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

(19) Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle
Bureau international

(43) Date de la publication internationale
29 décembre 2016 (29.12.2016)

WIPO | PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2016/207418 A1

(51) Classification internationale des brevets :
*F01C 1/063* (2006.01) *F04C 23/00* (2006.01)
*F01C 11/00* (2006.01) *F04C 29/00* (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/EP2016/064790

(22) Date de dépôt international :
27 juin 2016 (27.06.2016)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
1555980 26 juin 2015 (26.06.2015) FR

(71) Déposant : **VALEO SYSTEMES THERMIQUES** [FR/FR]; 8 rue Louis Lormand, La Verrière, 78320 Le Mesnil Saint Denis (FR).

(72) Inventeurs : **GORMAT, Abdelaziz**; 33 place de l'Esterel, 34090 Montpellier (FR). **TONDELLI, Stéphane**; 6, impasse des Jonquilles, 78870 Bailly (FR). **MARTINS, Carlos**; 36 rue Jean Duplessis, 78150 Le Chesnay (FR). **DROULEZ, Eric**; 62 rue des Moulineaux, 92150 Suresnes (FR). **GESSIER, Bertrand**; 3, allée du Prieuré, 78490 Montfort L'amaury (FR).

(74) Mandataire : **NEUVIALE, Bertrand**; Valeo Systemes Thermiques, Propriété Industrielle, 8 rue Louis Lormand, La Verrière, 78320 Le Mesnil Saint-Denis (FR).

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

(84) États désignés *(sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible)* : ARIPO (BW, GH,

*[Suite sur la page suivante]*

(54) **Title** : DEVICE FOR FASTENING PISTONS FOR A COMPRESSION/EXPANSION MACHINE

(54) **Titre** : DISPOSITIF DE FIXATION DE PISTONS POUR MACHINE DE COMPRESSION ET DE DÉTENTE

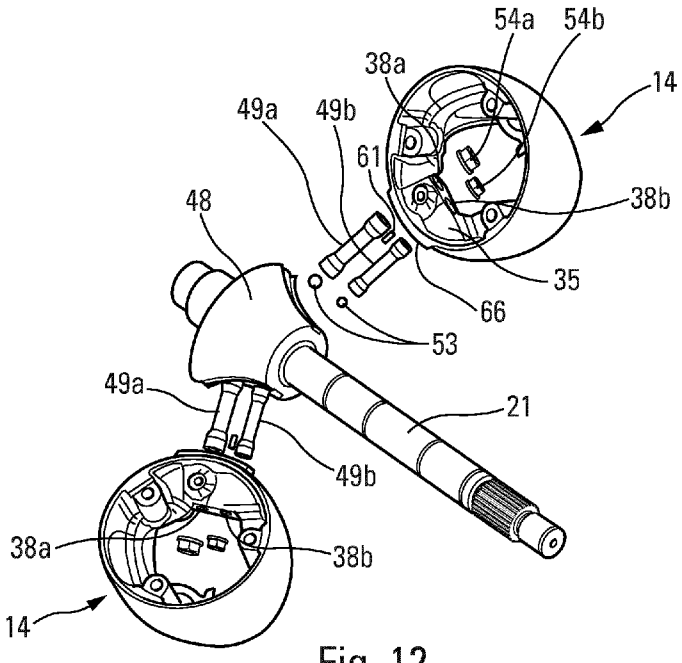



Fig. 12

(57) **Abstract** : Disclosed is a device for fastening at least one piston to a shaft of a compression/expansion machine, said piston having the shape of a truncated torus, and the shaft being cylindrical. The disclosed device is characterized in that it comprises an intermediate piece that is secured to the shaft, the piston consisting of a hollow member, the inner volume of which is accessible and accommodates means for fastening the piston to the intermediate piece.

(57) **Abrégé** : Dispositif de fixation d'au moins un piston à un arbre d'une machine de compression et de détente, le dit piston ayant une forme de portion de tore, le dit arbre étant cylindrique. Ce dispositif se caractérise en ce qu'il comporte une pièce intermédiaire solidaire de l'arbre, le piston se composant d'un corps creux dont le volume intérieur est accessible et loge des moyens de fixation du piston à la pièce intermédiaire.

