



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11) **EP 1 170 469 A1**

(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:  
**09.01.2002 Bulletin 2002/02**

(51) Int Cl.7: **F01L 9/04**

(21) Numéro de dépôt: **01401654.7**

(22) Date de dépôt: **22.06.2001**

(84) Etats contractants désignés:  
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU  
MC NL PT SE TR**  
Etats d'extension désignés:  
**AL LT LV MK RO SI**

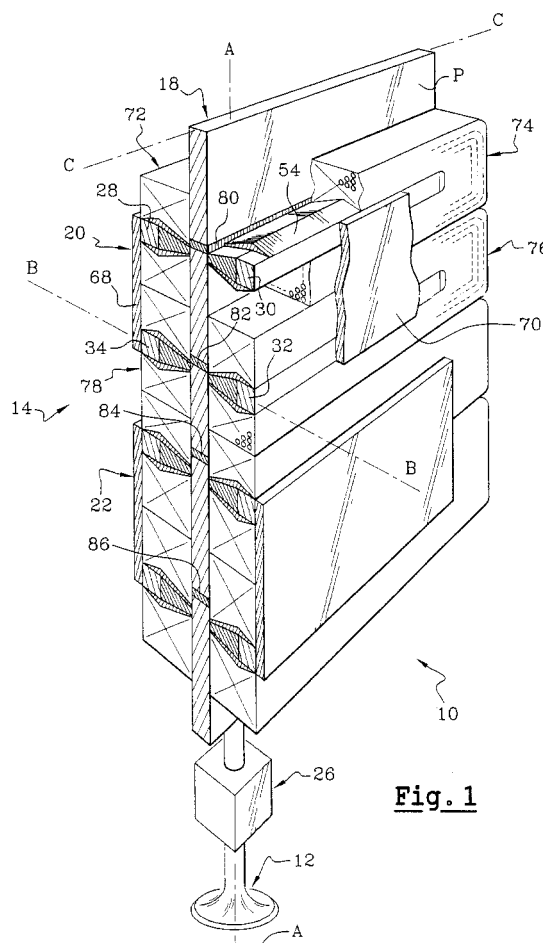
(71) Demandeur: **Renault**  
**92100 Boulogne Billancourt (FR)**

(72) Inventeurs:  
• **Agneray, André**  
**92100 Boulogne Billancourt (FR)**  
• **Barbet, Frédéric**  
**78000 Versailles (FR)**

(30) Priorité: **07.07.2000 FR 0008893**

(54) **Dispositif d'entraînement linéaire d'une soupape au moyen d'aimants**

(57) L'invention propose un dispositif d'entraînement linéaire (10) selon un axe (A-A), du type comportant une unité principale fixe (14) délimitant une fente axiale dans laquelle un organe mobile (18) est guidé en coulissement axial depuis une position extrême haute vers une position extrême basse, caractérisé en ce que l'unité principale fixe (14) comporte au moins un module d'entraînement (20, 22) équipé d'au moins une paire d'aimants permanents (28, 30, 32, 34) qui sont agencés en vis-à-vis de chaque côté de la fente de manière à former un entrefer dans la fente axiale, et en ce que l'organe mobile (18) comporte au moins un insert métallique (80, 82, 84, 86) associé à l'entrefer, de manière que l'organe mobile (18) soit entraîné depuis la position haute vers la position basse sous l'effet de l'attraction magnétique, exercée par le champ magnétique régnant dans l'entrefer, sur l'insert métallique (80, 82, 84, 86).



**Fig. 1**

EP 1 170 469 A1

## Description

**[0001]** La présente invention concerne un dispositif d'entraînement linéaire.

**[0002]** La présente invention concerne plus particulièrement un dispositif d'entraînement linéaire selon un axe, notamment pour l'entraînement d'une soupape d'un moteur à combustion interne, du type comportant une unité principale fixe délimitant une fente axiale dans laquelle un organe mobile est guidé en coulissement axial depuis une position extrême haute vers une position extrême basse, du type comportant des moyens de rappel de l'organe mobile vers la position haute, et du type comportant des moyens de blocage de l'organe mobile, au moins dans ses positions extrêmes.

**[0003]** Pour satisfaire les normes de dépollution et pour réduire la consommation des moteurs à combustion interne, les constructeurs automobiles ont développé des moteurs dans lesquels les soupapes sont commandées individuellement par des actionneurs électromagnétiques, par exemple du type décrit dans le document WO-A-96/19643.

**[0004]** Généralement, les actionneurs électromagnétiques de soupapes comportent deux ressorts, un ressort de soupape et un ressort d'actionneur.

**[0005]** Le corps de l'actionneur renferme deux électro-aimants supérieur et inférieur qui sont susceptibles d'agir sur une palette de commande qui est montée sur l'extrémité supérieure de la tige d'actionnement de la soupape. La palette de commande vient se coller alternativement sur les électro-aimants supérieur ou inférieur lorsque l'on commande respectivement la fermeture ou l'ouverture de la soupape.

**[0006]** La disposition des deux électro-aimants implique que, au repos et sous l'action des ressorts, la soupape reste ouverte en position d'équilibre à mi-course.

**[0007]** Par conséquent, pour maintenir la soupape dans sa position extrême haute de fermeture ou dans sa position extrême basse d'ouverture, il est nécessaire d'alimenter l'actionneur en courant électrique.

**[0008]** De plus, ce type d'actionneur ne permet pas une levée partielle de la soupape.

**[0009]** Pour vaincre les fortes pressions régnant dans le cylindre associé à la soupape, notamment pour l'ouverture de la soupape d'échappement, les actionneurs électromagnétiques connus nécessitent une très grande quantité d'énergie, ce qui implique une consommation importante de courant. Or, actuellement, les véhicules ne disposent pas de source de courant suffisante en regard de la consommation de ces actionneurs.

**[0010]** Un autre inconvénient des actionneurs électromagnétiques connus est que l'énergie qu'ils consomment n'est récupérée que par la compression des ressorts et cette énergie récupérée est difficile à maîtriser.

**[0011]** Les ressorts, qui doivent être étalonnés de manière précise, provoquent des chocs et donc des contraintes supplémentaires sur les actionneurs, ainsi qu'une usure prématurée des actionneurs.

**[0012]** Le poids et l'encombrement des actionneurs électromagnétiques connus sont aussi des inconvénients qui pénalisent l'intégration de ces systèmes aux moteurs des véhicules actuels.

**[0013]** Le fonctionnement des actionneurs électromagnétiques actuels est enfin très sensible aux dispersions de dimensions des éléments de l'actionneur. Si la palette de commande n'est pas correctement dimensionnée, elle se décale par rapport aux électroaimants ce qui provoque des frottements supplémentaires car la palette de commande se trouve « de travers » par rapport aux électroaimants. Il est alors nécessaire de prévoir des bobines d'électroaimant de fortes puissances pour permettre un bon fonctionnement de l'actionneur.

**[0014]** L'invention vise à remédier à ces inconvénients.

**[0015]** Dans ce but l'invention propose un dispositif d'entraînement du type décrit précédemment, caractérisé en ce que l'unité principale fixe comporte au moins un module d'entraînement équipé d'au moins une paire d'aimants permanents, ou aimants sources, qui sont agencés en vis-à-vis de chaque côté de la fente selon un axe d'attraction magnétique sensiblement perpendiculaire à l'axe de déplacement et qui ont leurs pôles orientés dans le même sens suivant l'axe d'attraction magnétique, de manière à former un entrefer dans la fente axiale, et en ce que l'organe mobile comporte au moins un insert métallique associé à l'entrefer, l'insert métallique étant décalé axialement vers le haut, par rapport à l'entrefer, lorsque l'organe mobile est en position haute, de manière que l'organe mobile soit entraîné depuis la position haute vers la position basse sous l'effet de l'attraction magnétique, exercée par le champ magnétique régnant dans l'entrefer, sur l'insert métallique.

**[0016]** Selon d'autres caractéristiques de l'invention :

- chaque module d'entraînement comporte deux paires d'aimants sources qui sont superposées suivant l'axe de déplacement, chaque paire d'aimants sources étant associée à au moins un insert métallique distinct de l'organe mobile, de manière à agir en parallèle sur l'organe mobile ;
- les deux paires d'aimants sources sont polarisées en sens inverse ;
- de chaque côté de la fente, les deux aimants sources qui sont superposés axialement sont reliés magnétiquement par une pièce métallique, ou plaque, de liaison qui est en contact avec les deux aimants sources superposés ;
- chaque module d'entraînement comporte une pièce métallique, ou conducteur de champ, entre chaque aimant source et l'entrefer, en vue de conduire le flux magnétique produit par l'aimant jusqu'à l'entrefer ;
- chaque conducteur de champ comporte une surface interne, ou surface d'entrefer, qui délimite un côté de l'entrefer et une surface externe qui est adjacente à la surface interne de l'aimant source asso-

