

19 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
COURBEVOIE

11 N° de publication :  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

3 129 697

21 N° d'enregistrement national : 21 12653

51 Int Cl<sup>8</sup> : F 16 K 31/06 (2022.01)

12 DEMANDE DE CERTIFICAT D'UTILITE

A3

22 Date de dépôt : 29.11.21.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la  
demande : 02.06.23 Bulletin 23/22.

56 Les certificats d'utilité ne sont pas soumis à la  
procédure de rapport de recherche.

60 Références à d'autres documents nationaux  
apparentés :

Demande(s) d'extension :

71 Demandeur(s) : MOVING MAGNET TECHNOLOGIES  
Société anonyme — FR.

72 Inventeur(s) : HERMANN Svenja.

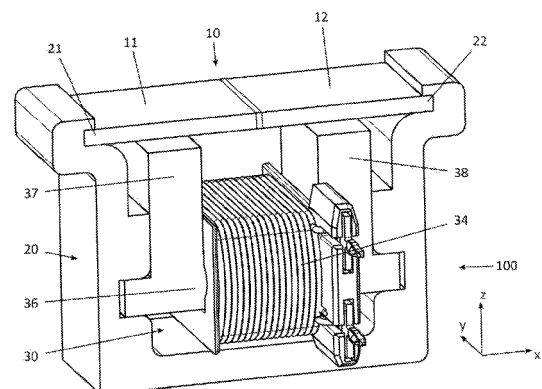
73 Titulaire(s) : MOVING MAGNET TECHNOLOGIES  
Société anonyme.

74 Mandataire(s) : IP TRUST.

54 Membrane magnétique multipolaire.

57 La présente invention comprend une membrane, aimantée de façon permanente, et un système d'actionnement qui génère un champ magnétique pour actionner la membrane. La membrane présente plusieurs directions d'aimantation et des zones de transition de pôles autour desquelles les efforts d'actionnement sont localisés. La localisation permet de maximiser le déplacement de la membrane. L'actionnement dans le système peut être réalisé de façon bidirectionnelle avec une seule source de champ magnétique de façon statique ou dynamique.

Figure de l'abrégé : Figure 3



FR 3 129 697 - A3



## Description

### **Titre de l'invention : Membrane magnétique multipolaire**

#### **Domaine technique de l'invention**

[0001] La présente invention concerne le domaine des dispositifs magnétiques à membrane élastomère qui trouvent notamment des avantages en termes de vitesse d'actionnement, de la possibilité d'une mise en mouvement sans contact de l'élément à actionner, et la simplification des systèmes grâce aux multiples propriétés physiques de la membrane magnétique. Les dispositifs magnétiques à membrane contiennent une partie mobile, la membrane, dont le déplacement s'accompagne d'une déformation obtenue grâce à sa souplesse mécanique, et une partie fixe qui génère le champ magnétique d'actionnement ou capte les variations de champ magnétique induites par le mouvement de la membrane.

[0002] Le domaine technique visé fait appel aux matériaux composites de type « élastomère chargé en poudre magnétique ». Cette combinaison est avantageuse car elle réunit les avantages des propriétés magnétiques, actionnement ou mesure, avec la souplesse mécanique des élastomères. Les membranes composites peuvent se présenter sous la forme d'un aimant qui est englobé par l'élastomère ou sous la forme de particules magnétiques dispersées aléatoirement ou de manière orientée, dans une matrice en élastomère. La deuxième composition présente l'avantage d'éviter une forte concentration des efforts causée par la différence de rigidité des matières, ce qui prolonge la durée de vie de la membrane. Les particules magnétiques utilisées sont magnétiquement douces ou dures. Les matériaux composites correspondants sont respectivement appelés élastomère magnéto-actif magnétiquement doux (ou S-MAE pour « magnetically Soft MagnetoActive Elastomer ») et élastomère magnéto-actif magnétiquement dur (ou H-MAE pour « magnetically Hard MagnetoActive Elastomer »).

#### **état de la technique antérieure**

[0003] On connaît dans l'état de la technique différents exemples de dispositifs utilisant un élastomère magnétique. Dans le cadre des S-MAE, on connaît des actionneurs de vanne, tels que les demandes de brevets DE102016211658A1, DE102016216694A1 ou encore US9897225B2 divulguant l'exploitation des propriétés élastiques et magnétiques de l'élastomère magnétique pour réaliser une membrane d'obturation pour des vannes à membranes permettent de réguler le passage d'un fluide par déformation de ladite membrane. La charge en matériau ferromagnétique de ladite membrane permet commander directement la déformation de la membrane sans nécessiter une liaison mécanique supplémentaire. Ceci permet à la fois de simplifier le système en diminuant le nombre de pièce, mais permet aussi de s'affranchir d'une étanchéité

dynamique du dispositif déplaçant la membrane.

[0004] Des membranes de type H-MAE ont plus rarement été utilisées dans la conception des actionneurs à membrane comme par exemple dans Said et al. (M. M. Said, J. Yunas, R. E. Pawinanto, B. Y. Majlis, and B. Bais, “PDMS based electromagnetic actuator membrane with embedded magnetic particles in polymer composite,” *Sens. Actuators Phys.*, vol. 245, pp. 85–96, Jul. 2016). On observe deux inconvénients majeurs :

- a. Les structures fines se désaimantent très facilement lorsqu’elles sont aimantées selon leur épaisseur et
- b. elles présentent le gradient de champ le plus fort dans les régions externes.

[0005] Une solution palliant au deuxième inconvénient est d’utiliser une variation spatiale de la direction d’aimantation dans la membrane de sorte à obtenir un gradient de champ magnétique. Dans un champ magnétique externe homogène, l’aimantation de la membrane tend à s’aligner avec le champ appliqué ce qui génère des couples mécaniques locaux. Ainsi, l’utilisation de structure à direction d’aimantation variable, permettant d’obtenir un tel gradient de champ, a été proposé dans la robotique souple par Kim et al. (Y. Kim, H. Yuk, R. Zhao, S. Chester, and X. Zhao, “Printing ferromagnetic domains for untethered fast-transforming soft materials,” *Nature*, vol. 558(7709), pp. 274–279, 2018) et plus spécifiquement pour des structures de type « nageur », comme proposé par Hu et al. (W. Hu, G. Z. Lum, M. Mastrangeli, and M. Sitti, “Small-scale soft-bodied robot with multimodal locomotion,” *Nature*, vol. 554, no. 7690, pp. 81–85, Feb. 2018) ou par Manamanchaiyaporn et al. (L. Manamanchaiyaporn, T. Xu, and X. Wu, “Magnetic soft robot with the triangular head-tail morphology inspired by lateral undulation,” *IEEEASME Trans Mechatron*, vol. 25(6), pp. 2688–2699, 2020). Dans les cas cités, les structures sont mécaniquement peu ou pas contraintes (fixées).