WO 2016/207418 A1

GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Publiée** :

— *avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))*

— *avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues (règle 48.2.h))*

# Dispositif de fixation de pistons pour machine de compression et de détente

## Domaine de l'invention

L'invention concerne une machine de compression et de détente de type ciseaux destinée à être utilisée, en particulier, dans un système de récupération d'énergie thermique, faisant travailler un fluide pour valoriser les pertes thermiques d'un moteur, par exemple à l'échappement ou sur toute autre source chaude.

Plusieurs types de systèmes utilisant un fluide de travail chauffé par cette source chaude ont été envisagés. Dans tous les cas, le fluide effectue un cycle au cours duquel il doit être pompé ou comprimé pour entrer dans un échangeur avant de pouvoir, ensuite, fournir de l'énergie mécanique par une détente.

## Etat de la technique

Ce type de machine de compression et de détente, appelée communément machine ciseaux, comporte classiquement un carter avec au moins une chambre de révolution autour d'un axe de symétrie et divisant la chambre en cellules tournant avec les pistons. La forme de la machine ciseaux peut être toroïdale. Dans ce cas, les pistons seront sous forme de portions de tore. La forme toroïdale est compacte, et permet de prévoir des segments d'étanchéité de forme simple, cylindrique, sur les côtés des pistons, afin de garantir l'étanchéité de la machine et de réduire les frottement entre les pistons et le carter.

La machine comporte en outre un dispositif de coordination du mouvement desdits pistons configuré pour que, lors d'un tour de rotation, chaque cellule effectue au moins un premier cycle d'expansion/contraction correspondant à une étape de compression d'un premier flux de gaz passant par cette cellule et au moins au deuxième cycle d'expansion/contraction correspondant à une étape de détente d'un deuxième flux de gaz passant par cette cellule.

Pour se faire, un premier arbre est relié à une première paire de pistons, et un deuxième arbre est relié à une deuxième paire de pistons, les deux arbres ayant un mouvement relatif l'un par rapport à l'autre et étant coaxiaux selon un axe X.

Ces deux paires de pistons permettent aux cellules de la chambre de travail d'effectuer un nombre pair de cycles d'expansion/contraction lors d'un tour de rotation. Les pistons de chaque paire ont un mouvement solidaire et sont, par exemple, diamétralement opposés.

Le fait que les deux arbres aient un mouvement relatif l'un par rapport à l'autre permet de faire varier le volume des cellules tournantes pour que d'un côté, la diminution du volume s'apparente à une phase de contraction / compression, tandis que de l'autre côté l'augmentation du volume de la cellule constitue une phase d'expansion / détente.

Dans d'autres termes, le rapprochement des pistons permet de comprimer le premier flux de gaz, et l'énergie de l'explosion pousse les pistons à s'écarter l'un de l'autre dans la phase de détente du deuxième flux de gaz.

Dans le cadre de la récupération d'énergie, la machine présente des ouvertures vers l'extérieur, plus particulièrement pour l'admission du premier flux de gaz, pour l'envoi du premier flux de gaz comprimé vers l'échangeur, pour l'aspiration du second flux de gaz en provenance de l'échangeur, et pour le refoulement du second flux de gaz détendu.

Dans ce type d'utilisation, les façades latérales des pistons subissent de fortes contraintes de température et de pression, notamment lors des phases de compression et de détente des gaz, puisqu'elles sont directement en contact avec les gaz.

Dans une moindre mesure, les parois périphériques des pistons subissent également des contraintes de température et de pression, uniquement lors de leur passage devant les deux ouvertures vers l'échangeur où elles se trouvent en contact avec les gaz chauds sous pression.

Les contraintes de température et de pression n'étant pas les mêmes sur toutes les surfaces du piston, ces dernières ne sont pas sollicitées de la même manière. Le piston étant généralement réalisé en une seule pièce, le matériau utilisé pour l'ensemble des surfaces du piston est celui qui résiste à la contrainte la plus sévère. Les pistons doivent donc être conçus dans des matériaux ayant des caractéristiques de robustesse comme l'acier et la fonte. Le piston consiste ainsi un élément uni-matériau et coûteux au sein de la machine.

