



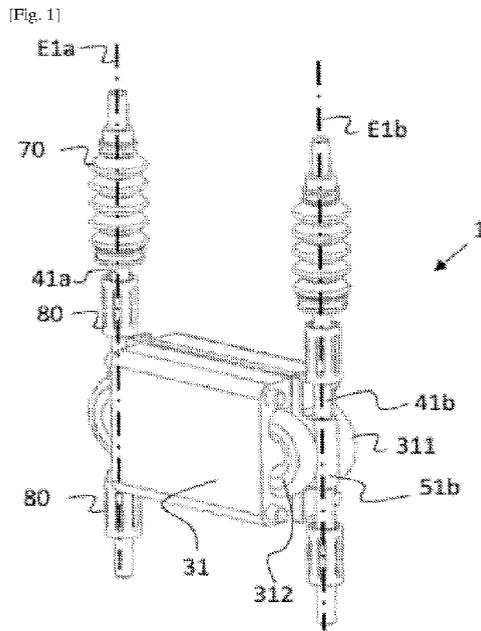
(12) **DEMANDE DE BREVET CANADIEN
CANADIAN PATENT APPLICATION**

(13) **A1**

(86) **Date de dépôt PCT/PCT Filing Date:** 2022/06/28
(87) **Date publication PCT/PCT Publication Date:** 2023/01/05
(85) **Entrée phase nationale/National Entry:** 2023/12/20
(86) **N° demande PCT/PCT Application No.:** FR 2022/051281
(87) **N° publication PCT/PCT Publication No.:** 2023/275481
(30) **Priorité/Priority:** 2021/06/28 (FR FR2106939)

(51) **Cl.Int./Int.Cl. H02K 33/16** (2006.01),
B63H 1/32 (2006.01)
(71) **Demandeur/Applicant:**
FINX, FR
(72) **Inventeurs/Inventors:**
GUILLEMIN, HAROLD, FR;
RANDON, VINCENT, FR;
COMITI, LUCAS, FR
(74) **Agent:** ROBIC AGENCE PI S.E.C./ROBIC IP AGENCY
LP

(54) **Titre : MACHINE ELECTROMAGNETIQUE A MOUVEMENT LINEAIRE COMPRENANT DES TIGES ASSOCIEES A DES ELEMENTS MAGNETIQUES**
(54) **Title: ELECTROMAGNETIC LINEAR MOTION MACHINE COMPRISING RODS ASSOCIATED WITH MAGNETIC ELEMENTS**



(57) **Abrégé/Abstract:**

L'invention présente une machine électromagnétique (1) comprenant : - un bâti, - un stator agencé pour créer un champ magnétique, comprenant au moins deux éléments de stator (31a, 31b, 32a, 32b, 33a, 33b, 34a, 34b, 35a, 35b, 36a, 36b) en vis-à-vis, - une partie mobile linéairement, comprenant : 10 - au moins deux tiges (41a, 41b, 42a, 42b, 43a, 43b, 44a, 44b, 45a, 45b, 46a, 46b) distinctes mobiles selon des axes d'entraînement respectifs (E1a, E1b, E2a, E2b, E3a, E3b, E4a, E4b, E5a, E5b, E6a, E6b), chaque tige étant disposée à une extrémité des deux d'éléments de stator, - au moins un élément magnétique associé aux au moins deux tiges, l'au moins un élément magnétique étant disposé entre les deux éléments de stator et déplaçable magnétiquement par rapport aux au moins deux éléments de stator, - des moyens de couplage entre l'au moins un élément magnétique et les tiges.

Date de soumission : 2023/12/20

No de la demande can. : 3223716

Abrégé:

L'invention présente une machine électromagnétique (1) comprenant : - un bâti, - un stator agencé pour créer un champ magnétique, comprenant au moins deux éléments de stator (31a, 31b, 32a, 32b, 33a, 33b, 34a, 34b, 35a, 35b, 36a, 36b) en vis-à-vis, - une partie mobile linéairement, comprenant : 10 - au moins deux tiges (41a, 41b, 42a, 42b, 43a, 43b, 44a, 44b, 45a, 45b, 46a, 46b) distinctes mobiles selon des axes d'entraînement respectifs (E1a, E1b, E2a, E2b, E3a, E3b, E4a, E4b, E5a, E5b, E6a, E6b), chaque tige étant disposée à une extrémité des deux d'éléments de stator, - au moins un élément magnétique associé aux au moins deux tiges, l'au moins un élément magnétique étant disposé entre les deux éléments de stator et déplaçable magnétiquement par rapport aux au moins deux éléments de stator, - des moyens de couplage entre l'au moins un élément magnétique et les tiges.

MACHINE ELECTROMAGNETIQUE A MOUVEMENT LINEAIRE COMPRENANT DES TIGES ASSOCIÉES À DES ÉLÉMENTS MAGNÉTIQUES

DOMAINE TECHNIQUE DE L'INVENTION

La présente invention concerne le domaine des machines électromagnétiques, du type
5 moteur ou générateur, dont la partie mobile réalise un mouvement de translation linéaire.

ETAT DE LA TECHNIQUE

On connaît de l'état de la technique le document FR3074620 une machine électromagnétique
comprenant un stator, une armature mobile et un dispositif de liaison mécanique de l'armature
mobile au stator, le dispositif de liaison comportant une pluralité de ressorts à lame. Le stator
10 comprend au moins un premier noyau magnétique, portant deux bobines électriques, formant
au moins une boucle ouverte entre des première et seconde extrémités terminales de cette
première boucle pour définir un entrefer entre ces extrémités terminales. L'armature mobile
porte deux aimants permanents alignés et de polarité inversée l'un par rapport à l'autre.
Lorsqu'un flux magnétique est généré dans l'entrefer, une force transversale décale l'armature
15 mobile dans un premier sens tout en provoquant une flexion des ressorts lames s'opposant à ce
déplacement dans ce premier sens. Sous l'effet d'une commutation de courant dans les bobines,
le flux magnétique traversant l'entrefer est inversé. Il en résulte une force transversale décalant
l'armature mobile dans un second sens. En inversant les flux magnétiques dans les sens opposés,
via une commutation de courant dans les bobines, un mouvement alternatif de l'armature par
20 rapport au support est généré, les ressorts exerçant un effort de rappel qui, à certaines fréquences
amplifient le rendement du moteur.

Cependant, dans le cas où plusieurs armatures mobiles sont désirées, l'encombrement de cette
machine est un inconvénient.

25

La demande EP3029819 divulgue un actionneur linéaire comprenant trois moteurs. Chaque
moteur comprend un stator et une tige à aimant permanent. Les trois tiges peuvent être mises
en mouvement par l'intermédiaire des forces électromagnétiques des stators respectifs,
comprenant un bobinage de fil électrique. Cependant, il n'est pas précisé le nombre et
30 l'agencement des aimants ni même l'agencement du stator.

Il est ainsi désireux de proposer une solution simple, permettant un réglage de la fréquence et de l'amplitude des tiges, et offrant un encombrement réduit.

OBJET DE L'INVENTION

- 5 A cet effet, et selon un premier aspect, l'invention propose une machine électromagnétique, caractérisée en ce qu'elle comprend :
- un bâti,
 - un stator agencé pour créer un champ magnétique, comprenant au moins deux éléments de stator disposés en vis-à-vis,
 - 10 - une partie mobile linéairement, comprenant :
 - au moins deux tiges distinctes mobiles selon des axes d'entraînement respectifs, chaque tige étant disposée à une extrémité des deux éléments de stator,
 - au moins un élément magnétique, associé aux au moins deux tiges, l'au moins un élément magnétique étant disposé entre les deux éléments de stator et déplaçable magnétiquement par
 - 15 rapport aux au moins deux éléments de stator,
 - des moyens de couplage entre l'au moins un élément magnétique et les tiges.

La machine électromagnétique selon l'invention a pour avantages de proposer un faible nombre d'éléments, un encombrement réduit et de permettre un mouvement de va et vient à haute

20 fréquence, fournissant une force élevée. Cet agencement permet en outre de proposer une machine électromagnétique offrant un faible coût de fabrication et de maintenance.

On entend par stator, la partie fixe de la machine électromagnétique. Il est fixé au bâti de la machine. De préférence, le stator est constitué d'un empilement de plaques de tôle en matériaux

25 ferromagnétiques, préférentiellement en fer doux, et d'un bobinage d'un fil conducteur. Le stator génère le champ électromagnétique lors du passage d'un courant électrique dans le fil conducteur.

On entend par élément de stator, une partie du stator générant un champ électromagnétique. De

30 préférence, chaque élément de stator comprend un empilement de plaques de tôle comprenant au moins deux dents. De manière préférentielle, chaque élément de stator comprend un empilement de plaques de tôle comprenant au moins une encoche. Par exemple, les plaques de

tôles peuvent être alimentées par une ou plusieurs bobines. Les éléments de stator sont disposés par paire ou couple afin de réaliser un ou plusieurs circuits magnétiques. Ils sont espacés l'un de l'autre de manière à insérer au moins un élément magnétique entre les dents et pouvant se déplacer magnétiquement sous l'effet du champ magnétique passant par lesdites dents.

5

Selon un mode de réalisation, chaque élément de stator comprend un empilement de plaques de tôle comprenant trois dents, de manière à réaliser un motif en forme de « E ». Les deux encoches sont occupées par un bobinage de fils électriques. Selon d'autres modes de réalisation, les éléments de stator peuvent comprendre un nombre illimité de dents alignés longitudinalement.

10

Le stator comprend, dans une version minimale, uniquement deux éléments de stator. Les éléments de stator sont disposés de manière que les dents des deux éléments de stator soient disposés en vis-à-vis afin de réaliser des circuits magnétiques aux entrefers minimum.

15

Selon d'autres modes de réalisation, le stator peut comprendre un nombre illimité de couples de deux éléments de stator.

20

La partie mobile linéairement comprend au moins deux tiges magnétiques, les tiges étant disposées de part et d'autre du couple d'éléments de stator. Les tiges peuvent présenter une section transversale rectangulaire, de préférence carré, ou cylindrique, de préférence circulaire.

25

La partie mobile comprend en outre au moins un élément magnétique destiné à être déplacé sous l'effet du champ magnétique du stator. L'au moins un élément magnétique est relié aux deux tiges. De préférence, l'au moins un élément magnétique est disposé entre les deux tiges. L'au moins un élément magnétique ne s'intègre pas complètement dans les tiges. Selon un mode de réalisation, chaque élément magnétique s'étend radialement ou perpendiculairement par rapport aux deux tiges. Selon un mode de réalisation préféré, la partie mobile comprend au moins un élément magnétique raccordé à deux tiges.

30

Selon un mode de réalisation des moyens de couplage, lesdits moyens comprennent

- une partie de tige agencée pour être fixée à une tige,
- une partie d'élément magnétique agencée pour fixer l'au moins un élément magnétique, et ainsi coupler mécaniquement l'au moins un élément magnétique à une tige.

De préférence, la partie de tige entoure l'enveloppe extérieure d'une tige et est reliée à celle-ci par des moyens de maintien en position afin d'entraîner la tige lors du déplacement de l'au moins un élément magnétique. De manière préférentielle, la partie d'élément magnétique
5 comprend une cavité ou un évidement afin de recevoir une extrémité ou une portion de l'au moins un élément magnétique, tel un montage du type clavette dans une rainure.

Selon un autre mode de réalisation des moyens de couplage, lesdits moyens comprennent une cavité ou un évidement agencé(e) sur la circonférence ou sur une face extérieure d'une tige, tel
10 un montage du type clavette dans une rainure.

Chaque élément magnétique comprend au moins une paire de pôles alternés. De préférence chaque élément magnétique comprend au moins deux paires de pôles alternés. Selon une variante de réalisation, chaque élément magnétique comprend au moins quatre paires de pôles
15 alternés. De préférence, chaque élément magnétique comprend plusieurs pôles magnétiques opposés.

On entend par une paire de pôles, un dispositif présentant un pôle nord et un pôle sud. Une paire de pôle est de préférence un aimant. On entend par deux paires de pôles alternés, deux
20 dispositifs tels que définis ci-avant disposés tête-bêche ou de manière que chaque pôle d'une première paire est disposé en vis-à-vis avec un pôle de polarité inverse de la deuxième paire, ou paire adjacente.

Selon un mode de réalisation, l'au moins un élément magnétique comprend ou est au moins un
25 aimant permanent. Le ou les aimants peuvent présenter différentes formes géométriques. De préférence, chaque aimant présente une forme générale rectangulaire. De manière préférentielle, chaque aimant présente une section transversale de forme rectangulaire. Ce mode de réalisation a pour avantage de proposer une épaisseur faible par rapport à la longueur et/ou la largeur afin de maximiser la surface active de magnétisation. Selon une première variante,
30 chaque aimant est rectiligne. Selon une deuxième variante, chaque aimant est courbé ou est concave.

De préférence, la partie mobile linéairement comprend une entretoise disposée entre deux paires de pôles. Dans le cas où la partie mobile comprend plusieurs aimants, une entretoise est disposée entre deux aimants. Cette caractéristique permet de définir une force et/ou une amplitude de mouvement des tiges reliées auxdits aimants. Les entretoises peuvent être magnétisables ou amagnétiques, cela dépend de la force et de l'amplitude souhaitée.

Selon un autre mode de réalisation, l'au moins un élément magnétique est constituée d'un matériau ferromagnétique. Le ou les aimants permanents sont supprimés de la partie mobile de la machine. La machine peut comprendre en outre au moins un moyen de rappel en position de manière à ramener dans la position initiale l'au moins un élément magnétique.

Selon une variante de réalisation, l'au moins un élément magnétique est constituée d'un matériau ferromagnétique et d'un matériau amagnétique. Ainsi, un aimant sur deux peut être remplacé par un noyau magnétique, l'autre est amagnétique. La bobine de l'électro-aimant d'un élément de stator est montée de manière à fonctionner en courant positif uniquement et est court-circuitée dans le cas inverse. Ceci permet à chaque tige en régime oscillatoire d'être alternativement attirée par le champ électromagnétique du stator, puis repoussée par exemple par la force de moyens de rappel en position, de préférence un ressort. Des moyens de rappel sont décrits ci-après. Ce mode de réalisation permet de proposer une machine particulièrement simplifiée et peu coûteuse.

De manière préférentielle, la machine électromagnétique comprend des moyens de guidage en translation, par exemple des roulements des paliers, des glissières et/ou des coussinets. Les moyens de guidage peuvent coopérer avec les tiges, l'au moins un élément magnétique, de préférence le ou les aimants, et/ou les moyens de couplage.