### **Inconvénients de l’art antérieur**

[0006] Les solutions à membranes S-MAE présentent toutes le même inconvénient intrinsèque, elles ne peuvent être actionnées que de façon unidirectionnelle et toujours en attraction par une source de champ. Pour générer des déplacements selon la direction opposée, il est nécessaire d’utiliser une seconde source de champ.

[0007] Des membranes de type H-MAE ont plus rarement été utilisées dans la conception d’actionneurs. On observe deux inconvénients majeurs :

- a. Les structures fines se désaimantent très facilement,
- b. elles présentent le gradient de champ le plus fort dans les régions externes.

[0008] Une solution connue pour le deuxième inconvénient est la variation spatiale de la direction d’aimantation qui génère une membrane à gradient de champ magnétique. Dans un champ magnétique externe qui est homogène, l’aimantation de la membrane tend à s’aligner avec le champ appliqué ce qui génère des couples mécaniques locaux

et donc de faibles amplitudes de déformations dues aux alternances.

[0009] Ainsi, les solutions de l'art antérieur ne sont pas satisfaisantes pour générer de grandes déformations de la membrane magnétique à la fois en attraction et en répulsion.

### **Exposé de l'invention**

[0010] Dans son acceptation la plus générale, l'invention porte sur système mécatronique d'actionnement et/ou de détection comportant :

- a. un bâti (20),
- b. une membrane magnétique souple contenant des particules d'aimant, étant aimantée pour présenter une multiplicité de pôles magnétiques dans un plan transversal, et
- c. une source de champ magnétique,

### **caractérisé en ce que**

[0011] ladite membrane magnétique présente au moins un lieu de fixation au bâti, ledit lieu de fixation de la membrane n'étant pas situé au niveau d'une transition magnétique entre deux pôles magnétiques du plan transversal de la membrane, ladite source de champ magnétique étant multipolaire et en ce que

ledit système comportant en outre un moyen pour commander une variation du champ magnétique de ladite source de champ magnétique multipolaire pour induire une déformation mécanique pilotée de ladite membrane magnétique et/ou un moyen pour détecter la variation de flux magnétique de ladite source de champ magnétique (30) multipolaire induite par une déformation mécanique imposée de ladite membrane magnétique (10).

[0012] Plus particulièrement, la membrane magnétique est déformée avec une direction unique.

[0013] Dans un exemple de réalisation, la source de champ magnétique multipolaire est un aimant permanent, le champ magnétique variant par déplacement relatif dudit aimant permanent par rapport au bâti. Le moyen pour commander une variation du champ magnétique est dans cette variante un actionneur mécanique ou électromécanique commandant la position de la source de champ magnétique multipolaire par rapport à la membrane.

[0014] Selon une autre variante, la source de champ magnétique multipolaire peut être un agencement d'une ou plusieurs bobines supportées par un noyau en matériau ferromagnétique doux, le champ magnétique variant par modulation de l'alimentation électrique de ladite ou desdites bobines.

[0015] En outre, la source de champ magnétique est éventuellement constituée d'une seule bobine supportée par un noyau, ledit noyau étant prolongé par des cornes polaires

orientées selon la direction d'aimantation de la membrane magnétique.

- [0016] Dans un mode de réalisation particulier, la membrane magnétique est de forme discale et présente des lieux de fixation au bâti sur l'intégralité de sa circonférence.
- [0017] Dans ce cas, la membrane magnétique peut présenter au moins une transition magnétique diamétrale.
- [0018] Une alternative compatible avec tous les modes de réalisation est liée à l'utilisation d'une sonde magnétique située à proximité de la membrane magnétique, ladite sonde étant apte à mesurer le déplacement de ladite membrane.
- [0019] Dans une alternative de système de détection, la source de champ magnétique est destinée à mesurer le champ magnétique issu de la membrane magnétique pour donner une information de position de ladite membrane magnétique.
- [0020] Dans une seconde alternative de système de détection, la source de champ magnétique est destinée à mesurer une variation de champ magnétique issu de la membrane magnétique pour donner une information de déplacement de ladite membrane magnétique.
- [0021] On entend par déformation mécanique de direction unique, que suite à sa déformation, tous les lieux déplacés de la membrane sont situés d'un seul et même côté par rapport à son état au repos. Le déplacement peut avoir lieu des deux côtés de la membrane à l'état de repos en fonction de la direction des champs magnétiques de la source multipolaire, mais la membrane déformée ne présentera pas de nœud en son centre, ou autrement dit un nombre de points d'inflexion pair.

### **brève description des figures**

- [0022] D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront à la lecture qui suit d'exemples de réalisation détaillés, en référence aux figures annexées qui représentent respectivement :
- [Fig.1] La [Fig.1] présente une membrane magnétique parallélépipédique présentant deux directions d'aimantation,
- [Fig.2] La [Fig.2] montre l'induction magnétique générée par la membrane magnétique, présentée en [Fig.1], dans un matériau non-conducteur (e.g. air),
- [Fig.3] La [Fig.3] présente l'intégration de la membrane magnétique, présentée en [Fig.1] et 2, dans un système d'actionnement par une bobine.
- [Fig.3a]
- [Fig.3b] Les figures 3a et 3b schématisent les déformations de la membrane du système décrit en [Fig.3] pour deux sens opposés d'alimentation de la bobine par un courant de même intensité,
- [Fig.4] La [Fig.4] présente l'intégration de la membrane magnétique, présentée en [Fig.1] et 2, dans un système d'actionnement par un aimant multipolaire à mouvement

rotatif,

[Fig.4a]

[Fig.4b] Les figures 4a et 4b schématisent les déformations de la membrane du système décrit en [Fig.4] pour deux positions extrêmes de l'aimant en rotation,

[Fig.5] La [Fig.5] présente l'intégration de la membrane magnétique, présentée en [Fig.1] et 2, dans un système d'actionnement par un aimant multipolaire à mouvement de translation,

[Fig.5a]

[Fig.5b] Les figures 5a et 5b schématisent les déformations de la membrane du système décrit en [Fig.5] pour deux positions extrêmes de l'aimant en translation,

[Fig.6] La [Fig.6] montre un exemple de réalisation de système d'actionnement présentant une membrane discalé.

[Fig.7] La [Fig.7] présente les déformations maximales obtenues par le système de la [Fig.6].

### **description d'une membrane magnétique multipolaire**

[0023] Les figures 1 et 2 illustrent un premier exemple de réalisation d'une membrane magnétique (10) multipolaire, la [Fig.1] la représentant en perspective et la [Fig.2] représente la membrane magnétique (10) de la [Fig.1] en coupe transversale de manière à schématiser la polarisation magnétique de ladite membrane magnétique (10).