De plus, ces types de matériaux robustes présentent des masses importantes. Les pistons traditionnels présentent ainsi une masse importante puisqu'ils sont généralement conçus en une seule pièce, pleine. Or l'inertie des pistons, lors de leur rotation au sein de la machine, entraîne une diminution des performances de la machine. Ces pertes énergétiques sont importantes et inappropriées pour un système de récupération d'énergie.

Dans le mode de réalisation où le piston est conçu en une seule pièce, la fixation entre le piston et l'arbre est réalisée via l'extérieur du piston, soit de façon permanente par soudage, soit via une fixation externe démontable.

La fixation par soudage présente l'inconvénient de ne pas être démontable, et pose problème pour les opérations de maintenance de la machine.

La fixation externe démontable est quant à elle encombrante vu le petit espace disponible dans la chambre, et compliquée de mise en œuvre. De plus, sa tenue mécanique n'est souvent pas suffisante à long terme.

Dans les deux cas, la fixation entre le piston et l'arbre n'est pas évidente puisque la zone d'ancrage varie angulairement, l'arbre étant cylindrique, et le pistons ayant une forme de portion de tore. De plus, les couples à transmettre sont importants, et la fixation doit donc être suffisamment solide pour pouvoir passer ces couples.

L'objectif de la présente invention est de proposer un dispositif de fixation entre un piston et un arbre d'une machine ciseaux de forme toroïdale, qui remédie aux différents inconvénients précités.

**Résumé de l'invention**

A cet effet, l'invention concerne un dispositif de fixation d'au moins un piston à un arbre d'une machine de compression et de détente, ledit piston ayant une forme de portion de tore, ledit arbre étant cylindrique.

Ce dispositif se caractérise à titre principal en ce qu'il comporte une pièce intermédiaire solidaire de l'arbre, le piston se composant d'un corps creux dont le volume intérieur est accessible et loge des moyens de fixation du piston à la pièce intermédiaire.

Ainsi, à la différence d'un piston plein dans lequel est éventuellement pratiqué un fraisage pour alléger son poids, le piston selon l'invention est une pièce fermée et creuse, délimitée par différentes parois. Il s'agit donc d'une pièce légère, qui peut être fabriquée avec des techniques différentes. Puisque le piston est creux, il est donc possible d'utiliser son volume intérieur pour y prévoir des moyens de fixation à l'arbre auquel il est relié. Ces moyens de fixation seront donc cachés à l'intérieur du piston, faciles d'accès, et n'empièteront pas sur le volume des cellules.

Le fait d'avoir une pièce intermédiaire permet de faciliter et de rigidifier la fixation du piston sur l'arbre. Cette pièce intermédiaire joue le rôle d'adaptateur entre le piston et l'arbre.

Selon différents modes de réalisation de l'invention qui pourront être pris ensemble ou séparément :

- la surface extérieure de la pièce intermédiaire épouse la forme torique du piston et est bordée par deux extrémités : ainsi la pièce intermédiaire s'adapte à la courbure du piston.
- la surface extérieure de la pièce intermédiaire est convexe, l'épaisseur de la pièce intermédiaire augmentant d'une extrémité à l'autre : la surface extérieure de la

pièce intermédiaire suit donc le profil de courbure du piston, qui lui est concave, et vient au contact d'une partie du piston décalée par rapport à la région centrale périphérique du piston, d'où la nécessité d'adapter l'épaisseur de la pièce intermédiaire de façon à ce qu'elle reste constamment au contact du piston.