De préférence, la machine électromagnétique comprend des moyens d'étanchéité du stator et/ou de la partie mobile linéairement par rapport au milieu extérieur. Par exemple, la machine électromagnétique comprend des moyens d'étanchéité du stator et/ou des au moins deux tiges par rapport au milieu extérieur.

Les moyens d'étanchéité comprennent des moyens d'étanchéité de tige. De préférence deux moyens d'étanchéité de tige sont associés à chaque tige, chaque moyen étant disposé à une extrémité de la tige. Ils permettent de protéger l'entrefer autour de chaque tige.

5 Les moyens d'étanchéité doivent protéger la machine vis-à-vis de l'atmosphère saline, de l'atmosphère polluée ou de l'eau douce ou saline lors d'immersion. Par exemple, les moyens d'étanchéité peuvent être des joints toriques, des éléments de glissement assurant l'étanchéité, des soufflets souples (en élastomère ou métalliques), ou mécaniques ou une combinaison de ceux-ci. Les joints peuvent être les suivants : joint racleur, joint buffer, joint simple effet, joint
10 double effet, joint à lèvres(s) (ou joint spi), joint à ressort. Il est possible d'utiliser ces joints seuls ou de les combiner afin d'obtenir différentes fonctions, par exemple filtrer les impuretés, effectuer une pré-étanchéité afin d'obtenir une chambre immergée et donc une lubrification des garnitures de guidage puis un autre joint permettant l'étanchéité complète.

15 De manière complémentaire, la machine, en particulier le stator ou chaque élément de stator bobiné, peut être enrésinée par exemple avec une résine époxy ou silicone. De manière encore complémentaire, les au moins deux tiges de la partie mobile peuvent être entourées d'un bain d'huile, offrant l'avantage de tenir la pression en cas d'immersion profonde, ou de lubrifier et refroidir le système en permanence.

20

En outre, la machine électromagnétique peut comprendre au moins un moyen de rappel en position associé à au moins une tige. Selon un mode de réalisation, la machine comprend un moyen de rappel en position par tige. De préférence, un moyen de rappel en position est un moyen de rappel élastique, par exemple un ressort, de préférence un ressort métallique, en
25 particulier en acier. Bien que chaque tige réalise un mouvement de va et vient, il peut être intéressant de favoriser la cinétique de l'un des deux mouvements. En fonctionnement normal, une machine électromagnétique selon l'invention, ayant des tiges mobiles oscillant sur un pas polaire ou étant pilotées en déplacement par une électronique de commande, ne nécessite pas de moyen de rappel des tiges mobiles. Il peut cependant être intéressant d'en ajouter afin
30 d'optimiser le rendement de la machine. Par exemple, un ressort pourrait être placé à une première extrémité d'une tige mobile et/ou à une deuxième extrémité, opposée à la première extrémité, de ladite tige mobile. Cette caractéristique permet d'absorber l'énergie cinétique durant une première phase de l'inversion du mouvement pour la stocker en énergie potentielle

puis de la retransmettre à ladite tige mobile durant la seconde phase d'inversion. Ces moyens de rappel permettent aussi d'éviter tout mouvement de trop grande amplitude, non maîtrisé, pouvant mener à une usure prématurée de la machine, ou à une sortie involontaire d'une ou des tiges mobiles de la machine. Préférentiellement, la fréquence d'oscillation de la tige est la même
5 que la fréquence de résonance du système, afin de consommer le moins d'énergie possible pour la mise en mouvement.

Selon un mode de réalisation particulier, le stator comprend au moins quatre éléments de stator formant deux couples de deux éléments de stator disposés autour d'un axe longitudinal et
10 s'étendant dans une direction circonférentielle ou orthoradiale par rapport à l'axe longitudinal, et dans laquelle la partie mobile linéairement comprend quatre tiges formant deux couples de deux tiges. Pour ce qui précède et pour la suite de la description, un couple d'éléments de stator associé à un couple de tiges et au moins un élément magnétique est également appelé module. La machine électromagnétique peut ainsi comprendre un ou plusieurs modules.

15 De préférence, les au moins deux couples d'éléments de stator sont espacés le long d'un cercle dont l'axe longitudinal est le centre.

Selon n'importe quel type de tige, les au moins deux couples de tiges de la partie mobile peuvent
20 être espacés le long d'un cercle dont l'axe longitudinal est le centre. De manière préférentielle, les au moins deux tiges peuvent être espacées de manière équidistante le long d'un cercle dont l'axe longitudinal est le centre.

25 De préférence, les tiges sont parallèles entre elles et par rapport à l'axe longitudinal.

Selon n'importe quel mode de réalisation, les tiges peuvent présenter différentes formes. Selon une section transversale, chaque tige peut présenter une forme, parallélépipédique, rectangulaire, hexagonale, cylindrique ou circulaire.

30 De préférence, les éléments de stator sont disposés de manière à définir une zone centrale libre. Le volume délimité par les au moins deux éléments de stator et les au moins deux tiges est libre au centre. Aucune pièce ne se trouve au sein de la partie centrale de la machine. Cela permet différents avantages comme par exemple :

- permettre le passage d'une pièce ou d'un fluide (notamment caloporteur) au centre,
- gagner en volume et en poids, ce qui est important pour des systèmes embarqués,
- permettre une meilleure préhension de la machine lors de sa manutention, ou encore
- améliorer les performances thermiques de la machine via un meilleur refroidissement.

5

Selon un mode de réalisation particulier, le stator comprend douze éléments de stator formant six couples d'éléments de stator, et la partie mobile, comprend douze tiges, formant six couples de tiges. De préférence, la partie mobile linéairement comprend deux aimants permanents coopérant avec chaque couple d'éléments de stator.

10

De préférence, les couples d'éléments de stator et la partie mobile associée sont disposés en opposition de phase d'une manière alternée. Trois couples d'éléments de stator sont déphasés de 180 degrés par rapport aux trois autres couples d'éléments de stator. De préférence, les tiges se déplacent à une fréquence comprise entre 10 et 150 Hz (hertz).

15

La machine électromagnétique comprend une électronique de puissance et/ou des moyens de commande de manière que le déplacement des tiges de la partie mobile soit piloté en boucle ouverte par l'électronique de puissance. Le pilotage se ferait au moyen d'une électronique de puissance permettant de faire onduler une tension à différentes fréquences comme par exemple un onduleur pouvant faire varier la tension efficace et la fréquence.

20

Selon un autre mode de réalisation, la machine comprend au moins un capteur, comme par exemple un capteur de déplacement de la partie mobile, ou un capteur de courant. L'électronique de puissance et/ou les moyens de commande commande(nt) le déplacement des tiges de la partie mobile en boucle fermée grâce aux informations de l'au moins un capteur.

25

De préférence, la machine comprend un capteur de température de manière à mesurer la température de ladite machine, relié directement de préférence à l'électronique de commande. Elle peut aussi être protégée contre le réchauffement excessif grâce à un fusible thermique. Ces deux composants sont montés préférentiellement à la périphérie de la bobine et avantageusement à son centre, car la bobine est le composant principal diffusant la chaleur.

30

Les moyens de commande permettent de commander chaque module de manière indépendante, ou de manière synchronisée ou non avec d'autres modules, et/ou de manière à supprimer les balourds, par exemple en commandant l'oscillation de deux modules en opposition de phase.

5

Selon un deuxième aspect de l'invention, il est prévu un ensemble mécanique comprenant une machine électromagnétique, selon l'une ou plusieurs des caractéristiques du premier aspect de l'invention, et au moins un effecteur monté à au moins l'une des extrémités distales des au moins deux tiges. De manière préférentielle, l'effecteur est relié à toutes les extrémités distales

10

des au moins deux tiges. De préférence, l'au moins un effecteur comprend au moins une membrane. Chaque membrane peut être disposée de manière coaxiale à la machine électromagnétique et en vis-à-vis d'une face extérieure du bâti. De préférence, chaque membrane présente une ouverture centrale

15

agencée pour être traversée par un fluide. De préférence, l'ensemble mécanique comprend au moins un flasque agencé pour coopérer hydrauliquement avec l'au moins une membrane. Selon un mode de réalisation dans lequel l'ensemble mécanique comprend plusieurs membranes, chaque flasque étant associé à une seule

20

Par exemple, chaque flasque peut présenter les variantes de réalisation combinables suivantes :

- être rigide ou souple,

- posséder n'importe quelle forme en association avec la forme des membranes,

25

- être plein, ou percé au centre pour par exemple permettant un effet venturi grâce à la différence de vitesse,

- présenter des creux et/ou des aspérités et/ou des lèvres pour divers usages (résistance à la corrosion, monter en pression, auto-amorçage...), et

30

- être composé de matériaux spécifiques (marins, alimentaires, biocompatibles, pour hydrocarbures...),

- le flasque peut-être lui-même entouré de deux membranes ou plus.

Selon un exemple particulier, le flasque unique peut être la paroi d'une coque d'un bateau ou d'un engin nautique (drône, sous-marin...).

Selon un mode de réalisation particulier, l'ensemble mécanique comprend une machine électromagnétique s'étendant le long d'un axe longitudinal, la machine comprenant une ou plusieurs des caractéristiques du premier aspect de l'invention, la machine comprenant :

- un stator comprenant au moins quatre éléments de stator formant deux couples d'éléments de stator,

- une partie mobile linéairement, comprenant au moins quatre tiges formant deux couples de deux tiges,

l'ensemble comprenant au moins un effecteur monté à au moins l'une des extrémités distales d'au moins deux tiges.

De préférence, un élément magnétique est associé à un couple de deux tiges. Selon un mode de réalisation, au moins deux éléments magnétiques sont associés à un couple de deux tiges.

Selon un mode de réalisation particulier, l'ensemble mécanique comprend une machine électromagnétique s'étendant le long d'un axe longitudinal, la machine comprenant :

- un bâti,

- un stator agencé pour créer un champ magnétique, comprenant au moins quatre éléments de stator, formant deux couples d'éléments de stator, disposés autour de l'axe longitudinal et s'étendant dans une direction circonférentielle ou orthoradiale par rapport à l'axe longitudinal,

- une partie mobile linéairement, comprenant au moins quatre tiges formant deux couples de deux tiges, au moins deux éléments magnétiques, chaque élément magnétique étant associé à un couple de tige et disposé entre deux éléments de stator de manière à être déplaçable magnétiquement, et des moyens de couplage pour relier chaque élément magnétique à son couple de tiges,

l'ensemble comprenant au moins un effecteur monté à au moins l'une des extrémités distales d'au moins deux tiges.

De manière préférentielle, les au moins quatre tiges comprennent au moins deux tiges amont et au moins deux tiges aval, l'ensemble comprenant une membrane amont reliée aux extrémités

distales des au moins deux tiges amont, et une membrane aval reliée aux extrémités distales des au moins deux tiges aval.

Cela permet de réaliser par exemple un propulseur hydraulique dont le flux de liquide propulsé par ce dernier est moins turbulent par rapport au flux des propulseurs connus comme les
5 moteurs équipés d'une hélice.

De préférence, l'au moins un élément magnétique peut être au moins une paire de pôles alternés, par exemple un ou plusieurs aimants permanents.

10 De préférence, l'ensemble comprend au moins un flasque recouvrant tout ou partie d'une face transversale de la machine électromagnétique. L'au moins un flasque peut être plein ou percé, en particulier au centre dudit flasque. Selon des variantes de réalisation, l'au moins un flasque peut être rigide, ou souple, et/ou présenter certaines formes et/ou creux et/ou aspérités. L'au moins un flasque peut en outre comprendre des lèvres pour divers usages, par exemple la
15 résistance à la corrosion, ou afin de permettre la montée en pression. Par exemple, l'au moins un flasque peut être constitué de matériaux spécifiques, tels que marins, alimentaires, biocompatibles, ou hydrocarbures.

Selon un mode de réalisation, l'ensemble comprend au moins un flasque amont relié à une face
20 amont du bâti et disposé en vis-à-vis de la membrane amont, et au moins un flasque aval relié à une face aval du bâti et disposé en vis-à-vis de la membrane aval.

Lors de l'actionnement, le mouvement de va et vient des tiges entraîne l'ondulation de la ou des membranes. Chaque membrane sert à transformer l'énergie mécanique fourni par le moteur
25 en énergie hydraulique. Chaque membrane présente une forme cylindrique ou préférentiellement de forme discoïdale ou elliptique. Elle est composée d'une armature solide, avantageusement métallique, et d'une partie ondulante en matériaux souples, préférentiellement des dérivés d'élastomère (caoutchouc, EPDM, PU, Nitrile...). La membrane peut être de toute forme.

30 De préférence, chaque membrane présente une ouverture centrale qui est de préférence circulaire ou elliptique. De manière préférentielle, chaque flasque présente une section tubulaire agencée de manière coaxiale à l'axe longitudinal de la machine et s'étendant à travers

l'ouverture centrale de la membrane associée. Le diamètre de la section tubulaire est strictement inférieur au diamètre de l'ouverture centrale. La section tubulaire permet de réaliser un effet Venturi pour l'écoulement du fluide passant au centre de l'ensemble mécanique.

- 5 Selon un mode de réalisation particulier, l'ensemble peut comprendre au moins deux membranes amont et/ou au moins deux membranes aval. Les membranes amont et/ou aval peuvent présenter des mouvements déphasés entre elles, de préférence le déphasage est de 180° (degrés).
- 10 Selon un autre mode de réalisation particulier, au moins deux tiges d'un couple s'étendent à la fois en amont et en aval du bâti, l'ensemble comprenant au moins deux effecteurs, un effecteur relié aux extrémités distales amont desdites tiges et un effecteur relié aux extrémités distales aval desdites tiges. Dans ce mode de réalisation, au moins deux tiges traversent le bâti et s'étendent en amont et en aval dudit bâti, pouvant présenter au moins une étanchéité.

15

De préférence, l'ensemble comprend un capot amont, disposé en amont de la membrane amont, et un capot aval, disposé en aval de la membrane aval. Chaque capot est fixé au bâti de la machine électromagnétique de manière coaxiale à l'axe longitudinal de ladite machine, par exemple par l'intermédiaire de bras longitudinaux reliant chaque capot au bâti de la machine.

20

De préférence, la face du capot en vis-à-vis de la membrane présente une surface sensiblement identique à la surface de la membrane. Le volume délimité longitudinalement par un capot et un flasque définit une chambre de compression, ou une chambre de propulsion. A l'arrêt comme en fonctionnement de machine, chaque membrane se situe dans une chambre de propulsion. Le liquide mis en mouvement par une membrane rentre au préalable dans la chambre de propulsion par la zone circonférentielle de la chambre de compression, par exemple entre des bras longitudinaux reliant le capot au bâti de la machine.

