conicité) qui plongent dans le ferrofluide (ou qui sont déjà dans le ferrofluide) viennent dans une zone d'épaisseur réduite de l'entrefer (ou

voisine de l'entrefer dans l'espace libre vertical) et le ferrofluide a alors de moins en moins de place pour se loger au fur et à mesure de l'excursion, ce qui crée une force de rappel et un freinage fluidique du mandrin lors des excursions.

De préférence, la réduction progressive de l'espace où peut se placer le ferrofluide (pointe de la conicité ou des surépaisseurs) commence en limite du ferrofluide, limite correspondant sensiblement à la position du bord du ferrofluide lorsque l'équipage mobile est au repos (équilibre statique). En d'autres termes, le freinage/création d'une force de rappel commence sensiblement dès le début d'une excursion de l'équipage mobile. Ceci est vrai pour chaque limite de ferrofluide (haute ou avant, d'une part, et basse ou arrière, d'autre part, sur les Figures) de part et d'autre de l'entrefer (ferrofluide débordant) ou aux deux extrémités de l'entrefer (ferrofluide en limite d'entrefer) afin d'obtenir un effet de rappel/freinage sensiblement symétrique au moins pour ce qui concerne son début.

A noter que cet effet de rappel/freinage fluidique par diminution progressive de l'espace dans lequel le ferrofluide peut prendre place lorsque l'excursion du mandrin augmente, peut aussi fonctionner avec des joints ferrofluides qui ne débordent pas de l'entrefer. En effet, la conicité et les surépaisseurs peuvent avoir une épaisseur maximale qui permet leur passage dans l'entrefer. Dans le cas où ce sont les extrémités du mandrin qui ont une conicité ou des surépaisseurs, elles peuvent avoir (de préférence) une épaisseur maximale qui permet leur passage dans l'entrefer ou non et, dans ce dernier cas, elle peuvent également servir de butée lors des excursions excessives : la conicité du mandrin ou les surépaisseurs vont finir par venir heurter la bordure de l'entrefer ou de la partie resserrée de l'espace libre vertical.

En outre, notamment dans le cas de joint(s) étendu(s) sur toute la hauteur de l'entrefer (qui remplit totalement l'entrefer ou qui soient discrets) et possiblement débordant, en complément ou non des dispositifs de rappel/freinage fluidique, les extrémités du mandrin peuvent comporter des rebords à type de collerette (bague ou anneau ces termes étant également équivalents) de retenue de ferrofluide en bordure d'extrémité du mandrin (en pratique en toute position adéquate sur le mandrin pour la fonction attendue de retenue et/ou butée), de préférence seulement du côté du ferrofluide, mais dans d'autres variantes, des deux côtés du mandrin. Ces collerettes permettent de retenir le ferrofluide du côté du mandrin où il se situe normalement et d'éviter qu'il ne puisse

passer de l'autre côté du mandrin lors d'excursions excessives. Dans un mode particulier, ces collerettes sont d'une largeur telle qu'elles ne peuvent pas passer dans l'entrefer ou, plus généralement, une partie de largeur réduite de l'espace libre vertical. Ainsi, en outre, les collerettes peuvent avoir une fonction de butée mécanique (elles viennent buter contre le bord de l'entrefer ou d'une partie de largeur réduite de l'espace libre vertical) ou de butée fluidique (elles viennent buter contre le ferrofluide) lors d'excursions excessives. Dans le cas où les collerettes ont une largeur supérieure à la largeur de l'entrefer, on comprend que l'une des collerettes devra être mise en place après introduction du mandrin dans l'entrefer de l'espace libre vertical à moins qu'une des parois de l'entrefer puisse être montée à une étape ultérieure de la fabrication du moteur. De plus, la collerette constitue un moyen de renforcement du mandrin et améliore sa tenue mécanique (évite d'éventuelles déformations du mandrin, notamment des plis ou autres).

Le ferrofluide est choisi notamment d'une part pour sa longévité à résister aux températures élevées pouvant être rencontrées dans les haut-parleurs et, d'autre part, en fonction de sa viscosité. A titre d'exemple le ferrofluide APG S12n de la société FERROTEC des Etats-Unis peut être mis en œuvre. Comme on l'a déjà indiqué et afin d'obtenir de meilleurs résultats, il est préférable qu'il n'y ait pas de bulle d'air ou de poche d'air dans le ferrofluide étendu et qui remplit totalement l'entrefer. Pour cela, il peut être utile de dégazer le ferrofluide avant sont introduction dans l'entrefer (et, comme également déjà indiqué, préférable que le ferrofluide déborde des extrémités de l'entrefer des deux cotés afin que lors des excursion du mandrin de l'air ne puisse pas pénétrer dans l'entrefer).

Le moteur électrodynamique du haut-parleur 1 à dôme 2 de la Figure 1 comporte une bobine 6 sur un mandrin 3 et des structures magnétiques externe 5 et interne 4 dont au moins une comporte un/des moyens de génération de champ(s) magnétique(s) dans l'entrefer. La bobine 6 est placée dans un entrefer d'un espace libre vertical dans laquelle peut se déplacer le mandrin lors des excursions de l'équipage mobile. Dans cet exemple, des moyens de confinement 11 de champ magnétique sont représentés et sont destinés à créer, dans l'espace libre vertical (dans ou en dehors de l'entrefer), des concentrations/variations de champ magnétique où le ferrofluide a tendance à se concentrer de préférence. Ces moyens de confinement sont optionnels et leur nombre et emplacement(s) peuvent être différents selon la modalité de réalisation du haut-parleur. Du ferrofluide 14 a été introduit dans l'entrefer coté face

externe du mandrin 3 afin de remplir totalement l'entrefer entre la face externe du mandrin et la structure magnétique externe 5. De plus, la quantité de ferrofluide est telle qu'il déborde en haut et en bas de l'entrefer afin que lors des excursions de l'équipage mobile (au moins pour les excursions normales) l'entrefer soit toujours rempli de ferrofluide sur la face correspondante du mandrin 3. On comprend que le ferrofluide 14 étendu sur toute la hauteur de l'entrefer et qui remplit totalement l'entrefer est également étendu tout le long du pourtour du mandrin, ce qui assure également une étanchéité pneumatique/acoustique entre les deux faces (avant-arrière) du dôme 2.

Dans une variante, du ferrofluide est également introduit coté face interne du mandrin soit pour former un/des joints ferrofluides indépendants (au niveau des moyens de confinement du champ) lorsque la quantité de ferrofluide est faible ou pour remplir complètement (de préférence en débordement) l'entrefer de ce coté interne. A noter que le/les éventuels joints sur l'autre face du mandrin (l'autre face que celle du ferrofluide remplissant totalement l'entrefer) peuvent être de formes diverses et, par exemple au lieu de horizontaux : verticaux, obliques ou autres formes dont contournées (les moyens de confinement du champ seront adaptés en conséquence).