- cié, et l'aire de la surface d'entrefer est inférieure à l'aire de la surface externe du conducteur de champ, en vue d'augmenter la valeur du champ magnétique au niveau de la surface d'entrefer par rapport à sa valeur au niveau de la surface externe associée ;
- chaque conducteur de champ comporte un aimant permanent supérieur de concentration qui est adjacent à la surface supérieure du conducteur de champ, l'aimant supérieur de concentration associé à l'aimant source polarisé de l'extérieur vers l'intérieur étant polarisé du haut vers le bas et l'aimant supérieur de concentration associé à l'aimant source polarisé de l'intérieur vers l'extérieur étant polarisé du bas vers le haut, en vue de diminuer les fuites de flux magnétique vers le haut ;
  - chaque conducteur de champ comporte un aimant permanent inférieur de concentration qui est adjacent à la surface inférieure du conducteur de champ, l'aimant inférieur de concentration associé à l'aimant source polarisé de l'extérieur vers l'intérieur étant polarisé du bas vers le haut et l'aimant inférieur de concentration associé à l'aimant source polarisé de l'intérieur vers l'extérieur étant polarisé du haut vers le bas en vue de diminuer les fuites de flux magnétique vers le bas ;
  - les aimants supérieur, et/ou inférieur, de concentration sont adjacents aux surfaces supérieures, respectivement inférieures, des aimants sources ;
  - chaque unité-source, qui est constituée d'un aimant source et/ou du conducteur de champ associé, et d'aimants de concentration si le dispositif d'entraînement en comporte, comporte une bobine électrique qui est susceptible de produire un champ magnétique sensiblement coaxial à l'axe d'attraction magnétique de manière que, lorsque l'on fait circuler un courant électrique dans la bobine, et en fonction du sens de circulation, on diminue ou on augmente l'intensité du champ magnétique produit par l'aimant source associé dans l'entrefer correspondant ;
  - les bobines d'un module d'entraînement sont montées en série de manière que, lorsque l'on fait circuler un courant électrique dans les bobines, on diminue, ou on augmente, simultanément l'intensité du champ magnétique produit par tous les aimants sources associés au module, c'est à dire que l'on désactive, respectivement on active, le module ;
  - il comporte un circuit de commande de l'alimentation en courant des bobines des modules d'entraînement en vue de commander le blocage de l'organe mobile dans une position donnée ;
  - l'organe mobile est susceptible d'être bloqué, au moins dans ses positions extrêmes, par un actionneur du type piézoélectrique ;
  - l'organe mobile est rappelé vers sa position haute au moyen d'un organe élastique de rappel, par exemple un ressort de compression ou de traction ;
  - l'organe mobile est rappelé vers sa position haute au moyen d'au moins un module d'entraînement qui entraîne l'organe mobile vers le haut sous l'effet de l'attraction magnétique exercée par au moins un entrefer sur l'insert métallique associé de l'organe mobile ;
  - l'organe mobile est réalisé dans une matière globalement insensible à l'attraction magnétique exercée par les entrefers, par exemple en alliage d'aluminium ou en matière plastique ;
  - l'organe mobile est une plaque sensiblement parallélipédique qui définit un plan contenant l'axe de déplacement et un axe longitudinal, l'axe longitudinal étant sensiblement perpendiculaire à l'axe de déplacement et sensiblement perpendiculaire à l'axe d'attraction magnétique ;
  - les inserts métalliques ont la forme de tiges, ou de lames, longitudinales ;
  - les inserts métalliques sont réalisés par empilement axial, suivant l'axe de déplacement, de plaques de tôle d'acier, en vue de diminuer les courants de Foucault ;
  - le dispositif comporte au moins deux modules d'entraînement agissant en série qui sont superposés axialement suivant l'axe de déplacement, un module supérieur et un module inférieur, les inserts métalliques associés aux entrefers du module inférieur étant décalés axialement, suivant l'axe de déplacement, vers le haut, de manière que, pendant le déplacement de l'organe mobile vers le bas, lorsque les inserts métalliques de l'organe mobile associés au module supérieur dépassent, sous l'effet de l'inertie de l'organe mobile, les entrefers correspondants, l'organe mobile continue d'être entraîné vers le bas, sous l'effet de l'attraction magnétique exercée par les entrefers du module inférieur sur les inserts métalliques associés ;
  - l'organe mobile comporte un insert métallique d'indexation associé à l'entrefer d'un module d'entraînement, l'insert métallique d'indexation étant, dans une position donnée, sensiblement symétrique à l'insert métallique associé à l'entrefer, par rapport à l'entrefer, de manière que, lorsque l'organe mobile est dans la position donnée, la force d'attraction magnétique exercée par les entrefers sur les inserts métalliques associés de l'organe mobile s'équilibre avec la force d'attraction magnétique exercée par l'entrefer associé sur l'insert métallique d'indexation, en vue de maintenir l'organe mobile dans la position donnée, et de manière qu'une commande judicieuse des bobines des modules d'entraînement permette de sortir l'organe mobile de la position donnée ;
  - il entraîne une soupape qui est fixée à l'extrémité axiale, suivant l'axe de déplacement, inférieure de l'organe mobile ;
  - la soupape est montée à l'extrémité axiale inférieure de l'organe mobile - avec interposition d'un dis-

positif pour la rotation de la soupape autour de son axe de déplacement.

**[0017]** D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description détaillée qui suit pour la compréhension de laquelle on se reportera aux dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1 est une vue en perspective avec arrachement qui représente un dispositif d'entraînement linéaire d'une soupape de moteur à combustion qui est réalisé conformément aux enseignements de l'invention ;
- la figure 2 est une vue en coupe par un plan vertical et transversal qui représente le dispositif d'entraînement linéaire selon l'invention ;
- la figure 3 est une vue agrandie similaire à la précédente qui représente le module supérieur d'entraînement ;
- la figure 4 est une vue agrandie similaire à la précédente qui représente l'entrefer magnétique supérieur du module supérieur d'entraînement ;
- les figures 5 à 7 sont des représentations schématiques d'un module d'entraînement lorsque l'organe mobile occupe respectivement une position d'équilibre magnétique, une position basse et une position haute ;
- les figures 8 à 10 sont des vues similaires à celles des figures 5 à 7 et elles représentent le dispositif d'entraînement linéaire selon l'invention lorsque l'organe mobile occupe respectivement une position extrême haute, une position intermédiaire, et une position extrême basse ;
- la figure 11 est une vue similaire à celles des figures 8 à 10 et elle représente un dispositif d'entraînement linéaire selon l'invention équipé d'un insert métallique d'indexation dans la position extrême basse.

**[0018]** Dans la suite de la description, des éléments identiques ou similaires porteront des références identiques.

**[0019]** On définira arbitrairement une orientation verticale de haut en bas suivant l'axe de déplacement A-A et conformément à la figure 1.

**[0020]** On note que l'orientation verticale de l'axe de déplacement A-A n'est pas nécessaire au fonctionnement du dispositif d'entraînement selon l'invention. L'axe de déplacement A-A pourrait par exemple être horizontal, donc perpendiculaire à l'orientation de la gravité terrestre.

**[0021]** On a représenté aux figures 1 et 2 un dispositif d'entraînement linéaire 10, suivant un axe de déplacement A-A, d'une soupape 12 d'un moteur à combustion.

**[0022]** Le dispositif d'entraînement 10 comporte une unité principale fixe 14 qui délimite une fente verticale 16 dans laquelle un organe mobile 18 est guidé en coulissement vertical par des moyens de guidage connus

(non représentés), entre une position extrême haute PH et une position extrême basse PB.

**[0023]** L'unité principale fixe 14 comporte ici un module d'entraînement supérieur 20 et un module d'entraînement inférieur 22 sensiblement identiques qui sont juxtaposés verticalement et qui agissent en série sur l'organe mobile 18.

**[0024]** Le dispositif d'entraînement 10 comporte aussi un actionneur de blocage 24 de l'organe mobile 18 dans ses positions extrêmes haute PH et basse PB, par exemple un actionneur du type piézoélectrique.

**[0025]** L'organe mobile 18 a ici la forme d'une plaque sensiblement parallélépipédique qui définit globalement un plan P contenant l'axe vertical de déplacement A-A et contenant un axe longitudinal C-C qui est sensiblement perpendiculaire à l'axe de déplacement A-A.

**[0026]** L'axe longitudinal C-C est ici perpendiculaire au plan de la figure 2.

**[0027]** La soupape 12 est fixée à l'extrémité axiale inférieure, suivant l'axe de déplacement A-A, de l'organe mobile 18.

**[0028]** Avantageusement, un dispositif 26 connu, permettant la rotation de la soupape 12 autour de son axe de déplacement A-A, est interposé entre la soupape 12 et l'organe mobile 18.

**[0029]** Comme on peut le voir sur la figure 3, chaque module d'entraînement 20, 22 comporte une paire supérieure d'aimants permanents 28, 30, ou aimants sources, et une paire inférieure d'aimants sources 32, 34 qui sont juxtaposées verticalement.

**[0030]** Les aimants sources 28, 30, 32, 34 d'une paire sont agencés transversalement de part et d'autre de la fente verticale 16, selon un axe transversal d'attraction magnétique B-B sensiblement perpendiculaire au plan P.

**[0031]** Les différents éléments du dispositif d'entraînement 10 seront qualifiés d'interne ou d'externe en fonction de leur orientation suivant la direction transversale B-B, respectivement vers la fente 16 ou vers l'extérieur du dispositif 10.

**[0032]** Les aimants sources 28, 30, 32, 34 d'une paire sont polarisés dans le même sens suivant l'axe transversal d'attraction magnétique B-B, de manière à former un entrefer magnétique EM de polarité déterminée dans la fente axiale 16.

**[0033]** Avantageusement, les deux paires d'aimants sources 28, 30, 32, 34 d'un module d'entraînement 20, 22 sont polarisées en sens opposés.

**[0034]** Les aimants sources 28, 30, 32, 34 ont ici chacun une forme sensiblement parallélépipédique et ils comportent chacun une surface d'extrémité externe 36 et une surface d'extrémité interne 38 qui sont sensiblement parallèles au plan P.

**[0035]** De préférence, les aimants sources 28, 30, 32, 34 sont des aimants permanents puissants, par exemple à base de terres rares, du type Neodyme-Fer-Bore.

**[0036]** Une pièce métallique 40, 42, 44, 46, ou conducteur de champ, est interposée entre la surface d'ex-

trémité interne 38 de chaque aimant source 28, 30, 32, 34 et la fente 16.

**[0037]** Chaque conducteur de champ 40, 42, 44, 46 comporte une surface d'extrémité externe 48 et une surface d'extrémité interne 50, ou surface d'entrefer, qui sont parallèles au plan P.

**[0038]** L'entrefer magnétique EM formé par une paire d'aimants sources 28, 30, 32, 34 est représenté à la figure 4 sous la forme d'une zone délimitée transversalement par les surfaces d'entrefer 50 des conducteurs de champ 40, 42, 44, 46 en vis-à-vis et délimitée verticalement par des traits pointillés de la hauteur  $H_e$  des surfaces d'entrefer 50.

**[0039]** On note que l'aire de la surface d'extrémité externe 48 du conducteur de champ 40, 42, 44, 46 adjacente à l'aimant source associé 28, 30, 32, 34 est sensiblement égale à l'aire de la surface interne 38 de l'aimant source associé 28, 30, 32, 34.