25

- Pour ce qui précède et pour la suite de la description, chambre de compression et chambre de propulsion se réfèrent à la même définition, de sorte qu'il pourra être utilisé indifféremment l'une ou l'autre des expressions.

30

Le volume propulsé par la membrane amont est expulsé dans la zone centrale libre de la machine. Le capot aval comprend en outre une ouverture dont la section transversale est au

moins égale à la section transversale de la zone centrale libre. Le volume propulsé par la membrane aval est expulsé dans l'ouverture du capot aval.

Deux configurations de chambre de compression sont possibles :

- 5 - en série, de manière que le flux d'entrée de la chambre de compression aval est relié au flux de sortie de la chambre de compression amont par l'intermédiaire de la zone centrale libre de la machine,
- en parallèle, de manière que chaque chambre de compression dispose d'un flux d'entrée qui lui est propre, chaque flux rentrant dans la chambre de compression via une ouverture ou une zone radiale en amont et/ou en aval et/ou au-dessus et en-dessous de la membrane.

Il est possible de combiner ces deux solutions : un flux central passant par la zone centrale libre et un flux radial peuvent alimenter la chambre de compression aval.

- 15 A chaque chambre de compression correspond au moins une section d'entrée du liquide et au moins une section de sortie du liquide.

Ces sections peuvent être multiples et peuvent se présenter de la manière suivante :

- de manière radiale au propulseur,
- 20 - parallèlement à l'axe de déplacement du propulseur
- par une combinaison des deux possibilités précédentes.

Selon un mode de réalisation particulier, le capot aval comprend un tube central, s'étendant de manière coaxiale à la machine électromagnétique. Cette caractéristique permet de créer un second flux dans une chambre de compression à travers la mise en place d'un tube traversant la chambre de compression. La section d'entrée de ce tube subira une surpression et celle de sortie (située en aval de la chambre de compression) une dépression créant ainsi un effet venturi et améliorant le rendement du propulseur.

- 30 Selon d'autres modes de réalisation, l'ensemble mécanique peut comprendre aucun capot, ou un seul capot : un capot amont ou un capot aval. En l'absence de capot, il n'y a donc plus de chambre de compression.

D'autres applications de l'ensemble mécanique proposé au-dessus sont possibles, par exemple des pots vibrants, des vibrateurs industriels, des pistons, en particulier les parties mobiles fonctionnant en phase pour amplifier la vibration, des percuteurs, des hauts parleurs, des scies, des marteaux piqueurs, des sex-toys, des outils d'étude vibratoire, de fatigue, de vieillissement, des pompes industrielles, des ventilateurs, des compresseurs d'air, des retours de force, des tamiseurs, des vibrateurs de vibrofonçage, des propulseurs de bateau et engins nautiques, des propulseurs de jouets nautiques, tels que propulseur sous-marin, paddle, surf motorisé, des pompes de cale, des génératrices d'électricité, des pompes pour jeux d'eau, des générateurs de flux (courants, vagues, houle) pour bassins, des machines-outils (tels que scie, ponceuse, marteau), des mélangeurs.

Selon un troisième aspect, il est prévu un procédé d'actionnement d'une machine électromagnétique selon le premier aspect, la machine comprenant :

- un stator comprenant au moins quatre éléments de stator formant deux couples d'éléments de stator,
 - une partie mobile linéairement, comprenant au moins quatre tiges formant au moins deux couples de deux tiges,
- le procédé comprenant une étape d'actionnement déphasée entre les au moins deux couples de deux tiges.

DESCRIPTION DES FIGURES

La présente invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui suit, se référant à des exemples non limitatifs de réalisation illustrés par les dessins annexés où :

- la figure 1 est une vue en perspective d'une machine électromagnétique à mouvement linéaire cyclique selon un premier mode de réalisation de l'invention, dans lequel la machine comprend un couple d'éléments de stator et un couple de tiges, le bâti n'étant pas représenté ;
- la figure 2 est une vue de profil de deux éléments de stator en vis-à-vis, chacun comprenant un bobinage de fils électriques, lesdits éléments étant conformes à la figure précédente ;
- la figure 3 est une vue en perspective d'une partie mobile linéairement selon un mode de réalisation, comprenant deux aimants permanents disposés entre deux tiges ;

- 5 • la figure 4 est une vue en perspective d'une machine électromagnétique à mouvement linéaire cyclique selon un deuxième mode de réalisation de l'invention, dans lequel la machine comprend deux couples d'éléments de stator et deux couples de tiges disposés de manière symétrique par rapport à un plan géométrique passant par l'axe longitudinal de la machine, le bâti n'étant pas représenté ;
- la figure 5 est une vue en perspective d'une machine électromagnétique à mouvement linéaire cyclique selon un troisième mode de réalisation de l'invention, dans lequel la machine comprend trois couples d'éléments de stator et trois couples de tiges disposés l'un par rapport à l'autre de manière à former un cercle, le bâti n'étant pas représenté ;
- 10 • la figure 6 est une vue en perspective d'une machine électromagnétique à mouvement linéaire cyclique selon un quatrième mode de réalisation de l'invention, dans lequel la machine comprend six couples d'éléments de stator et six couples de tiges disposés l'un par rapport à l'autre de manière à former un cercle, le bâti étant représenté ;
- la figure 7 est une vue en coupe longitudinale d'une machine électromagnétique, en particulier d'une partie mobile linéairement selon un mode de réalisation conforme à la figure précédente ;
- 15 • la figure 8 est une vue en coupe longitudinale d'un propulseur hydraulique selon un premier mode de réalisation, le propulseur comprenant une machine électromagnétique conforme à la figure précédente, et un seul flasque présentant une ouverture centrale et une seule membrane discoïdale présentant une ouverture centrale ;
- 20 • la figure 9 est une en perspective d'un propulseur hydraulique selon le premier mode de réalisation ;
- la figure 10 est une vue en perspective d'un propulseur hydraulique selon un deuxième mode de réalisation, le propulseur comprenant un seul flasque plein et comprenant une queue de forme conique et une seule membrane présentant une ouverture ;
- 25 • la figure 11 est une vue en coupe longitudinale d'un propulseur hydraulique selon le deuxième mode de réalisation, conforme à la figure précédente ;
- la figure 12 est une vue en coupe transversale d'un propulseur hydraulique conforme aux figures 10 et 11 et d'une machine électromagnétique selon un cinquième mode de réalisation, la machine comprenant quatre couples d'éléments de stator et quatre couples de tiges ;
- 30 • la figure 13 est une vue de profil d'une machine électromagnétique selon un sixième mode de réalisation comprenant des tiges amont et des tiges aval ;

- la figure 14 est une vue de profil d'une machine électromagnétique selon un septième mode de réalisation comprenant des tiges à la fois amont et aval ;
- la figure 15 est une vue de profil d'un ensemble de propulsion nautique comprenant un propulseur hydraulique conforme à la figure 9 ;
- 5 • la figure 16 est une vue de profil une vue d'un propulseur hydraulique selon un quatrième mode de réalisation, le propulseur comprenant un capot amont et un capot aval ;
- la figure 17 est une vue en coupe longitudinale d'un propulseur hydraulique conforme à la figure précédente ;
- 10 • la figure 18 est un zoom de la figure précédente, le capot amont et la membrane amont étant vus de manière agrandie ;
- la figure 19 est une vue en coupe longitudinale d'un propulseur hydraulique selon un cinquième mode de réalisation, dans lequel le capot amont comprend une ouverture frontale ;
- 15 • la figure 20 est une vue en coupe longitudinale d'un propulseur hydraulique selon un sixième mode de réalisation comprenant des ouvertures radiales amont et des ouvertures radiales aval ;
- la figure 21 est une vue en coupe longitudinale d'un propulseur hydraulique selon un septième mode de réalisation comprenant des ouvertures radiales amont, des ouvertures radiales aval, et un tube central traversant le capot amont.
- 20

En référence aux figures 1, 2 et 3, il est présenté un premier mode de réalisation d'une machine électromagnétique 1 à mouvement linéaire cyclique. Afin de visualiser le maximum de pièces, le bâti de la machine n'est pas représenté.

La machine comprend une partie statique 31, dite stator, agencée pour créer un champ électromagnétique. En référence à la figure 2, le stator comprend deux éléments de stator 31a et 31b, formant un couple d'éléments de stator. Chaque élément de stator comprend un empilement de plaques de tôle agencé de manière à former un motif en forme de « E ». Chaque élément de stator comprend trois dents et deux encoches. Chaque élément de stator 31a, 31b comprend en outre un bobinage électrique 311, 312 inséré dans les encoches d'un empilement de plaques de tôle de manière à former une boucle. Les éléments de stator 31a, 31b sont disposés en vis-à-vis et espacés l'un de l'autre d'une distance permettant d'insérer au moins un élément magnétique de la partie mobile et d'une distance d'entrefer. En référence aux figures 1 et 2, les

éléments de stator présentent une forme générale et une section transversale rectangulaire et s'étendant de manière rectiligne.

La machine comprend une partie mobile linéairement réalisant un déplacement de translation rectiligne alternatif. En référence aux figures 1 et 3, la partie mobile comprend deux tiges 41a, 41b distinctes mobiles selon des axes d'entraînement E1a, E1b respectifs, lesdits axes s'étendant selon un axe ou une direction longitudinale. Elles sont disposées de part et d'autre du stator 31, en particulier entre les deux portions de bobinages, en forme de demi-cercle, s'étendant en-dehors des empilements de plaques de tôle. Les tiges 41a, 41b présentent une section transversale circulaire. En référence à la figure 3, la partie mobile comprend deux aimants permanents 61a, 61b disposés entre les deux tiges 41a, 41b. Les aimants permanents présentent une forme rectangulaire. Ils sont agencés pour s'insérer entre les deux éléments de stator 31a, 31b de manière à se déplacer magnétiquement lors de la commutation des éléments de stator. Les deux aimants 61a, 61b sont espacés longitudinalement de manière que les deux aimants peuvent s'aligner avec deux dents consécutives d'un élément de stator.

La partie mobile comprend en outre des moyens de couplage 51a, 51b entre des aimants permanents 61a, 61b et les tiges 41a, 41b. Chaque moyen de couplage 51a, 51b comprend une partie de tige agencée pour être fixée à une tige de manière à être solidaire en translation. La partie de tige entoure l'enveloppe extérieure d'une tige. Chaque moyen de couplage 51a, 51b comprend une partie d'élément magnétique agencée pour recevoir et fixer les deux aimants et ainsi coupler mécaniquement les aimants à une tige.

De manière optionnelle, la machine comprend deux pièces de guidage 80, préférentiellement cylindriques, servant de guide de translation pour chaque tige. Les deux pièces de guidage se fixent sur les extrémités longitudinales du bâti. Ces pièces de guidage sont avantageusement en matériaux amagnétique afin de minimiser les fuites de champ magnétique. Ces deux pièces ont comme autre fonction de pièce de liaison a tout effecteur ou partie mobile ayant besoin d'être mise en mouvement.

Ce premier mode de réalisation permet de proposer une machine électromagnétique peu encombrante. Ce premier mode de réalisation correspond à un module électromagnétique de sorte qu'une machine électromagnétique de plus forte puissance électrique peut comprendre plusieurs modules électromagnétiques disposés en parallèle.

La figure 4 présente un deuxième mode de réalisation d'une machine électromagnétique comprenant deux modules électromagnétiques, chaque module étant conforme au module du premier mode de réalisation. La machine électromagnétique comprend deux couples d'éléments de stator 31, 32, le couple 31 d'éléments de stator étant associé aux couples de tiges 41a, 41b, et le couple 32 d'éléments de stator étant associé aux couples de tiges 42a, 42b. La machine électromagnétique s'étend selon un axe longitudinal L. Les axes d'entraînement respectifs des tiges sont parallèles à l'axe longitudinal L de la machine. En outre, les deux modules sont disposés de manière symétrique par rapport à un plan géométrique passant par l'axe longitudinal L.

La figure 5 présente un troisième mode de réalisation d'une machine électromagnétique comprenant trois modules électromagnétiques, chaque module étant conforme au module du premier mode de réalisation. La machine électromagnétique comprend trois couples d'éléments de stator 31, 32, 33, le couple 31 d'éléments de stator étant associé aux couples de tiges 41a, 41b, le couple 32 d'éléments de stator étant associé aux couples de tiges 42a, 42b, et le couple 33 d'éléments de stator étant associé aux couples de tiges 43a, 43b. La machine électromagnétique s'étend selon un axe longitudinal L. Les axes d'entraînement respectifs des tiges sont parallèles à l'axe longitudinal L de la machine. En outre, les trois modules sont disposés le long d'un cercle dont l'axe longitudinal L est le centre. Les trois modules électromagnétiques sont espacés de manière équidistante.

La figure 6 présente un quatrième mode de réalisation d'une machine électromagnétique comprenant six modules électromagnétiques, chaque module étant conforme au module du premier mode de réalisation. Contrairement aux modes de réalisation présentés au-dessus, le bâti de la machine électromagnétique 1 est représenté sur la figure 6. La machine électromagnétique comprend six couples d'éléments de stator 31, 32, 33, 34, 35 et 36, le couple 31 d'éléments de stator étant associé aux couples de tiges 41a, 41b, le couple 32 d'éléments de stator étant associé aux couples de tiges 42a, 42b, le couple 33 d'éléments de stator étant associé aux couples de tiges 43a, 43b, le couple 34 d'éléments de stator étant associé aux couples de tiges 44a, 44b, le couple 35 d'éléments de stator étant associé aux couples de tiges 45a, 45b, le couple 36 d'éléments de stator étant associé aux couples de tiges 46a, 46b. La machine électromagnétique s'étend selon un axe longitudinal L. Les axes d'entraînement respectifs des tiges sont parallèles à l'axe longitudinal L de la machine. En outre, les six modules sont disposés

le long d'un cercle dont l'axe longitudinal L est le centre. Les trois modules électromagnétiques sont espacés de manière équidistante.

En référence aux figures 4, 5 et 6, l'agencement des machines électromagnétiques permet de laisser leur zone centrale libre. La zone centrale de chaque machine présente une forme tubulaire dont l'axe corespond à l'axe longitudinal L.

La figure 7 présente une vue en coupe d'une machine électromagnétique conforme à la figure 6. Les éléments de stator du stator 34 et les éléments de stator du stator 31 étant vus en coupe. En outre les aimants permanents associés 64a, 64b et 61a, 61b sont vus en coupe. La figure 7 montre en outre deux couvercles de la machine, un couvercle étant disposé à chaque extrémité longitudinale.

