

①⑨ RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

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

2 913 458

②① N° d'enregistrement national : **07 01714**

⑤① Int Cl⁸ : **F 02 G 1/044** (2006.01)

①②

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②② Date de dépôt : 09.03.07.

③① Priorité :

④③ Date de mise à la disposition du public de la
demande : 12.09.08 Bulletin 08/37.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule*

⑥① Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

⑦① Demandeur(s) : PASCOT PHILIPPE — FR et KLUT-
CHENKO SERGE — FR.

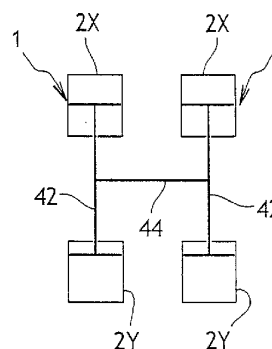
⑦② Inventeur(s) : PASCOT PHILIPPE et KLUTCHENKO
SERGE.

⑦③ Titulaire(s) :

⑦④ Mandataire(s) : PONTET ALLANO & ASSOCIES.

⑤④ ARCHITECTURE INNOVANTE POUR MOTEURS STIRLING, MOTEUR STIRLING AINSI DISPOSE.

⑤⑦ Moteur de type Stirling caractérisé en ce qu'il com-
prend au moins une paires d'unité motrices (1,1) identiques
et rigidement reliées entre elles par un accouplement méca-
nique (44), chaque unité motrice comprenant un piston dé-
placeur.



FR 2 913 458 - A1



" Architecture innovante pour moteurs Stirling, moteur Stirling ainsi disposé"

La présente invention se rapporte aux moteurs Stirling.

5 Les moteurs Stirling sont des moteurs à pistons dans lesquels on utilise les propriétés de dilatation et de contraction d'un fluide de travail compressible en fonction de sa température, pour déplacer les pistons. Le fluide est généralement un gaz. De tels moteurs utilisent donc une source chaude et une source froide.

10 L'invention se rapporte plus particulièrement aux moteurs à double effet, dans lesquels on utilise simultanément la surpression générée par un fluide chaud et la dépression générée par un fluide froid pour mouvoir un même piston. Les fluides chaud et froid peuvent être un même fluide.

Une source froide peut être l'air ambiant. Pour une source chaude,
15 tout type de source de chaleur peut être utilisé pour réchauffer le fluide. En particulier, la chaleur peut être issue directement de l'énergie solaire ou nucléaire, d'un stockage thermique, de la géothermie ou d'une réaction chimique, telle une combustion. La combustion est externe aux cylindres des pistons, et peut donc être la combustion d'un gaz, d'un solide, d'un
20 liquide ou de biomasse.

Les moteurs Stirling ont de nombreux avantages. Dans le cas de l'utilisation d'une combustion à la source chaude, la combustion à l'avantage de pouvoir être continue, sans explosion. La combustion est donc plus facilement maîtrisée, et le moteur en est d'autant plus silencieux. Pour
25 les mêmes raisons, le couple produit est donc aussi beaucoup plus régulier et les pièces mécaniques, moins sollicitées, ont une très grande durée de vie. En outre, le lubrifiant des pistons n'est pas contaminé par des résidus de combustion; il n'est donc pas nécessaire de procéder à des vidanges périodiques. En tout cela, les coûts d'entretien sont très réduits.

30 En outre, les moteurs Stirling ont un très faible encombrement, la source de chaleur pouvant être distante du moteur lui-même.

Les moteurs Stirling ont cependant des inconvénients notables. En particulier, leur puissance, proportionnelle à leur vitesse de rotation, est limitée par l'inertie du processus de refroidissement ou de réchauffement du
35 fluide utilisé. De plus, dans le cas des moteurs double effets, la présence,

de part et d'autre du piston, de fluides à des températures différentes introduit des déformations différentielles générant notamment des défauts d'étanchéité.

Le but de l'invention est de proposer des dispositifs et dispositions
5 pour résoudre au moins certains des inconvénients précités.

Afin notamment de pouvoir conserver de faibles dimensions aux volumes actifs, donc une moindre inertie au moteur de type Stirling, un moteur selon l'invention peut avantageusement comprendre au moins 2 unités motrices ayant la même phase, regroupées par exemple par paires,
10 chacune des unités motrices d'une même paire étant accouplée mécaniquement à l'autre, par exemple rigidement accouplées à une entretoise reliant transversalement entre elles les tiges de piston déplaceur et/ou éventuellement de piston moteur respectives de chacune des unités motrices d'une même paire. Un tel moteur peut être construit avec un plan
15 de symétrie, chaque unité motrice étant disposée symétriquement à l'autre unité de la même paire relativement audit plan de symétrie. Il peut aussi être construit avec les unités motrices sont disposées selon un cercle.

Une unité motrice pour un tel moteur peut avantageusement être caractérisée en ce qu'elle comprend un cylindre chaud pour recevoir un
20 fluide actif dilaté et un cylindre froid pour recevoir un fluide actif contracté, lesdits cylindres étant coaxiaux et isolés thermiquement l'un de l'autre, et un double piston comprenant deux têtes prévues pour coulisser sensiblement selon un axe principal de ladite unité, chacune dans un cylindre respectif, les deux têtes étant reliées entre elles par une tige de
25 piston, un volume actif pour recevoir le fluide actif étant défini dans chaque cylindre, entre une culasse et ladite tête de piston respective, et un volume passif étant défini dans le cylindre, de l'autre côté de ladite tête de piston respective.

Un autre dispositif, qui peut avantageusement être combiné avec le
30 précédent, peut prévoir que l'unité motrice comprend pour au moins un des cylindres des moyens de maintien en température d'une paroi latérale dudit cylindre, la culasse étant conçue pour diffuser le fluide actif le long de ladite paroi latérale à l'intérieur dudit cylindre. Pour améliorer la mise en température du fluide, la culasse est avantageusement conçue pour former

un tourbillon avec le fluide actif, de sorte qu'il parcourt rapidement, un chemin plus long le long de la paroi latérale.

Une culasse adaptée à cela comprend avantageusement un bouchon et un diffuseur tous deux en prise périphérique avec le cylindre, le bouchon
5 étant percé d'un orifice pour l'admission, et éventuellement l'échappement, du fluide actif, le diffuseur étant disposé intérieurement au cylindre relativement au bouchon et comprenant en outre des canaux de diffusion pour la diffusion du fluide actif admis dans le cylindre, depuis un espace de diffusion formé entre ledit bouchon et ledit diffuseur, jusque dans le volume
10 actif correspondant. Les canaux de diffusion s'ils sont disposés sensiblement parallèlement et à proximité de la paroi latérale permettent la diffusion du fluide le long de celle-ci. En outre, ils peuvent avantageusement être inclinés relativement à l'axe principal de préférence selon un angle compris entre 10° et 30° , ce qui permet de créer un tourbillon. L'espace de diffusion
15 peut être formé entre une surface intérieure du bouchon et une surface complémentaire extérieure du diffuseur, la surface intérieure allant en s'évasant selon une forme en creux à mesure où elle s'éloigne de l'orifice, en concordance avec la surface extérieure qui forme un relief de sommet qui vient en vis-à-vis de l'orifice du bouchon.

20 Il apparaît que lorsque l'unité motrice est dimensionnée pour que la course de la tête de piston dans le cylindre correspondant soit sensiblement égale au diamètre intérieur dudit cylindre, le fonctionnement de celle-ci en est particulièrement amélioré.

Lorsque le moteur comprend plusieurs paires d'unités motrices, les
25 unités motrices, sont avantageusement régulièrement déphasées entre elles.

D'autres dispositions peuvent être envisagées, selon l'invention, pour améliorer le fonctionnement d'un moteur Stirling. Ainsi, pour chaque unité motrice d'un tel moteur, il peut exister une conduite active pour la
30 circulation du fluide actif, conduite reliant le cylindre chaud de ladite chaque unité motrice avec le cylindre froid d'une autre unité motrice en avance de phase sur ladite chaque unité active, de préférence en avance de 90° . Le moteur peut comprendre sur la conduite active, à proximité du cylindre chaud un réchauffeur prévu pour chauffer le fluide actif avant son admission
35 dans ledit cylindre chaud. On prévoit avantageusement une dérivation

conçue pour éviter le passage du fluide actif dans le réchauffeur, lors de son trajet depuis le cylindre chaud vers le cylindre froid.