On comprend que les dispositions de certains des éléments de la Figure 1 peuvent être inversées, par exemple le ferrofluide remplissant toute la hauteur de l'entrefer est seulement coté interne du mandrin. A noter qu'étant donné qu'il est nécessaire d'isoler pneumatiquement (fonction d'étanchéité) l'avant de l'arrière de la membrane, en l'espèce un dôme 2, on fera en sorte que dans la structure réalisée le ferrofluide remplissant totalement l'entrefer ou un des éventuels joints associés assure cette fonction. En effet, la partie inférieure de l'espace libre vertical n'est pas forcément fermée et peut être ouverte à l'air libre ou dans une charge pneumatique arrière. De même, la position de la bobine 6 (qui peut être en fait un ensemble de bobines) peut être inversée par rapport à la Figure 1 et être positionnée coté face externe du mandrin 3.

Le moteur est dans un saladier rigide dont on n'a représenté qu'une partie 7 vers l'avant avec un moyen pour fixation à un support (orifice de passage de vis) qui peut être une face d'une enceinte par exemple. Outre que les deux structures magnétiques externe et interne peuvent être actives toutes deux (comporter des moyens de génération de champ(s) magnétique(s)), en variante, une des structures magnétiques externe 5 ou interne 4 peut être passive, c'est-à-dire qu'elle ne comporte que des

moyens de guidage d'un champ magnétique crée dans l'autre structure ou n'en comporte pas et peut alors faite d'une matière neutre vis-à-vis du champ magnétique ou, encore, être de l'air (absence d'élément matériel propre).

En variante, les deux structures magnétiques interne et externe peuvent être active(s), c'est-à-dire comporter chacune un/des moyens générateurs de champ magnétique statique (un/des aimants : anneau / pastille / composite / monobloc...), ou, encore, peuvent être mixte(s), c'est-à-dire comporter un/des moyens générateurs de champ magnétique et un/des moyens de guidage du champ magnétique. Ainsi, le moteur de la Figure 1 peut être du type à fer ou du type sans fer (avec seulement un/des aimants).

Sur la Figure 1 on a également représenté deux moyens de rappel non fluidiques de l'équipage mobile vers une position prédéfinie lorsque la bobine n'est plus excitée électriquement (ou suite à la suppression d'une contrainte externe accidentelle). Ces moyens de rappel non fluidiques donnés à titre exemplatif sur cette Figure 1 simplifiée sont, d'une part, une charge pneumatique de la face arrière du dôme et, d'autre part, un moyen mécanique à type de ressort. A noter, que la conicité 12 et les surépaisseurs 16 sont aussi des moyens de rappel mais de type fluidique.

La charge pneumatique correspond à une mise en oeuvre d'un volume clos 8 en arrière de la membrane, ce volume clos fermé par une paroi 9 est en l'espèce quasi-clos car une fuite minime sous forme d'un orifice 10 a été réalisée. La constante de temps de l'orifice (temps nécessaire pour équilibrer les pressions entre les deux cotés de l'orifice) est très longue par rapport aux fréquences à reproduire par le haut-parleur. L'orifice présente donc un très faible diamètre ou peut être remplacé/complété par une matière poreuse ou par un tube fin (type tube capillaire ou aiguille).

On peut noter que pour charger l'arrière du dôme avec ce volume quasi-clos disposé essentiellement en arrière du moteur, le cœur central du moteur est creux vers l'arrière du haut-parleur. On peut noter au fond (bas) de l'espace libre vertical deux zones 31 délimitées par des pointillés, elles correspondent à une variante de réalisation avec une ouverture (ou des ouvertures) directe entre le fond de l'espace libre vertical et le volume 8 clos ou quasi-clos de charge pneumatique arrière. En l'absence de cette (ces) ouverture 31, la communication entre le fond de l'espace libre vertical et le volume arrière 8 de charge s'effectue en remontant vers l'avant le long du mandrin et en passant par l'ouverture

centrale du haut-parleur. On comprend que cette (ces) ouverture 31 améliore le fonctionnement au cas où un/des joints continus sur la circonférence du mandrin seraient également mis en œuvre du côté opposé au joint 14 étendu et qui remplit totalement l'entrefer car, sinon, il n'y aurait alors plus de communication possible entre le fond de l'espace libre vertical et le volume de charge arrière 8.

On doit noter qu'il est préférable pour obtenir de meilleurs résultats que l'espace libre vertical vers l'arrière soit le mieux possible décomprimé (rôle de l'ouverture 31) vers la charge pneumatique (volume clos ou quasi-clos arrière) et donc la surface de l'ouverture doit être maximale pour améliorer la circulation de l'air. Etant donné que les divers éléments du haut-parleur doivent être maintenus entre eux, les structures magnétiques interne et externe du moteur en l'espèce, des entretoises doivent être mises en œuvre à travers l'ouverture 31 continue circonférentielle et ces entretoises peuvent être des ailettes du type de celles 22 mises en œuvre dans le haut-parleur de la Figure 3 (qui relient d'autres éléments internes et externes de cet autre haut-parleur).

De même, il est préférable de supprimer les arêtes vives sur les éléments du haut-parleur dans des zones où il peut y avoir des mouvements d'air. C'est notamment pour cela que les bords 32 vers l'avant et vers l'arrière de la structure magnétique interne 4 sont arrondis. Ces arrondis sont de préférence les plus étendus possibles.

Le moyen de rappel non fluidique est un ressort 15 entre le dôme 2 et la partie fixe centrale du moteur, en l'espèce la structure magnétique interne 4. D'autres moyens de rappel notamment non fluidiques peuvent être mis en œuvre dans des variantes de réalisation. Dans des modes particuliers de réalisation, aucun, un seul ou plus de deux moyens de rappel non fluidiques sont mis en œuvre.

Des moyens de rappel/freinage fluidique 12, 16 et de retenue/butée 13 de ferrofluide sont mis en œuvre afin de limiter l'amplitude des excursions et d'éviter qu'elles ne deviennent trop importantes au risque de « désolidariser » les éléments statiques et mobiles du moteur et qui sont maintenus et guidés entre-eux par des moyens fluidiques, en l'espèce du ferrofluide, moyens de guidage fluidiques qui ne procurent pas en eux-mêmes de limite à l'amplitude des excursions contrairement aux moyens mécaniques à type de suspensions classiques.

Le moyen de rappel/freinage fluidique agit lors des excursions de l'équipage mobile en provoquant une diminution de l'espace dans lequel peut se placer le ferrofluide lors desdites excursions. Dans l'exemple

représenté, cette action est permise au niveau de l'entrefer qui est déjà une zone d'épaisseur réduite mais dans des variantes, une/des zones de rétrécissement spécifique peuvent être mises en œuvre à distance de l'entrefer et en relation avec des éléments (conicité du mandrin ou surépaisseurs notamment) qui vont maintenant être décrits

Afin d'obtenir cette réduction de l'espace dans lequel peut se placer le ferrofluide, réduction d'espace de préférence progressive au fur et à mesure de l'augmentation de l'amplitude de l'excursion, on peut mettre en œuvre une conicité 12 et/ou des surépaisseurs 16 de/sur l'extrémité (ou en toute autre position adéquate pour la fonction attendue) du mandrin.