Pour la suite de la description, il sera décrit le fonctionnement et/ou le mouvement d'une tige, en l'espèce la tige 44b.

Dans un état initial, la position de la tige est telle que les aimants permanents 64a, 64b sont en vis-à-vis de dents des éléments de stator 34 du fait que les flux magnétiques induits dans les entrefers, sont suffisants pour réaliser une polarité, par exemple un pôle nord, d'un côté et une polarité inverse, par exemple un pôle sud, de l'autre côté. Comme chaque aimant permanent présente une polarité inverse, les flux magnétiques traversent les aimants permanents et les maintiennent en position.

Lors d'une commutation de courant dans les bobines, les flux magnétiques dans les entrefers sont inversés de manière que chaque pôle d'un aimant permanent est en vis-à-vis d'une polarité identique, réalisant une force de répulsion et une translation des aimants et donc de la tige 44b. Simultanément, les flux magnétiques parviennent à traverser les aimants permanents adjacents, de polarités inverse, de manière qu'une force d'attraction réalise la translation de la tige 44b. Il en résulte que la nouvelle position (non représentée) des aimants permanents entraîne une nouvelle position (non représentée) de la tige 44b.

La figure 8 est une vue en coupe d'un propulseur hydraulique comprenant une machine électromagnétique conforme à la figure 6, un flasque F1 et une membrane M1, ledit flasque et ladite membrane étant disposés sur une même extrémité, dite extrémité aval, de la machine de manière coaxiale par rapport à l'axe longitudinal L. L'extrémité opposée, dit extrémité amont,

présente aucune paroi empêchant la circulation d'un flux dans la zone centrale 10 de la machine électromagnétique. Dans ce mode de réalisation, le propulseur présente la forme générale d'un tube.

5 Le flasque F1 présente une ouverture centrale de manière qu'un flux puisse la traverser. Le flasque F1 présente une première face, dite face de raccordement, agencée pour être reliée à une extrémité d'une machine électromagnétique, et une deuxième face, dite face externe, opposée à la face de raccordement. Le flasque F1 présente une surface interne en forme de cône ou de tuyère, le plus grand diamètre de la surface interne correspondant au diamètre interne de la machine électromagnétique. Le flasque comprend en outre une portion tubulaire F11 faisant
10 saillie depuis la face externe.

La membrane M1 présente la forme d'un anneau et comprend une armature MA1 reliée à toutes les extrémités distales des tiges de la machine électromagnétique, voir figure 9. La membrane M1 présente une ouverture centrale à travers laquelle la portion tubulaire F11 du flasque F1 s'étend.
15

En référence aux figures 10 et 11, il est représenté un deuxième mode de réalisation d'un propulseur hydraulique. Par rapport au précédent mode de réalisation, le présent propulseur est fermé à chaque extrémité. Au moins une paroi ferme la zone centrale de la machine électromagnétique, de sorte que le propulseur présente une forme générale oblongue et/ou ovoïde.
20

Le flasque F1 ne présente pas d'une ouverture centrale. Le flasque F1 présente une première face, dite face de raccordement, agencée pour être reliée à une extrémité d'une machine électromagnétique, et une deuxième face, dite face externe, opposée à la face de raccordement. Le flasque comprend en outre une portion conique F12 faisant saillie depuis la face externe, le
25 diamètre du cône se réduisant de depuis la face externe jusqu'à la pointe de la portion conique. La portion conique traverse l'ouverture centrale de la membrane M1, voir figures 10 et 11.

L'association d'un flasque F1 et d'une membrane M1 permet la propulsion du propulseur hydraulique.

30 Les figures 11 et 12 montrent un cinquième mode de réalisation de la machine électromagnétique. En référence à la figure 12, la machine électromagnétique comprend quatre

5 couples d'éléments de stator 31, 32, 33 et 34, le couple 31 d'éléments de stator étant associé aux couples de tiges 41a, 41b, le couple 32 d'éléments de stator étant associé aux couples de tiges 42a, 42b, le couple 33 d'éléments de stator étant associé aux couples de tiges 43a, 43b, le couple 34 d'éléments de stator étant associé aux couples de tiges 44a, 44b. La machine électromagnétique s'étend selon un axe longitudinal L. Les axes d'entraînement respectifs des tiges sont parallèles à l'axe longitudinal L de la machine. En outre, les quatre modules sont disposés le long d'un cercle dont l'axe longitudinal L est le centre. Les quatre modules électromagnétiques sont espacés de manière équidistante.

10 La figure 13 présente un sixième mode de réalisation d'une machine électromagnétique, en particulier combinable avec l'un des modes de réalisation précédents du fait que chaque module électromagnétique peut être commandé indépendamment des autres. La machine électromagnétique comprend des couples de tiges amont s'étendant depuis une première extrémité de machine. La machine comprend en outre des couples de tiges aval s'étendant depuis une deuxième extrémité, opposée à la première extrémité, de la machine
15 électromagnétique. Sur la figure 13, il est représenté des tiges amont s'étendant selon les axes E3a, E3b, E5a, E5b, E2a, E2b, E6a, E6b. Il est en outre représenté des tiges amont s'étendant selon les axes E1a, E1b, E4a, E4b.

20 En variante, la figure 14 présente un septième mode de réalisation d'une machine électromagnétique, dans lequel chaque couple de tiges traverse le bâti de la machine de manière un couple de tiges amont et un couple de tiges aval. Ce mode de réalisation est en particulier adapté pour des ensemble mécanique comprenant un effecteur, par exemple une membrane, à chaque extrémité de la machine électromagnétique.

25 La figure 15 montre une application dans laquelle le propulseur hydraulique conforme à la figure 9 est raccordé à un dispositif de direction et de commande d'un bateau.

30 Le propulseur comprend des moyens de commande et/ou une électronique de puissance de manière que le moteur est capable d'être utilisé dans une large panoplie de cas d'utilisations. Par exemple, il peut être alimenté via le secteur, un réseau de panneau solaire ou toute autre installation d'énergie alternative ou dans un système de stockage d'énergie moyennant son branchement à travers une électronique de puissance permettant de réguler et d'asservir le courant électrique.

Selon le type de signal de commande et sa forme, le moteur peut remplir différents cas d'utilisation : dans un cas d'alimentation par une tension électrique continue, le moteur est asservi en position. Il gardera donc une position précise et répétable suivant la valeur de tension électrique fournie. Dans le cas où une tension alternative est fournie, le moteur sera asservi en
5 vitesse. La valeur de la tension électrique permet de régler l'amplitude de la course des barreaux mobiles. La fréquence du signal électrique permet quant à elle à régler la fréquence de fonctionnement du moteur.

Le moteur permet de fournir un mouvement linéaire à haute fréquence, en particulier jusqu'à
10 500 cycles par seconde, c'est à dire un fonctionnement à 500 Hz.

Les figures 16 à 21 montrent plusieurs modes de réalisation de propulseur hydraulique agencé pour être immergé.

En référence à la figure 16, le propulseur comprend un capot amont C1, disposé en amont d'un premier flasque F1, et un capot aval C2, disposé en aval d'un deuxième flasque F2, les membranes n'étant pas représentées. Chaque capot est fixé au bâti de la machine électromagnétique de manière coaxiale à l'axe longitudinal de ladite machine, par exemple par l'intermédiaire de bras longitudinaux reliant chaque capot au bâti de la machine. En référence
20 à la figure 9, le volume délimité longitudinalement entre un capot et un flasque définit une chambre de compression. Une chambre de compression amont 111 est définie entre le capot C1 et la machine électromagnétique 1. Une chambre de compression aval 112 est définie entre le capot C2 et la machine électromagnétique 1. A l'arrêt comme en fonctionnement de la machine, chaque membrane se situe dans une chambre de compression. Par exemple en référence à la
25 figure 18, la membrane amont M1 est mise en mouvement par l'intermédiaire des tiges de la partie mobile de la machine électromagnétique, de manière à réaliser une oscillation. Le liquide mis en mouvement par une membrane rentre au préalable dans la chambre de compression.

En référence aux figures 16, 17, 18, 19, 20, 21, le propulseur comprend des ouvertures radiales amont 121. En référence aux figures 16, 17, 20 et 21, le propulseur comprend des ouvertures radiales aval 122. Les ouvertures radiales sont délimitées circonférentiellement par les bras longitudinaux reliant les capots au bâti de la machine. Les ouvertures radiales permettent au liquide de rentrer radialement dans chaque chambre de compression.

Le volume propulsé par la membrane amont est expulsé dans la zone centrale 10 libre de la machine. Le volume de liquide propulsé par la membrane amont est expulsé dans la chambre de compression aval.

5

En outre selon tous les modes de réalisation comprenant un capot, le capot aval C2 comprend une ouverture axiale 132.

10

Dans ces configurations, dites parallèles, chaque chambre de compression dispose d'un flux d'entrée qui lui est propre, chaque flux rentrant dans la chambre de compression via une ouverture ou une zone radiale. Le capot aval comprend en outre une ouverture dont la section transversale est au moins égale à la section transversale de la zone centrale libre.

15

En référence à la figure 19, il est une configuration, dite en série, dans laquelle le flux d'entrée de la chambre de compression aval est relié au flux de sortie de la chambre de compression amont par l'intermédiaire de la zone centrale libre de la machine. Le propulseur comprend une unique ouverture d'entrée 131 pour alimenter en liquide la chambre de compression amont.

20

Il est possible de combiner ces deux solutions : un flux axial et un flux radial pour alimenter les chambres de compression. En référence à la figure 21, le capot amont C1 comprend une ouverture 131 s'étendant par un tube central qui débouche dans la zone centrale 10 de manière à réaliser un effet Venturi. Selon un autre mode de réalisation non représenté, le tube peut déboucher dans la chambre de compression amont. Le propulseur comprend en outre des ouvertures radiales amont 121 et des ouvertures radiales aval 122.

25

REVENDEICATIONS

1. Machine électromagnétique (1), caractérisée en ce qu'elle comprend :
- 5 - un bâti,
- un stator agencé pour créer un champ magnétique, comprenant au moins deux éléments de stator (31a, 31b, 32a, 32b, 33a, 33b, 34a, 34b, 35a, 35b, 36a, 36b) en vis-à-vis,
- une partie mobile linéairement, comprenant :
- 10 - au moins deux tiges (41a, 41b, 42a, 42b, 43a, 43b, 44a, 44b, 45a, 45b, 46a, 46b) distinctes mobiles selon des axes d'entraînement respectifs (E1a, E1b, E2a, E2b, E3a, E3b, E4a, E4b, E5a, E5b, E6a, E6b), chaque tige étant disposée à une extrémité des deux d'éléments de stator,
- au moins un élément magnétique (61a, 61b) associé aux au moins deux tiges, l'au
- 15 moins un élément magnétique étant disposé entre les deux éléments de stator et déplaçable magnétiquement par rapport aux au moins deux éléments de stator,
- des moyens de couplage (51a, 51b) entre l'au moins un élément magnétique et les tiges.
- 20 2. Machine électromagnétique (1) selon la revendication 1, dans laquelle chaque élément magnétique comprend au moins une paire de pôles alternés.
3. Machine électromagnétique (1) selon la revendication 1 ou 2, dans laquelle l'au moins un élément magnétique est au moins un aimant permanent.
- 25 4. Machine électromagnétique (1) selon la revendication 3, comprenant au moins une entretoise disposée entre deux paires de pôles.
5. Machine électromagnétique (1) selon l'une des revendications précédentes, dans
- 30 laquelle chaque élément de stator comprend un empilement de plaques de tôle comprenant au moins deux dents.

6. Machine électromagnétique (1) selon l'une des revendications précédentes, comprenant au moins un moyen de rappel en position, associé à au moins une tige.
- 5 7. Machine électromagnétique (1) selon l'une des revendications précédentes, comprenant des moyens d'étanchéité du stator et/ou de la partie mobile par rapport au milieu extérieur.
- 10 8. Machine électromagnétique (1) selon l'une des revendications précédentes, dans laquelle le stator comprend au moins quatre éléments de stator formant deux couples (31, 32) de deux éléments de stator disposés autour d'un axe longitudinal (L) et s'étendant dans une direction circonférentielle ou orthoradiale par rapport à l'axe longitudinal (L), et dans laquelle la partie mobile linéairement comprend quatre tiges formant deux couples (41, 42) de deux tiges.
- 15 9. Machine électromagnétique (1) selon la revendication précédente, dans laquelle les au moins deux couples de d'éléments de stator sont espacés le long d'un cercle dont l'axe longitudinal (L) est le centre.
- 20 10. Machine électromagnétique (1) selon la revendication 8 ou 9, dans laquelle les éléments de stator sont disposés de manière à définir une zone centrale libre.
- 25 11. Ensemble mécanique comprenant une machine électromagnétique (1), selon l'une des revendications précédentes, et au moins un effecteur monté à au moins l'une des extrémités distales des au moins deux tiges.
12. Ensemble selon la revendication précédente, dans lequel l'au moins un effecteur comprend au moins une membrane (M1, M2).
- 30 13. Ensemble mécanique comprenant une machine électromagnétique (1) s'étendant le long d'un axe longitudinal (L), selon l'une des revendications 1 à 10, la machine comprenant :
- un stator comprenant au moins quatre éléments de stator formant deux couples d'éléments de stator,

- une partie mobile linéairement, comprenant au moins quatre tiges formant deux couples de deux tiges,

l'ensemble comprenant au moins un effecteur monté à au moins l'une des extrémités distales d'au moins deux tiges.

5

14. Ensemble selon la revendication précédente, dans lequel les au moins quatre tiges comprennent au moins deux tiges amont et au moins deux tiges aval, l'ensemble comprenant une membrane amont (M1) reliée aux extrémités distales des au moins deux tiges amont, et une membrane aval (M2) reliée aux extrémités distales des au moins deux tiges aval.

10

15. Ensemble selon la revendication 13, dans lequel au moins deux tiges d'un couple s'étendent à la fois en amont et en aval du bâti, l'ensemble comprenant au moins deux effecteurs, un effecteur relié aux extrémités distales amont desdites tiges et un effecteur relié aux extrémités distales aval desdites tiges.