Le moteur peut aussi comprendre, sur la conduite active, un régénérateur conçu et disposé pour que le fluide actif y abandonne une
5 partie de sa chaleur sur son trajet vers le cylindre froid et y récupère une partie au moins de ladite chaleur abandonnée, sur son trajet retour vers le cylindre chaud. Un tel régénérateur peut comprendre des éléments, de préférence métalliques, ayant une forme sensiblement allongée selon le sens du trajet du fluide actif, chaque élément ayant une zone centrale
10 sensiblement cylindrique et des extrémités sensiblement hémisphériques de même diamètre que la zone centrale. Ces éléments peuvent être sensiblement identiques entre eux. De préférence la longueur de la zone centrale est sensiblement égale à une fois et demi le diamètre. En outre, les éléments sont avantageusement rangés en couches successives
15 transversales au trajet du fluide actif chaque couche étant en quinconces relativement à ses voisines. La taille d'un élément est de préférence choisie inversement proportionnelle à la pression du fluide actif dans le régénérateur.

D'autre part, pour chaque unité motrice, il existe avantageusement
20 une conduite passive pour la circulation d'un fluide passif entre un volume passif d'un cylindre chaud ou froid de ladite chaque unité motrice avec un volume passif d'un cylindre chaud ou froid respectivement d'une autre unité motrice déphasée de 180° avec ladite chaque unité motrice. Le moteur peut comprendre des moyens pour maintenir le fluide passif à une température
25 moyenne du fluide actif dans le même cylindre. Ces moyens peuvent être respectivement, pour un cylindre chaud, un réchauffeur, et pour un cylindre froid, un refroidisseur disposée sur la conduite passive respective.

Le moteur peut aussi comprendre des moyens pour maintenir dans un cylindre, le fluide passif à une pression moyenne du fluide actif dans le
30 même cylindre.

D'autres particularités et avantages de l'invention ressortiront encore de la description ci-après, relative à des exemples non limitatifs.

Aux dessins annexés :

- la figure 1 est une vue en coupe schématique en élévation d'une
35 unité motrice double piston et double cylindre selon l'invention;

- la figure 2 est une illustration schématique, en élévation, de la circulation du fluide de travail, dans un moteur utilisant des pistons tels que celui illustré à la figure 1;
 - la figure 3 est une illustration schématique, en élévation, de la circulation du fluide passif, dans le moteur de la figure 2;
 - la figure 4 est une vue de détail, en perspective, partiellement en coupe, de la culasse selon l'invention pour l'unité motrice de la figure 1;
 - la figure 5 est une vue en plan d'un moteur en ligne présentant une architecture en H et fonctionnant selon les principes illustrés aux figures 2 et 3;
 - la figure 6 est une vue en plan d'un moteur donc les cylindres sont disposés sur un cercle, présentant une architecture en H et fonctionnant selon les principes illustrés aux figures 2 et 3;
 - les figures 7 à 9 illustrent des vues de détails d'un mode de réalisation selon l'invention pour un régénérateur adapté aux moteurs selon l'invention; et,
 - la figure 10 est une illustration schématique de l'accouplement en H d'une paire d'unités motrices adaptée à être utilisée dans un moteur des figures 5 et 6.
- Dans la description qui va suivre, des références numériques pourront être complétées d'une lettre pour préciser leur position dans l'objet décrit. Ainsi, à titre d'exemple, la référence 2 représentera indifféremment un cylindre chaud 2X ou un cylindre froid 2Y.
- La figure 1 représente une vue en coupe, schématique et en élévation, d'une unité motrice 1 permettant une mise en œuvre améliorée des principes du moteur Stirling. L'unité motrice représentée a sensiblement une symétrie de révolution autour d'un axe principal X1. Cet ensemble comprend deux cylindres 2X,2Y distants l'un de l'autre selon l'axe principal X1. Un premier parmi ces cylindres, appelé par la suite cylindre chaud 2X, est prévu pour recevoir un fluide de travail lorsque ce fluide est chauffé et se dilate. Le deuxième cylindre, appelé par la suite cylindre froid 2Y, est prévu pour recevoir un fluide de travail lorsqu'il est refroidi et se contracte. Chacun des cylindres 2X,2Y comprend une paroi latérale cylindrique 21 et un fond sensiblement plat, disposé perpendiculairement à la paroi latérale et obturant une première extrémité du cylindre. A une extrémité opposée,

chaque cylindre est fermé par une culasse 3 permettant l'admission et l'échappement du gaz de travail. Les deux cylindres sont disposés coaxialement, leurs fonds 22 se faisant vis-à-vis.

Un piston déplaceur 4 est monté pour coulisser, selon l'axe principal X1, dans les cylindres 2X,2Y. Le piston déplaceur 4 est un double piston, c'est-à-dire qu'il comprend deux têtes 41 reliées par une tige 42. Les têtes 41 sont montées chacune pour coulisser dans un cylindre respectif. La tige est montée coulissante à travers un orifice 23 percé dans l'axe de chaque fond 22. Chaque tête de cylindre définit deux volumes dans son cylindre respectif: un volume actif 51, entre la tête 41 et la culasse 3, et un volume passif 52, entre la tête 41 et le fond 22. Le volume actif 51 est prévu pour recevoir le gaz actif.

Les têtes de piston de l'unité motrice 1 sont déphasées l'une par rapport à l'autre de 180°. Ainsi, dans la disposition arbitrairement figée de la figure 1, la tête de piston du cylindre chaud 2X est à proximité du fond du cylindre chaud 2X, alors que la tête de piston du cylindre froid 2Y est à proximité de la culasse du cylindre froid 2Y.

Dans la figure 1, l'unité motrice 1 est arbitrairement représentée avec le volume actif du cylindre chaud à son maximum, c'est-à-dire avec la tête de piston correspondante dans sa position "basse". De ce fait, le volume actif du cylindre froid est à son minimum, c'est-à-dire avec la tête de piston correspondante dans sa position "haute". Du fait de la configuration de l'unité motrice, les deux têtes d'un même piston présentent entre elles un déphasage de 180°. Ainsi, la détente d'un gaz actif chauffé dans le cylindre chaud simultanément à la contraction d'un gaz actif refroidi dans le cylindre froid permet d'obtenir un double effet moteur.

Dans les cylindres de l'art antérieur, le long de la course de l'unique tête du piston, le cylindre est alternativement chauffé puis refroidi par le gaz de travail. Ceci provoque des déformations du cylindre préjudiciables à l'étanchéité entre la tête et le cylindre. En outre, des pertes thermiques existent le long des parois du cylindre et au travers de la tête de piston.

La séparation en deux cylindres, l'un chaud et l'autre froid, d'une même unité motrice, permet de rompre les ponts thermiques existants dans les moteurs sterling traditionnellement équipés d'un seul cylindre par unité motrice. Ainsi, il est possible de maintenir chaque cylindre à une

température sensiblement uniforme, chaude ou froide. Il n'y a donc plus de déformation des cylindres, dont la forme respective reste stable, et les pertes thermiques entre les volumes chaud et froid sont sensiblement nulles

Afin de maintenir chaque cylindre à une température sensiblement
5 uniforme, on peut, selon l'invention, remplir le volume passif 52 avec un gaz passif lui-même maintenu à une température moyenne pour le cylindre respectif. Le gaz passif est aussi avantageusement maintenu à une pression moyenne du gaz actif dans le volume actif du même cylindre.