- les moyens de fixation du piston à la pièce intermédiaire sont dissymétriques : cela permet d'augmenter la tenue mécanique du piston sur la pièce intermédiaire, et de passer plus de couple.
- le piston présente une zone extérieure d'ancrage mâle apte à se loger dans une zone extérieure d'ancrage femelle de la pièce intermédiaire : les zones d'ancrage ont des formes correspondantes. Cela permet de mettre en position le piston sur la pièce intermédiaire, et d'avoir une liaison étanche entre le piston et la pièce intermédiaire, et a fortiori entre le piston et l'arbre. Les éventuelles zones de fuite entre les zones d'ancrage mâle et femelle, dues au jeu entre le piston et la pièce intermédiaire, sont obstruées, par exemple par de la colle ou une pâte à joint.
- la zone d'ancrage femelle consiste en une rainure s'étendant sur au moins une partie entre des extrémités de la pièce intermédiaire ;
- la pièce intermédiaire est décalée axialement par rapport à l'intersection entre l'axe de l'arbre et l'axe de symétrie du piston en position montée sur l'arbre, d'où l'augmentation de l'épaisseur de la pièce intermédiaire pour rattraper ce décalage.
- La zone d'ancrage femelle s'élargit progressivement en direction de l'extrémité présentant la plus grande épaisseur ;
- la zone d'ancrage femelle comporte deux orifices de diamètres différents alignés selon l'axe longitudinal de la rainure, l'orifice de plus grand diamètre étant disposé au voisinage de l'extrémité présentant la plus grande épaisseur, l'orifice de plus petit diamètre étant disposé au voisinage de l'extrémité présentant la plus petite épaisseur : en effet, plus la largeur de la rainure est importante, plus le diamètre de l'orifice pourra être grand, puisqu'il doit être contenu dans la largeur de la rainure.
- le piston présente un renflement intérieur dans lequel sont pratiqués deux orifices de diamètres différents débouchant à l'extérieur du piston et dont les axes sont inscrits dans un plan de symétrie du piston contenant un diamètre du tore, ces orifices étant disposés en correspondance avec les orifices pratiqués dans la pièce intermédiaire et étant de même dimension.
- la fixation est réalisée au moyen de deux goujons de diamètres différents insérés d'une part dans les orifices du piston et d'autre part dans les orifices de la pièce intermédiaire, des écrous de serrage étant prévus pour chacun de ces goujons à

l'intérieur du piston : cette fixation est donc démontable, et accessible depuis l'intérieur du piston. La combinaison de goujons de différents diamètres permet de passer plus de couple lors de la rotation du piston, sans rompre la liaison piston/arbre. Une fixation au moyen de deux goujons de diamètre identique aurait une moins bonne tenue mécanique, car les deux goujons auraient un petit diamètre correspondant au diamètre du plus petit orifice du piston et de la pièce intermédiaire.

- dans chaque orifice de la pièce intermédiaire est insérée une bille avant l'introduction du goujon : ces billes permettent d'augmenter la tenue de la liaison mécanique et de faire passer un maximum de couple.
- le dispositif comporte des moyens de mise en position de la zone extérieure d'ancrage mâle du piston dans la zone extérieure d'ancrage femelle de la pièce intermédiaire : cela permet de positionner correctement le piston sur la pièce intermédiaire avant de procéder à sa fixation.
- lesdits moyens de mise en position consistent en un pion dont une première extrémité est apte à venir s'introduire dans un trou prévu à cet effet dans la zone d'ancrage femelle de la pièce intermédiaire, et dont une seconde extrémité est apte à venir s'introduire dans un trou prévu à cet effet dans la zone d'ancrage mâle du piston.
- pour la fixation de deux pistons, la pièce intermédiaire consiste en une pièce de révolution entourant un tronçon cylindrique de l'arbre, et comportant deux zones extérieures d'ancrage femelle diamétralement opposées : ceci permet d'avoir des pistons diamétralement opposés sur l'arbre et d'équilibrer les poids.
- la pièce intermédiaire et l'arbre sont formées d'un seul tenant : dans ce cas, la pièce intermédiaire fait partie de l'arbre, et correspond simplement à un tronçon où le diamètre de l'arbre varie, qui est usiné lors de l'usinage de l'arbre.

L'invention concerne également une machine de compression et de détente comportant un carter avec au moins une chambre de révolution autour d'un axe de symétrie concentrique avec deux arbres de rotation comportant chacun une paire de pistons divisant la chambre en cellules tournant avec les pistons, et comportant également, pour chaque arbre, un dispositif de fixation des pistons à l'arbre tel que décrit précédemment, lesdits deux dispositifs de fixation étant disposés côte à côte et symétriquement l'un par rapport à l'autre.

De préférence, pour pouvoir intégrer le dispositif de fixation selon l'invention, chaque piston se compose d'un corps fermé et creux présentant un plan de symétrie, et comprenant :

- une paroi périphérique centrale définissant un volume intérieur et présentant deux ouvertures latérales opposées par rapport au plan de symétrie ;

- deux façades latérales montées de part et d'autre du plan de symétrie sur la paroi périphérique centrale et fermant lesdites ouvertures latérales.