**[0040]** De plus, l'aire de la surface d'extrémité externe 48 du conducteur de champ 40, 42, 44, 46 est supérieure à l'aire de la surface d'entrefer 50, de manière que la valeur du champ magnétique  $B_1$  créé par l'aimant source associé 28, 30, 32, 34 au niveau de la surface d'entrefer 50 soit supérieure à celle du champ  $B_1$  au niveau de la surface d'extrémité externe 48 du conducteur de champ 40, 42, 44, 46.

**[0041]** Chaque conducteur de champ 40, 42, 44, 46 a ici une section verticale, suivant l'axe d'attraction magnétique B-B, globalement trapézoïdale isocèle, le plus petit des côtés parallèles du trapèze délimitant la surface d'entrefer 50 et le plus grand des côtés parallèles du trapèze délimitant la surface d'extrémité externe 48.

**[0042]** Avantagusement, des aimants permanents supérieurs 52, 54, 56, 58 et inférieurs 60, 62, 64, 66 de concentration sont adjacents aux surfaces, respectivement supérieures 69 et inférieures 71, de chaque couple constitué d'un aimant source 28, 30, 32, 34 et d'un conducteur de champ 40, 42, 44, 46, en vue de diminuer les fuites de flux magnétique  $\phi$  vers le haut et vers le bas pour concentrer la majorité du flux magnétique  $\phi$  dans l'entrefer EM.

**[0043]** Chaque aimant de concentration 52, 54, 56, 58, 60, 62, 64, 66 a une hauteur sensiblement constante le long du conducteur de champ associé 40, 42, 44, 46, puis la hauteur de chaque aimant de concentration 52, 54, 56, 58, 60, 62, 64, 66 diminue depuis la surface d'extrémité interne 38 jusqu'à la surface d'extrémité externe 36 de l'aimant source associé 28, 30, 32, 34.

**[0044]** Comme on peut le voir en se reportant à la figure 3 sur laquelle les polarisations des différents aimants sont représentées par des flèches, les aimants de concentration 52, 54, 56, 58, 60, 62, 64, 66 sont polarisés selon une orientation verticale sensiblement parallèle à l'axe de déplacement A-A.

**[0045]** Pour les aimants sources 28, 32 qui sont polarisés transversalement de l'extérieur vers l'intérieur, les aimants supérieurs de concentration 52, 56 sont polarisés du haut vers le bas et les aimants inférieurs de

concentration 60, 64 sont polarisés du bas vers le haut.

**[0046]** De manière inverse, pour les aimants sources 30, 34 qui sont polarisés transversalement de l'intérieur vers l'extérieur, les aimants supérieurs de concentration 54, 58 sont polarisés du bas vers le haut et les aimants inférieurs de concentration 62, 66 sont polarisés du haut vers le bas.

**[0047]** On désignera par « unité-source » Usg, Usd, Uig, Uid chaque ensemble constitué d'un aimant source 28, 30, 32, 34, de son conducteur de champ associé 40, 42, 44, 46 et de ses aimants de concentration associés 52, 54, 56, 58, 60, 62, 64, 66.

**[0048]** De préférence, de part et d'autre de la plaque mobile 18, les aimants sources 28, 30, 32, 34 qui sont juxtaposés verticalement sont reliés magnétiquement par une plaque métallique externe de liaison 68, 70 qui est parallèle au plan P et qui est en contact avec les surfaces d'extrémités externes 36 des deux aimants sources associés 28, 30, 32, 34.

**[0049]** Les plaques de liaison 68, 70 permettent de fermer le circuit magnétique en vue de diminuer les pertes de flux magnétique  $\phi$ .

**[0050]** Sur la figure 3, l'unité-sourcé supérieure gauche Usg produit un flux magnétique  $\phi$  qui traverse l'entrefer supérieur EMs, de la gauche vers la droite, et qui pénètre dans l'unité-source supérieure droite Usd.

**[0051]** Le flux magnétique  $\phi$  traverse ensuite la plaque de liaison droite 70, du haut vers le bas, puis il pénètre dans l'unité-source inférieure droite Uid.

**[0052]** Depuis l'unité-source inférieure droite Uid, le flux magnétique  $\phi$  traverse l'entrefer inférieur EMi, de la droite vers la gauche, et il pénètre dans l'unité-source inférieure gauche Uig.

**[0053]** Le flux magnétique  $\phi$  traverse ensuite la plaque de liaison gauche 68, du bas vers le haut, et il pénètre dans l'unité-source supérieure gauche Usg.

**[0054]** Ainsi, le flux magnétique  $\phi$  produit par chaque unité-source Usg, Usd, Uig, Uid d'un module d'entraînement 20, 22 décrit une boucle dans le circuit magnétique fermé du module 20, 22.

**[0055]** Chaque unité-source Usg, Usd, Uig, Uid d'un module d'entraînement 20, 22 comporte une bobine électrique 72, 74, 76, 78 qui, lorsqu'elle est alimentée en courant, crée un champ magnétique  $B_2$  dont l'orientation est sensiblement coaxiale à l'axe transversal d'attraction magnétique B-B de l'unité-source associée Usg, Usd, Uig, Uid.

**[0056]** Dans le mode de réalisation représenté ici, chaque bobine électrique 72, 74, 76, 78 est formée d'enroulements de fils électriques autour de l'unité source Usg, Usd, Uig, Uid correspondante.

**[0057]** Les enroulements forment des spires qui sont globalement parallèles au plan P.

**[0058]** On commande l'alimentation en courant des bobines 72, 74, 76, 78 par l'intermédiaire d'un circuit de commande (non représenté).

**[0059]** Lorsque l'on fait circuler un courant électrique dans la bobine 72, 74, 76, 78 associée à une unité-sour-

ce Usg, Usd, Uig, Uid, en fonction du sens de circulation, on diminue ou on augmente l'intensité du champ magnétique B1 produit par l'aimant source 28, 30, 32, 34 associé dans l'entrefer EMs, EMI correspondant.

**[0060]** Avantageusement, les quatre bobines 72, 74, 76, 78 des quatre unités sources Usg, Usd, Uig, Uid d'un module d'entraînement 20, 22 sont montées en série de manière que, lorsque l'on fait circuler un courant électrique dans les bobines 72, 74, 76, 78, on diminue, ou on augmente, simultanément l'intensité du champ magnétique B1 produit par tous les aimants sources 28, 30, 32, 34 associés au module 20, 22.

**[0061]** Lorsque l'on diminue l'intensité du champ magnétique B1 on dira que l'on désactive le module d'entraînement 20, 22 associé, et lorsque l'on augmente l'intensité du champ magnétique B1 on dira que l'on active le module d'entraînement 20, 22 associé.

**[0062]** L'organe mobile 18 comporte des inserts métalliques longitudinaux 80, 82, 84, 86, chaque insert métallique 80, 82, 84, 86 étant associé à un entrefer EMs, EMI.

**[0063]** Ainsi, à un module d'entraînement 20, 22 correspondent deux inserts métalliques 80, 82, 84, 86 qui sont espacés verticalement d'une hauteur Hi égale à celle qui sépare verticalement les axes magnétiques transversaux B-B des deux entrefers EMs, EMI juxtaposés du module 20, 22.

**[0064]** On note que, dans la position extrême haute PH qui est représentée à la figure 2, les inserts métalliques 80, 82, 84, 86 des modules d'entraînement 20, 22 sont décalés verticalement vers le haut par rapport aux entrefers associés EMs, EMI, de manière qu'au moins les entrefers EMs, EMI du module supérieur 20 exercent, sur les inserts métalliques associés 80, 82, une force d'attraction magnétique dirigée verticalement vers le bas.

**[0065]** Avantageusement, dans la position extrême haute PH, l'axe transversal moyen de chaque insert métallique 80, 82 associé au module supérieur 20 est décalé verticalement vers le haut, par rapport à l'axe magnétique transversal B-B de l'entrefer EMs, EMI associé, de la hauteur d'un entrefer He, et l'axe transversal moyen de chaque insert métallique 84, 86 associé au module inférieur 22 est décalé verticalement vers le haut, par rapport à l'axe magnétique transversal B-B de l'entrefer EMs, EMI associé, de trois hauteurs d'entrefer He.

**[0066]** Les inserts métalliques 80, 82, 84, 86 sont par exemple des lames métalliques de même hauteur He que les entrefers associés EMs, EMI, et de même dimension transversale que l'épaisseur transversale Ep de la plaque formant l'organe mobile 18.

**[0067]** L'organe mobile 18 est réalisé dans une matière globalement insensible à l'attraction magnétique exercée par les entrefers EMs, EMI, ou matière amagnétique, par exemple en alliage d'aluminium ou en matière plastique.

**[0068]** L'organe mobile 18 est par exemple réalisé par

collage de lames métalliques entre des plaques en alliage d'aluminium ou bien par moulage de matière plastique sur des lames métalliques, de manière que l'organe mobile 18 soit de masse réduite.

**[0069]** De la même manière que dans les stators de machines électriques, les inserts métalliques 80, 82, 84, 86 peuvent être réalisés par empilement vertical de plaques de tôle d'acier.

**[0070]** Ce type de réalisation permet de diminuer les courants de Foucault qui peuvent provoquer des échauffements nuisibles au bon fonctionnement du dispositif 10 et qui sont à l'origine de pertes, dites pertes fer, dans le dispositif 10.

**[0071]** On note que le module d'entraînement supérieur 20 et le module d'entraînement inférieur 22 adjacents sont en contact respectivement par la surface inférieure 88 des bobines inférieures 76, 78 et par la surface supérieure 90 des bobines supérieures 72, 74.

**[0072]** On expliquera maintenant le principe du fonctionnement d'un module d'entraînement 20, sans utiliser les bobines 72, 74, 76, 78, en se reportant aux figures 5 à 7.

**[0073]** On a représenté à la figure 5 une position d'équilibre magnétique stable PE de l'organe mobile 18 dans laquelle les inserts métalliques 80, 82 sont placés dans les entrefers EMs, EMI associés du module d'entraînement 20, fermant ainsi le circuit magnétique créé par les unités-sources Usg, Usd, Uig, Uid associées.