Un des problèmes majeurs des moteurs Stirling de l'art antérieur est
10 l'inertie du gaz actif. En effet, la vitesse de fonctionnement du moteur dépend de la rapidité à laquelle le gaz actif se réchauffe et se détend dans le cylindre chaud, et de la rapidité à laquelle le gaz actif se refroidit et se contracte dans le cylindre froid. Afin d'améliorer cela, l'invention procure une culasse améliorée 3 pour introduire le gaz actif dans le volume actif et
15 notamment assurer sa détente rapide dans le volume actif chaud 51X. Cette culasse sera plus particulièrement décrite dans la suite de la description, en référence à la figure 4. En outre, il apparaît que la vitesse et le rendement du moteur sont améliorés lorsque le diamètre intérieur du cylindre est voisin de la longueur de course de la tête, entre ses positions haute et
20 basse, dans ce cylindre.

On va maintenant décrire le fonctionnement d'un moteur selon l'invention, notamment en ce qu'il diffère du fonctionnement des moteurs Stirling existants. La figure 2 illustre plus particulièrement la circulation du fluide actif. La figure 3 illustre plus particulièrement la circulation du fluide
25 passif.

Le moteur 10 illustré à la figure 2 comprend un jeu de 4 unités motrices 1A-1D, toutes déphasées entre elles, chacune de 90° avec une autre. Pour chacune des unités, le double piston déplaceur 4 correspondant n'est représenté que par ses têtes 41. La position des pistons déplaceurs, donc des têtes correspondantes, est fonction du déphasage de chaque unité
30 relativement aux autres, figée arbitrairement dans la position de la figure 2 pour laquelle, dans l'unité 1A, la plus à gauche, la tête chaude est dans sa position basse. Dans l'unité voisine 1B, dont le retard de phase est de 90° sur l'unité 1A, la tête chaude est à mi-parcours entre sa position haute et sa position basse, en direction de sa position basse. Dans l'unité suivante 1C,
35

présentant un retard de phase supplémentaire de 90° , la tête chaude est dans sa position haute. Enfin, Dans la quatrième unité 1D, dont le retard de phase est de 270° sur la première unité 1A, la tête chaude est à mi-parcours entre sa position basse et sa position haute, en direction de sa position haute.

Chaque unité motrice est associée à un piston moteur respectif 6, non représenté à la figure 1, monté dans un cylindre moteur 7. Dans la configuration illustrée à la figure 2, le cylindre est disposé sensiblement coaxial avec les cylindres 2X,2Y chauds et froids respectifs, les culasses respectives 3,71 des cylindres froid et moteur étant en vis-à-vis. Un volume moteur 63 est défini dans le cylindre moteur 7, entre la tête du piston moteur 61 et la culasse 71.

Le volume moteur 63 est en communication directe avec le volume froid 52 du cylindre 2Y, par l'intermédiaire d'un conduit de communication 80. Le piston moteur est déphasé de 90° avec le piston déplaceur de l'unité motrice correspondante. Ainsi, pour l'unité motrice 1A, le piston moteur 62 est à mi-parcours entre sa position haute et sa position basse, en direction de sa position basse; dans l'unité suivante 1B, le piston moteur est dans sa position haute; dans l'unité 1C il est à mi-parcours entre sa position basse et sa position haute, en direction de sa position haute; enfin, dans l'unité 1D, le piston moteur correspondant est dans sa position basse.

Dans le moteur 10, la circulation du fluide actif se fait entre le volume chaud 51 d'une première unité et le conduit de communication 80 de l'unité en avance de 90° sur cette première unité, au travers d'une conduite de circulation active 81. Ainsi, chaque conduite active relie le volume chaud 51X d'une première unité avec le volume actif 51Y du cylindre froid 2Y et avec le volume moteur 63 de l'unité en avance de 90° sur cette première unité. A titre d'exemple une conduite active 81 relie le volume chaud 51 de l'unité 1A avec le volume actif 51Y du cylindre froid 2Y et avec le volume moteur 63 de l'unité 1D. Il en va de même pour chacune des unités 1B-1D.

Sur le chemin de chaque conduite active 81, on trouve, en partant du volume froid vers le volume chaud, un régénérateur 82, un réchauffeur 83 et une dérivation 84 pour le réchauffeur 83. Ainsi, lors d'un cycle de fonctionnement du moteur 10, le fluide actif préalablement chauffé et détendu dans le volume chaud 51X s'échappe au travers de la culasse 3

dans la conduite active 82 et passe d'abord dans la dérivation 84. En passant par la dérivation 82, on évite de réchauffer le gaz que l'on veut refroidir. Le fluide passe ensuite dans le régénérateur où il abandonne une partie de ces calories, puis est admis au travers des culasses 3,71 dans le volume froid 51Y et le volume moteur 63, où il se contracte en se refroidissant. Ensuite, le fluide s'échappe de nouveau depuis le volume froid 51X, d'abord au travers du régénérateur 82 où il récupère une partie au moins des calories précédemment abandonnées, puis au travers du réchauffeur 83, qui compense au moins une parties des pertes de calories d'un cycle, avant d'être admis dans le volume chaud 51X, dans lequel il fini de se réchauffer au contact des parois du cylindre 2X, et se détend.

Des dispositifs non représentés, par exemple de type clapets anti-retour, permet d'assurer que le fluide passe bien, selon le sens de trajet, soit par la déviation 84, soit par le réchauffeur 83. Les clapets anti-retour peuvent être remplacés par des dispositifs commandés, par exemple électroniquement.

La circulation du fluide passif durant un cycle de fonctionnement du moteur 10 va maintenant être décrit en référence à la figure 3. A la figure 3, les 4 unités motrices 1A,1D sont dans des états identiques à ceux de la figure 2.

Comme préalablement dit, un fluide passif peut être utilisé pour remplit le volume passif 52 formé dans le chaque cylindre entre la tête de cylindre 41 et le fond de cylindre 22 respectifs. Le fluide passif a l'avantage de pouvoir être maintenu à une température moyenne d'un cylindre. Ainsi, dans un cylindre chaud 2X, il n'y a pas de refroidissement entre la tête 41 et le fond 22 du cylindre 2X, qui puisse entraîner une déformation différentielle entre les parties du cylindre 2X se trouvent de part et d'autre de la tête de cylindre. En évitent de telles déformations, on évite la formation de défauts d'étanchéité entre la tête et le cylindre qui en seraient la conséquence, donc une perte de fluide actif et une perte de rendement du moteur. Il va de même pour le cylindre chaud que pour le cylindre froid.

Afin notamment que la présence du fluide passif génère un effort minimal sur la tête de cylindre, le volume utilisé par le fluide passif est maintenu constant. Dans ce but, et dans l'exemple illustré, le volume passif 52 d'une première unité motrice 1 est mis en communication avec le

volume passif 52 d'une deuxième unité motrice 1 déphasée de 180° avec la première, les deux volumes passifs 52 étant à la même température. Les deux volumes passifs sont avantageusement reliés entre eux par une conduite passive 86. A titre d'exemple, et en référence à la figure 3, une

5 conduite 86 relie le fond 22, donc le volume passif 52X, du cylindre chaud 2X de l'unité motrice 1A avec le fond 22, donc le volume passif 52X, du cylindre chaud 2X de l'unité motrice 1C, déphasée de 180° avec l'unité 1A. De la même façon, et toujours à titre d'exemple, une conduite 86 relie le fond 22, donc le volume passif 52Y, du cylindre froid 2Y de l'unité motrice

10 1A avec le fond 22, donc le volume passif 52Y, du cylindre froid 2Y de l'unité motrice 1C.

Pour compenser les pertes thermiques dans le fluide inerte, et pour y maintenir la température souhaitée, un réchauffeur 87 est disposé sur chaque conduite passive 86 reliant deux volumes passifs chauds 52X, et un

15 refroidisseur 88 est disposé sur chaque conduite passive 86 reliant deux volumes passifs froids 52Y.

Dans configuration illustrée à la figure 3, le fluide passif peut ainsi circuler d'un volume passif à celui qui y est connecté, tout en étant maintenu à une température et une pression sensiblement constante,

20 n'opposant ainsi qu'une résistance négligeable au fonctionnement du moteur.