[0024] Telle qu'illustrée en [Fig.1], dans sa configuration la plus simple, la membrane magnétique (10) présente deux pôles magnétiques (11, 12) de directions d'aimantation opposées, lesdits pôles magnétiques (11, 12) séparés d'une zone de transition magnétique (13). La [Fig.2] illustre la membrane en coupe selon un plan orthogonal à la zone de transition magnétique (13), elle présente dans chacun des pôles magnétiques (11, 12) une direction d'aimantation, respectivement (110, 120), similaire mais de sens opposé, lesdits pôles (11, 12) étant séparés par une zone de transition, ou d'inversion de la polarité magnétique, relativement courte. L'aimantation uniforme des pôles et la largeur de la zone de transition ne sont présentées qu'à titre d'illustration, l'homme de métier pourrait naturellement envisager l'utilisation d'un autre type d'aimantation, telle qu'une aimantation tournante pour laquelle la zone de transition magnétique (13) n'est pas aussi bien définie, tout ceci dépendant de la technique d'aimantation utilisée et des performances de l'inducteur. L'élément nécessaire à l'invention est d'obtenir au moins une inversion de polarité selon la direction z, orthogonale à la grande surface de la membrane.

[0025] La [Fig.2] schématise l'induction magnétique dans la membrane (10) via les lignes de champ magnétique (300). Elle présente un fort gradient spatial vers les bords de la membrane magnétique (10) et au niveau de la zone de transition magnétique (13) entre les paires de pôles magnétiques (11, 12). En choisissant la localisation de la transition

magnétique (13), il est donc possible de générer des zones de gradient de champ. Ceci permet de maximiser localement les efforts magnétiques, et donc les déplacements, générés dans la membrane lorsqu'elle est intégrée à un système et donc d'optimiser l'actionnement.

[0026] Concernant sa géométrie, la membrane magnétique (10) est présentée sous la forme d'un parallélépipède rectangle, sa grande surface étant rectangulaire, mais cette surface pourrait tout aussi bien être elliptique, circulaire, ou même d'une forme quelconque. Nous entendons par membrane une structure de faible épaisseur par rapport à au moins une de ses autres dimensions, sa longueur, cette épaisseur étant globalement constante mais pouvant présenter des irrégularités ou même des surépaisseurs locales pour modifier les propriétés mécaniques de la membrane ou offrir une meilleure zone d'accroche. Typiquement, la membrane présente un ratio épaisseur/longueur compris entre 0,04 et 0,1, ces bornes étant donnés à titre informatif sans être limitatif de l'invention, celles-ci pouvant varier en fonction de la charge du matériau en particules d'aimants ou en fonction de la raideur du liant en élastomère.

[0027] Concernant sa constitution et sa réalisation, la membrane magnétique est composée de particules magnétiquement dures aimantées de façon permanente qui sont dispersées dans une matrice élastomère pour un taux de charge volumique préférentiellement compris entre 1% et 40%, des ratios plus élevés pouvant être considérés. Par exemple, les particules d'aimant peuvent être du NdFeB avec une granulométrie décrite par un PSD50 compris entre 4,5 et 6,5  $\mu\text{m}$  et pouvant être magnétiquement isotropes. L'induction rémanente de cette poudre magnétique se situe typiquement autour de 0,8 T. En ajustant la quantité volumique de poudre dans la matrice, il est alors possible d'augmenter ou de réduire l'induction rémanente, ceci se répercutant inversement sur la souplesse de la membrane. Un élastomère, comme par exemple bi-composant tel que du silicone, est choisi pour réaliser la matrice. Le matériau composite, qui constitue la membrane magnétique, est obtenu à partir de ces deux matières premières par mélange. Pendant le mélange, les particules ne sont pas aimantées et sont distribuées de manière isotrope dans l'élastomère. Le composite est moulé et réticulé de préférence sous atmosphère contrôlée, potentiellement chimiquement, en température et en pression. A noter que les particules peuvent être distribuées selon une direction unique, correspondant à la direction d'un champ magnétique appliqué au moment de la réticulation. Cette mise en forme du matériau donne lieu à une membrane magnétique anisotrope. La forme finale de la membrane pour le dispositif peut être obtenue par moulage ou par découpe après la polymérisation. L'aimantation de la membrane est effectuée comme dernière étape de la réalisation, l'induction résiduelle variant avec la teneur de NdFeB de façon proportionnelle, comme mentionné dans une publication récente de Hermann et al. (S.

Hermann, P. Butaud, G. Chevallier, J.-F. Manceau, and C. Espanet, "Magnetic and dynamic mechanical properties of a highly coercive MRE based on NdFeB particles and a stiff matrix," *Smart Mater. Struct.*, vol. 29, no. 10, p. 105009, Oct. 2020).

### **description détaillée d'un mode de réalisation**

- [0028] La [Fig.3] représente un schéma en perspective de la membrane magnétique (10), décrite dans les figures 1 et 2, et intégrée dans un système d'actionnement (100) selon l'invention. Ce système d'actionnement (100) comporte un bâti (20) fixe, auquel sont reliées deux extrémités appartenant respectivement aux pôles magnétiques (11 et 12) de la membrane magnétique (10), constituant ainsi deux lieux de fixation (21, 22) au bâti (20). Il comprend en outre une source de champ magnétique multipolaire (30), dont le champ magnétique interagit avec la membrane magnétique (10) pour en provoquer une déformation. La source de champ magnétique multipolaire (30) est ici composée d'une bobine (34) enroulée autour d'un noyau (36) prolongé par deux cornes polaires (37, 38) dirigées vers la membrane magnétique (10), tous trois en un matériau ferromagnétique doux. Les dimensions, l'orientation et la disposition des cornes polaires (37, 38) faisant face aux pôles magnétiques (11, 12) sont choisies de façon à maximiser les efforts magnétiques sur la membrane magnétique (10).
- [0029] Les figures 3a et 3b schématisent les déformations de la membrane magnétique (10) pour deux courants d'alimentation de la bobine (34) de même amplitude mais de sens opposés. Lors de l'alimentation de la bobine (34) les deux cornes polaires (37, 38) présentent des polarités magnétiques opposées et interagissent de manière identique avec le pôle magnétique (11, 12) leur faisant face. Ainsi, pour un sens de circulation du courant dans la bobine (34), les directions d'aimantation (370, 380) des cornes polaires (37, 38) sont respectivement identiques aux directions d'aimantation (110, 120) des pôles magnétiques (11, 12), tel que représenté en [Fig.3a]. Pour le sens de circulation opposé du courant dans la bobine (34), les pôles (37, 38) repoussent tous deux les pôles magnétiques (11, 12) leur faisant face, tel que présenté en [Fig.3b]. De cette manière tous les efforts magnétiques générés par la bobine impliquent une déformation de la membrane magnétique (10) dans le même sens. La présence d'une transition magnétique (13) permet d'obtenir un fort gradient de champ magnétique ce qui permet d'augmenter significativement les efforts magnétiques générés par la bobine (34). Une disposition judicieuse de ladite zone de transition (13), la plus éloignée des lieux de fixation (21, 22) au bâti (20), permet d'obtenir des déformations maximales.
- [0030] A noter que le dispositif pourrait être utilisé comme capteur de position. L'homme de métier peut tout à fait envisager de lier mécaniquement la membrane magnétique (10) à un élément mobile (non représenté) de manière à en mesurer le déplacement. Le déplacement de ladite membrane magnétique (10), entraînée par ce mobile, génère alors dans la bobine (34) une variation de tension induite mesurable. La position absolue de

l'élément mobile pourrait, elle, être obtenue par une mesure directe de l'inductance de la bobine (34).