15

16. Procédé d'actionnement d'une machine électromagnétique selon l'une des revendications 1 à 10, la machine comprenant :

- un stator comprenant au moins quatre éléments de stator formant deux couples d'éléments de stator,

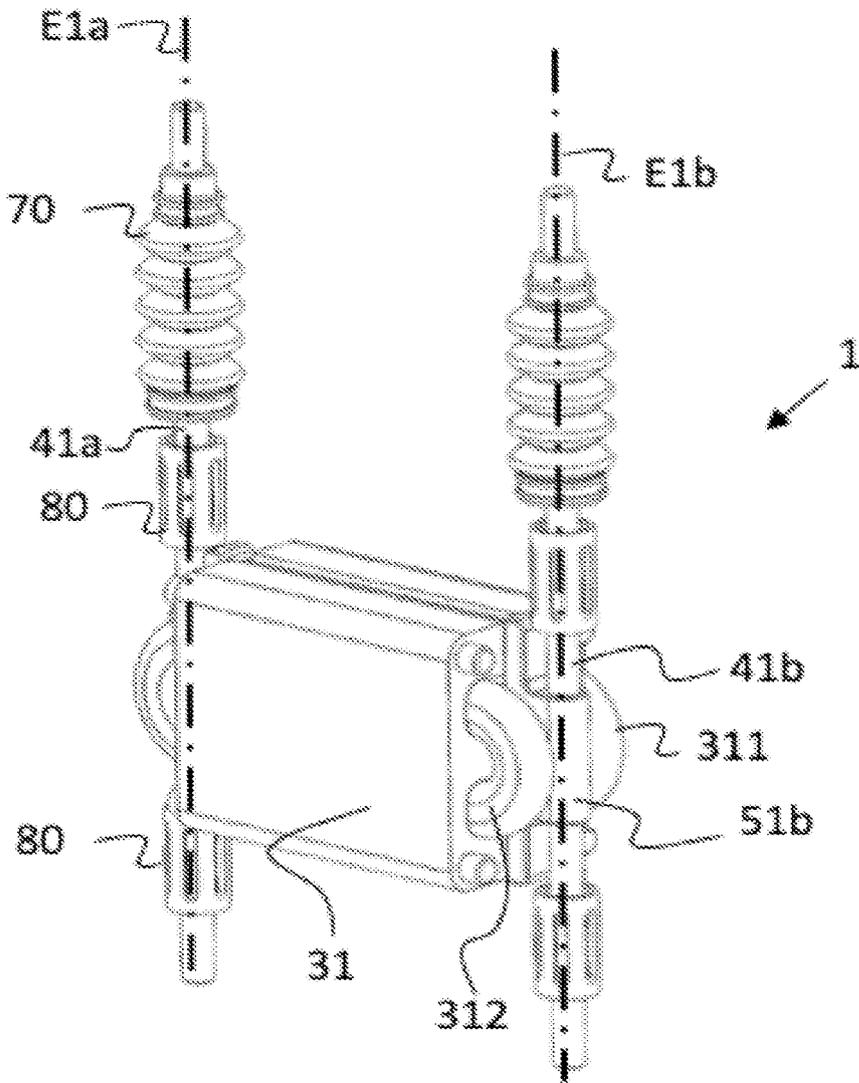
20

- une partie mobile linéairement, comprenant au moins quatre tiges formant au moins deux couples de deux tiges,

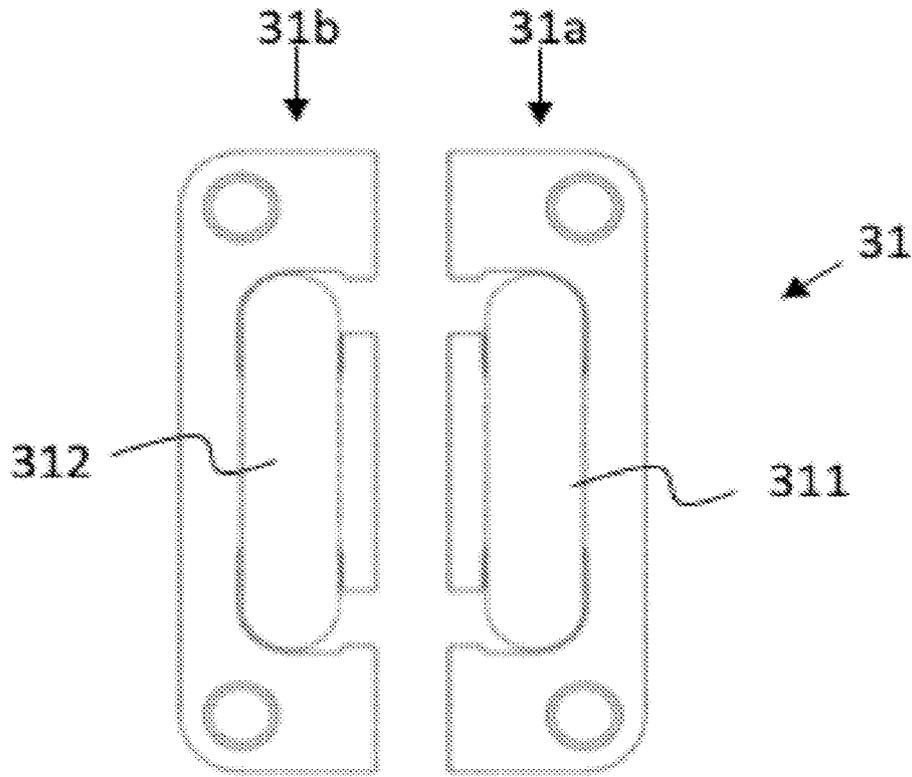
le procédé comprenant une étape d'actionnement déphasée entre les au moins deux couples de deux tiges.

25

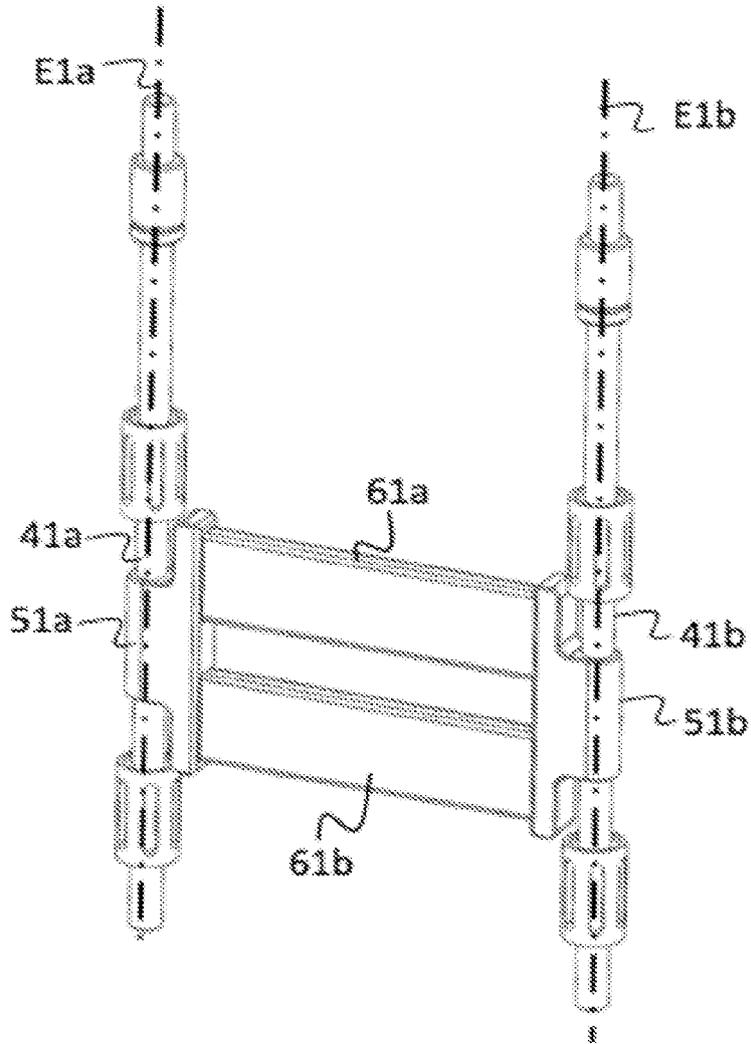
[Fig. 1]



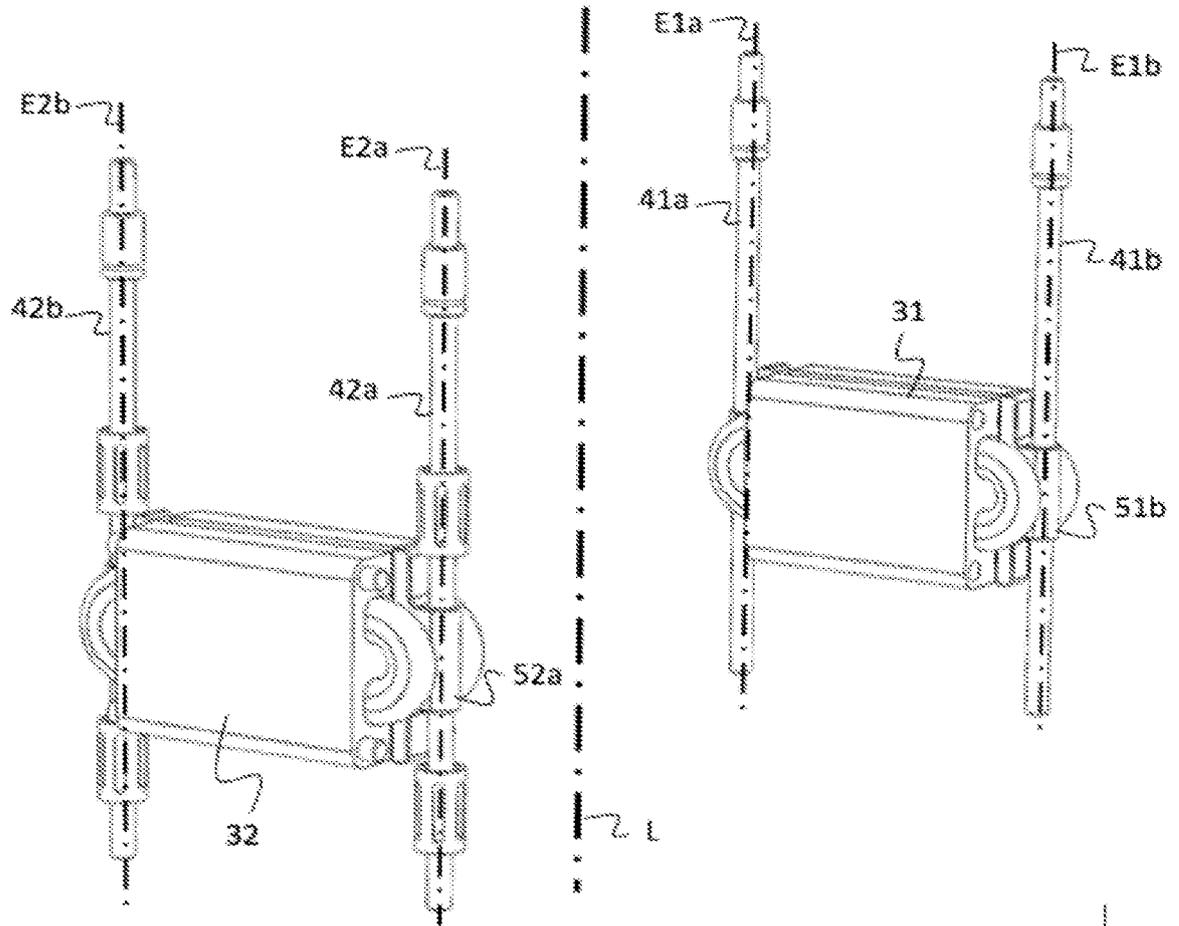
[Fig. 2]



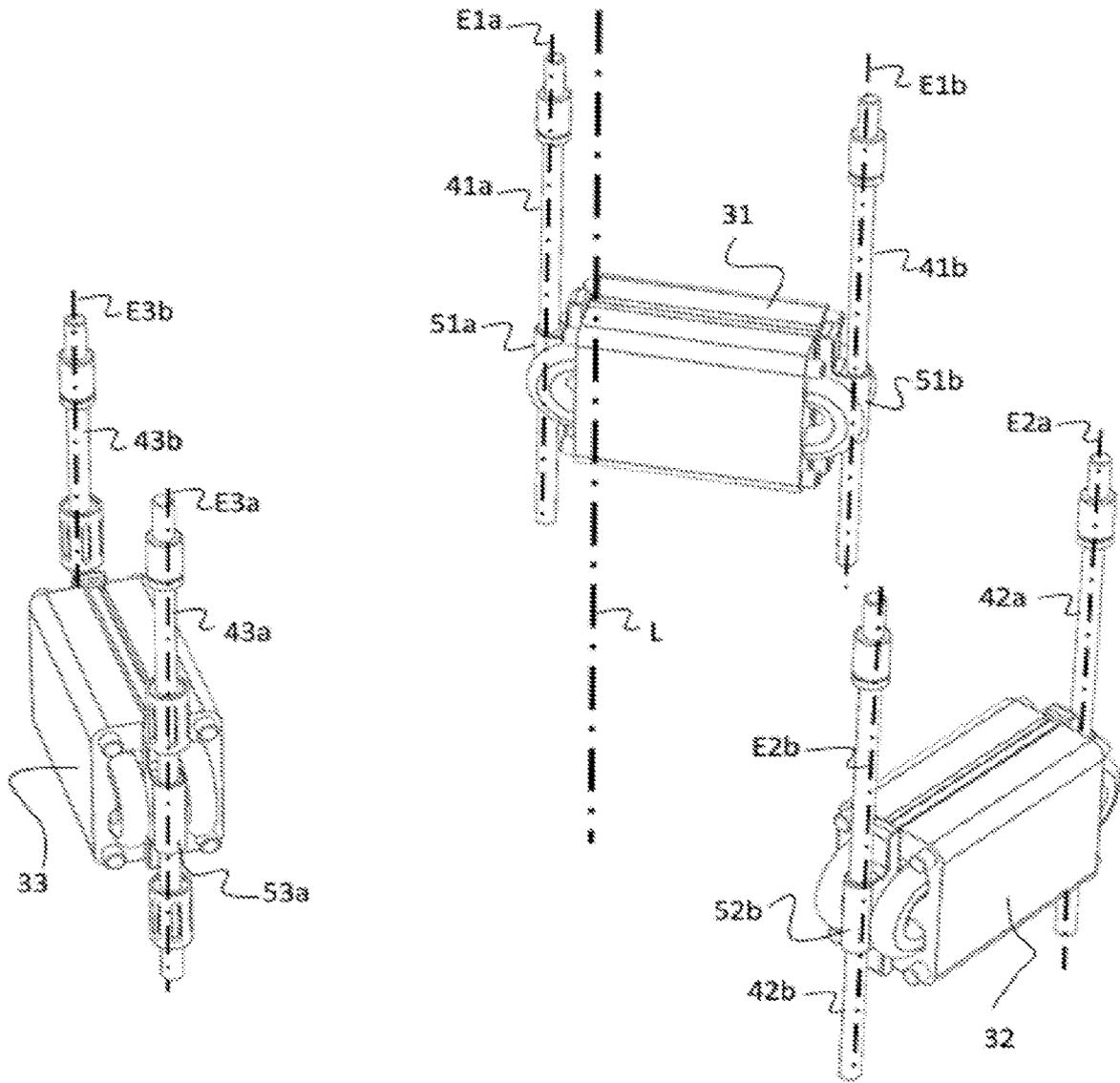
[Fig. 3]