La culasse 3 illustre en détail une culasse 3 selon l'invention. La même culasse est vue en coupe à la figure 1. Une telle culasse est prévue pour améliorer le rendement et particulièrement la vitesse de fonctionnement

25 d'un moteur Stirling, notamment mais pas uniquement, des moteurs Stirling décrits aux figures 1 à 3.

La culasse 3 comprend deux parties 31,32. Une première partie forme bouchon 31 et vient fermer le cylindre 2 à l'opposé du fond 22 dudit cylindre. La deuxième partie forme diffuseur 32. Le bouchon de culasse 31

30 et le diffuseur 32 ont tout deux sensiblement une forme de révolution autour de l'axe principal X1. Ils sont en prise périphérique avec la paroi latérale 21 du cylindre 2.

Le bouchon de culasse 31 est percé d'un orifice d'admission 33, axial relativement au cylindre 2, sur lequel vient se brancher, selon que le

35 cylindre 2 est un cylindre froid ou chaud, un conduit de communication 80

ou une conduite active 81, respectivement. Une surface intérieure 34 du bouchon 31 va en s'évasant à mesure où elle s'éloigne de l'orifice 33, selon une forme, en creux, proche de la forme d'un cône.

Le diffuseur 32 comprend une surface extérieure 35, en vis-à-vis de la surface intérieure 34 du bouchon 31, qui forme un relief de sommet 36 qui vient en vis-à-vis de l'orifice 33 du bouchon. La surface extérieure 35 a une forme complémentaire à celle de la surface intérieure 34. Les surfaces 34,35 forment entre elles un espace pour la diffusion du fluide actif lors de son admission dans le cylindre 2 depuis l'orifice d'admission 33.

Le diffuseur comprend en outre des canaux de diffusion 37 régulièrement espacés en périphérie du diffuseur 32. Dans l'exemple illustré, les canaux ont la forme de conduits débouchant de part et d'autre du diffuseur 32, et mettant en communication d'une part l'espace de diffusion, au travers de la paroi extérieure 35 du diffuseur avec d'autre part le volume actif 51, au travers d'une paroi intérieure 38 du diffuseur 32. la paroi intérieure 38 du diffuseur définit entre elle et la tête 41 de piston le volume actif 51. Dans l'exemple illustré, la paroi intérieure 38 est sensiblement plane et perpendiculaire à l'axe principal X1.

Dans l'exemple illustré de culasse 3, chaque canal de diffusion 37 forme avec la direction D1 de l'axe principal X1 un angle A37, de préférence compris entre 10° et 30° . Le nombre de canaux de diffusion est avantageusement compris entre 30 et 50, régulièrement répartis en périphérie du diffuseur.

Une telle disposition de culasse permet de créer le long de la paroi latérale 21 du cylindre 2 un tourbillon avec le fluide actif admis dans le cylindre 2. Cette disposition est particulièrement avantageuse dans le cylindre chaud. Elle permet de rapidement compléter le réchauffement du fluide introduit, si c'est encore nécessaire, et de maintenir ce fluide à température lors de sa détente dans le cylindre. La paroi 21 étant maintenue chaude, elle sert de dispositif de chauffage pour le fluide actif dans le cylindre, et le rapide tourbillon, à l'écoulement particulièrement turbulent, créé par la culasse selon l'invention le long de la paroi 21, permet un échange thermique rapide, qui atténue efficacement l'inertie naturelle des moteurs de type Stirling.

On va maintenant décrire, en référence aux figures 5,6 et 10, deux moteurs selon l'invention, reprenant les dispositions des figures 2 et 3. Dans les deux configurations, le nombre d'unités motrices est doublé par rapport à la représentation schématique des figures 2 et 3, c'est-à-dire qu'il y a huit unités motrices 1A-1D. Chacune est illustrée par un cercle symbolisant un cylindre vu selon son axe principal. Pour chaque unité motrice, il existe une unité jumelle ayant la même phase, les deux formant une paire. Chaque unité motrice est accouplée mécaniquement avec l'unité motrice de la même paire. Un exemple d'accouplement est donné par la figure 10, dans laquelle les tiges 42 des pistons de la paire sont reliées entre elles par une entretoise 44. Cette entretoise 44 permet une liaison sensiblement rigide des deux tiges 42 ce qui a l'avantage d'éviter la rotation d'un piston dans son unité respective et diminue donc les frottements. En outre, l'entraînement d'un arbre moteur par une liaison avec l'entretoise a l'avantage de la symétrie et limite les déformations sur les pistons, et les frottements parasites qui en résultent. L'entretoise et les tiges de pistons forment ainsi une architecture en forme de "H".

L'utilisation de deux unités de volume simple plutôt qu'une seule de volume double a l'avantage de conserver la faible inertie thermique des unités motrices. En effet, notamment en ce qui concerne le transfert thermique le long de la paroi latérale 21 des cylindres 2, il ne varie qu'avec la surface, c'est à dire le carré, alors que le volume du fluide à traiter augmente selon le cube des dimensions des unités motrices. Ceci conduirait donc à une perte d'efficacité du transfert thermique à mesure que l'on augmenterait les dimensions d'une unité. En conséquence, la vitesse du moteur et son efficacité en seraient diminuées.

Dans la configuration de la figure 5, le moteur 10 est symétrique de part et d'autre d'un plan P10, c'est-à-dire qu'il comprend côté à côté, deux ensembles moteurs tels qu'illustré aux figures 2,3, les unités respectives étant accouplées au travers du plan P10.

Dans la configuration de la figure 6, les unités sont disposées "en cercle" autour d'un axe X10, c'est-à-dire que leurs axes principaux sont portés par un cylindre d'axe X10. Chaque paire 1A,1A-1D,1D est disposée à 90° de ses voisines immédiates autour de l'axe X10.

Les figures 7 à 9 décrivent des dispositions particulières pour un régénérateur selon l'invention, particulièrement adapté à l'utilisation dans un moteur Stirling, notamment un de ceux décrits en référence aux figures précédentes. Ainsi, un régénérateur selon l'invention, comprend
5 avantageusement des éléments disposés en formation serrée et aptes à absorber et restituer rapidement la chaleur d'un fluide dans le flux duquel ils sont disposés. Les éléments sont ainsi de préférence choisis métalliques. Dans l'exemple décrit, les éléments sont tous identiques entre eux, de forme allongée, avec une zone centrale sensiblement cylindrique de
10 longueur L_9 et de diamètre D_9 et des extrémités hémisphériques de diamètre D_9 , comme particulièrement illustré à la figure 8, où un élément 9 est représenté de profil.

Les éléments sont avantageusement fabriqués et regroupés sous forme de plaques 91 formant une matrice d'éléments. Ainsi, au coeur de
15 chaque plaque 91 chaque élément est en contact avec quatre de ses voisins, le long de quatre génératrices de sa zone centrale. Un passage pour le fluide est formé entre chaque quatre éléments voisins. Dans le régénérateur 82, les éléments sont disposés de sorte que leur allongement soit parallèle à la direction F de déplacement du fluide dans le générateur.
20 En outre, de nombreuses plaques sont disposées les unes contre les autres, chacune en quinconce avec ses voisines immédiates, comme particulièrement illustré à la figure 9, où les éléments 9 sont vus de face.

On note qu'un bon fonctionnement du régénérateur est obtenu lorsque $L_9 = 1,5 \times D_9$. Les dimensions optimales des éléments varient cependant en
25 fonction du fluide utilisé. Un fluide particulièrement avantageux pour le fonctionnement d'un moteur selon l'invention a un nombre atomique le plus faible possible. L'étanchéité étant plus difficilement maintenue avec de l'hydrogène on préfère utiliser de l'hélium. Ainsi, pour l'hélium, on choisira de préférence D_9 entre 3mm et 4mm et L_9 entre 4,5 et 6mm, en respectant
30 sensiblement la proportion $L_9 = 1,5 \times D_9$.

Bien sûr, l'invention n'est pas limitée aux exemples qui viennent d'être décrits et de nombreux aménagements peuvent être apportés à ces exemples sans sortir du cadre de l'invention.