**[0074]** A la figure 7 l'organe mobile est représenté dans une position haute PH, c'est à dire que les inserts métalliques 80, 82 sont décalés verticalement vers le haut par rapport aux entrefers EMs, EMI associés du module d'entraînement 20.

**[0075]** La position haute PH est une position instable puisque les entrefers EMs, EMI exercent, sur les inserts métalliques 80, 82 associés, une force d'attraction magnétique dirigée vers le bas qui tend à entraîner l'organe mobile 18 vers le bas en vue de le rappeler vers sa position d'équilibre PE.

**[0076]** La position basse PB de l'organe mobile 18, qui est représentée à la figure 6, est sensiblement symétrique à la position haute PH par rapport à un axe transversal moyen du module d'entraînement 20.

**[0077]** Dans la position basse PB, les inserts métalliques 80, 82 sont donc décalés verticalement vers le bas par rapport aux entrefers associés EMs, EMI et la position basse PB est donc instable, pour les mêmes raisons que celles qui concernent la position haute PH.

**[0078]** La force d'attraction magnétique est ici dirigée vers le haut en vue de rappeler l'organe mobile 18 vers sa position d'équilibre PE.

**[0079]** Lorsque l'organe mobile 18 est dans la position haute PH, si l'on ne le bloque pas, il se déplace vers le bas sous l'effet de l'attraction magnétique exercée par les entrefers EMs, EMI.

**[0080]** Grâce à l'énergie cinétique qu'il emmagasine pendant son déplacement, l'organe mobile 18 dépasse la position d'équilibre PE et descend environ jusqu'à la

position basse PB.

**[0081]** Si l'on ne bloque pas l'organe mobile 18 dans sa position basse PB, il se déplace alors vers le haut, sous l'effet de l'attraction magnétique exercée par les entrefers EMs, EMI.

**[0082]** Comme précédemment, en raison de son énergie cinétique, l'organe mobile 18 dépasse la position d'équilibre PE et remonte environ jusqu'à la position haute PH.

**[0083]** Si l'on n'intervient pas sur l'organe mobile 18, il va osciller autour de la position d'équilibre PE jusqu'à ce que, sous l'effet des frottements produits par les moyens de guidage en coulissement sur l'organe mobile 18, il se stabilise dans sa position d'équilibre PE.

**[0084]** Dans l'exemple représenté ici, en position haute PH et en position basse PB, l'axe transversal moyen de chaque insert métallique 80, 82 de l'organe mobile 18 est décalé verticalement, par rapport à l'axe magnétique transversal B-B de l'entrefer associé EMs, EMI, d'une hauteur d'entrefer He.

**[0085]** Par conséquent, la course de l'organe mobile 18, entre la position haute PH et la position basse PB, est environ égale à deux hauteurs d'entrefer He.

**[0086]** On expliquera maintenant le fonctionnement du dispositif d'entraînement linéaire 10 selon l'invention, sans utiliser les bobines 72, 74, 76, 78, en référence aux figures 8 à 10.

**[0087]** A la figure 8 l'organe mobile 18 est représenté dans la position extrême haute PH.

**[0088]** La position extrême haute PH étant instable, on bloque l'organe mobile 18 dans cette position grâce à l'actionneur de blocage 24.

**[0089]** Lorsque l'on commande le déplacement vers le bas de l'organe mobile 18, qui correspond par exemple ici à l'ouverture de la soupape 12, l'actionneur de blocage 24 libère l'organe mobile 18.

**[0090]** Aussitôt, comme on l'a expliqué précédemment, le module d'entraînement supérieur 20 provoque le déplacement de l'organe mobile 18 vers le bas, jusqu'à une position basse PB, relativement au module supérieur 20, ou position intermédiaire PI, qui est représentée à la figure 9.

**[0091]** S'il n'y avait pas de deuxième module d'entraînement 22, l'organe mobile 18 s'arrêterait dans la position intermédiaire PI, avant d'être rappelé vers le haut, sous l'effet de l'attraction magnétique exercée par les entrefers EMs, EMI du module supérieur 20 sur les inserts métalliques 80, 82 associés.

**[0092]** Lorsque l'organe mobile 18 atteint la position intermédiaire PI, il a effectué une course environ égale à deux hauteurs d'entrefer He.

**[0093]** Par conséquent, l'axe transversal moyen de chaque insert métallique 80, 82 du module supérieur 20 est décalé verticalement vers le bas d'une hauteur d'entrefer He, par rapport aux axes magnétiques transversaux B-B des entrefers EMs, EMI associés, et l'axe transversal moyen de chaque insert métallique 84, 86 du module inférieur 22 est décalé axialement vers le

haut d'une hauteur d'entrefer He, par rapport aux axes magnétiques transversaux B-B des entrefers EMs, EMI associés.

**[0094]** La position intermédiaire PI est donc une position d'équilibre magnétique stable puisque, comme les inserts métalliques 80, 82, 84, 86 sont situés à égale distance de leurs entrefers EMs, EMI respectifs, la force d'attraction magnétique exercée vers le haut par le module supérieur 20 est égale à la force d'attraction magnétique exercée vers le bas par le module inférieur 22.

**[0095]** Avantagement, la hauteur qui sépare les inserts métalliques 80, 82 du module supérieur 20 de ceux 84, 86 du module inférieur 22 est telle que, lorsque l'organe mobile 18 est déplacé vers le bas par le module supérieur 20, l'organe mobile 18 dépasse légèrement vers le bas la position intermédiaire PI.

**[0096]** Ainsi, l'organe mobile 18 étant décalé vers le bas par rapport à la position intermédiaire PI, les entrefers EMs, EMI du module inférieur 22 exercent une force d'attraction magnétique dirigée vers le bas qui est supérieure à la force d'attraction magnétique, dirigée vers le haut, exercée par les entrefers EMs, EMI du module supérieur 20.

**[0097]** Le module inférieur 22 « relaie » alors le module supérieur 20 pour entraîner l'organe mobile 18 davantage vers le bas, selon un fonctionnement similaire au module supérieur 20.

**[0098]** L'organe mobile 18 atteint alors sa position extrême basse PB, qui est représentée à la figure 10, dans laquelle l'axe transversal moyen de chaque insert métallique 84, 86 du module inférieur 22 est décalé axialement vers le bas, par rapport à l'axe magnétique B-B associé, d'une hauteur d'entrefer He, et dans laquelle l'axe transversal moyen de chaque insert métallique 80, 82 du module supérieur 20 est décalé axialement vers le bas, par rapport à l'axe magnétique B-B associé, de trois hauteurs d'entrefer He.

**[0099]** Comme on l'a représenté à la figure 10, l'organe mobile 18 peut être bloqué dans cette position extrême basse PB par l'intermédiaire de l'actionneur de blocage 24.

**[0100]** De manière inverse, l'organe mobile 18 peut ensuite être rappelé vers sa position initiale de repos, ici la position extrême haute PH, sous l'effet des forces magnétiques exercées par les modules d'entraînement 20, 22.

**[0101]** Ainsi, lorsque l'actionneur de blocage 24 libère l'organe mobile 18, le module d'entraînement inférieur 22 agit sur l'organe mobile 18 pour le déplacer vers le haut jusqu'à la position intermédiaire PI dans laquelle le module d'entraînement supérieur 20 « prend le relais » pour entraîner l'organe mobile 18 jusqu'à la position haute PH.

**[0102]** On note que, si l'on ne bloque pas l'organe mobile 18 dans la position haute PH au moyen de l'actionneur de blocage 24, l'organe mobile 18 va repartir de nouveau vers le bas jusqu'à la position basse PB, puis de nouveau vers le haut et ainsi de suite.

**[0103]** L'organe mobile 18 oscillera donc autour de la position intermédiaire PI puis, l'existence de frottements ralentira progressivement l'organe mobile 18, qui ne pourra plus atteindre la position haute PH et la position basse PB et qui se stabilisera finalement dans sa position d'équilibre, c'est à dire ici la position intermédiaire PI.

**[0104]** Pour compenser ces phénomènes de frottements et pour permettre, dans toutes les positions de l'organe mobile 18, de le déplacer vers ses positions extrêmes PH, PB ou sa position intermédiaire PI, on utilise la commande des bobines 72, 74, 76, 78.

**[0105]** La commande des bobines 72, 74, 76, 78 permet notamment d'accélérer le déplacement de l'organe mobile 18.

**[0106]** Ainsi, pour déplacer l'organe mobile 18 de la position haute PH vers la position basse PB, on active le module supérieur 20, ce qui produit, dans les entrefers EMs, EMI du module supérieur 20, une force d'attraction importante sur les inserts métalliques 80, 82 associés.

**[0107]** Dès que l'organe mobile 18 atteint la position intermédiaire PI, on désactive le module supérieur 20, en vue de l'empêcher de produire une force d'attraction magnétique dirigée vers le haut, ce qui ralentirait le déplacement de l'organe mobile 18 vers le bas, et on active le module inférieur 22, ce qui accélère le déplacement de l'organe mobile 18 vers la position basse PB.

**[0108]** De manière inverse, pour déplacer l'organe mobile 18 de la position basse PB vers la position haute PH, on active le module inférieur 22 puis, lorsque l'organe mobile 18 atteint la position intermédiaire PI, on désactive le module inférieur 22 et on active le module supérieur 20.

**[0109]** Avantagusement, en vue d'optimiser la commande des bobines 72, 74, 76, 78, le dispositif d'entraînement linéaire 10 comporte des moyens connus (non représentés) pour déterminer la position verticale de l'organe mobile 18, par exemple des capteurs de position verticale.

**[0110]** Lorsque les modules d'entraînements 20, 22 déplacent l'organe mobile 18 vers le haut, ils exercent une force de rappel de l'organe mobile 18 vers sa position haute PH.

**[0111]** Selon une variante de réalisation (non représentée) de l'invention, la force de rappel de l'organe mobile 18 peut être réalisée au moyen d'un organe élastique de rappel tel qu'un ressort de compression ou de traction.