[0031] Enfin dans le cas où un capteur doit suppléer le dispositif d'actionnement, le déplacement de la membrane peut être déterminée à l'aide d'une sonde magnétique (non représentée), par exemple à effet Hall, placée sous la surface inférieure de la membrane (10), à la jonction entre les pôles (11, 12).

**Alternative de source de champ magnétique Multipolaire**

[0032] Les figures 4, 4a et 4b décrivent une alternative de source de champ magnétique multipolaire (30) selon l'invention. Ce mode de réalisation diffère du mode de réalisation précédent en ce que la source de champ magnétique (30) multipolaire est composée d'un aimant permanent (35) présentant une paire de pôles (31, 32) orientés parallèlement à ceux de la membrane magnétique (10). Ledit aimant permanent (35) est mobile en rotation par rapport au bâti (20) autour d'un axe (23) parallèle à la direction d'aimantation de ses pôles (31, 32) et produit un champ magnétique variable perçu par la membrane magnétique (10) par cette rotation, provoquant ainsi une variation de la déformation de ladite membrane magnétique (10).

[0033] Les figures 4a et 4b schématisent les déformations de la membrane magnétique (10) pour deux positions angulaires de l'aimant permanent (35). Ainsi, la [Fig.4a] montre une attraction maximale de la membrane magnétique (10) par l'aimant permanent (35), lorsque les directions d'aimantation (110, 120) des pôles magnétiques (11, 12) de ladite membranes (10) et les directions d'aimantation (310, 320) des pôles magnétiques (31, 32) de l'aimant permanent (35) sont dans le même sens. La [Fig.4b] présente la déformation obtenue pour une rotation de 180° de l'aimant permanent (35) par rapport à sa position en [Fig.4a]. Les pôles magnétiques (11, 12) de ladite membranes (10) et les pôles magnétiques (31, 32) de l'aimant permanent (35) sont alors de sens opposés et on obtient une répulsion maximale de la membrane magnétique (10). Les positions angulaires intermédiaires provoquent des déformations de plus faible amplitude, voire d'amplitude nulle lorsque les pôles magnétiques sont en quadrature.

**Alternative de source de champ magnétique Multipolaire**

[0034] Les figures 5, 5a et 5b décrivent une alternative de source de champ magnétique multipolaire (30) selon l'invention. Ce mode de réalisation diffère du mode de réalisation précédent en ce que l'aimant permanent (35) présente trois pôles magnétiques (31, 32, 33), vus depuis la grande surface de l'aimant permanent (35), et est mobile en translation selon un axe parallèle à la grande surface et orthogonal à la transition magnétique entre les pôles magnétiques (11, 12). Les polarités des trois pôles de l'aimant permanent (35) sont alternées de sorte que la polarité des deux pôles magnétiques extérieurs (31, 33) est identique.

[0035] Les figures 5a et 5b schématisent les déformations de la membrane magnétique (10)

pour deux positions extrêmes de la course en translation de l'aimant permanent (35). Ainsi, la [Fig.5a] montre une attraction maximale de la membrane magnétique (10) par l'aimant permanent (35), lorsque les directions d'aimantation (110, 120) des pôles magnétiques (11, 12) de ladite membranes (10) et les directions d'aimantation (310, 320) des pôles magnétiques (31, 32) de l'aimant permanent (35) sont dans le même sens. La [Fig.5b] présente la déformation obtenue pour une rotation d'un pôle complet de l'aimant permanent (35) par rapport à sa position en [Fig.5a]. Les directions d'aimantation (110, 120) des pôles magnétiques (11, 12) de ladite membranes (10) et les directions d'aimantation (320, 330) des pôles magnétiques (32, 33) de l'aimant permanent (35) sont alors de sens opposés et on obtient une répulsion maximale de la membrane magnétique (10). Les positions intermédiaires provoquent des déformations de plus faible amplitude, voire d'amplitude nulle lorsque les centres des pôles magnétiques (11, 12) sont alignés sur les transitions magnétiques entre les pôles magnétiques (31 et 32) d'une part et entre les pôles magnétiques (32 et 33) d'autre part, tel que représenté en [Fig.5].

[0036] A noter qu'une configuration où l'aimant permanent présente deux pôles magnétiques (31, 32) permet également un déplacement de la membrane magnétique (10), mais avec un niveau d'attraction différent du niveau de répulsion.

### **Alternative de Système d'actionnement**

[0037] La [Fig.6] illustre un exemple alternatif de système d'actionnement selon l'invention. Ce mode de réalisation diffère du mode de réalisation précédent, présenté en [Fig.3], en ce que la membrane (10) présente une forme discale et est liée au bâti (20) sur l'intégralité de son pourtour.

[0038] L'homme de métier pourrait imaginer que l'extrémité annulaire (28) du bâti soit reliée à une section de passage de fluide sous pression déformant en proportion la membrane magnétique (10), les variations de déformations pourraient alors être mesurées par la bobine (34) de manière à réaliser un capteur de pression. La pression absolue pourrait aussi être mesurée par mesure de l'inductance de la bobine (34), cette dernière étant modifiée en fonction de l'induction magnétique générée par l'aimant dans le noyau (36) ferromagnétique ou par un système de mesure adapté, du type effet hall, placé sous la membrane magnétique.

[0039] La figure 7 présente les déformations maximales obtenues par le système de la figure 6 et comparées à celles obtenues par le même dispositif pour lequel la membrane magnétique (10) multipolaire et la source de champ magnétique multipolaire (30) ont été substitués, respectivement par une membrane unipolaire et une source de champ magnétique monopolaire. Les deux membranes sont composées du même matériau composite et possède une géométrie identique, elles sont aussi encastrées de manière similaire, soit la partie de la surface inférieure avec un radian supérieur à  $0,83 \times r$  est

collée sur une surface plane. Ainsi seule l'aimantation des deux membranes diffère. La membrane unipolaire est aimantée hors plan de manière à ne présenter qu'une seule direction d'aimantation.

[0040] Pour actionner les membranes, des champs magnétiques d'orientation opposées à l'aimantation de la membrane magnétique, mais d'amplitude similaire, ont été générés à proximité de ladite membrane. La [Fig.7] compare l'amplitude de déformation le long du diamètre orthogonal à la transition magnétique de la membrane bipolaire, représentée par la courbe (101), et le long d'un diamètre similaire pour la membrane unipolaire, représentées par la courbe (102). L'amplitude maximale des déformations obtenue avec la membrane multipolaire est drastiquement plus grande et ceci grâce à la forte variation spatiale de flux dues à la transition magnétique, ceci permet de localiser les forces autour de cette transition magnétique, et en l'occurrence le plus loin possible des points de fixation de la membrane magnétique (10) au bâti (20), de manière à exploiter au maximum les propriétés élastiques de la membrane magnétique (10).