Voici différents modes de réalisation du piston qui pourront être pris ensemble ou séparément :

- la paroi périphérique consiste en une portion de tore : la chambre de travail dans laquelle circule le piston a donc une forme générale toroïdale.
- chaque façade latérale consiste en un tronçon cylindrique de faible épaisseur : les façades sont donc découpées de manière à ce que leur plan médian passe par l'axe central du tore formant la chambre dans laquelle circulent les pistons. Cette forme cylindrique facilite la réalisation des façades.
- les façades latérales sont assemblées à la paroi périphérique de façon permanente, et sont donc non démontables : cet assemblage est par exemple réalisé par soudure, ou frettage.
- au moins une façade latérale est démontable par rapport à la paroi périphérique : cela présente l'avantage d'avoir facilement accès à l'intérieur du piston pour son montage sur l'arbre, ainsi que pour des opérations de maintenance de manière générale, et surtout lorsqu'il est nécessaire de changer une façade latérale défectueuse. Dans ce cas, il n'est donc plus nécessaire de changer le piston en entier. Seule la paroi latérale sera changée. Par exemple, les façades latérales sont vissées à la paroi périphérique.
- les deux façades latérales sont identiques : elles sont utilisées de façon symétrique sur le piston. Ainsi, toutes les formes gauche/droite nécessaires sont pré-usinées sur chaque façade, de telle sorte à n'avoir qu'une seule référence, et à pouvoir utiliser chaque façade aussi bien pour le côté droit que pour le côté gauche lors de l'assemblage du piston.
- chaque façade latérale consiste en une unique pièce.
- chaque façade latérale présente une gorge circulaire apte à accueillir un segment d'étanchéité associé ou non à un ressort : cette forme circulaire facilite la réalisation de la gorge dans la façade. De plus, cette gorge est parallèle à la surface externe de la façade. Puisque la gorge est réalisée dans la façade latérale, il n'est désormais plus nécessaire de démonter et déposer les pistons de l'arbre, seul le démontage de la façade latérale est nécessaire. De façon avantageuse, le montage /démontage des segments s'effectue sur la façade latérale avant qu'elle ne soit montée sur la paroi périphérique, ce qui permet un

montage/démontage plus aisé des segments (et des ressorts si nécessaire), et limite ainsi les cassures.

- chaque façade latérale présente au moins une encoche pratiquée dans le fond de la gorge et dans laquelle vient se loger une patte prévue à cet effet sur le segment : cela permet d'indexer le segment par rapport à la façade latérale, et de bloquer la rotation du segment.
- chaque façade latérale consiste en un assemblage de plusieurs pièces : cela permet de monter les segments sans avoir à les ouvrir. Cette variante est adoptée pour les matériaux ayant un risque élevé de cassure lors du montage.
- chaque façade latérale se compose d'un disque externe et d'une bague interne apte à venir se positionner contre le pourtour de l'ouverture correspondante définie par la paroi périphérique, un segment d'étanchéité associé à un ressort étant intercalé entre le disque externe et la bague interne : dans ce cas, un dispositif anti-rotation du segment est prévu à l'extérieur de la façade via une goupille ou un épaulement.
- la paroi périphérique présente au moins un renflement intérieur doté d'au moins deux orifices filetés débouchant chacun au niveau d'une ouverture latérale, et chaque façade latérale présente au moins un orifice positionné en vis-à-vis d'un orifice fileté de la paroi périphérique, l'assemblage de la façade sur la paroi étant réalisé au moyen de vis de fixation pénétrant successivement par les orifices correspondants de la façade latérale et de la paroi périphérique.
- pour chaque façade latérale, il existe des moyens d'indexation pour la mise en position de la façade latérale sur la paroi périphérique : ces moyens d'indexation facilitent la mise en position.
- pour chaque façade latérale, lesdits moyens d'indexation consistent en au moins un trou non débouchant pratiqué dans la façade latérale au niveau de la face dirigée vers l'intérieur du piston, ledit trou étant apte à coopérer avec un pion saillant depuis un renflement intérieur de la paroi périphérique et s'étendant en direction de la façade latérale.
- un joint d'étanchéité est positionné entre chaque façade latérale et la paroi périphérique.
- une étanchéité est également assurée, via des joints, entre les vis de fixation et les façades latérales.