Ainsi, par exemple, plutôt que des conduits, les canaux de diffusion peuvent être formés à la fois de rainures dans la périphérie du diffuseur et de la paroi latérale du cylindre.

De tels moteurs, peuvent avantageusement être utilisés pour la propulsion de navires, notamment nucléaires. Ils sont notamment utilisés dans des sous-marins, leur mode de fonctionnement silencieux étant particulièrement adapté à une utilisation militaire.

En outre, les moteurs Sterling peuvent être utilisés pour la production d'énergie électrique à partir de combustibles peu nobles, tels que le charbon, les déchets commerciaux et agricoles ainsi que la biomasse, par exemple du bois ou un carburant d'origine végétale. Une telle production est particulièrement adaptée à un domaine de puissance allant de 0,5kWe à 1MWe.

Dans le cas de l'architecture en "H" décrite en référence à la figure 10, celle-ci peut être remplacée par une architecture de moteur en "double U", c'est-à-dire que le cylindre chaud et le cylindre froid d'une même unité motrice ne sont pas liés entre eux par une même tige de piston, une demi-tige de piston y étant affectée à chaque cylindre. Chaque demi-tige de piston est alors reliée à celle du cylindre jumeau de l'unité jumelle par une entretoise respective. L'entretoise reliant les cylindres chauds jumeaux et celle reliant les cylindres froids jumeaux peuvent être reliées entre elles fonctionnellement, directement ou indirectement. Une telle architecture en "double U" permet notamment de séparer plus encore la partie froide de la partie chaude d'un moteur, et limiter ainsi les inconvénients liés aux déformations différentielles entre ces deux parties.

Dans le cas d'une architecture en "H" ou en "double U", il peut aussi être prévu de relier entre elles les tiges des pistons moteurs jumeaux plutôt que celles des pistons déplaceurs.

On notera particulièrement qu'une unité motrice telle qu'illustrée à la figure 1 est adaptée à être utilisée dans des moteurs Stirling de type "Bêta" ou "Gamma".

Les deux cylindres, chaud et froid, d'une même unité motrice ne sont pas nécessairement coaxiaux selon l'axe principal décrit dans les exemples, en référence aux figures. Il peut par exemple être prévu, tout en conservant un déphasage de 180° entre les cylindres d'une même unité,

que ces deux cylindres puissent être disposés selon deux axes distincts, de préférence parallèles. Un dispositif de transmission adapté des efforts et du mouvement peut alors être prévu, en remplacement de la tige de piston rigide, entre les demi pistons respectifs de chacun des cylindres, et les

5 cylindres être disposés côte à côte.

REVENDICATIONS

1. Moteur (10) de type Stirling caractérisé en ce qu'il comprend au
5 moins une paires d'unité motrices (1A,1A-1D,1D) identiques et rigidement
reliées entre elles par un accouplement mécanique (44), chaque unité
motrice comprenant un piston déplaceur (4), éventuellement un piston
moteur (6).
- 10 2. Moteur selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'accouplement
mécanique comprend une entretoise (44) reliant transversalement entre
elles des tiges de piston (42,62) respectives de chacune des unités
motrices d'une même paire.
- 15 3. Moteur selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que chaque
unité motrice (1) comprend un cylindre chaud (2X) pour recevoir un fluide
actif dilaté et un cylindre froid (2Y) pour recevoir un fluide actif contracté,
lesdits cylindres étant coaxiaux et isolés thermiquement l'un de l'autre, et
un double piston (4) comprenant deux têtes (41) prévues pour coulisser
20 sensiblement selon un axe principal (X1) de ladite unité, chacune dans un
cylindre (2) respectif, les deux têtes étant reliées entre elles par une tige
de piston (42), un volume actif (51) pour recevoir le fluide actif étant défini
dans chaque cylindre, entre une culasse (3) et ladite tête de piston
respective, et un volume passif (52) étant défini dans le cylindre, de l'autre
25 côté de ladite tête de piston respective.
4. Moteur selon la revendication 3, caractérisé en ce que l'accouplement
mécanique comprend une entretoise (44) reliant transversalement entre
elles les tiges de piston (42) respectives de chacune des unités motrices
30 d'une même paire.
5. Moteur selon la revendication 3 ou 4, caractérisé en ce que pour au
moins un des cylindres (2X,2Y) l'unité motrice comprend des moyens de
maintien en température d'une paroi latérale (21) d'au moins un cylindre.

6. Moteur selon la revendication 4, caractérisé en ce que la culasse (3) est conçue pour diffuser le fluide actif le long de la paroi latérale (21) à l'intérieur du cylindre et pour former un tourbillon avec le fluide actif.
- 5 7. Moteur selon la revendication 6, caractérisé en ce que la culasse (3) comprend un bouchon (21) et un diffuseur (32) tous deux en prise périphérique avec le cylindre (2), le bouchon étant percé d'un orifice (33) pour l'admission, et éventuellement l'échappement du fluide actif, le diffuseur étant disposé intérieurement au cylindre relativement au bouchon
- 10 et comprenant en outre des canaux de diffusion (37) pour la diffusion du fluide actif admis dans le cylindre, depuis un espace de diffusion formé entre ledit bouchon et ledit diffuseur, jusque dans le volume actif (51) correspondant.
- 15 8. Moteur selon la revendication 7, caractérisé en ce que les canaux de diffusion sont disposés sensiblement parallèlement à, et à proximité de, la paroi latérale (21) et sont inclinés relativement à l'axe principal (X1), de préférence selon un angle (A37) compris entre 10° et 30°.
- 20 9. Moteur selon la revendication 7 ou 8, caractérisé en ce que l'espace de diffusion est formé entre une surface intérieure (34) du bouchon (31) et une surface complémentaire extérieure (35) du diffuseur (32), la surface intérieure (34) allant en s'évasant selon une forme en creux à mesure où elle s'éloigne de l'orifice (33), en concordance avec la surface extérieure
- 25 (35) qui forme un relief de sommet (36) qui vient en vis-à-vis de l'orifice (33) du bouchon.
10. Moteur selon l'une des revendications 3 à 9, caractérisé en ce que la course de chaque tête de piston (41) dans le cylindre correspondant est
- 30 sensiblement égale au diamètre intérieur dudit cylindre.
11. Moteur selon l'une des revendications 1 à 10, caractérisé en ce qu'il comprend plusieurs paires d'unités motrices (1A,1A-1D,1D) régulièrement déphasées entre elles.

12. Moteur selon la revendication 11, caractérisé en ce que pour chaque unité motrice, il existe une conduite active (81) pour la circulation du fluide actif, ladite conduite reliant le cylindre chaud (2X) de ladite chaque unité motrice avec le cylindre froid (2Y) d'une unité motrice en avance de phase sur ladite chaque unité motrice, de préférence en avance de 90°.

13. Moteur selon la revendication 12, caractérisé en ce qu'il comprend sur la conduite active (81), à proximité du cylindre chaud (2X) un réchauffeur (83) prévu pour chauffer le fluide actif avant son admission dans ledit cylindre chaud.

14. Moteur selon la revendication 13, caractérisé en ce qu'il comprend sur la conduite active (81), une dérivation (84) conçue pour éviter le passage du fluide actif dans le réchauffeur, lors de son trajet depuis le cylindre chaud (2X) vers le cylindre froid (2Y).

15. Moteur selon l'une des revendications 12 à 14, caractérisé en ce qu'il comprend sur la conduite active (81), un régénérateur (82) conçu et disposé pour que le fluide actif abandonne une partie de sa chaleur sur son trajet vers le cylindre froid (2Y) et y récupère une partie au moins de ladite chaleur abandonnée, sur son trajet retour vers le cylindre chaud (2X).

16. Moteur selon la revendication 15, caractérisé en ce que le régénérateur comprend des éléments ayant une forme sensiblement allongée selon le sens du trajet du fluide actif, chaque élément ayant une zone centrale sensiblement cylindrique et des extrémités hémisphériques de même diamètre (D9) que la zone centrale.