**[0112]** On constate cependant que l'utilisation de ressorts présente des inconvénients qui ont été exposés dans le préambule de la présente description et que le mode de réalisation représenté ici permet de s'en affranchir.

**[0113]** Le dispositif d'entraînement linéaire 10 selon l'invention permet aussi, par une commande appropriée des bobines 72, 74, 76, 78, de maintenir l'organe mobile 18 dans la position intermédiaire PI, sans utiliser l'ac-

tionneur de blocage 24.

**[0114]** En effet, lorsque l'organe mobile 18 atteint la position intermédiaire PI en venant de la position haute PH, si l'on désactive le module inférieur 22 et si l'on ne désactive pas le module supérieur 20, la force d'attraction exercée par les entrefers EMs, EMI du module supérieur 20 sur les inserts métalliques 80, 82 associés sera plus forte que la force d'attraction exercée par les entrefers EMs, EMI du module inférieur 22 sur les inserts métalliques 84, 86 associés, et l'organe mobile 18 s'arrêtera pour repartir vers le haut.

**[0115]** En désactivant aussitôt le module supérieur 20 et stoppant aussitôt la désactivation du module inférieur 22, on fait repartir l'organe mobile 18 vers le bas.

**[0116]** En désactivant alternativement et de manière très rapprochée les deux modules 20, 22, on tend à maintenir l'organe mobile 18 dans sa position intermédiaire PI.

**[0117]** Progressivement on peut diminuer l'intensité du courant dans les bobines 72, 74, 76, 78 jusqu'à une valeur nulle puisque la position intermédiaire PI est naturellement une position d'équilibre pour l'organe mobile 18.

**[0118]** Lorsque l'on souhaite déplacer l'organe mobile 18 depuis sa position intermédiaire PI vers une position extrême PH, PB, il suffit de désactiver un module 20, 22 et d'activer l'autre, ce qui produit une force d'attraction suffisante d'un côté pour provoquer le déplacement de l'organe mobile 18 vers le côté d'attraction supérieure.

**[0119]** On note que, dans le dispositif d'entraînement 10 selon l'invention, l'énergie du déplacement est fournie principalement par les aimants sources 28, 30, 32, 34 alors que, dans les actionneurs électromagnétiques classiques, l'énergie du déplacement est fournie par des électroaimants qui consomment une quantité importante d'énergie électrique.

**[0120]** De plus, dans le dispositif d'entraînement 10 selon l'invention et comparativement aux actionneurs électromagnétiques classiques, la quantité d'énergie électrique nécessaire pour faire fonctionner les bobines 72, 74, 76, 78 est très faible.

**[0121]** Le dispositif d'entraînement 10 selon l'invention présente en outre l'avantage de ne consommer que très peu de courant électrique pour maintenir l'organe mobile 18, et donc la soupape 12, dans ses positions extrêmes PH, PB.

**[0122]** Grâce à l'utilisation des aimants de concentration 52, 54, 56, 58, 60, 62, 64, 66, on augmente la force d'attraction magnétique, qui est exercée par les entrefers EMs, EMI sur les inserts métalliques 80, 82, 84, 86 associés, d'une valeur suffisante pour permettre l'application de ce dispositif d'entraînement 10 au déplacement des soupapes 12 d'un moteur à combustion interne.

**[0123]** On constate que, sans accélérer le déplacement de l'organe mobile 18 par l'utilisation des bobines 72, 74, 76, 78, on atteint une vitesse de déplacement supérieure à celle obtenue avec des actionneurs élec-



tromagnétiques de soupape classiques.

**[0124]** Grâce au deux modules d'entraînement 20, 22 on dispose d'une position intermédiaire PI de déplacement de l'organe mobile 18, ce qui permet notamment, dans le cadre de l'entraînement d'une soupape 12, de choisir la hauteur d'ouverture de la soupape 12 en vue de l'adapter de manière optimale à chaque point de fonctionnement du moteur à combustion.

**[0125]** L'utilisation de deux modules d'entraînement 20, 22 plutôt qu'un permet d'obtenir une course de déplacement plus importante.

**[0126]** On remarque ici que, comme la hauteur de chaque insert métallique 80, 82, 84, 86 est égale à la hauteur d'entrefer He, chaque module d'entraînement 20, 22 provoque un déplacement de l'organe mobile 18 de deux fois la hauteur d'entrefer He.

**[0127]** Par conséquent, la course totale de l'organe mobile 18, dans le dispositif d'entraînement 10 à deux modules 20, 22, est égale à quatre fois la hauteur d'entrefer He.

**[0128]** On note que le dispositif d'entraînement 10 selon l'invention fonctionne aussi avec un seul module d'entraînement 20, 22.

**[0129]** On peut augmenter la course de déplacement et/ou le nombre de positions intermédiaires PI en augmentant le nombre de modules d'entraînement 20, 22.

**[0130]** Selon une variante de réalisation de l'invention, qui est représentée à la figure 11, l'organe mobile 18 comporte un insert métallique supplémentaire d'indexation 92 qui est associé à l'entrefer inférieur EMI du module inférieur 22.

**[0131]** Lorsque l'organe mobile 18 est dans sa position basse PB, l'insert métallique d'indexation 92 est sensiblement symétrique, par rapport à l'entrefer inférieur EMI, à l'insert métallique 86 normal associé à l'entrefer inférieur EMI du module inférieur 22.

**[0132]** La hauteur de l'insert métallique d'indexation 92 est environ le double de la hauteur He d'un insert métallique 80, 82, 84, 86 normal, c'est-à-dire deux hauteurs d'entrefer He, de manière que, dans la position basse PB, la force d'attraction magnétique exercée par l'entrefer inférieur EMI sur l'insert métallique d'indexation 92, qui est dirigée vers le bas, s'équilibre avec la force d'attraction magnétique exercée par les entrefers EMs, EMI du module inférieur 22 sur les autres inserts métalliques associés 84, 86, qui est dirigée vers le haut, ce qui maintient l'organe mobile 18 en équilibre dans la position basse PB sans qu'il soit nécessaire d'utiliser un actionneur de blocage 24.

**[0133]** Pour déplacer l'organe mobile 18 depuis sa position basse PB vers le haut, on fait circuler un courant électrique dans les bobines 72, 74, 76, 78 du module inférieur 22 de manière que les bobines supérieures 72, 74 du module 22 augmentent l'intensité du champ magnétique B1 produit par les unités-sources supérieures Usg, Usd, et de manière que les bobines inférieures 76, 78 du module 22 diminuent l'intensité du champ magnétique B1 produit par les unités-sources inférieures Uig,

Uid.

**[0134]** Ainsi, les forces d'attraction magnétique exercées par les entrefers EMs, EMI du module inférieur 22 sur les inserts métalliques 84, 86 associés ne sont plus équilibrées, la force d'attraction magnétique exercée par l'entrefer supérieur EMs, qui est dirigée vers le haut, étant plus importante que les autres, ce qui provoque le déplacement de l'organe mobile 18 vers le haut.

**[0135]** Bien entendu, de manière similaire, on peut prévoir un insert métallique d'indexation en vue de maintenir l'organe mobile 18 dans la position haute PH.

## Revendications

1. Dispositif d'entraînement linéaire (10) selon un axe (A-A), notamment pour l'entraînement d'une soupape (12) d'un moteur à combustion interne, du type comportant une unité principale fixe (14) délimitant une fente axiale (16) dans laquelle un organe mobile (18) est guidé en coulissement axial depuis une position extrême haute (PH) vers une position extrême basse (PB), du type comportant des moyens de rappel (20, 22) de l'organe mobile (18) vers la position haute (PH), et du type comportant des moyens de blocage (20, 22, 24) de l'organe mobile (18), au moins dans ses positions extrêmes (PH, PB),

**caractérisé en ce que** l'unité principale fixe (14) comporte au moins un module d'entraînement (20, 22) équipé d'au moins une paire d'aimants permanents (28, 30, 32, 34), ou aimants sources, qui sont agencés en vis-à-vis de chaque côté de la fente (16) selon un axe d'attraction magnétique (B-B) sensiblement perpendiculaire à l'axe de déplacement (A-A) et qui ont leurs pôles orientés dans le même sens suivant l'axe d'attraction magnétique (B-B), de manière à former un entrefer (EMs, EMI) dans la fente axiale (16), et **en ce que** l'organe mobile (18) comporte au moins un insert métallique (80, 82, 84, 86) associé à l'entrefer (EMs, EMI), l'insert métallique (80, 82, 84, 86) étant décalé axialement (A-A) vers le haut, par rapport à l'entrefer (EMs, EMI), lorsque l'organe mobile (18) est en position haute (PH), de manière que l'organe mobile (18) soit entraîné depuis la position haute (PH) vers la position basse (PB) sous l'effet de l'attraction magnétique, exercée par le champ magnétique (B1, B2) régnant dans l'entrefer (EMs, EMI), sur l'insert métallique (80, 82, 84, 86).