Sur la Figure 1, on a représenté en haut du mandrin 3 la conicité 12 dudit mandrin (de construction du mandrin ou par une pièce rapportée) et, en bas, des motifs en surépaisseur 16 (de construction du mandrin ou par pièces rapportées). Divers types de surépaisseurs sont représentés sur la Figure 2 comme étant vues frontalement sur une partie inférieure (découpée) du pourtour du mandrin. La première surépaisseur 16a est sensiblement triangulaire à sommet/pointe vers le haut, coté ferrofluide, base vers l'extrémité inférieure du mandrin et bords latéraux (entre la pointe et la base) droits. La deuxième surépaisseur 16b est équivalente à la première sauf que ses bords latéraux sont concaves. La troisième surépaisseur 16c est équivalente à la première sauf que ses bords latéraux sont convexes. Les trois premières surépaisseurs 16a, 16b, 16c sont d'épaisseur constante. La quatrième surépaisseur 16d est d'épaisseur qui augmente plus on se rapproche de l'extrémité inférieure du mandrin et s'apparente à la conicité évoquée ci-dessus. Cette quatrième surépaisseur 16d est du type de la première 16a en ce qui concerne sa forme triangulaire générale mais dans des variantes elle pourrait être selon d'autres formes générales dont celles des 16b et 16c. On comprend que du fait de ces différentes variantes de surépaisseur, la variation des effets de rappel et de freinage fluidique va être différente et on peut donc choisir la forme de la fonction de rappel/freinage fluidique selon le type de surépaisseur mis en œuvre.

A noter que, de préférence, on ne met en œuvre qu'un seul type de ces formes pour des surépaisseurs sur un mandrin. De même, il est préférable que les fonctions de rappel/freinage fluidiques soient identiques aux deux extrémités du mandrin, ce qui est plus facile si les moyens de rappel/freinage fluidiques sont identiques (mais symétriques) à ces deux extrémités, soit conicités identiques, soit surépaisseurs (même nombre et type alors) identiques. Ainsi, de préférence, on met en œuvre

des conicités ou des surépaisseurs qui permettent d'obtenir une force de rappel (symétrique par rapport à la position de repos) proportionnelle au déplacement dans une zone de fonctionnement linaire du haut-parleur et correspondant à des excursions normales. En dehors de ces excursions normales, lors d'excursions extrêmes, des variations plus importantes peuvent être mises en œuvre jusqu'à des effets de butée ou quasi-butée.

Les moyens de retenue/butée 13 de ferrofluide sont des rebords à type de collerettes disposés vers les extrémités haute et basse du mandrin 3 (ou en toute autre position adéquate pour la fonction attendue) au moins du coté du ferrofluide qui rempli totalement l'entrefer. Cette collerette empêche le passage du ferrofluide de l'autre coté du mandrin (ou sur la membrane en l'espèce) lors d'excursions excessives de l'équipage mobile. Si, de préférence, la collerette à une largeur telle qu'elle peut passer dans l'entrefer (notamment pour simplifier le montage du moteur), dans une variante, cette largeur peut être telle qu'elle ne peut pas passer dans l'entrefer. Outre l'effet de retenue du ferrofluide, un effet de butée est procuré, effet de buté fluidique dans le cas de la Figure 1 car le ferrofluide vient buter contre cette collerette et reste prisonnier du coté correspondant du mandrin. A noter que, comme représenté en pointillés avec la référence 17 sur la Figure 1, un « mur » peut, dans une variante, être réalisé pour empêcher le ferrofluide de s'échapper sur les cotés, ce qui pourrait se produire du fait qu'il ne peut plus s'échapper en passant de l'autre coté du mandrin (ou de la membrane) du fait de la collerette.

On va maintenant décrire la Figure 3, non à l'échelle, à titre d'exemple de haut-parleur à membrane à type de cône 27. Ce haut-parleur qui est à symétrie cylindrique, comporte un moteur avec un seul générateur de champ magnétique statique disposé ici dans la structure magnétique interne 4. Cette structure magnétique interne comporte sur une partie interne 21 de saladier un premier et un second aimants 18 et 19 (pastille ou anneau) de champs magnétiques internes verticaux et opposés. Ces aimants qui ont leurs faces polaires opposées et de même signe sont séparés par un espace comportant, de préférence, une matière neutre vis-à-vis des champs magnétiques des aimants et il en résulte qu'un champ radial (horizontal sur la Figure) est crée dans l'entrefer où se trouve une bobine 6 solidaire d'un mandrin 3 lui-même solidaire de la membrane cône 27. Du ferrofluide formant un premier joint 29 est disposé dans l'entrefer entre la face interne du mandrin et la paroi interne de l'entrefer. On doit noter que l'entrefer correspond ici à une zone à l'extérieur de la structure magnétique interne 4 qui est en face de l'espace

compris entre les deux aimants 18 et 19 et donc que, comme représenté, le joint de ferrofluide s'étend sur toute la hauteur de l'entrefer et le déborde même en haut et en bas. De plus, la structure magnétique externe est ici de l'air (absence d'élément matériel propre).

Le rebouclage en dehors de l'entrefer du champ magnétique créé par un générateur de champ magnétique statique dans la structure magnétique interne 4 s'effectue dans l'air. Aucune structure à base de « fer » n'est mise en œuvre et on a donc ici un moteur sans fer.

Toujours sur la Figure 3, on peut remarquer la présence dans l'espace séparant les deux aimants 18 et 19, d'un bobinage 20 fixe (bobine fixe) qui y est inséré pour fonctionnement du haut-parleur par courant de Foucault (bobinage inducteur). En effet, cette Figure 3 représente deux modes de réalisation. Dans le premier mode, classique, la bobine mobile 6 est destinée à recevoir un courant de modulation qui va permettre les excursions de la membrane entraînée par le mandrin solidaire de ladite bobine mobile, ces trois éléments formant l'équipage mobile. Dans ce premier mode, la bobine fixe 20 peut être omise. Dans le second mode, fonctionnement par courant de Foucault, la bobine mobile est une spire en court-circuit électrique et, de préférence, correspond au mandrin 3 qui est alors métallique et conducteur électrique et formant le court-circuit électrique circulaire. Dans ce second mode, le courant de modulation est envoyé dans la bobine fixe 20. On comprend que ce second mode de fonctionnement par courant de Foucault peut être employé dans tout autre type de haut-parleur et notamment dans ceux décrits précédemment en relation avec la Figure 1 dans lesquels ont met alors en œuvre une bobine fixe au niveau de l'entrefer recevant le courant de modulation et une bobine mobile qui est une spire en court-circuit électrique et de préférence correspond à un mandrin métallique conducteur électrique.

Dans une autre variante à type de moteur sans fer, le moteur comporte une structure magnétique externe également génératrice de champ magnétique avec des aimants dont les orientations sont compatibles avec celles de la structure magnétique interne (on peut consulter utilement la demande FR05/53331 déjà mentionnée pour des exemples de tels moteurs). Dans une autre variante, le générateur de champ magnétique statique est seulement externe au lieu d'être interne. Dans encore une autre variante, le moteur est du type à fer classique.