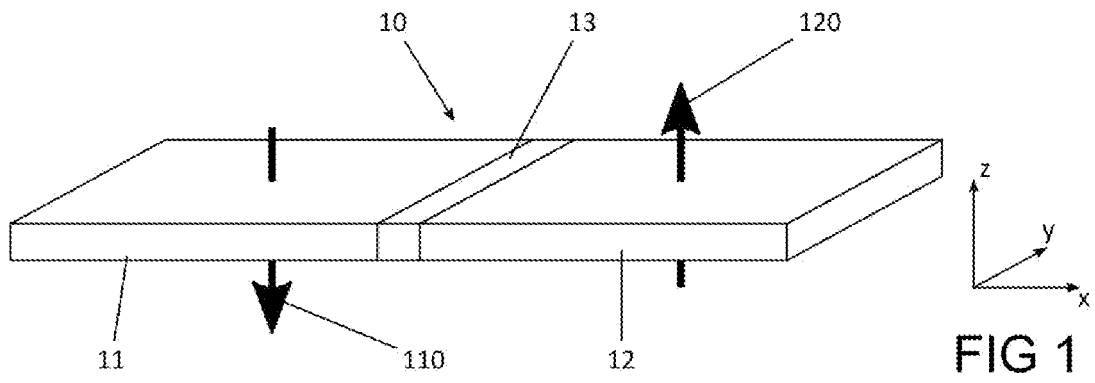
## Revendications

- [Revendication 1] Système mécatronique d'actionnement et/ou de détection (100) comportant
- a. un bâti (20),
  - b. une membrane magnétique (10) souple contenant des particules d'aimant, étant aimantée pour présenter une multiplicité de pôles magnétiques (11, 12) dans un plan transversal, et
  - c. une source de champ magnétique (30),
- caractérisé en ce que**
- ladite membrane magnétique (10) présente au moins un lieu de fixation (21, 22) au bâti (20), ledit lieu de fixation (20, 21) de la membrane n'étant pas situé au niveau d'une transition magnétique entre deux pôles magnétiques (11, 12) du plan transversal de la membrane, ladite source de champ magnétique (30) étant multipolaire
- et en ce que
- ledit système comportant en outre un moyen pour commander une variation du champ magnétique de ladite source de champ magnétique (30) multipolaire pour induire une déformation mécanique pilotée de ladite membrane magnétique (10) et /ou un moyen pour détecter la variation de flux magnétique de ladite source de champ magnétique (30) multipolaire induite par une déformation mécanique imposée de ladite membrane magnétique (10).
- [Revendication 2] Système mécatronique selon la revendication 1 caractérisé en ce que la membrane magnétique (10) est déformée avec une direction unique.
- [Revendication 3] Système mécatronique selon la revendication 1 ou 2 caractérisé en ce que la source de champ magnétique (30) multipolaire est un aimant permanent (35), le champ magnétique variant par déplacement relatif dudit aimant permanent (35) par rapport au bâti (20).
- [Revendication 4] Système mécatronique selon la revendication 1 ou 2 caractérisé en ce que la source de champ magnétique (30) multipolaire est un agencement d'une ou plusieurs bobines (34) supportées par un noyau (36) en matériau ferromagnétique doux, le champ magnétique variant par modulation de l'alimentation électrique de ladite ou desdites bobines (34).
- [Revendication 5] Système mécatronique selon la revendication précédente caractérisé en

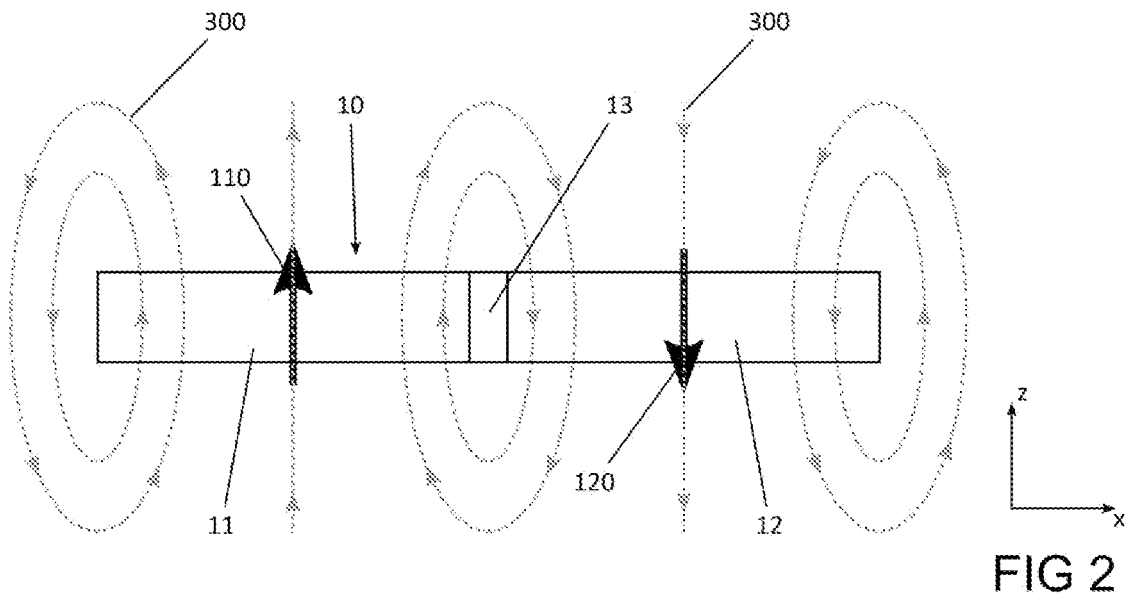
ce que la source de champ magnétique (30) est constituée d'une seule bobine (34) supportée par un noyau (36), ledit noyau (36) étant prolongé par des cornes polaires (37, 38) orientées selon la direction d'aimantation de la membrane magnétique (10).

- [Revendication 6] Système mécatronique selon la revendication 1 ou 2 caractérisé en ce que la membrane magnétique (10) est de forme discale et présente des lieux de fixation (21, 22) au bâti (20) sur l'intégralité de sa circonférence.
- [Revendication 7] Système mécatronique selon la revendication précédente caractérisé en ce que la membrane magnétique (10) présente au moins une transition magnétique (13) diamétrale.
- [Revendication 8] Système mécatronique selon l'une des revendications précédentes caractérisé en ce qu'une sonde magnétique est située à proximité de la membrane magnétique (10), ladite sonde étant apte à mesurer le déplacement de ladite membrane.
- [Revendication 9] Système mécatronique selon la revendication 4 caractérisée en ce que la source de champ magnétique (30) est destinée à mesurer le champ magnétique issu de la membrane magnétique (10) pour donner une information de position de ladite membrane magnétique (10).
- [Revendication 10] Système mécatronique selon la revendication 4 caractérisée en ce que la source de champ magnétique (30) est destinée à mesurer une variation de champ magnétique issu de la membrane magnétique (10) pour donner une information de déplacement de ladite membrane magnétique (10).