2. Dispositif d'entraînement linéaire (10) selon la revendication précédente, **caractérisé en ce que** chaque module d'entraînement (20, 22) comporte deux paires d'aimants sources (28, 30, 32, 34) qui sont superposées suivant l'axe de déplacement (A-A), chaque paire d'aimants sources (28, 30, 32, 34) étant associée à au moins un insert métallique (80,

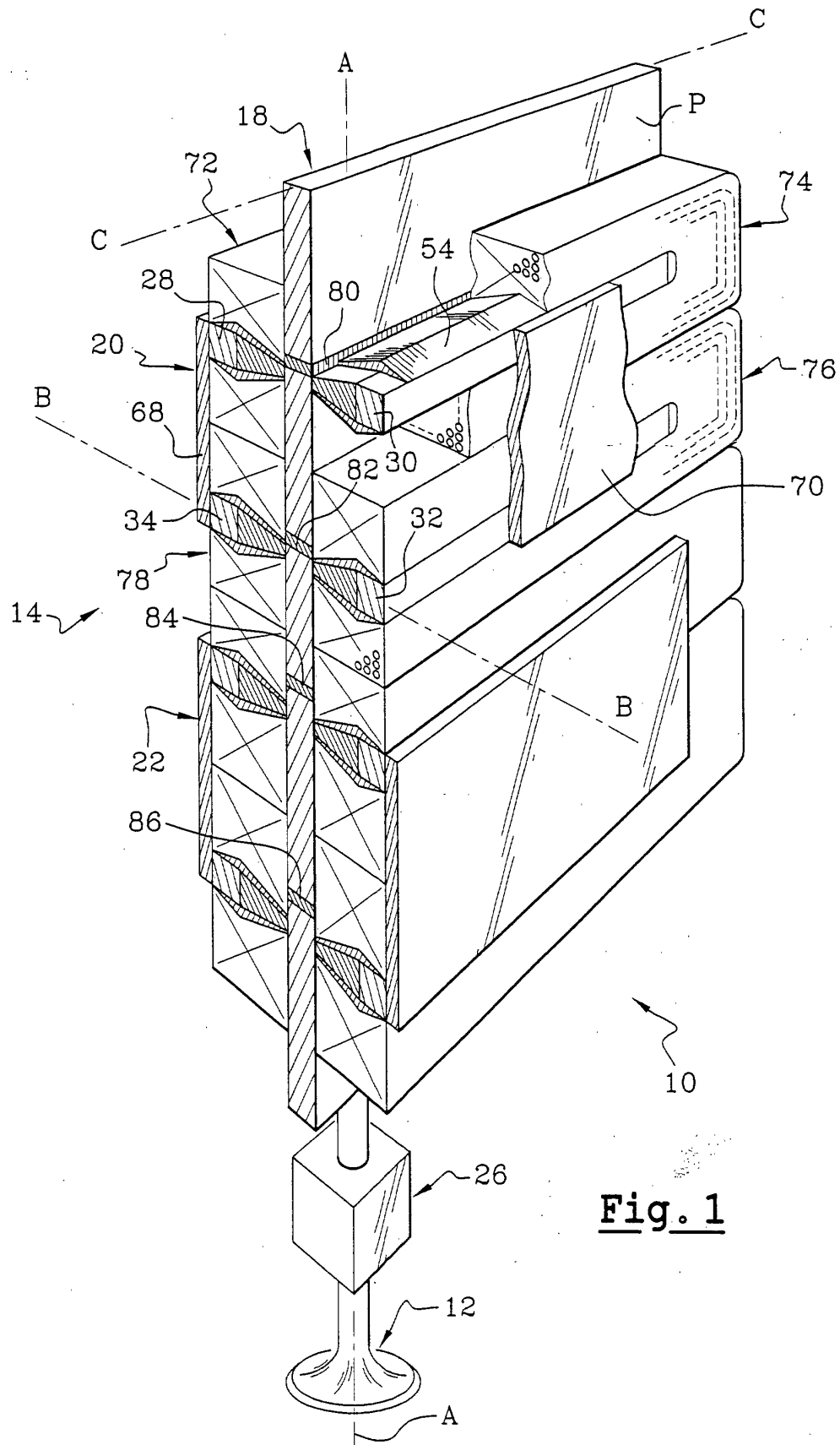
82, 84, 86) distinct de l'organe mobile (18), de manière à agir en parallèle sur l'organe mobile (18).

3. Dispositif d'entraînement linéaire (10) selon la revendication précédente, **caractérisé en ce que** les deux paires d'aimants sources (28, 30, 32, 34) sont polarisées en sens inverse. 5
4. Dispositif d'entraînement linéaire (10) selon la revendication précédente, **caractérisé en ce que**, de chaque côté de la fente (10), les deux aimants sources (28, 30, 32, 34) qui sont superposés axialement (A-A) sont reliés magnétiquement par une pièce métallique (68, 70), ou plaque, de liaison qui est en contact avec les deux aimants sources superposés (28, 30, 32, 34). 10
5. Dispositif d'entraînement linéaire (10) selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** chaque module d'entraînement (20, 22) comporte une pièce métallique (40, 42, 44, 46), ou conducteur de champ, entre chaque aimant source (28, 30, 32, 34) et l'entrefer (EMs, EMI), en vue de conduire le flux magnétique ( $\phi$ ) produit par l'aimant (28, 30, 32, 34) jusqu'à l'entrefer (EMs, EMI). 15
6. Dispositif d'entraînement linéaire (10) selon la revendication précédente, **caractérisé en ce que** chaque conducteur de champ (40, 42, 44, 46) comporte une surface interne (50), ou surface d'entrefer, qui délimite un côté de l'entrefer (EMs, EMI) et une surface externe (48) qui est adjacente à la surface interne (38) de l'aimant source associé (28, 30, 32, 34), et **en ce que** l'aire de la surface d'entrefer (50) est inférieure à l'aire de la surface externe (48) du conducteur de champ (40, 42, 44, 46), en vue d'augmenter la valeur du champ magnétique (B1) au niveau de la surface d'entrefer (50) par rapport à sa valeur au niveau de la surface externe (48) associée. 20
7. Dispositif d'entraînement linéaire (10) selon l'une quelconque des revendications 5 ou 6, **caractérisé en ce que** chaque conducteur de champ (40, 42, 44, 46) comporte un aimant permanent supérieur de concentration (52, 54, 56, 58) qui est adjacent à la surface supérieure (69) du conducteur de champ (40, 42, 44, 46), l'aimant supérieur de concentration (52, 56) associé à l'aimant source (28, 32) polarisé de l'extérieur vers l'intérieur étant polarisé du haut vers le bas et l'aimant supérieur de concentration (54, 58) associé à l'aimant source (30, 34) polarisé de l'intérieur vers l'extérieur étant polarisé du bas vers le haut, en vue de diminuer les fuites de flux magnétique ( $\phi$ ) vers le haut. 25
8. Dispositif d'entraînement linéaire (10) selon la re-

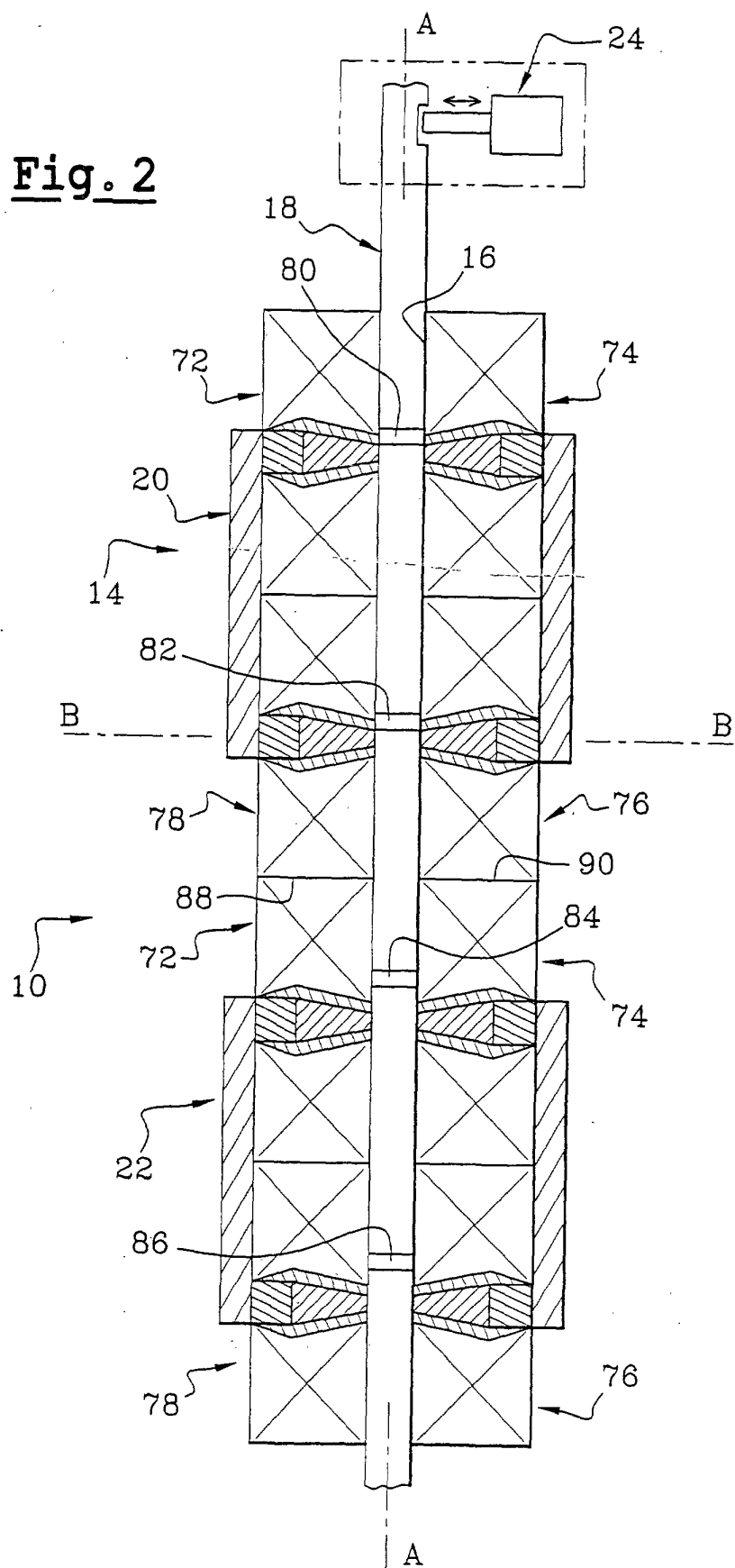
vendication précédente, **caractérisé en ce que** chaque conducteur de champ (40, 42, 44, 46) comporte un aimant permanent inférieur de concentration (60, 62, 64, 66) qui est adjacent à la surface inférieure (71) du conducteur de champ (40, 42, 44, 46), l'aimant inférieur de concentration (60, 64) associé à l'aimant source (28, 32) polarisé de l'extérieur vers l'intérieur étant polarisé du bas vers le haut et l'aimant inférieur de concentration (62, 66) associé à l'aimant source (30, 34) polarisé de l'intérieur vers l'extérieur étant polarisé du haut vers le bas en vue de diminuer les fuites de flux magnétique ( $\phi$ ) vers le bas.