Etant donné que la membrane 27 est ici externe, deux joints de ferrofluide 29 et 30 continus sur la circonférence de la membrane sont

nécessaires pour assurer l'étanchéité pneumatique entre les deux faces de la membrane 27. Un premier joint interne 29 de ferrofluide déjà signalé est disposé dans l'entrefer entre la face interne du mandrin 3 et la face externe de la structure magnétique interne 4 (centrale) du haut-parleur. Ce premier joint 29, qui est disposé dans une zone de confinement de champ, est donc continu sur la circonférence du mandrin 3. Un second joint externe 30 de ferrofluide est disposé coté face externe d'un rebord 28 de la membrane 27. Le second joint de ferrofluide 30 est maintenu en place par un moyen de confinement de champ magnétique disposé vers l'extérieur du rebord 28 par rapport à l'axe central 29 de symétrie du haut-parleur. Le moyen de confinement disposé sur une partie externe 23 du saladier comporte un aimant 26 et deux plaques de champ 25, chacune sur une des faces polaires dudit aimant. Ainsi, le second joint est étendu entre une plaque de champ 25 et le rebord 28 tout en s'étendant en continu sur la circonférence du rebord 28. Le rebord 28 comporte un moyen de retenue du ferrofluide et rappel/freinage fluidique sous forme d'une incurvation, concavité vers le ferrofluide, telle que lorsque la membrane est à sa position de repos, le joint de ferrofluide 30 ait le maximum d'espace pour se positionner. On comprend que lors des excursions de la membrane 27 et donc du rebord 28, cet espace va diminuer d'où effet de rappel/freinage fluidique.

Outre cette fonction de rappel du second joint de ferrofluide, c'est aussi une structure de guidage externe de l'équipage mobile par l'intermédiaire du rebord 28 de la membrane qui est l'équivalent du mandrin 3 de la structure de guidage interne correspondant au premier joint de ferrofluide. On comprend alors qu'en ce qui concerne le guidage et le rappel de l'équipage mobile, ces structures externe (non motrice (passive) du point de vue de des excursions de l'équipage mobile et avec moyen de confinement de champ magnétique) et interne (moteur proprement dit assurant les excursions de l'équipage mobile et avec structure(s) magnétique(s) génératrice(s) de champ magnétique et entrefer) sont équivalentes : on y trouve (au moins) une zone de concentration de champ magnétique (entrefer du moteur ou du moyen de confinement de champ magnétique), du ferrofluide et une pièce solidaire de la membrane (rebord 28, 28' ou mandrin 3). Il en résulte que l'équipage mobile peut comporter, outre un mandrin, un rebord 28, 28' de membrane.

La partie interne 21 et la partie externe 23 du saladier sont maintenues ensembles par une série d'ailettes 22 réparties sur la

circonférence du haut-parleur. Dans l'exemple considéré, 6 ailettes d'épaisseur déterminée sont réparties sur les 360° de la circonférence. On peut noter qu'à l'arrière du haut-parleur dont on n'a pas représenté tous les éléments pour simplification, on a une charge pneumatique afin de charger pneumatiquement la face arrière de la membrane, seul le début du tube de charge 24 ayant été représenté.

Dans des variantes de réalisation, des moyens de rappel/freinage fluidique (conicités et/ou surépaisseurs) et/ou de retenue du ferrofluide (collerettes) selon les caractéristiques précédemment décrites sont mis en œuvre sur le mandrin 3. A noter que ces mêmes moyens de rappel/freinage fluidique et/ou de retenue du ferrofluide peuvent également être mis en œuvre aux extrémités haute et basse du rebord 28.

Toujours dans le cadre d'un haut-parleur à cône, si sur la Figure 3, le moteur comporte seulement des moyens de génération d'un champ magnétique statique dans la structure magnétique interne (vers le centre du haut-parleur), dans des variantes, cette structure génératrice peut être externe par rapport au mandrin ou être externe à la membrane ou, dans encore d'autres variantes, deux bobines (ou séries de bobines) peuvent être mises en œuvre : une (des) vers l'intérieur par rapport à la membrane (comme représenté sur la Figure 3), mais aussi une (des) vers l'extérieur par rapport à la membrane avec l'équivalent d'un mandrin à la place du rebord 28 et une/des structures pour génération de champ magnétique statique afin de créer un deuxième entrefer de ce même coté de la membrane. Dans ce dernier cas, on comprend que les bobines travaillent en phase l'une de l'autre pour un déplacement cohérent de la membrane qui est entraînée à chacun de ses bords (externe par l'intermédiaire du rebord et interne par l'intermédiaire du mandrin).

On va maintenant décrire la Figure 4, à titre d'exemple de haut-parleur à membrane de type mixte cône 27' + dôme 2'. Ce haut-parleur qui est à symétrie cylindrique, comporte un moteur intérieur avec structures magnétiques interne 4 et externe 5 dont on ne détaille pas ici la structure qui peut être de tout type adapté (avec ou sans fer, avec une ou deux structures magnétiques matérialisée...). Dans l'entrefer de ce moteur se trouve une bobine 6 solidaire d'un mandrin 3 lui-même solidaire de la membrane type cône 27' + dôme 2'. Du ferrofluide formant un premier joint 14 est disposé dans l'entrefer entre la face externe du mandrin et la paroi externe de l'entrefer. Le premier joint de ferrofluide 14 rempli totalement l'entrefer en débordement et assure donc en plus de la fonction de guidage, une étanchéité pneumatique (non indispensable

toutefois dans le contexte de la Figure 4 car le dôme est étanche par lui-même). Le mandrin comporte un moyen de rappel/freinage à type de conicité 12 aux deux extrémités haute (avant) et basse (arrière) du mandrin 3. On peut remarquer que le mandrin 3 est droit dans la zone de l'entrefer (équipage mobile au repos, à l'équilibre) et que la conicité du mandrin (bilatérale) débute en limite haute ou basse du joint 14 de ferrofluide. En outre, le mandrin 3 comporte à ses extrémités un moyen de retenu du ferrofluide à type de collerette 13 bien visible vers l'extrémité inférieure du mandrin. A l'extrémité supérieure, la collerette est fixée à la membrane et peut être optionnelle du fait que la membrane peut, à elle seule, empêcher le passage du ferrofluide de l'autre coté du mandrin lors des excursions extrêmes de l'équipage mobile.

Toujours Figure 4, mais coté périphérie externe de la partie cône 27' de la membrane, un moyen de guidage ferrofluide est également mis en œuvre en relation avec un rebord 28' de la membrane. Un joint de ferrofluide 30 est mis en œuvre dans une structure de guidage comportant au moins un moyen de confinement de champ magnétique (ou un entrefer au cas où le rebord comporte une bobine mobile dans un autre moteur, cette fois externe, du haut-parleur). On ne détaille pas plus cette structure de guidage qui peut être du type de celle (et ses variantes) mise en œuvre à la Figure 3. Comme précédemment, le haut-parleur de la Figure 4, peut ainsi comporter un moteur (externe ou interne) ou deux moteurs. Pour simplifier, on n'a pas détaillé les autres éléments du haut-parleur comme par exemple les ailettes entre les parties externe et interne du haut-parleur et le saladier associé ou la charge pneumatique arrière.