17. Moteur selon la revendication 16, caractérisé en ce que les éléments sont sensiblement identiques entre eux, en ce que la longueur (L9) de la zone centrale est sensiblement égale à une fois et demi le diamètre (D9) de la zone centrale.

18. Moteur selon la revendication 16 ou 17, caractérisé en ce que les éléments sont rangés en couches successives transversales au trajet du fluide actif, chaque couche étant en quinconces relativement à ses voisines.

5

19. Moteur selon l'une des revendications 11 à 18, caractérisé en ce que pour chaque unité motrice, il existe une conduite passive (86) pour la circulation d'un fluide passif entre un volume passif (52) d'un cylindre chaud (2X) ou froid (2Y) de ladite chaque unité motrice avec un volume passif (52) d'un cylindre chaud (2X) ou froid (2Y) respectivement d'une
10 autre unité motrice déphasée de 180° avec ladite chaque unité motrice.

20. Moteur selon la revendication 19, caractérisé en ce qu'il comprend sur la conduite passive (86) un réchauffeur (87) et/ou un refroidisseur (88)
15 respectivement prévus pour maintenir la température du fluide passif.

21. Moteur selon la revendication 19 ou 20, qu'il comprend des moyens pour maintenir, dans un cylindre, le fluide passif à une pression moyenne du fluide actif dans le même cylindre.

20

22. Moteur selon l'une des revendications 1 à 21, caractérisé en ce qu'il comprend un plan de symétrie (P10), chaque unité motrice d'une même paire étant disposée symétriquement à l'autre unité de la même paire relativement audit plan de symétrie.

25

23. Moteur selon la revendication 11, caractérisé en ce que les unités motrices sont disposées selon un cercle.

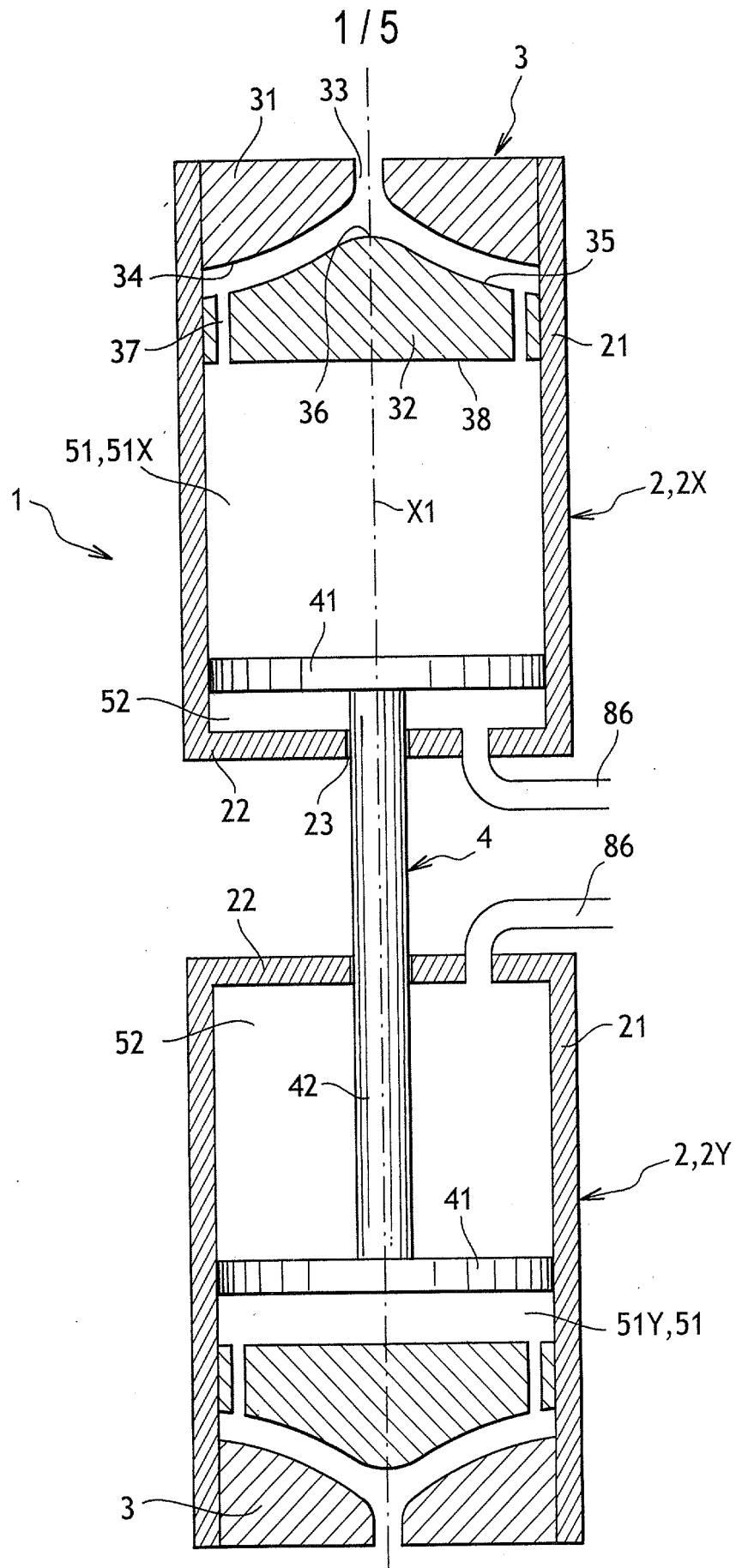
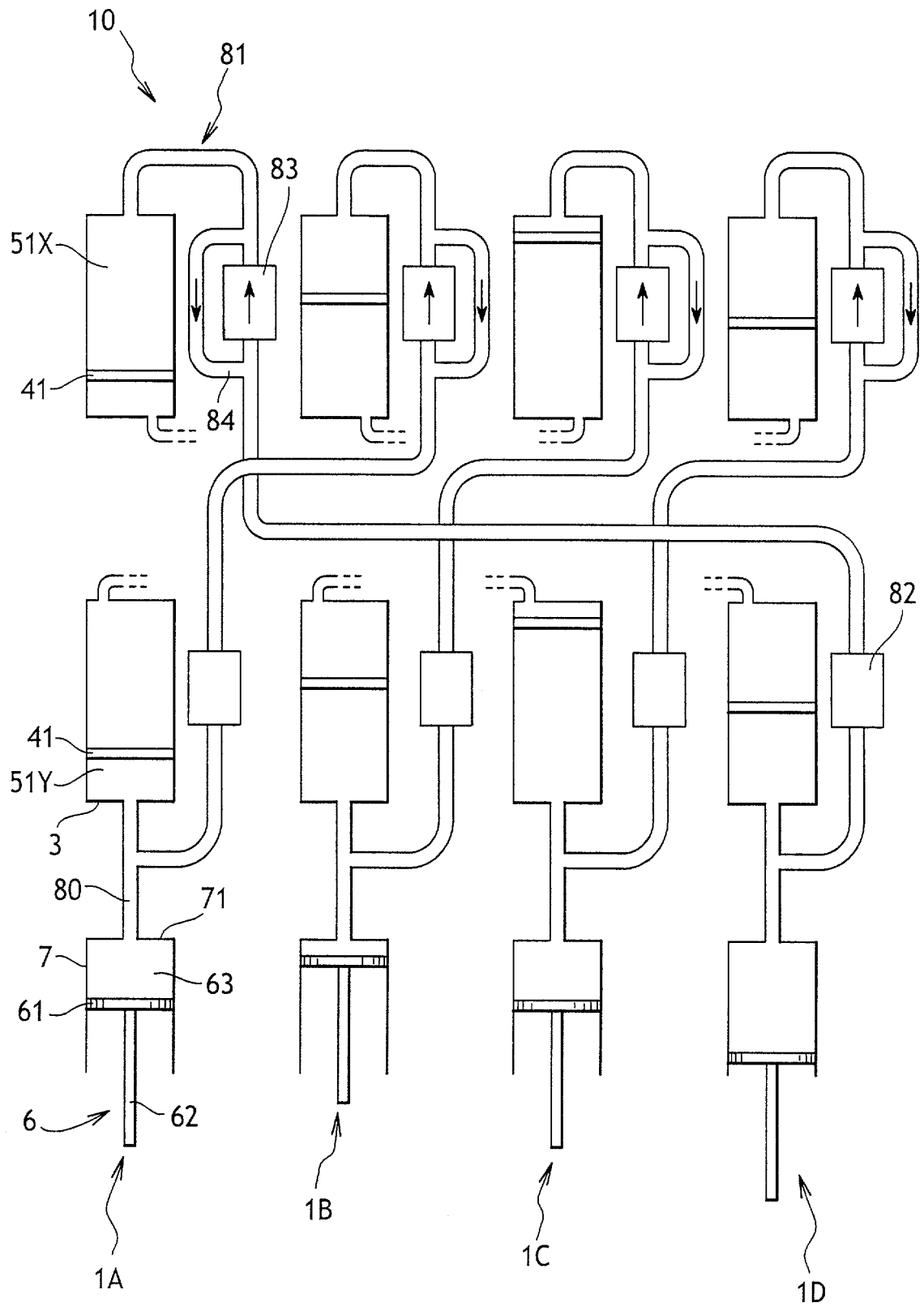