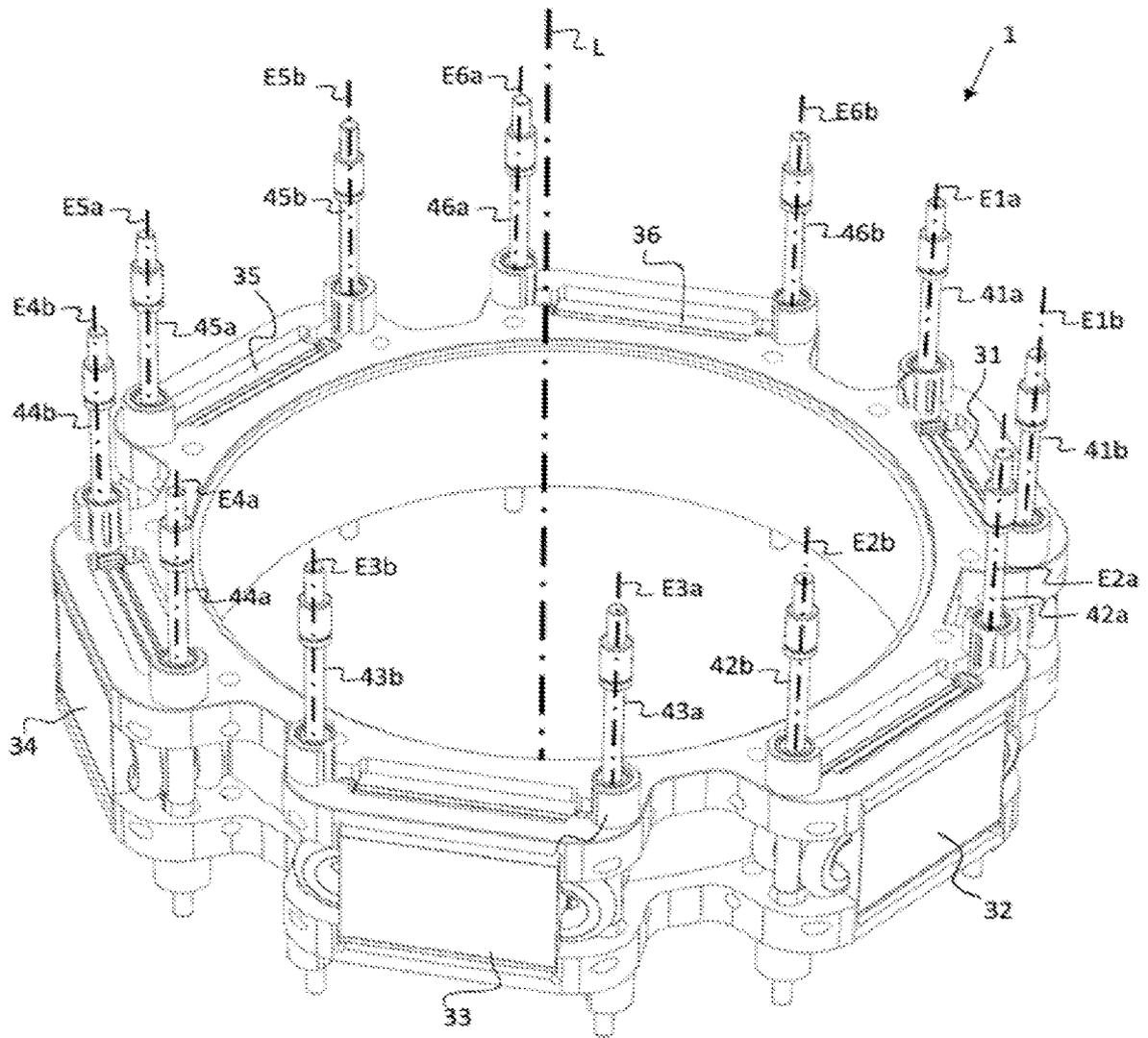
[Fig. 4]



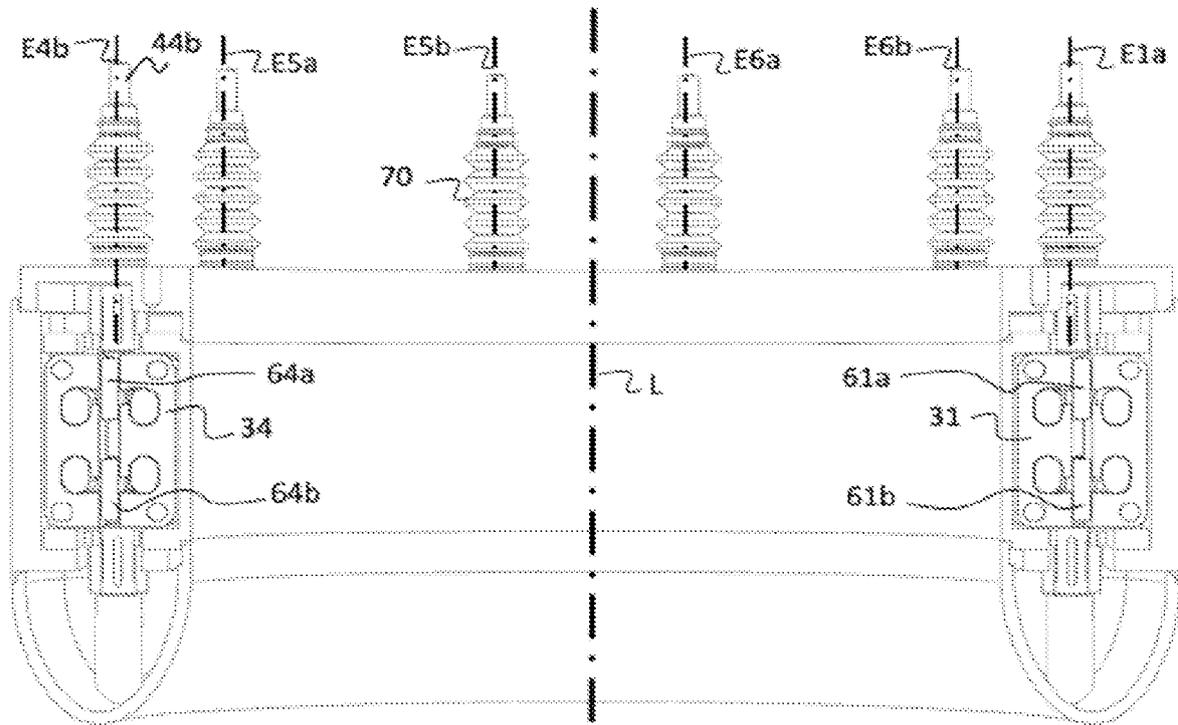
[Fig. 5]



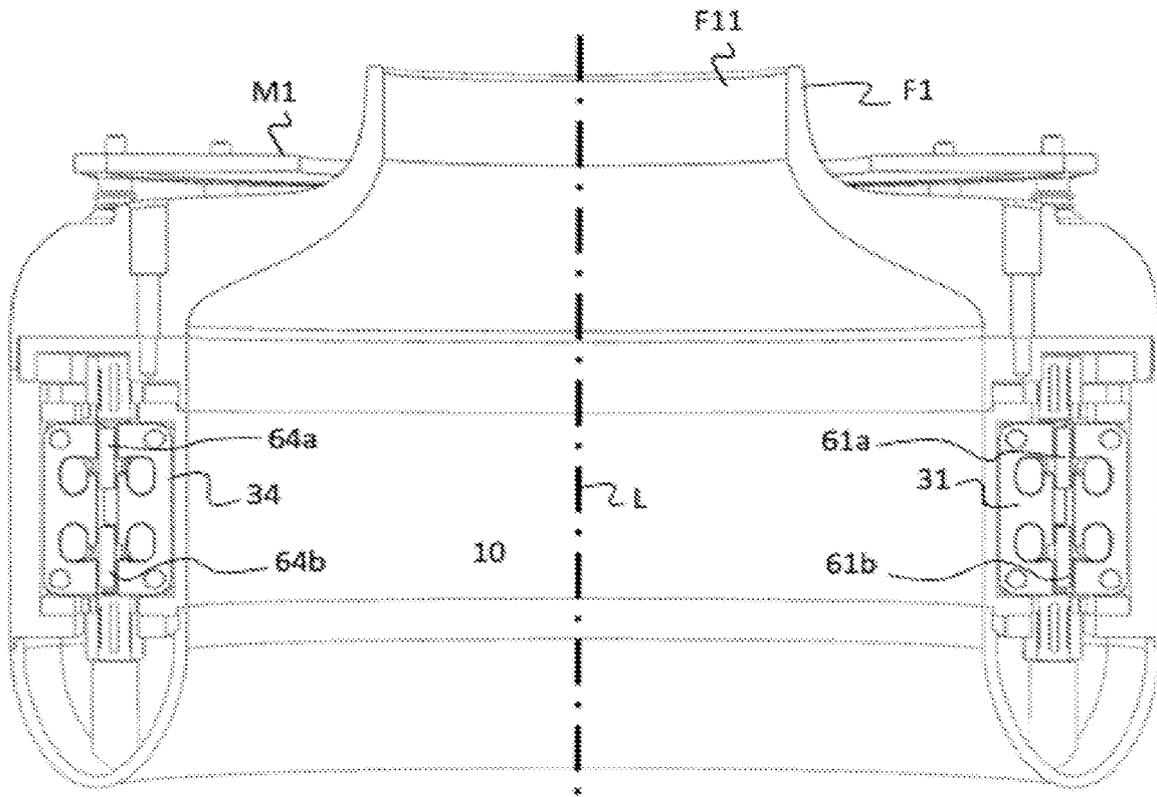
[Fig. 6]



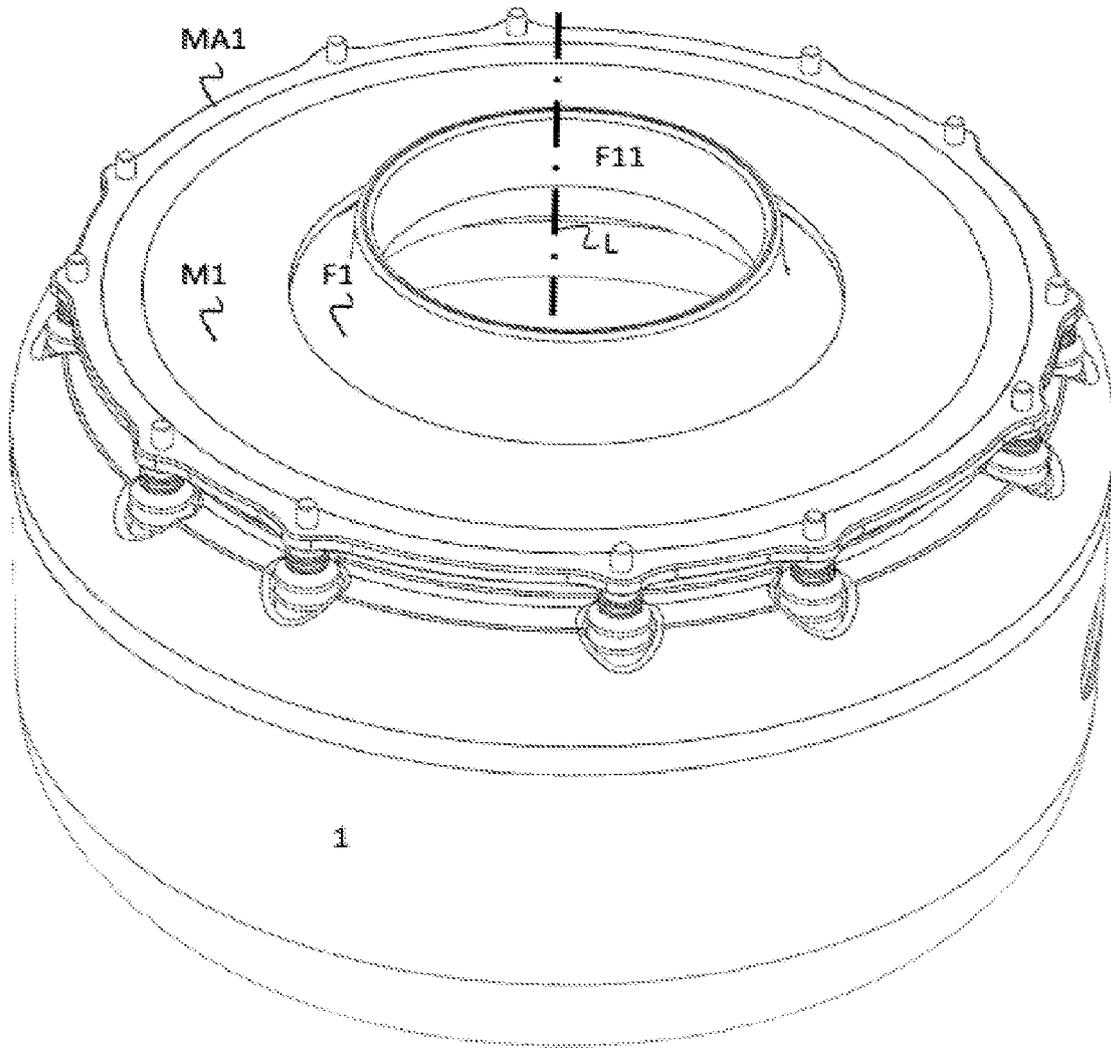
[Fig. 7]