La Figure 5, simplifiée, donne un exemple de réalisation d'une collerette à l'extrémité inférieure d'un mandrin 3 (ou rebord type 28, 28'). Cette collerette 13 est en forme de L et est légèrement inclinée afin de rendre plus progressif l'effet de butée fluidique qui, sur la Figure 5, a commencé à se produire, l'équipage mobile étant dans une position d'excursion avancée vers le haut (avant du haut-parleur). La largeur de la collerette est telle qu'elle peut passer dans l'entrefer (notamment lors de l'assemblage du moteur). La forme en L de la collerette 13 est ici mise en œuvre en combinaison avec un mur 17 qui prolonge latéralement (ici vers le bas, donc l'arrière du haut-parleur) la partie de largeur réduite de l'espace libre correspondant à l'entrefer. Il en résulte que le ferrofluide sera contraint, outre par la collerette 13, mais aussi par ce mur 17, de rester du même coté du mandrin (ou du rebord), ceci même lors des excursions extrêmes. Ce mur 17, représenté en pointillés sur la Figure 5,

est optionnel mais quant il est présent, il améliore les effets de retenue du ferrofluide et de butée fluidique. On comprend que ce mur peut être une pièce propre, rapportée sur les extrémités de l'entrefer ou un simple prolongement latéral de la partie de largeur réduite de l'espace libre vertical correspondant à l'entrefer (ce prolongement n'ayant pas de fonction magnétique contrairement aux éléments au niveau de l'entrefer). On comprend également en relation avec la Figure 5 simplifiée, que des moyens de rappel/freinage (non représentés) peuvent y être mis en œuvre.

On comprend que l'invention peut être déclinée de diverses manières sans pour autant sortir du cadre général des revendications. Ainsi, un haut-parleur simplifié selon l'invention comporte de préférence un moteur avec générateur de champ magnétique extérieur (par rapport à la bobine) sans générateur de champ magnétique du coté intérieur. Le générateur comporte de préférence une couronne magnétique radiale formée d'une juxtaposition circulaire d'aimants radiaux élémentaires (ce qui peut conduire éventuellement à la formation de joints verticaux si l'on met en œuvre une quantité insuffisante de ferrofluide). Plus généralement, tout type de moteur peut être mis en œuvre, moteur classique à fer ou moteur sans fer et, ceci avec ou sans rebouclage matériel (par du fer ou des aimants) du champ en dehors de l'entrefer, générateur(s) de champ magnétique unilatéral (interne ou externe par rapport à la bobine) ou bilatéraux. Le moteur dans toutes ses déclinaisons peut également être à courant de Foucault. La forme et répartition du champ dans l'entrefer peut être quelconque, par exemple champ sensiblement uniforme, champs multiples (sens alternés pour effet de freinage électromagnétique et/ou fonctionnement avec plusieurs bobines). Des moyens de confinement du champ magnétique spécifiques peuvent ou non être mis en œuvre dans l'espace libre vertical où se déplace le mandrin pour faciliter la rétention du ferrofluide dans l'entrefer et ledit espace libre vertical. Outre les moteurs à symétrie circulaire (membrane circulaire), d'autres types de symétries sont possibles dans le cadre de l'invention et, par exemple elliptique. Le transducteur peut comporter un ou deux moteurs selon son type (par exemple un haut-parleur à cône ou mixte peut comporter un moteur interne et un moteur externe par rapport aux extrémités de la membrane). Les moyens de rappel/freinage (conicité et surépaisseurs) et de retenue/butée (collerette) peuvent être combinés en une seule structure intégrée ou rapportée sur le mandrin (ou le rebord). On a vu que le maintien des joints ferrofluides était obtenu par

l'existence de champs magnétiques, aussi bien de l'entrefer que de moyens de confinement spécifiques et on comprend alors que la distinction entre les deux en ce qui concerne la création de champs magnétique permettant le maintien des joints ferrofluides n'a pas lieu d'être si l'on considère l'aspect fonctionnel. Enfin, si de préférence, on met en œuvre au moins un joint étendu sur toute la hauteur de l'entrefer (et éventuellement débordant) et également étendu sur toute la circonférence du mandrin pour remplir totalement l'entrefer du coté correspondant du mandrin, une alternative peut correspondre à une série de joints verticaux indépendants étendus sur toute la hauteur de l'entrefer (et éventuellement débordant) et répartis sur la circonférence du mandrin (de préférence équiangulairement), sensiblement parallèles entre eux. On comprend que dans ce dernier cas, si l'on augmente la quantité de ferrofluide de ces joints verticaux, le ferrofluide va finir par remplir complètement l'entrefer du coté correspondant du mandrin ce qui permettra d'assurer une étanchéité. En effet, toujours dans ce dernier cas, cette série de joints verticaux indépendants (avec la quantité juste nécessaire de ferrofluide pour que ces joints verticaux soient indépendants), n'assure pas d'étanchéité pneumatique et que si elle est nécessaire et que l'on ne souhaite pas augmenter la quantité de ferrofluide pour relier entre eux les joints verticaux par le ferrofluide, un moyen d'étanchéité indépendant devra être mis en œuvre (joint continu circulairement sur l'autre face du mandrin ou autre moyen d'étanchéité pneumatique plus classique).

REVENDICATIONS

1. Transducteur électrodynamique (1) à membrane (2) comportant un moteur électrodynamique dans une carcasse (7) et dans lequel une bobine (6) mobile fixée sur un mandrin (3) solidaire de la membrane peut se déplacer, le mandrin et la bobine mobile et la membrane formant un équipage mobile, le mandrin étant une forme générée par une génératrice globalement linéaire, la bobine mobile étant placée dans un entrefer d'un espace libre vertical où elle peut se déplacer et qui est délimité, vers le centre du transducteur par une structure magnétique interne (4) et, vers la périphérie du transducteur par une structure magnétique externe (5), au moins une des structures magnétique générant un champ magnétique statique, le transducteur ne comportant pas de suspension périphérique ni de suspension interne, la suspension périphérique étant une suspension entre la périphérie de la membrane et la carcasse, la suspension interne étant une suspension entre la membrane ou le mandrin et la carcasse, le guidage de l'équipage mobile et l'étanchéité pneumatique entre les faces avant et arrière de la membrane étant assuré par un ferrofluide,
caractérisé en ce que le mandrin est maintenu dans l'entrefer par du ferrofluide étendu sur au moins une des deux faces du mandrin et ledit ferrofluide remplit l'entrefer sur toute la (les) face(s) correspondante(s) du mandrin.