[Fig. 1]



[Fig. 2]



[Fig. 3]

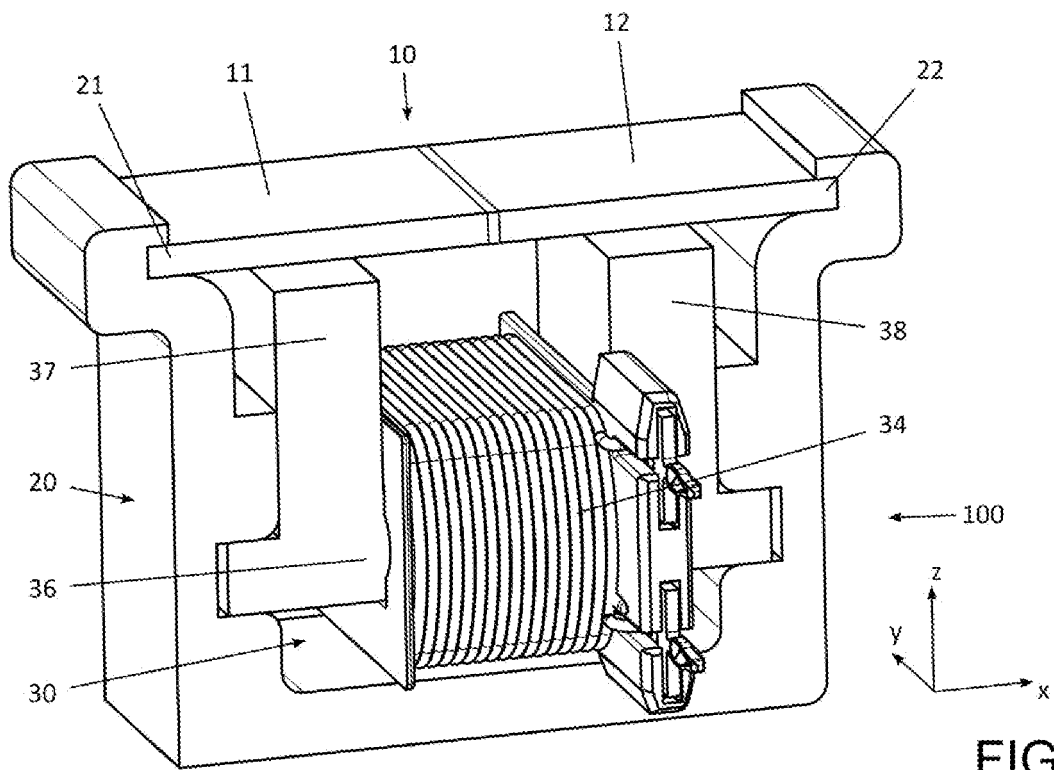


FIG 3

[Fig. 3a]

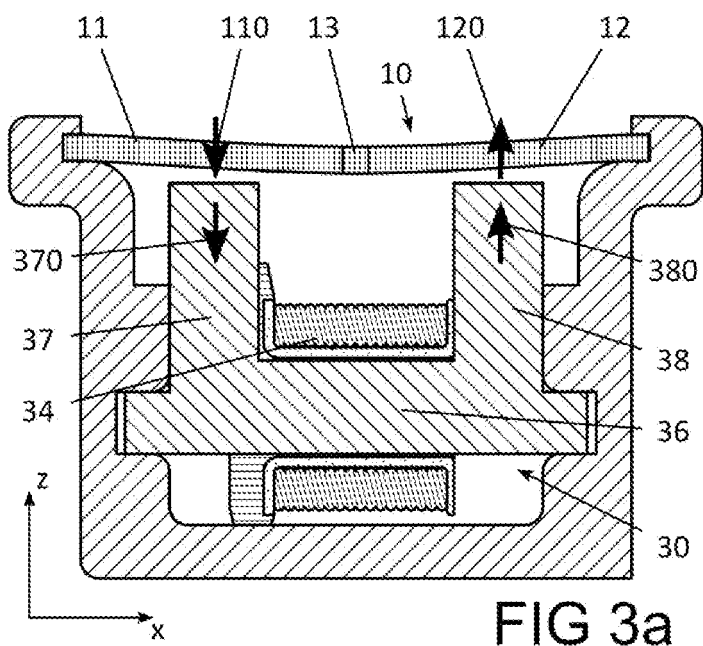
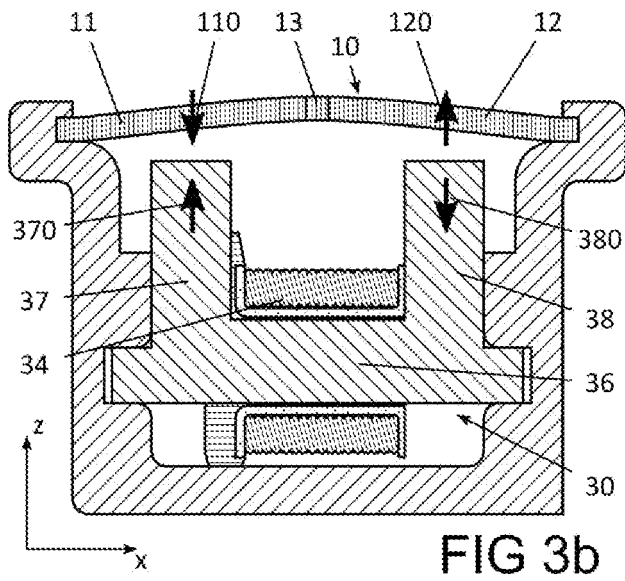
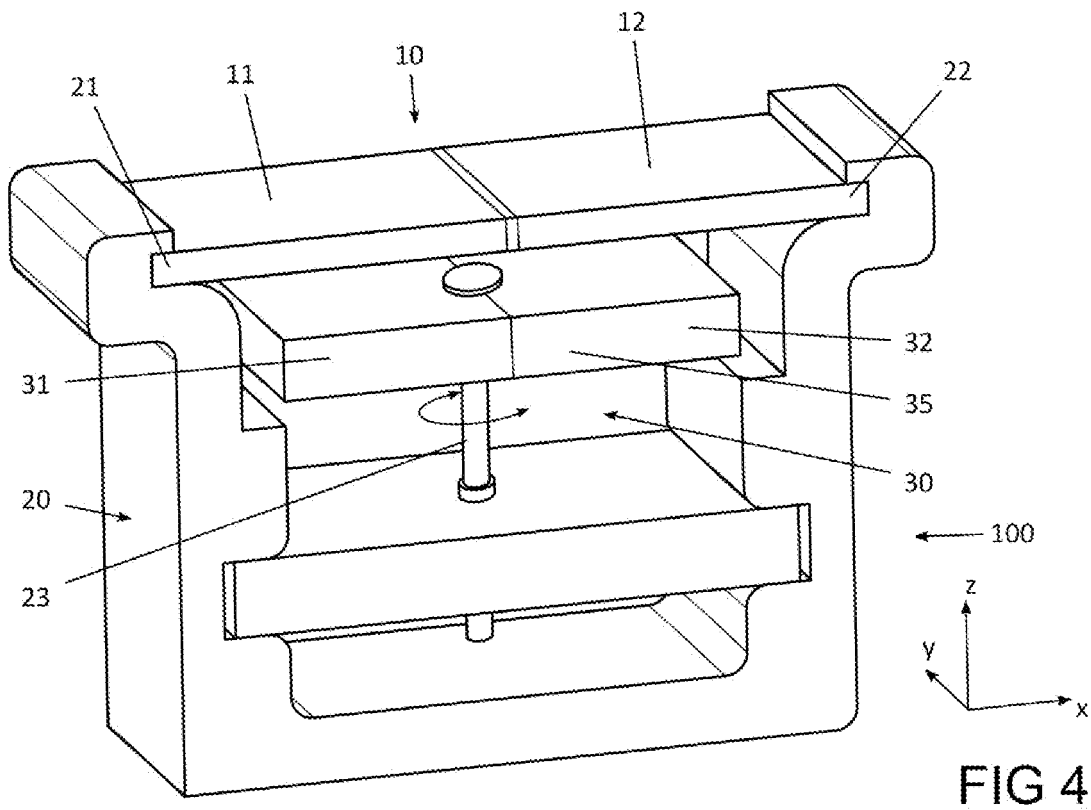