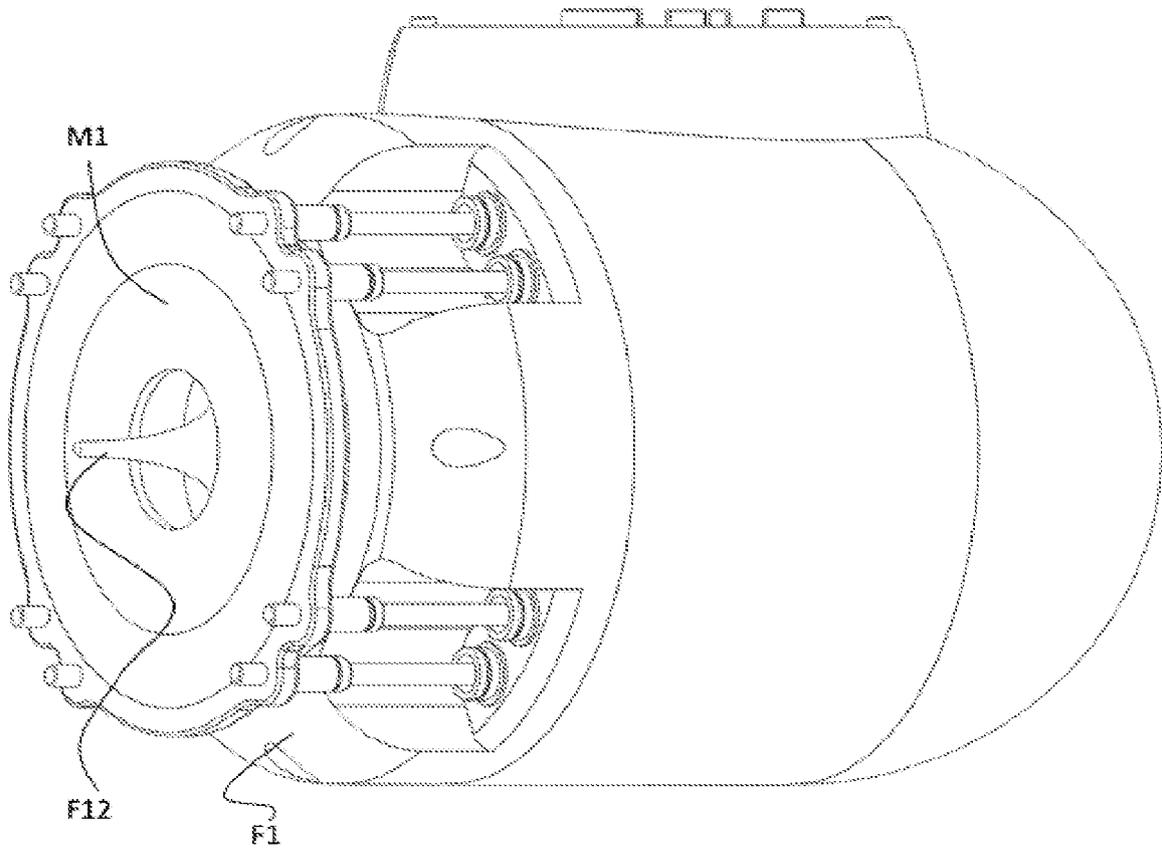
[Fig. 8]



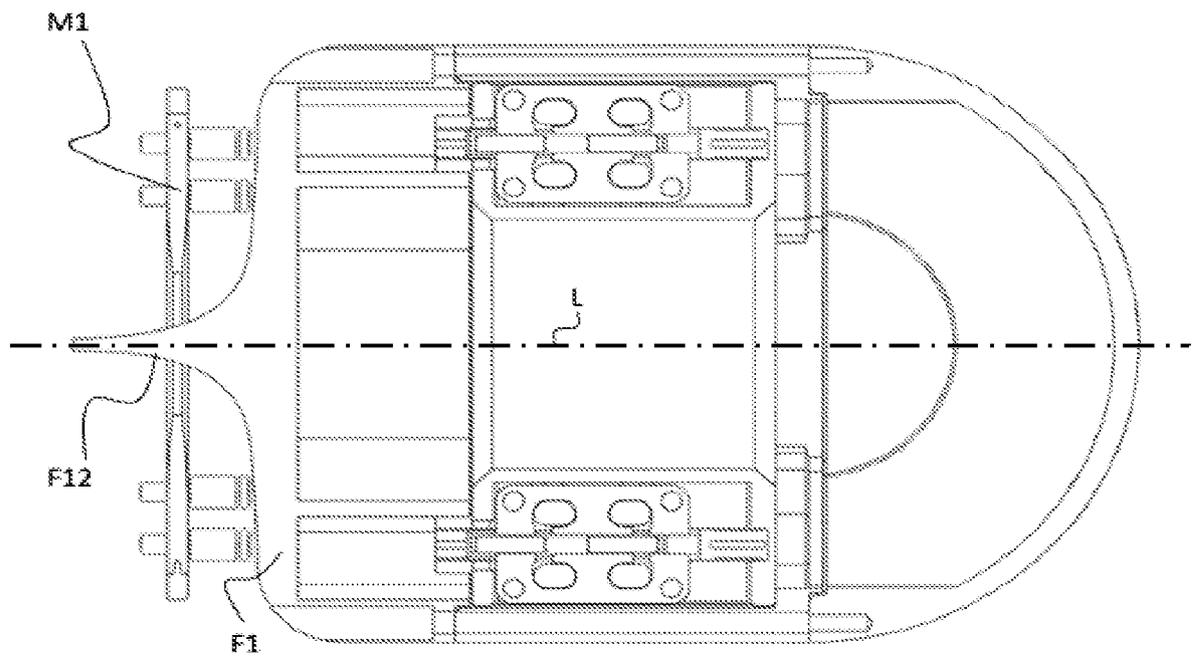
[Fig. 9]



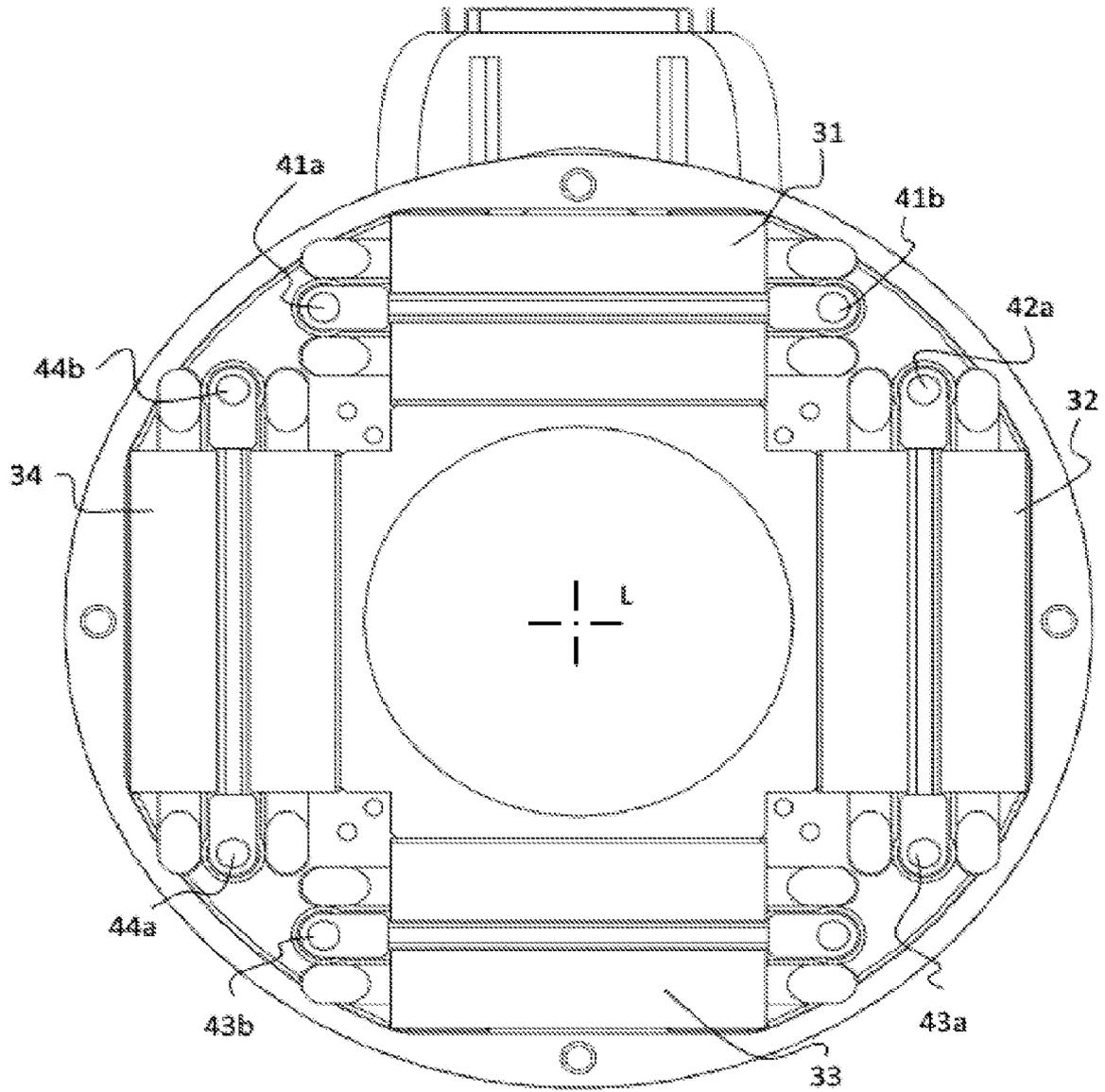
[Fig. 10]



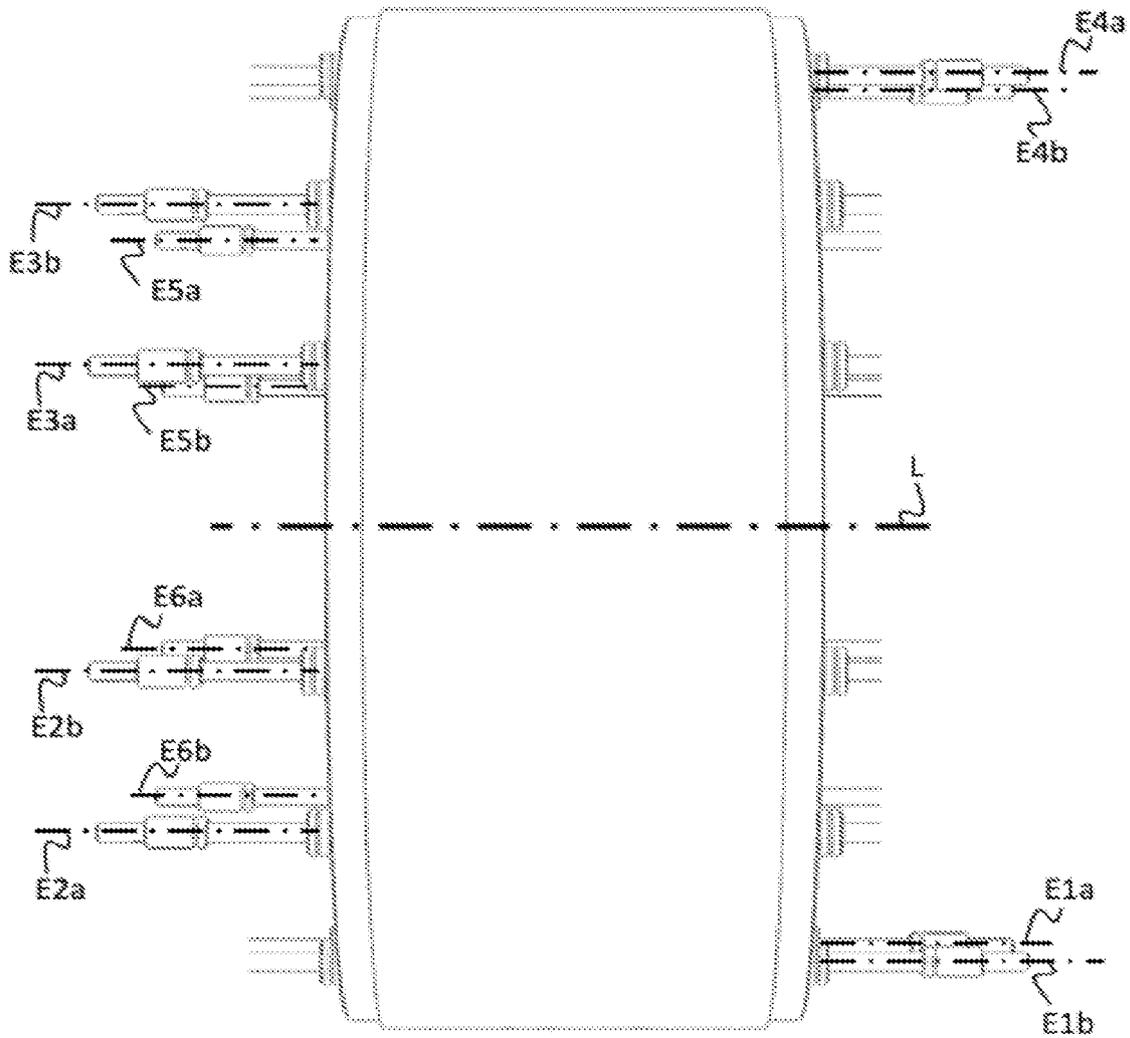
[Fig. 11]



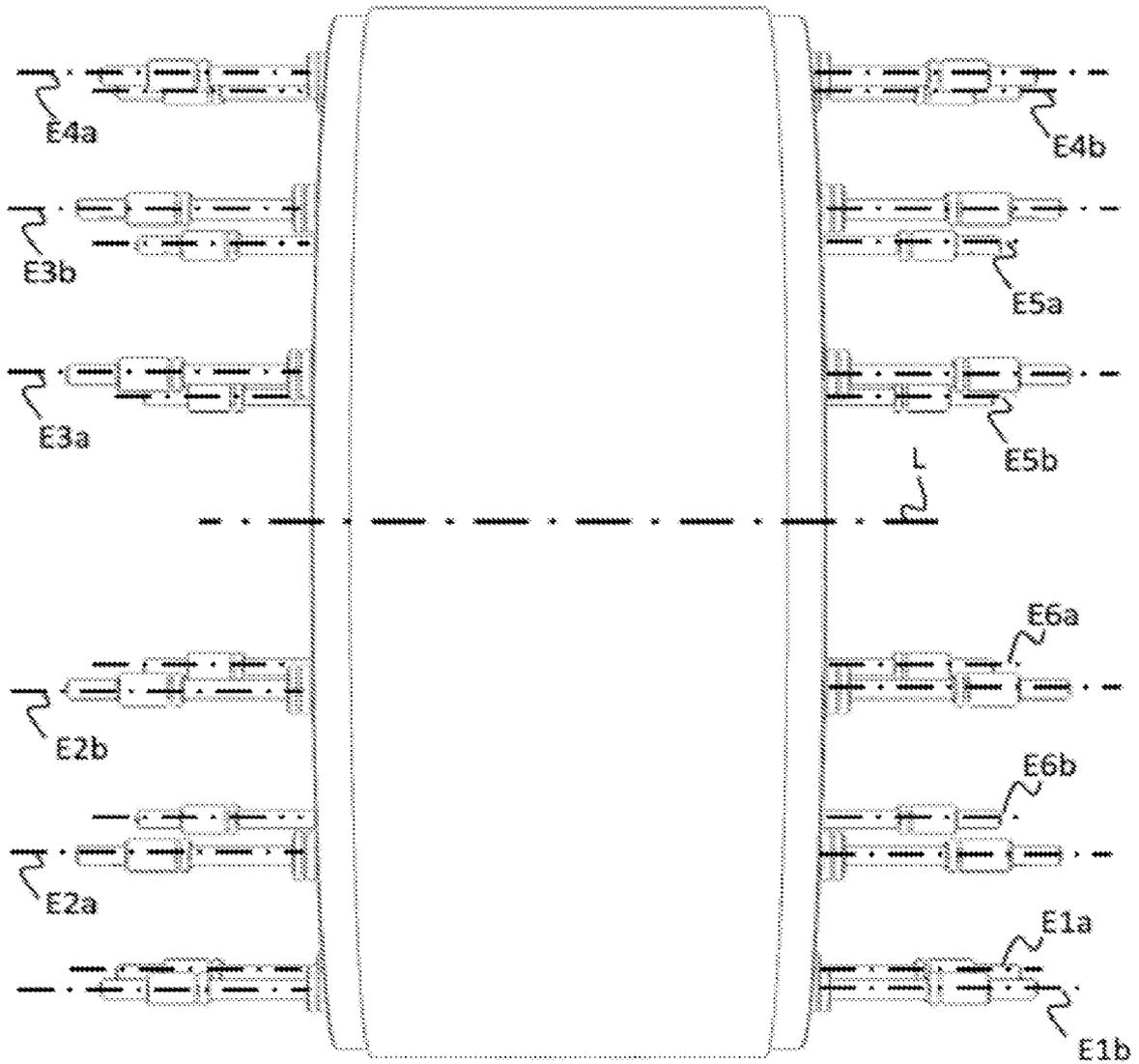
[Fig. 12]