2. Transducteur selon la revendication 1, caractérisé en ce que le ferrofluide est étendu sur une seule des deux faces du mandrin.

3. Transducteur selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que le ferrofluide déborde de l'entrefer à chacune de ses deux extrémités afin que lors des excursions du mandrin dans l'entrefer, ce dernier soit toujours rempli de ferrofluide sur la (les) face(s) correspondante(s) du mandrin.

4. Transducteur selon la revendication 1, 2 ou 3, caractérisé en ce qu'il comporte un moyen de rappel fluidique à une position d'équilibre de l'équipage mobile et de freinage, ledit moyen de rappel/freinage fluidique provoquant une diminution de préférence progressive de l'espace dans lequel peut se placer le ferrofluide lors d'excursions de l'équipage mobile hors de sa position d'équilibre, ledit moyen de rappel/freinage fluidique étant choisi dans au moins un des moyens suivants et leurs combinaisons :
- une conicité haute et/ou basse du mandrin du coté du ferrofluide,

- au moins un motif en surépaisseur haut et/ou bas du mandrin du coté du ferrofluide,
- au moins une concavité du mandrin.

5. Transducteur selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comporte à au moins une des deux extrémités du mandrin un moyen de retenue du ferrofluide, ledit moyen de retenue étant une collerette pour, lors des excursions excessives dudit mandrin, maintenir le ferrofluide du coté du mandrin, où il se situe initialement.

6. Transducteur selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comporte au moins deux moyens de confinement (11) du champ magnétique dans l'espace libre vertical, les moyens de confinement étant étagés dans l'espace libre vertical.

7. Transducteur selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comporte en outre au moins un moyen de rappel non fluidique de l'équipage mobile.

8. Transducteur selon la revendication 7, caractérisé en ce que le moyen de rappel non fluidique de l'équipage mobile est choisi parmi un ou plusieurs des moyens suivants:

- charge de la membrane par un volume clos à l'arrière du dôme, la structure magnétique interne étant ouverte vers ledit volume clos;
- charge de la membrane par un volume clos à l'arrière du dôme, la structure magnétique interne étant ouverte vers ledit volume clos qui comporte un dispositif de régulation de sa pression interne, notamment par régulation de la température de l'air contenu dans ledit volume clos ;
- charge de la membrane par un volume quasi-clos à l'arrière du dôme, la structure magnétique interne étant ouverte vers ledit volume quasi-clos, ledit volume quasi-clos comportant une fuite pneumatique minime dont la constante de temps est très longue par rapport aux fréquences à reproduire, ladite fuite étant notamment sous forme de matière poreuse ou d'un orifice à très faible diamètre ou d'un tube fin vers l'extérieur du transducteur;
- un moyen de rappel mécanique du type ressort ou matière élastique entre le dôme ou le mandrin et une partie fixe du transducteur ;
- un asservissement électronique de position de la bobine ;

- une configuration de la bobine et des structures magnétiques interne et externe telle qu'une force de rappel soit exercée sur la bobine par effet électromagnétique ;
- une configuration de l'équipage mobile et des structures magnétiques interne et externe telle qu'une force de rappel soit exercée sur ledit équipage mobile par effet magnétique.

9. Transducteur selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il est un haut-parleur, la membrane est un dôme.

10. Transducteur selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé en ce qu'il est un haut-parleur, la membrane est un cône (27) et en ce que ladite membrane étant externe par rapport au centre du haut-parleur, un joint (30) continu de ferrofluide est en outre disposé le long de la circonférence d'un rebord (28) de la membrane, ledit rebord (28) étant le long du bord de la membrane opposé au bord de la membrane en relation avec le mandrin (6), ledit joint de ferrofluide (30) étant maintenu par au moins un moyen de confinement de champ magnétique (25, 26).

11. Transducteur selon la revendication 10, caractérisé en ce que le rebord (28) comporte un moyen de retenue et de rappel/freinage fluidique sous forme d'une incurvation telle que lorsque la membrane est à sa position de repos, le joint de ferrofluide (30) a un maximum d'espace pour se positionner par rapport à des excursions hors de la position de repos.

12. Transducteur selon les revendications 9 et 10 ou 9 et 11, caractérisé en ce que la membrane comporte une partie dôme et une autre partie cône.

13. Transducteur selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que la bobine mobile est une spire en court-circuit électrique et que au moins une des structures magnétiques comporte une bobine fixe (20) destinée à recevoir un courant de modulation, la bobine fixe étant placée au niveau de l'entrefer dans la structure magnétique.

14. Transducteur selon la revendication 13, caractérisé en ce que la bobine mobile du type spire en court-circuit électrique est intégrée au mandrin, le mandrin étant métallique et conducteur électrique et formant ladite spire en court-circuit.