**Présentation des figures**

L'invention sera mieux comprise, et d'autres buts, détails, caractéristiques et avantages de celle-ci apparaîtront plus clairement au cours de la description explicative détaillée qui va suivre, d'au moins un mode de réalisation de l'invention donné à titre d'exemple purement illustratif et non limitatif, en référence aux dessins schématiques annexés.

Sur ces dessins :

- la figure 1 présente schématiquement l'installation d'un système selon l'invention pour valoriser l'énergie des gaz d'échappement d'un moteur thermique ;
- la figure 2 présente schématiquement le fonctionnement d'une machine ciseaux à pistons selon l'invention dans un système de récupération d'énergie ;
- la figure 3 montre une paire de pistons associée à un arbre de la machine ciseaux selon l'invention ;
- les figures 4a et 4b montrent deux paires de pistons associées à deux arbres de la machine ciseaux selon l'invention ;
- la figure 5 est une vue éclatée d'un piston selon un premier mode de réalisation ;
- la figure 6 montre la première paire de pistons avec l'un des pistons en vue éclatée, selon le premier mode de réalisation ;
- la figure 7 représente la face externe d'une façade latérale d'un piston, selon le premier mode de réalisation ;
- la figure 8 représente la face interne d'une façade latérale d'un piston, selon le premier mode de réalisation ;
- la figure 9 montre le profil d'une façade latérale d'un piston, selon le premier mode de réalisation ;
- la figure 10 est une vue agrandie d'un dispositif anti-rotation d'un segment emboîté dans une façade latérale d'un piston, selon le premier mode de réalisation ;
- la figure 11 est une vue éclatée d'un piston selon un second mode de réalisation ;
- la figure 12 illustre le dispositif de fixation entre les pistons et l'arbre auquel ils sont reliés, selon l'invention ;
- les figures 13 à15 représentent en perspective la zone d'ancrage femelle au niveau d'un arbre pour la fixation du piston ;
- la figure 16 montre la zone d'ancrage mâle au niveau du piston ;
- la figure 17 illustre le jeu présent entre les zones d'ancrage mâle et femelle.

**Description détaillée**

L'invention concerne un dispositif de fixation des pistons sur des arbres prévus pour une machine rotative à pistons de type ciseaux conçue pour être utilisée dans un système de récupération d'énergie en faisant travailler un fluide suivant un cycle comprenant les étapes d'admission, compression, chauffage puis de détente, échappement, comme cela été exposé précédemment. L'exemple de réalisation de l'invention est présenté dans le cadre d'une intégration sur un véhicule automobile propulsé par un moteur thermique, pour valoriser l'énergie dissipée par les gaz d'échappement. Cependant, le déposant n'entend pas limiter la portée de son invention à ce cadre car il est facile de transposer le type de source de chaleur ou d'énergie récupérée à d'autres installations.

Le système schématiquement présenté en exemple sur la figure 1 utilise de l'air comme fluide de travail, avec un cycle ouvert. L'air est aspiré à condition atmosphérique ambiante avant compression puis rejeté dans l'atmosphère après la détente. Ce choix est avantageux en termes d'intégration sur un véhicule mais il n'exclut pas le choix d'un cycle fermé, avec refroidissement du fluide de travail dans d'autres installations.

Le système décrit en exemple comporte ici :

- une source chaude constituée par les gaz d'échappement circulant dans la ligne d'échappement 1 en provenance du moteur thermique 2 ;
- un échangeur de chaleur 3 entre ces gaz d'échappement et l'air, placé sur la ligne d'échappement 1 ;
- une machine 4 de compression et détente, effectuant d'une part la compression de l'air allant dans l'échangeur 3, d'autre part la détente de l'air chaud sortant de l'échangeur 3 ;
- des conduites 5 pour faire circuler l'air comprimé de la machine 4 vers l'échangeur 3 et des conduites 6 pour renvoyer l'air chauffé dans l'échangeur 3 vers la machine 4 ;
- des conduites 7 pour aspirer l'air ambiant vers la machine 4 et des conduites 8 pour rejeter l'air ayant travaillé vers l'atmosphère ;
- un système 9 d'entraînement et de récupération d'énergie.