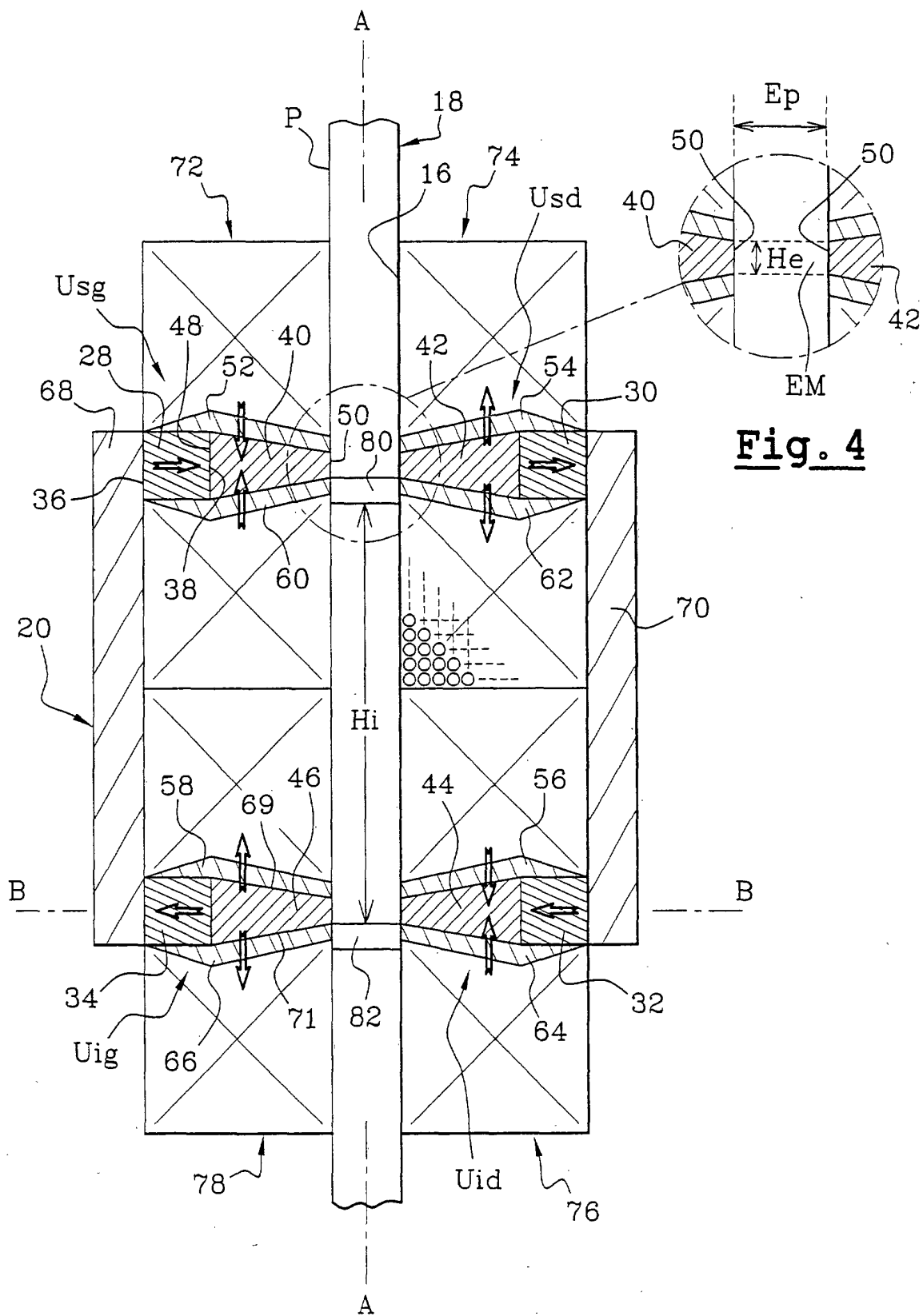
9. Dispositif d'entraînement linéaire (10) selon la revendication 7 ou 8, **caractérisé en ce que** les aimants supérieur (52, 54, 56, 58), et/ou inférieur (60, 62, 64, 66), de concentration sont adjacents aux surfaces supérieures (69), respectivement inférieures (71), des aimants sources (28, 30, 32, 34). 30
10. Dispositif d'entraînement linéaire (10) selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** chaque unité-source (Usg, Usd, Uig, Uid), qui est constituée d'un aimant source (28, 30, 32, 34) et/ou du conducteur de champ (40, 42, 44, 46) associé, et d'aimants de concentration (52, 54, 56, 58, 60, 62, 64, 66) si le dispositif d'entraînement (10) en comporte, comporte une bobine électrique (72, 74, 76, 78) qui est susceptible de produire un champ magnétique (B2) sensiblement coaxial à l'axe d'attraction magnétique (B-B) de manière que, lorsque l'on fait circuler un courant électrique dans la bobine (72, 74, 76, 78), et en fonction du sens de circulation, on diminue ou on augmente l'intensité du champ magnétique (B1) produit par l'aimant source (28, 30, 32, 34) associé dans l'entrefer (EMs, EMI) correspondant. 35
11. Dispositif d'entraînement linéaire (10) selon la revendication précédente, **caractérisé en ce que** les bobines (72, 74, 76, 78) d'un module d'entraînement (20, 22) sont montées en série de manière que, lorsque l'on fait circuler un courant électrique dans les bobines (72, 74, 76, 78), on diminue, ou on augmente, simultanément l'intensité du champ magnétique (B1) produit par tous les aimants sources (28, 30, 32, 34) associés au module (20, 22), c'est à dire que l'on désactive, respectivement on active, le module (20, 22). 40
12. Dispositif d'entraînement linéaire (10) selon l'une quelconque des revendications 10 ou 11, **caractérisé en ce qu'il** comporte un circuit de commande de l'alimentation en courant des bobines (72, 74, 76, 78) des modules d'entraînement (20, 22) en vue de commander le blocage de l'organe mobile (18) dans une position donnée (PI). 45

13. Dispositif d'entraînement linéaire (10) selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, **caractérisé en ce que** l'organe mobile (18) est susceptible d'être bloqué, au moins dans ses positions extrêmes (PH, PI), par un actionneur (24) du type piézoélectrique. 5
14. Dispositif d'entraînement linéaire (10) selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'organe mobile (18) est rap- 10 pelé vers sa position haute (PH) au moyen d'un organe élastique de rappel, par exemple un ressort de compression ou de traction.
15. Dispositif d'entraînement linéaire (10) selon l'une quelconque des revendications 1 à 13, **caractérisé en ce que** l'organe mobile (18) est rappelé vers sa position haute (PH) au moyen d'au moins un module d'entraînement (20, 22) qui entraîne l'organe mo- 15 bile (18) vers le haut sous l'effet de l'attraction magnétique exercée par au moins un entrefer (EMs, EMi) sur l'insert métallique (80, 82, 84, 86) associé de l'organe mobile (18). 20
16. Dispositif d'entraînement linéaire (10) selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'organe mobile (18) est réalisé dans une matière globalement insensible à l'attrac- 25 tion magnétique exercée par les entrefers (EMs, EMi), par exemple en alliage d'aluminium ou en ma- 30 tière plastique.
17. Dispositif d'entraînement linéaire (10) selon la re- vendication précédente, **caractérisé en ce que** l'organe mobile (18) est une plaque sensiblement 35 parallélépipédique qui définit un plan (P) contenant l'axe de déplacement (A-A) et un axe longitudinal (C-C), l'axe longitudinal (C-C) étant sensiblement perpendiculaire à l'axe de déplacement (A-A) et sensiblement perpendiculaire à l'axe d'attraction 40 magnétique (B-B).
18. Dispositif d'entraînement linéaire (10) selon la re- vendication précédente, **caractérisé en ce que** les 45 inserts métalliques (80, 82, 84, 86) ont la forme de tiges, ou de lames, longitudinales.
19. Dispositif d'entraînement linéaire (10) selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les inserts métalliques (80, 82, 84, 86) sont réalisés par empilement axial, suivant 50 l'axe de déplacement (A-A), de plaques de tôle d'acier, en vue de diminuer les courants de Foucault. 55
20. Dispositif d'entraînement linéaire (10) selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'il** comporte au moins deux mo- dules d'entraînement (20, 22) agissant en série qui sont superposés axialement suivant l'axe de dépla- 5 cement (A-A), un module supérieur (20) et un mo- dule inférieur (22), les inserts métalliques (84, 86) associés aux entrefers (EMs, EMi) du module infé- rieur (22) étant décalés axialement, suivant l'axe de déplacement (A-A), vers le haut, de manière que, pendant le déplacement de l'organe mobile (18) vers le bas, lorsque les inserts métalliques (80, 82) de l'organe mobile (18) associés au module supé- rieur (20) dépassent, sous l'effet de l'inertie de l'or- gane mobile (18), les entrefers (EMs, EMi) corres- pondants, l'organe mobile (18) continue d'être en- traîné vers le bas, sous l'effet de l'attraction magné- tique exercée par les entrefers (EMs, EMi) du mo- dule inférieur (22) sur les inserts métalliques (84, 86) associés.
21. Dispositif d'entraînement linéaire (10) selon la re- vendication précédente, **caractérisé en ce que** l'organe mobile (18) comporte un insert métallique d'indexation (92) associé à l'entrefer (EMi) d'un mo- dule d'entraînement (22), l'insert métallique d'in- dexation (92) étant, dans une position (PB) donnée, sensiblement symétrique à l'insert métallique (86) associé à l'entrefer (EMi), par rapport à l'entrefer (EMi), de manière que, lorsque l'organe mobile (18) est dans la position (PB) donnée, la force d'attrac- tion magnétique exercée par les entrefers (EMs, EMi) sur les inserts métalliques (80, 82, 84, 86) as- sociés de l'organe mobile (18) s'équilibre avec la force d'attraction magnétique exercée par l'entrefer associé (EMi) sur l'insert métallique d'indexation (92), en vue de maintenir l'organe mobile (18) dans la position donnée (PB), et de manière qu'une com- mande judicieuse des bobines (72, 74, 76, 78) des modules d'entraînement (20, 22) permette de sortir l'organe mobile (18) de la position donnée (PB).
22. Dispositif d'entraînement linéaire (10) selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'il** entraîne une soupape (12) qui est fixée à l'extrémité axiale, suivant l'axe de dépla- cement (A-A), inférieure de l'organe mobile (18).
23. Dispositif d'entraînement linéaire (10) selon la re- vendication précédente, **caractérisé en ce que** la 60 soupape (12) est montée à l'extrémité axiale (A-A) inférieure de l'organe mobile (18) avec interposition d'un dispositif (26) pour la rotation de la soupape (12) autour de son axe de déplacement (A-A).