FIG 3a

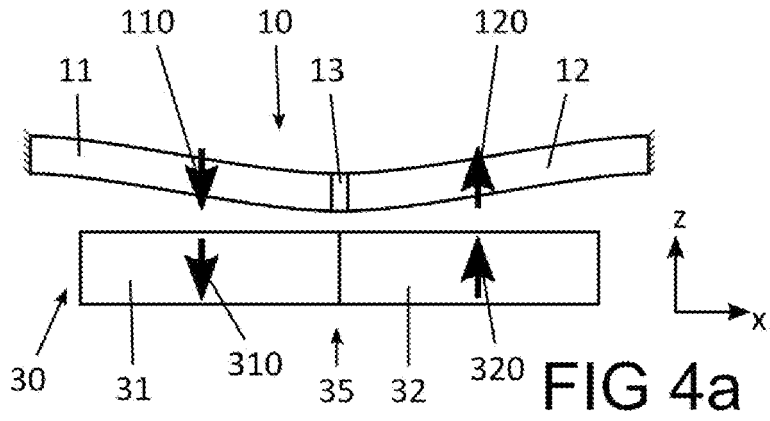
[Fig. 3b]



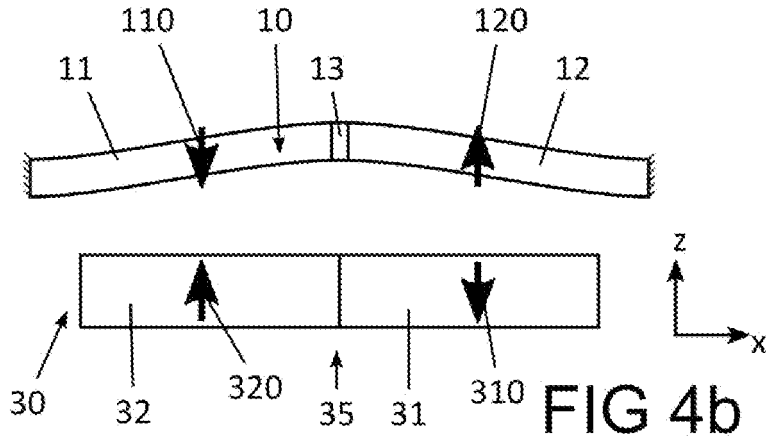
[Fig. 4]



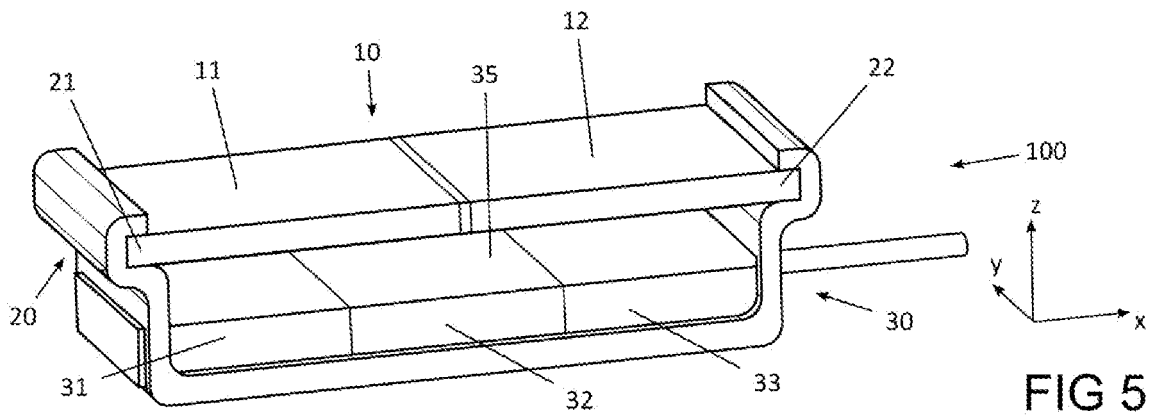
[Fig. 4a]



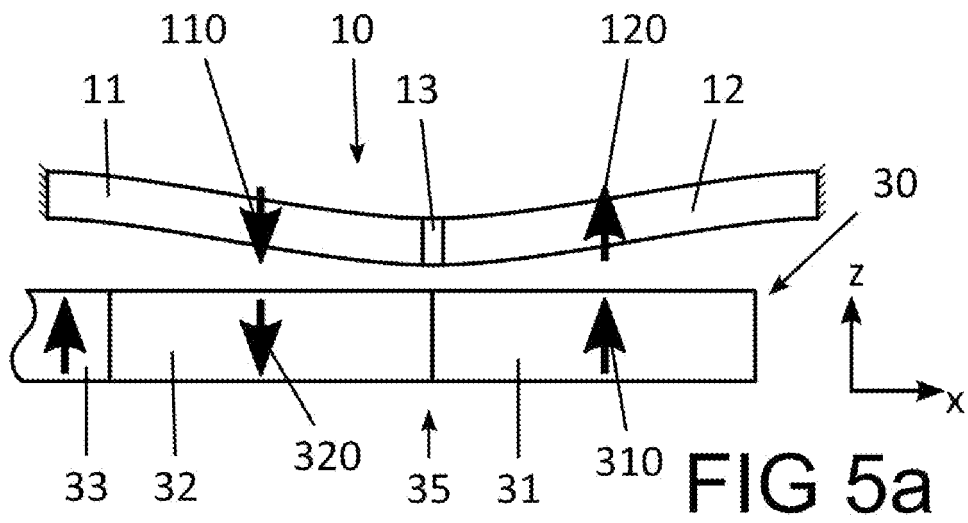
[Fig. 4b]