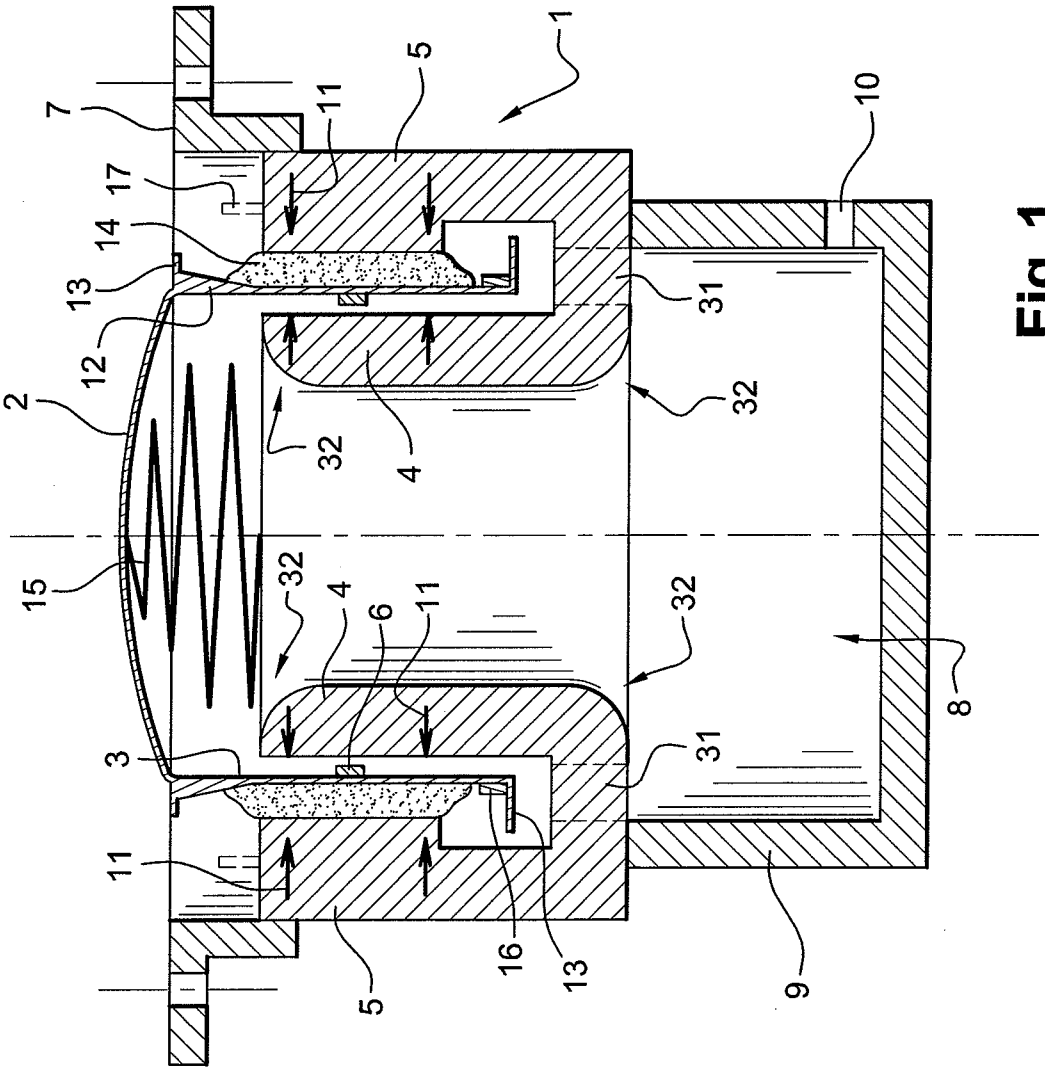


Fig. 1

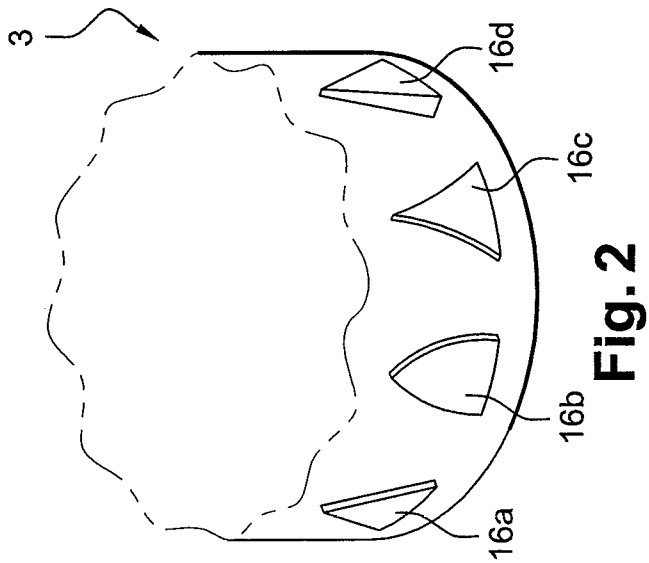


Fig. 2

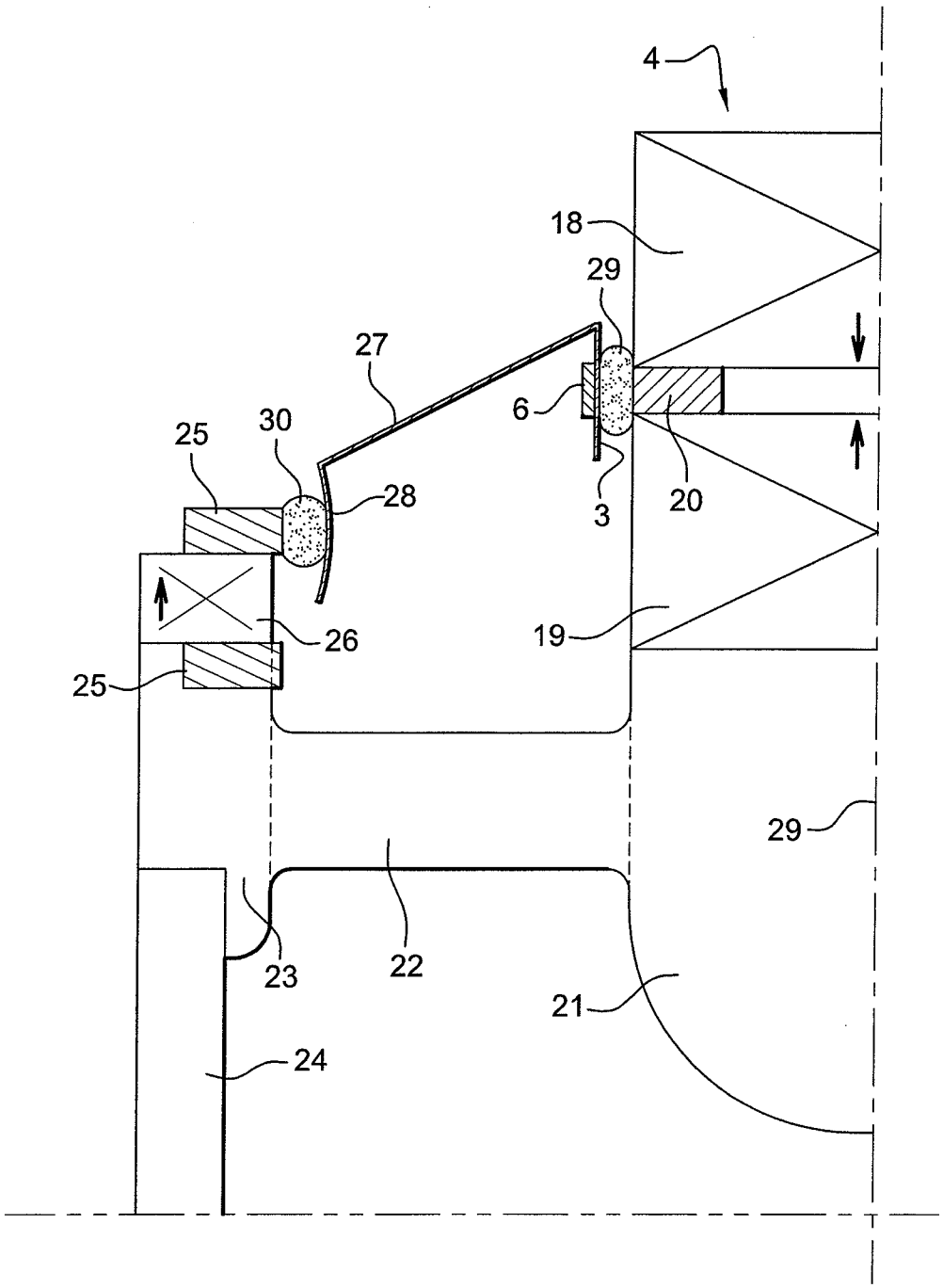


Fig. 3

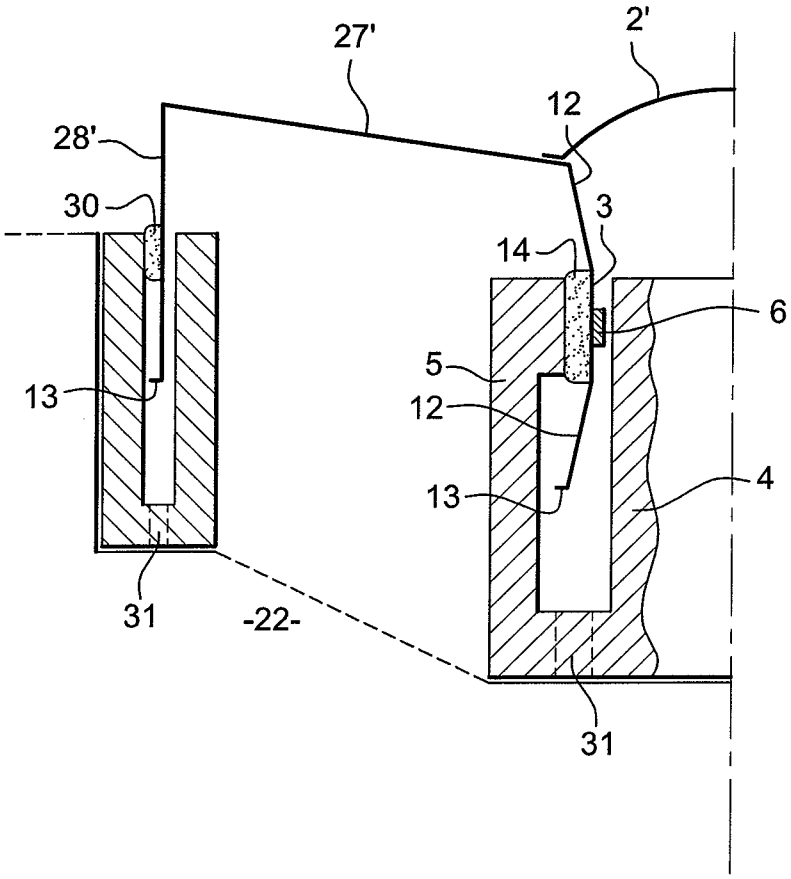


Fig. 4

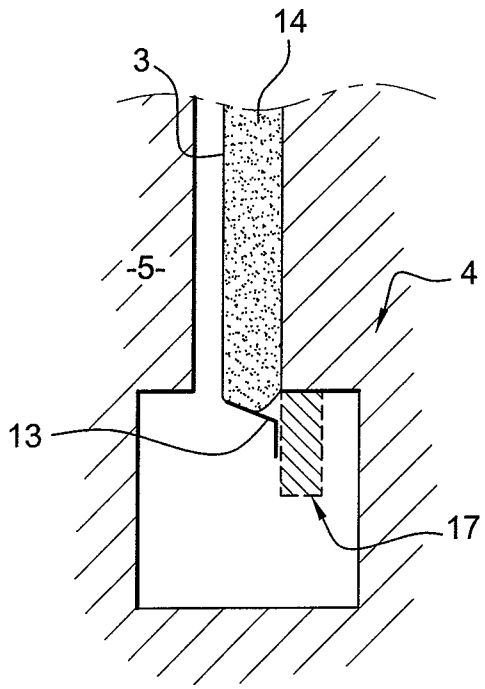


Fig. 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/FR2008/051478

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. H04R9/02
ADD. H04R7/24

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
H04R

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)
EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 96/13960 A (KRISTOFFERSEN DAN [DK]) 9 May 1996 (1996-05-09) the whole document	1-14
A	FR 2 892 887 A (RICHOUX BERNARD [FR]; UNIV MAINE [FR]) 4 May 2007 (2007-05-04) cited in the application the whole document	1-14
A	US 5 335 287 A (ATHANAS LEWIS S [US]) 2 August 1994 (1994-08-02) abstract; figure 2	1,3
A	EP 1 274 275 A (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD [JP]) 8 January 2003 (2003-01-08) abstract; figure 5	5

-/--

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

[X] See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
27 janvier 2009	03/02/2009

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

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

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/FR2008/051478

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	GB 1 599 506 A (LICENTIA GMBH) 7 October 1981 (1981-10-07) figures 1,2	1

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

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/FR2008/051478

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 9613960 A	09-05-1996	AU 3801695 A	23-05-1996
		DK 126494 A	02-05-1996
FR 2892887 A	04-05-2007	EP 1943876 A1	16-07-2008
		WO 2007051948 A1	10-05-2007
		US 2008285788 A1	20-11-2008
US 5335287 A	02-08-1994	NONE	
EP 1274275 A	08-01-2003	CN 1418449 A	14-05-2003
		CN 101106838 A	16-01-2008
		WO 02065811 A1	22-08-2002
		US 2004062146 A1	01-04-2004
GB 1599506 A	07-10-1981	DE 2716063 A1	12-10-1978
		FR 2386954 A1	03-11-1978
		IT 1095115 B	10-08-1985
		JP 53146614 A	20-12-1978
		SE 421099 B	23-11-1981
		SE 7803728 A	10-10-1978

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°
PCT/FR2008/051478

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