**Fig. 2**





**Fig. 4**

**Fig. 3**

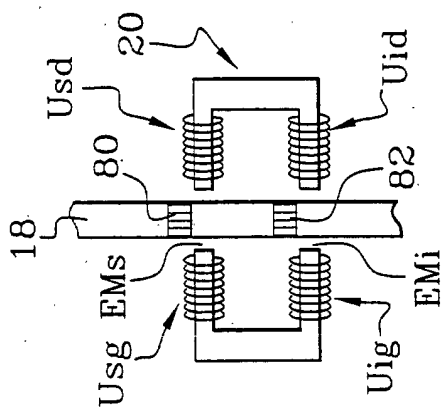


Fig. 7

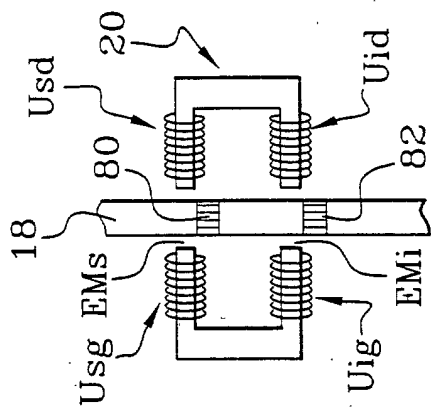


Fig. 6

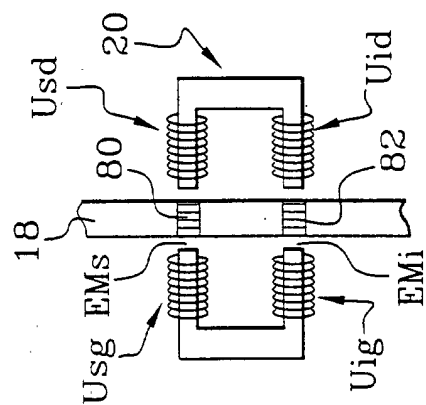


Fig. 5

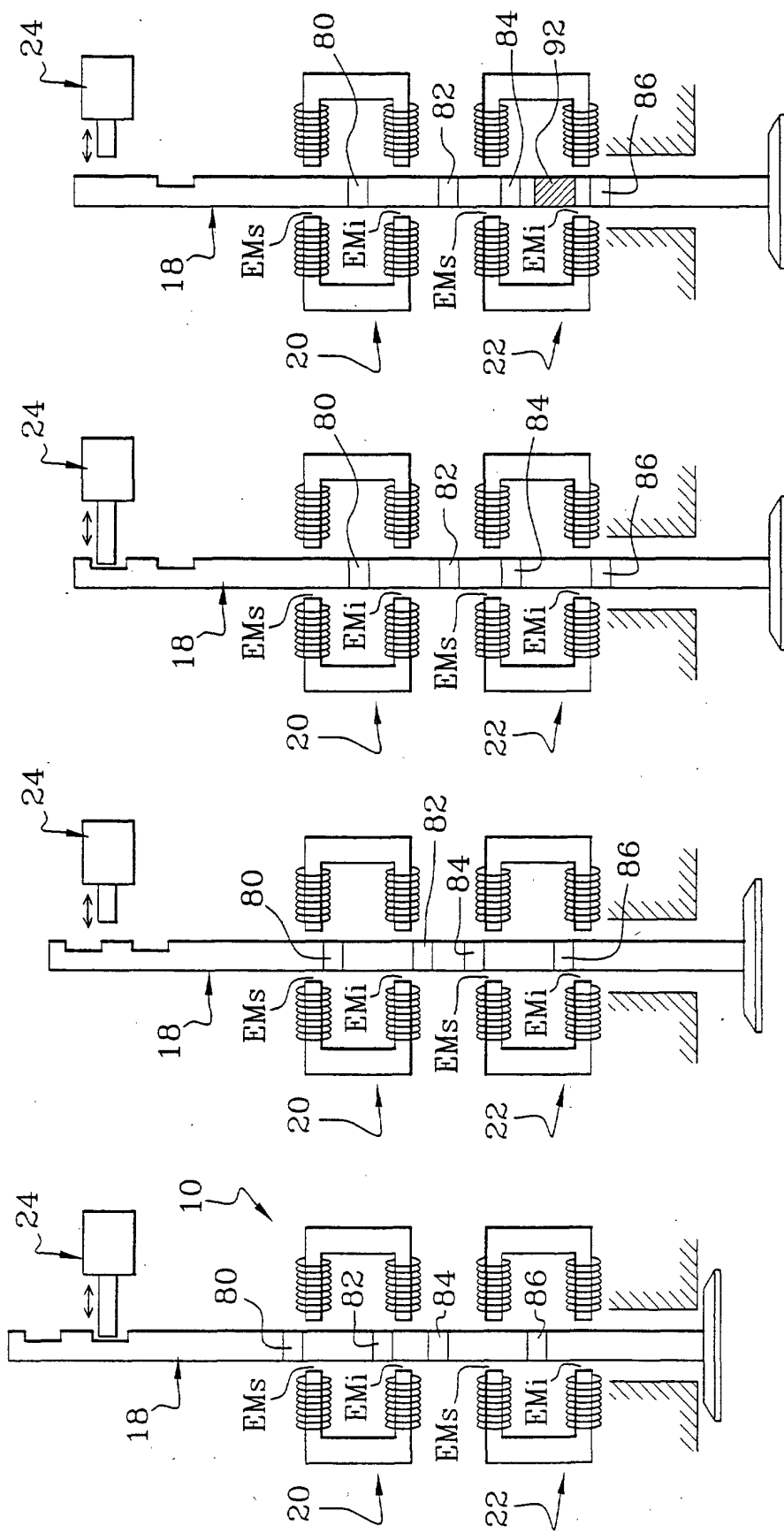


Fig. 8

Fig. 9

Fig. 10

Fig. 11





Office européen  
des brevets

# RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande  
EP 01 40 1654

| DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS   |  |  |  |
|---|--|--|--|
| Catégorie   | Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes  | Revendication concernée  | CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int.CI.7)          |
| A   | PATENT ABSTRACTS OF JAPAN<br>vol. 015, no. 447 (M-1179),<br>14 novembre 1991 (1991-11-14)<br>& JP 03 189312 A (ISUZU CERAMICS<br>KENKYUSHO:KK), 19 août 1991 (1991-08-19)<br>* abrégé; figures 1-5 * | 1  | F01L9/04                                     |
| A   | PATENT ABSTRACTS OF JAPAN<br>vol. 1999, no. 13,<br>30 novembre 1999 (1999-11-30)<br>& JP 11 210430 A (AISAN IND CO<br>LTD;DAIHATSU MOTOR CO LTD),<br>3 août 1999 (1999-08-03)<br>* abrégé; figures * | 1  |  |
| A   | US 6 047 672 A (KATO EISUKE ET AL)<br>11 avril 2000 (2000-04-11)<br>* le document en entier *  | 1  |  |
| A   | WO 00 31757 A (MAS HAMILTON GROUP INC)<br>2 juin 2000 (2000-06-02)<br>* abrégé; figures *  | 1  | DOMAINES TECHNIQUES<br>RECHERCHES (Int.CI.7) |
| A   | EP 0 390 519 A (ISUZU CERAMICS RES INST)<br>3 octobre 1990 (1990-10-03)<br>* colonne 3, ligne 19 - colonne 4, ligne<br>35; figure 1 *  | 1  | F01L   |
| Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications  |  |  |  |
| Lieu de la recherche<br><b>LA HAYE</b>  |  | Date d'achèvement de la recherche<br><b>19 octobre 2001</b>  | Examineur<br><b>Klinger, T</b>               |
| CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES<br>X : particulièrement pertinent à lui seul<br>Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un<br>autre document de la même catégorie<br>A : arrière-plan technologique<br>O : divulgation non-écrite<br>P : document intercalaire |  | T : théorie ou principe à la base de l'invention<br>E : document de brevet antérieur, mais publié à la<br>date de dépôt ou après cette date<br>D : cité dans la demande<br>L : cité pour d'autres raisons<br>& : membre de la même famille, document correspondant |  |

EPO FORM 1503 03 82 (P04002)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE  
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 01 40 1654

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.  
Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du 19-10-2001.  
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

19-10-2001

| Document brevet cité<br>au rapport de recherche | Date de<br>publication | Membre(s) de la<br>famille de brevet(s) | Date de<br>publication |
|---|------------------------|---|------------------------|
| JP 03189312 A                                   | 19-08-1991             | JP 2566474 B2                           | 25-12-1996             |
| JP 11210430 A                                   | 03-08-1999             | AUCUN                                   |                        |
| US 6047672 A                                    | 11-04-2000             | JP 11247630 A                           | 14-09-1999             |
|   |                        | DE 19909305 A1                          | 09-09-1999             |
| WO 0031757 A                                    | 02-06-2000             | AU 1728500 A                            | 13-06-2000             |
|   |                        | WO 0031757 A1                           | 02-06-2000             |
|   |                        | US 6229421 B1                           | 08-05-2001             |
| EP 0390519 A                                    | 03-10-1990             | JP 2259211 A                            | 22-10-1990             |
|   |                        | JP 2596459 B2                           | 02-04-1997             |
|   |                        | DE 69002507 D1                          | 09-09-1993             |
|   |                        | DE 69002507 T2                          | 18-11-1993             |
|   |                        | EP 0390519 A1                           | 03-10-1990             |
|   |                        | US 5069422 A                            | 03-12-1991             |

EPO FORM P0460

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82