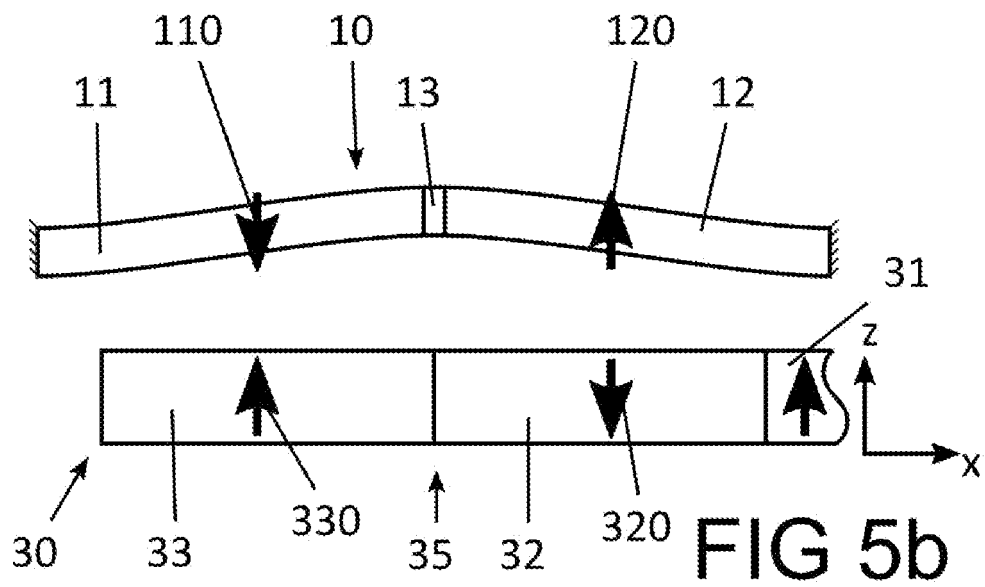
[Fig. 5]



[Fig. 5a]



[Fig. 5b]



[Fig. 6]

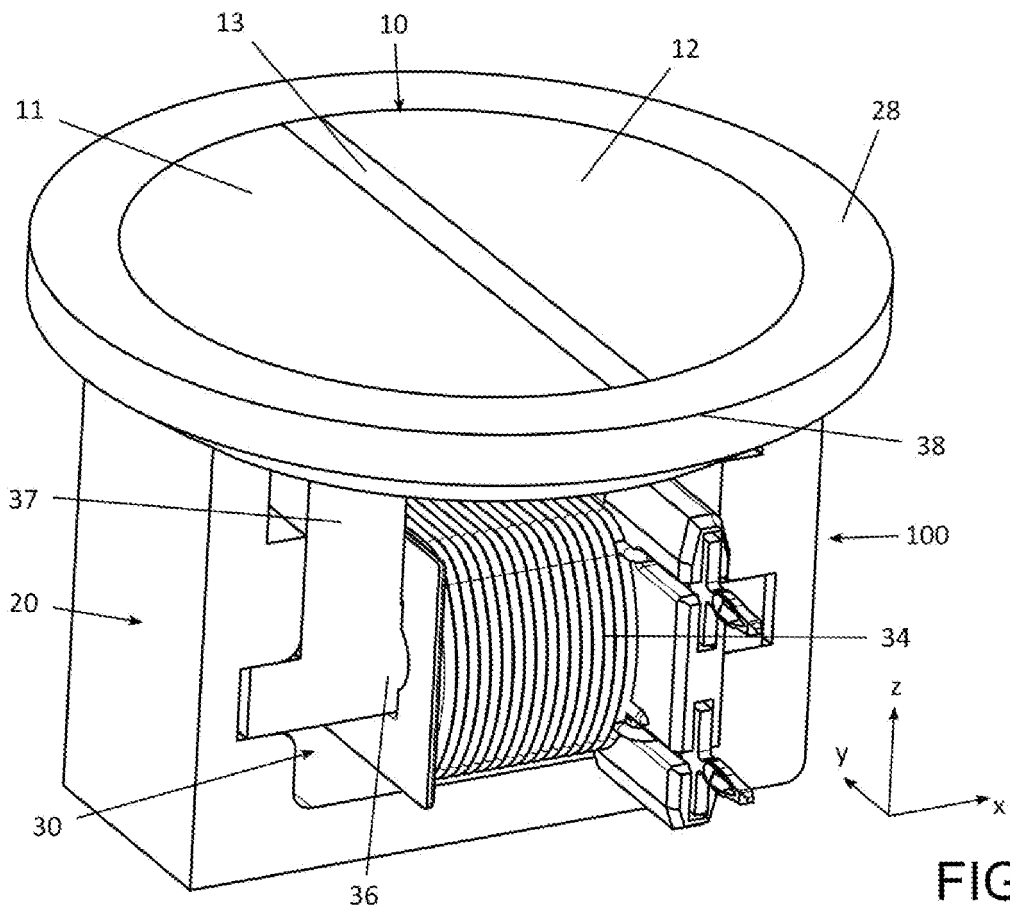


FIG 6

[Fig. 7]

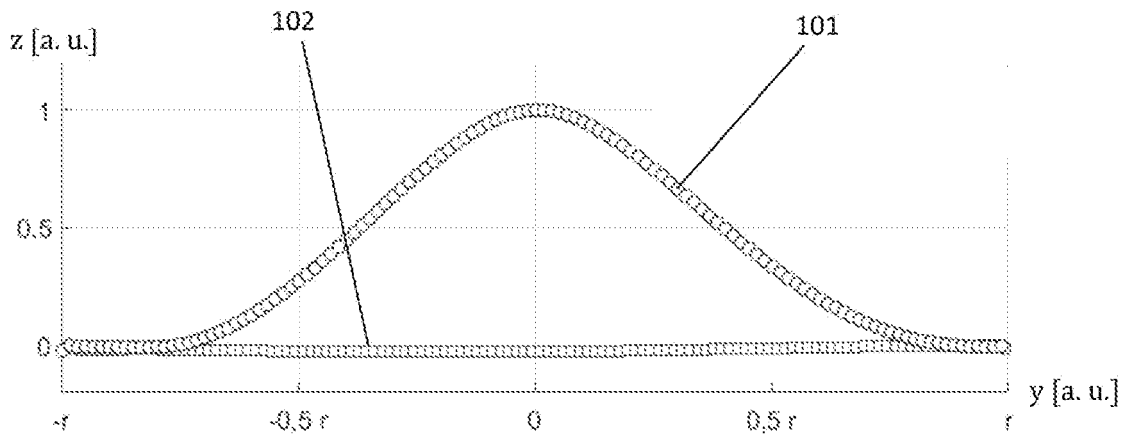


FIG 7