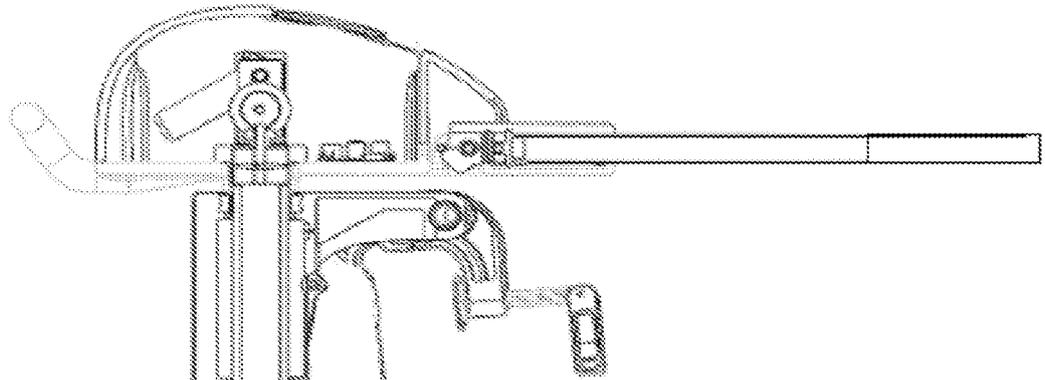
[Fig. 13]



[Fig. 14]



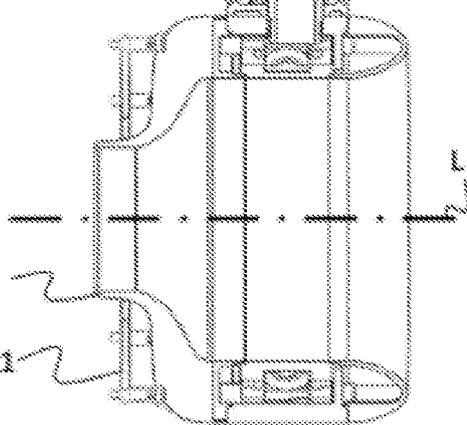
[Fig. 15]

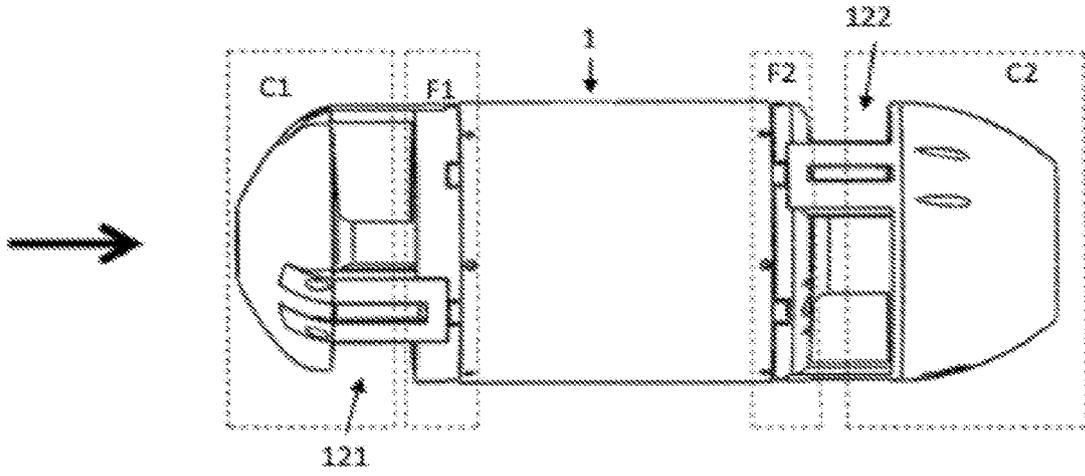


F1, F11

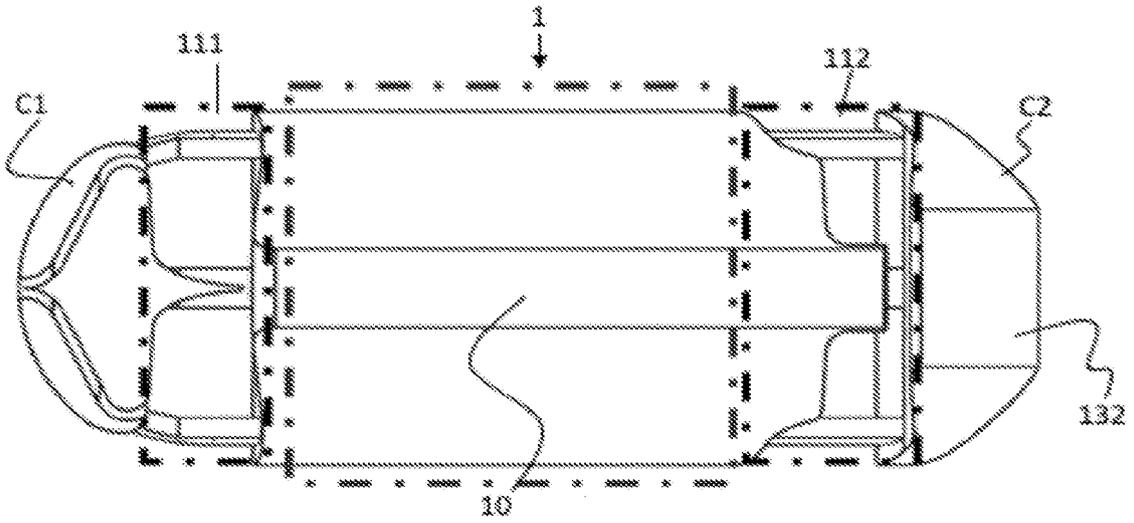
M1

[Fig. 16]

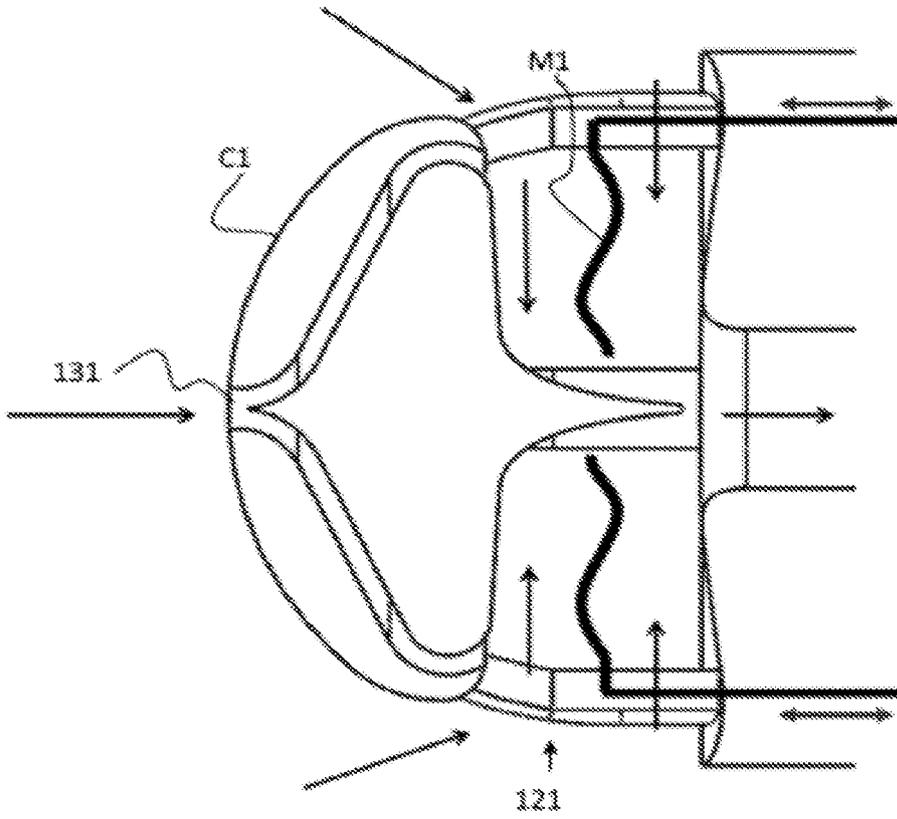




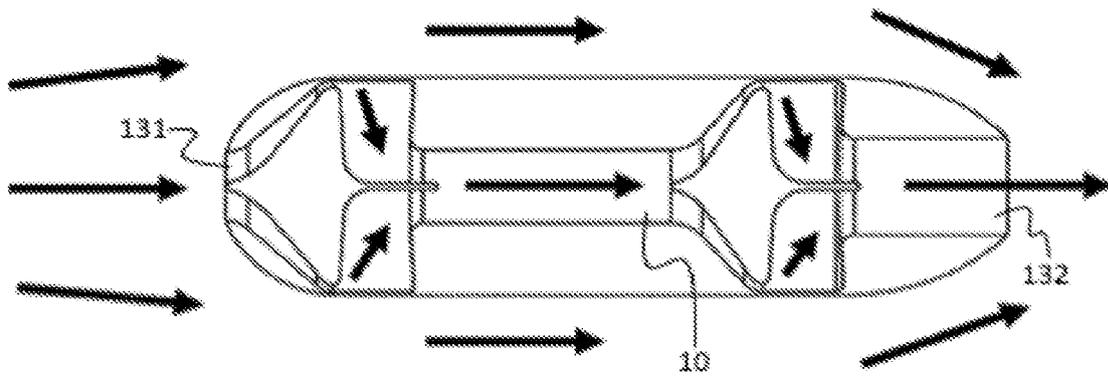
[Fig. 17]



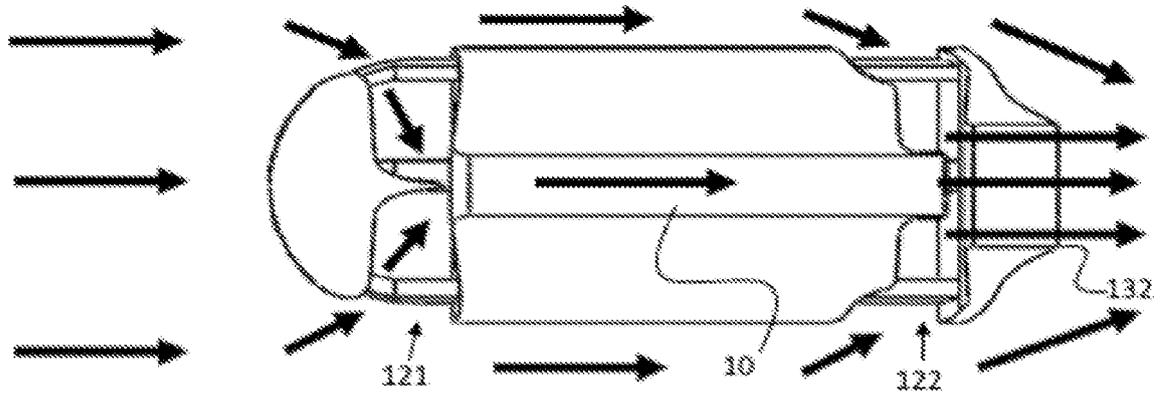
[Fig. 18]



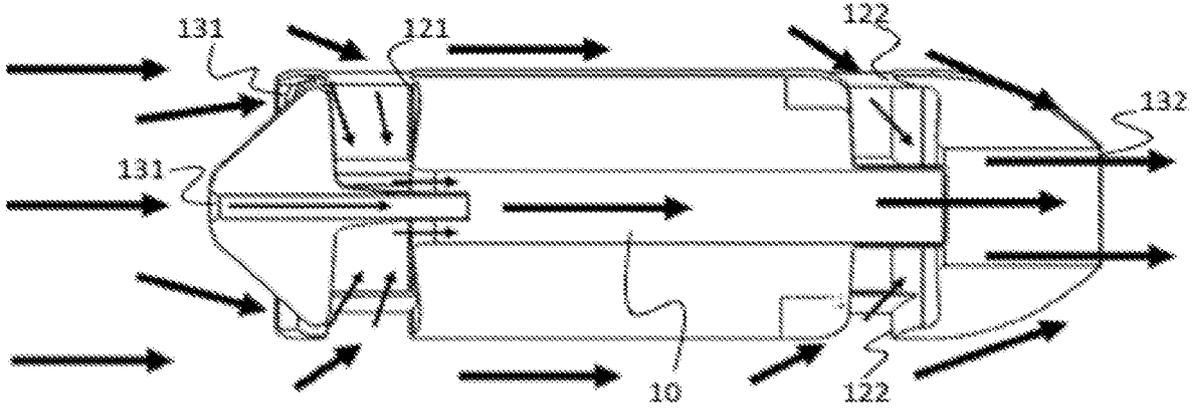
[Fig. 19]



[Fig. 20]



[Fig. 21]



[Fig. 1]