Dans le mode de réalisation présenté sur la figure le système 9 d'entraînement et de récupération d'énergie est un moyen de transmission mécanique entre l'axe 10 de la machine 4 de compression et de détente et l'arbre 11 du moteur entraînant le véhicule, destiné à récupérer le supplément de couple apporté par l'axe 10. Dans une variante, ce système 9 peut être un moteur électrique relié à l'axe 10 de la machine 4, destiné à fonctionner en générateur sous l'action de l'axe 10.

En référence à la figure 2, la machine 4 ciseaux à pistons comprend un carter 12a formant une chambre 12 cylindrique de section transversale circulaire autour d'un axe Y.

Le carter 12a comporte quatre lumières formant des ouvertures 16, 17, 18, 19 dans la chambre 12. En tournant dans le sens contraire des aiguilles d'une montre (sens antihoraire) :

- une première ouverture 16 est située en bas et est destinée à être reliée à la conduite 7 aspirant l'air ambiant,
- une deuxième ouverture 17 est située en haut, sensiblement à la verticale de la première ouverture 16, et est destinée à être reliée à la conduite 5 envoyant l'air dans l'échangeur 3,
- une troisième ouverture 18 est située également en haut, proche de la deuxième ouverture 17, et est destinée à être reliée à la conduite 6 amenant l'air sortant de l'échangeur 3,
- une quatrième ouverture 19 est située en bas, sensiblement à la verticale de la troisième ouverture 18 et proche de la première ouverture 16, et est destinée à être reliée à la conduite 8 rejetant l'air dans l'atmosphère.

Quatre pistons 14a, 14b, 14c, 14d tournant autour de l'axe Y sont installés à l'intérieur de la chambre 12. Ils sont configurés pour occuper chacun une portion de secteur angulaire d'angle donné entre la paroi cylindrique extérieure de la chambre 12 et une surface cylindrique intérieure 13 de section transversale à l'axe de rotation Y circulaire.

Ces pistons 14 sont groupés en deux paires de pistons diamétralement opposés. Les pistons de chaque paire sont solidaires. Par contre, les deux paires de pistons peuvent tourner autour de l'axe de manière différente, en s'écartant ou se rapprochant. De cette manière, les quatre pistons 14 définissent deux à deux et entre la paroi extérieure de la chambre 12 et la surface intérieure 13, quatre cellules 15a, 15b, 15c, 15d dont le volume peut augmenter ou diminuer.

Le mouvement des deux paires de pistons est coordonné de telle sorte que chacune des quatre cellules 15a, 15b, 15c, 15d suive deux cycles d'expansion et de contraction tout en passant devant les quatre ouvertures 16, 17, 18, 19 de la chambre 12.

Pour obtenir ce résultat, comme illustré aux figures 3, 4a et 4b, une première paire de pistons 14a-14c est reliée à un premier arbre d'entrée 20 creux qui laisse passer un

deuxième arbre d'entrée 21 auquel est fixé la deuxième paire de pistons 14b-14d. De cette manière les deux paires de pistons 14a-14c, 14b-14d, peuvent être entraînées séparément en rotation par les deux arbres d'entrée 20, 21.

Dans l'exemple choisi, la chambre de travail 12 a une forme toroïdale, et les pistons 14 consistent alors en des portions de tore. Ces portions sont découpées de manière à ce que les façades latérales 23 des pistons soient circulaires. Pour se faire, les façades latérales 23 appartiennent à des plans passant par l'axe du tore. L'axe du tore est concentrique avec les axes Y des premier et second arbres 20,21.

Comme illustré aux figures 5 et 11, le piston 14 se compose d'une paroi périphérique 22 définissant le volume général du piston 14, et présentant deux ouvertures latérales de part et d'autre d'un plan de symétrie du piston. Ces ouvertures sont fermées par deux façades latérales 23 circulaires identiques, fixées à la paroi périphérique 22 par vissage. Le piston 14 est donc creux, et accessible pour les opérations de maintenance.

Un joint d'étanchéité 26 est toujours placé entre la façade latérale 23 et la paroi périphérique 22 afin d'empêcher toute fuite d'air vers l'intérieur du piston 14.

La description suivante sera faite pour un côté du piston, sachant que l'autre côté est symétrique et présente les mêmes caractéristiques techniques.

La façade latérale 23 consiste en un tronçon cylindrique, de faible épaisseur.