INV. H04R9/02
ADD. H04R7/24

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)
H04R

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela estréalisable, termes de recherche utilisés)
EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	WO 96/13960 A (KRISTOFFERSEN DAN [DK]) 9 mai 1996 (1996-05-09) le document en entier	1-14
A	FR 2 892 887 A (RICHOUX BERNARD [FR]; UNIV MAINE [FR]) 4 mai 2007 (2007-05-04) cité dans la demande le document en entier	1-14
A	US 5 335 287 A (ATHANAS LEWIS S [US]) 2 août 1994 (1994-08-02) abrégé; figure 2	1,3
A	EP 1 274 275 A (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD [JP]) 8 janvier 2003 (2003-01-08) abrégé; figure 5	5

-/--

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

[X] Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
"L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée
"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
"X" document particulièrement pertinent; l'inven tion revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
"Y" document particulièrement pertinent; l'inven tion revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
"&" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée	Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale
27 janvier 2009	03/02/2009

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

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°
PCT/FR2008/051478

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	GB 1 599 506 A (LICENTIA GMBH) 7 octobre 1981 (1981-10-07) figures 1,2	1

Formulaire PCT/ISA/210 (suite de la deuxième feuille) (avril 2005)

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°
PCT/FR2008/051478

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)		Date de publication
WO 9613960	A	09-05-1996	AU	3801695 A	23-05-1996
			DK	126494 A	02-05-1996
FR 2892887	A	04-05-2007	EP	1943876 A1	16-07-2008
			WO	2007051948 A1	10-05-2007
			US	2008285788 A1	20-11-2008
US 5335287	A	02-08-1994	AUCUN		
EP 1274275	A	08-01-2003	CN	1418449 A	14-05-2003
			CN	101106838 A	16-01-2008
			WO	02065811 A1	22-08-2002
			US	2004062146 A1	01-04-2004
GB 1599506	A	07-10-1981	DE	2716063 A1	12-10-1978
			FR	2386954 A1	03-11-1978
			IT	1095115 B	10-08-1985
			JP	53146614 A	20-12-1978
			SE	421099 B	23-11-1981
			SE	7803728 A	10-10-1978