FIG.1

2/5

FIG.2

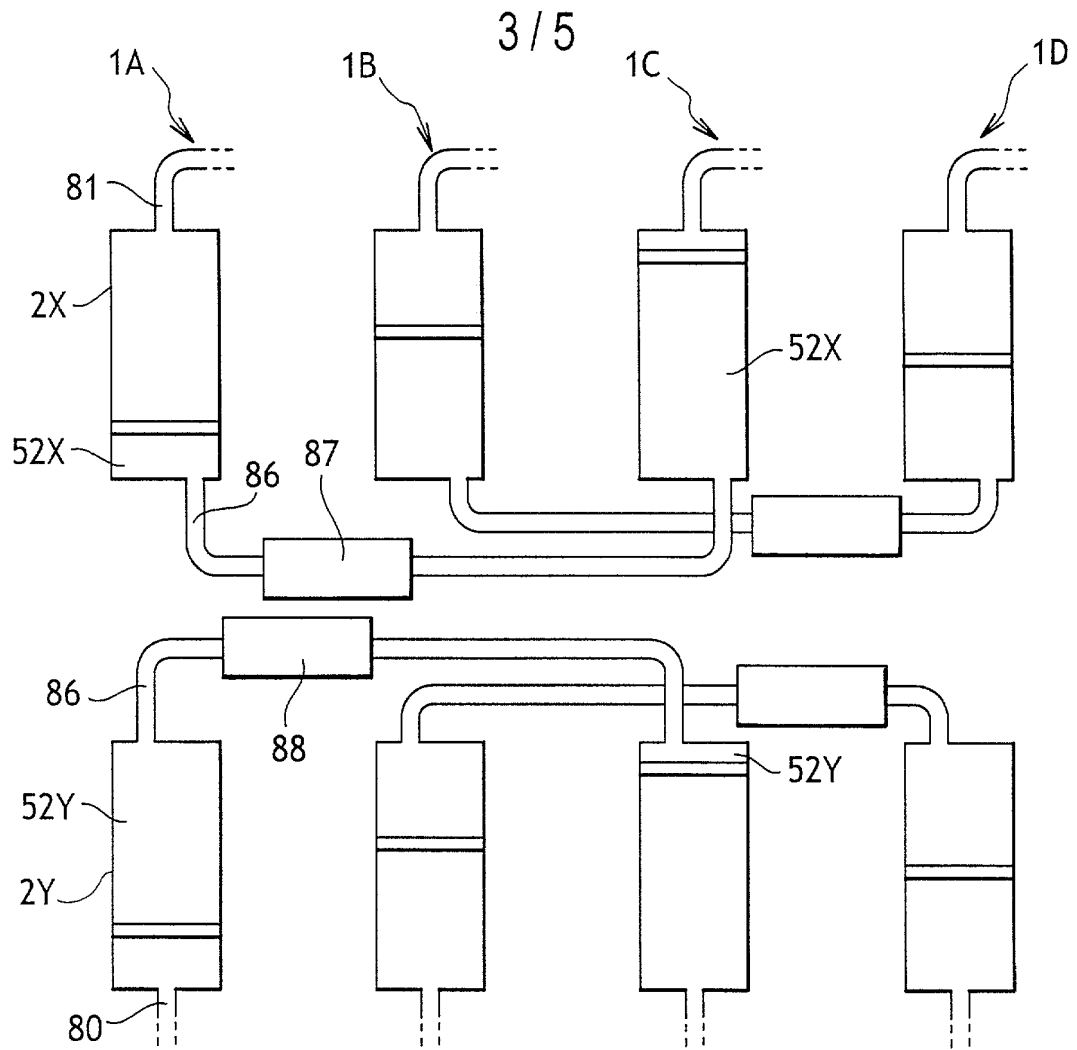


FIG.3

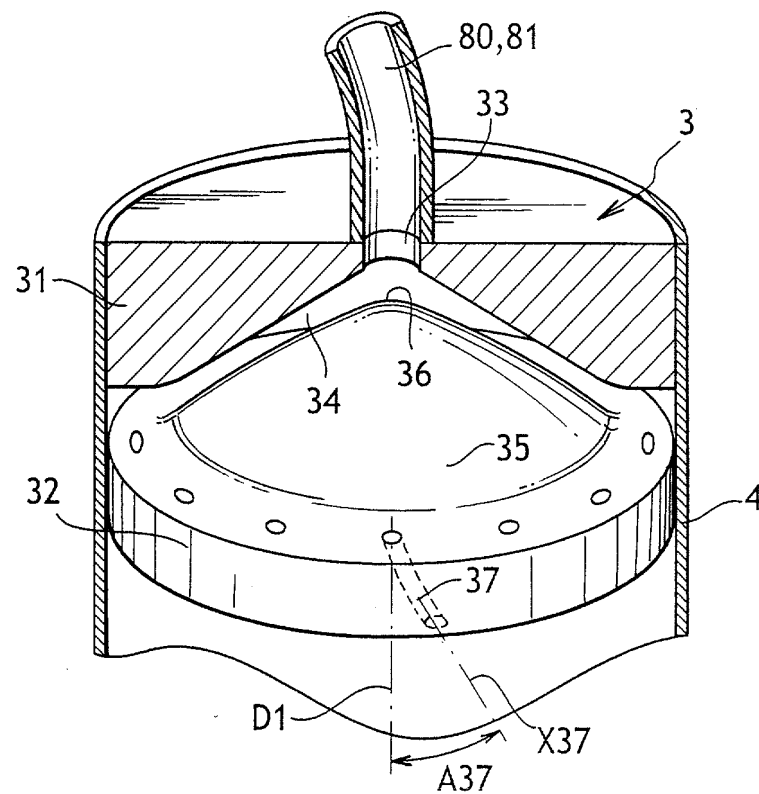
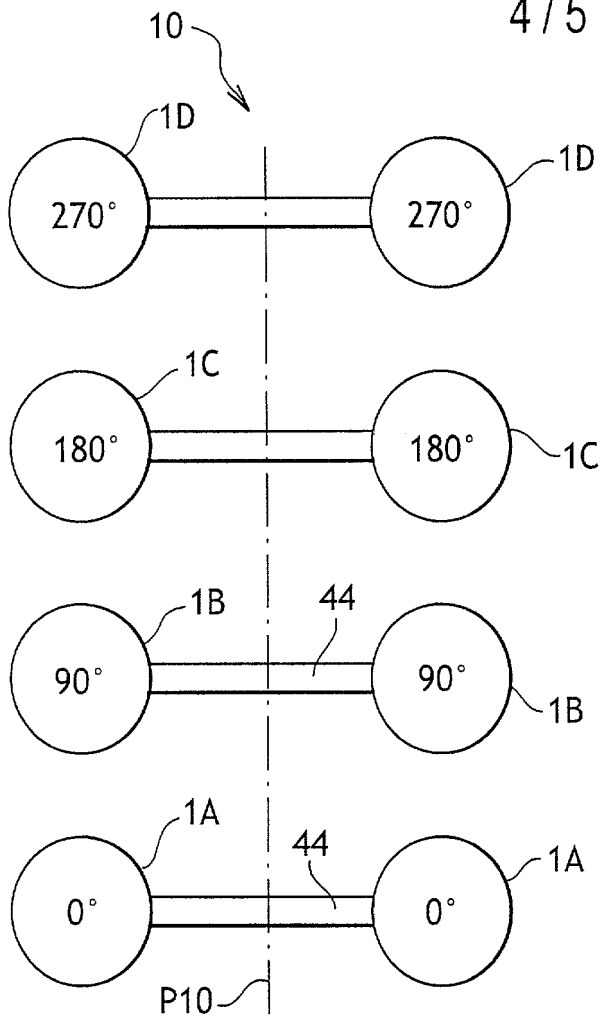
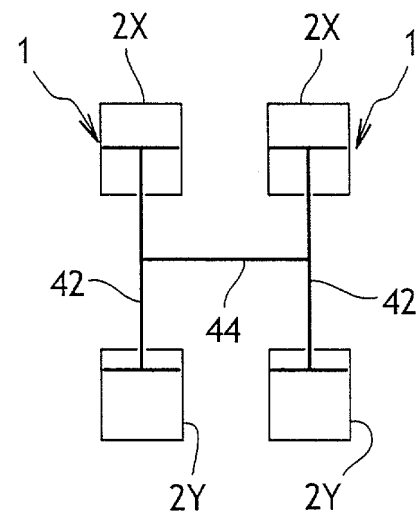
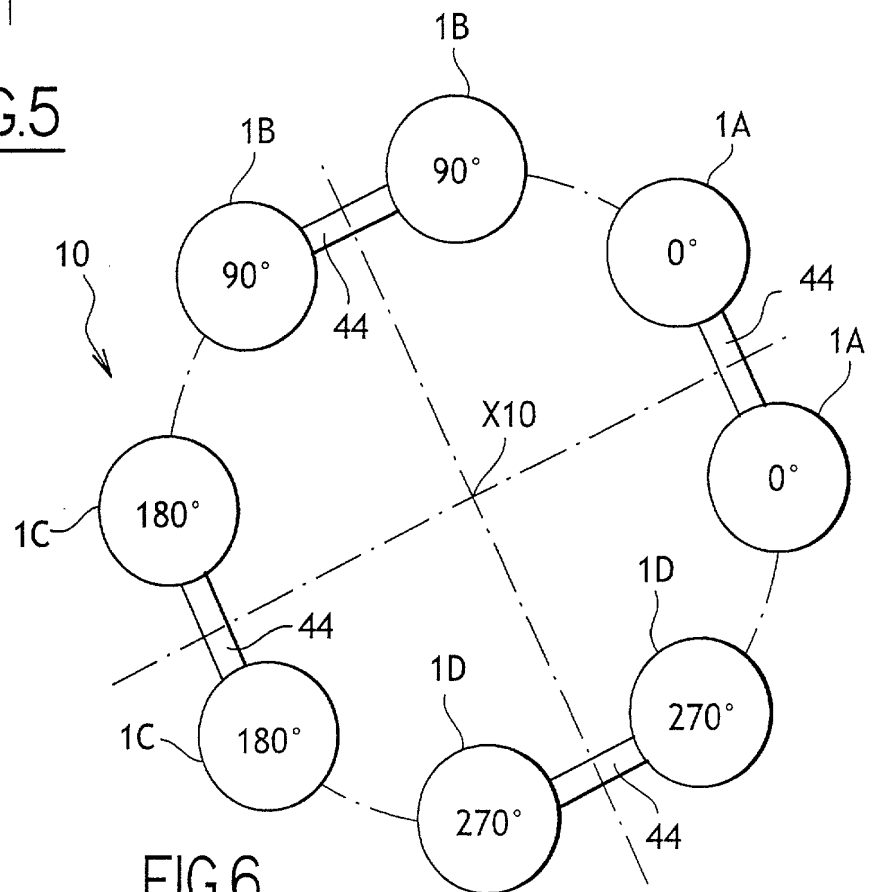
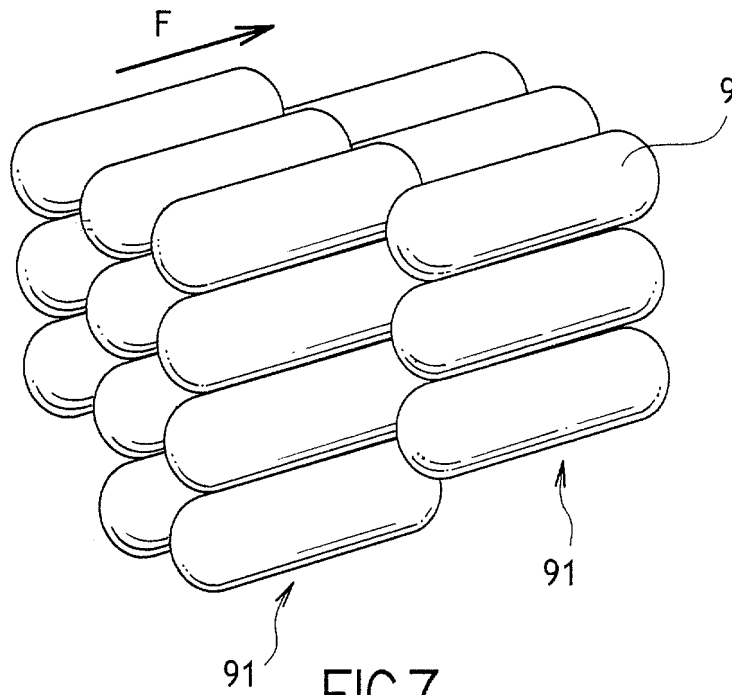
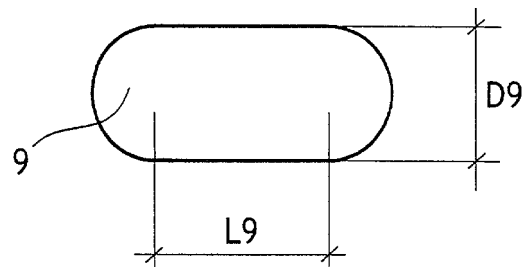
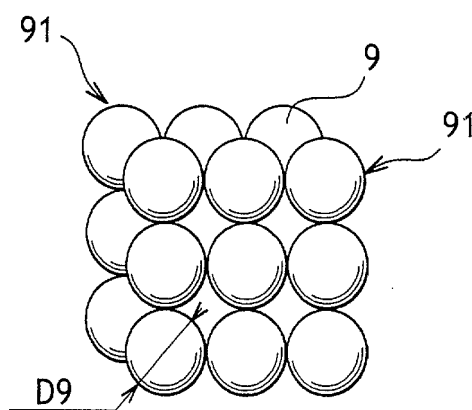


FIG.4

4/5

FIG. 5FIG. 10FIG. 6

5/5

FIG. 7FIG. 8FIG. 9



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

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

N° d'enregistrement
national

FA 693747
FR 0701714

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	US 4 524 583 A (SCHEIBENGRABER KARL J [US]) 25 juin 1985 (1985-06-25)	1,2, 11-13, 15,22 23 23	F02G1/044
Y	* le document en entier *		
Y	JP 61 247845 A (SANDEN CORP) 5 novembre 1986 (1986-11-05) * abrégé *		
A	GB 2 194 596 A (SECR DEFENCE) 9 mars 1988 (1988-03-09)		
A	US 4 497 174 A (LUNDSTROEM LENNART [SE]) 5 février 1985 (1985-02-05)		
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			F02G
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
7 janvier 2008		von Arx, Hans	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0701714 FA 693747

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **07-01-2008**

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 4524583 A	25-06-1985	AUCUN	
JP 61247845 A	05-11-1986	AUCUN	
GB 2194596 A	09-03-1988	AUCUN	
US 4497174 A	05-02-1985	AUCUN	