Dans un premier mode de réalisation conforme aux figures 5 à10, la façade latérale 23 est constituée d'une seule pièce et présente une gorge 39 circulaire apte à accueillir un segment 24 d'étanchéité associé à un ressort 25.

Un segment 24 est un moyen d'étanchéité entre le piston 14 et les parois internes de la chambre 12, et est conçu pour séparer les cellules et permettre un frottement à sec sur les parois de la chambre 12.

Comme illustré aux figures 7 et 9, la gorge 39 est pratiquée dans l'épaisseur de la façade 23, au niveau de son pourtour. Les deux lèvres 43,44 délimitant la gorge 39 ont une épaisseur comprise entre 1µm et 1mm. Il est nécessaire que les lèvres 43,44 présentent suffisamment de matière pour résister aux sollicitations mécaniques des segments 24.

Un segment 24 consiste en une rondelle circulaire présentant une découpe 28 permettant ainsi de l'ouvrir et de la déformer élastiquement de manière à pouvoir l'insérer dans la gorge 39.

Pour que le segment 24 ne puisse pas tourner dans la gorge 39 et reste maintenu en position, il est doté d'une patte 27 saillant vers l'intérieur de la rondelle, étant diamétralement opposée à l'ouverture 28, et venant se loger dans une encoche 45 prévue à cet effet dans la gorge 39 de la façade 23, comme cela est représenté en figure 10.

Afin d'avoir un positionnement symétrique des façades 23 et des segments 24 par rapport au plan de symétrie du piston 14, la gorge 39 de la façade 23 comprend deux encoches 45 distantes d'un secteur angulaire α, comme illustré en figure 9, l'une d'elles étant prévue pour retenir un segment 24 qui sera placé sur l'extrémité droite du piston 14, l'autre étant prévue pour retenir un segment 24 qui sera placé sur l'extrémité gauche du piston 14. Cela permet de n'avoir qu'un seul type de façade 23 quel que soit le côté du piston 14.

En sus du segment 24, un ressort 25 est placé dans la gorge 39. Ce ressort 25, montré en figure 5, consiste également en une rondelle circulaire présentant une découpe 29 permettant ainsi de l'ouvrir et de la déformer élastiquement de manière à pouvoir l'insérer dans la gorge 39. Le ressort 25 est cependant positionné dans la gorge 39 de manière à ce que sa découpe 29 soit diamétralement opposée à la découpe 28 du segment 24.

Une fois que la façade 23 est équipée du segment et du ressort 25, elle est tout d'abord mise en position, grâce à une indexation, sur l'ouverture latérale correspondante de la paroi périphérique 22.

Cette indexation, visible aux figures 5 et 8, est réalisée grâce à un pion 37, dont une première extrémité est introduite dans un trou 36 non débouchant prévu dans un renflement intérieur 35 de la paroi périphérique 22, l'axe dudit trou 36 étant dirigé perpendiculairement à l'ouverture latérale de la paroi périphérique 22, et une deuxième extrémité est introduite dans un trou 40 non débouchant prévu à cet effet dans la surface interne de la façade latérale 23, c'est-à-dire la face dirigée vers l'intérieur du piston 14.

De la même manière que pour les encoches 45, la façade latérale 23 comporte deux trous 40 non débouchant distants d'un secteur angulaire α, l'un d'eux étant prévu pour accueillir un pion 37 saillant du côté droit du piston 14, l'autre étant prévu pour accueillir un pion 37 saillant du côté gauche du piston 14. Cela permet toujours de n'avoir qu'un seul type de façade 23 quel que soit le côté du piston 14.

Une fois que la façade 23 est correctement positionnée sur la paroi périphérique 22, elle y est fixée via des vis de fixation 31 et des rondelles 32.

Trois orifices 30 sont prévus dans la façade 23 à cet effet, et sont chanfreinés afin de noyer la tête de vis et de conserver une surface extérieure plane de la façade 23.

Trois orifices filetés 34 sont également prévus à cet effet à l'intérieur de la paroi périphérique 22, et affleurent l'ouverture latérale de la paroi périphérique 22. Ces orifices filetés 34 sont pratiqués dans des renflements 33 intérieurs de la paroi périphérique 22.

Les vis 31 pénètrent ainsi successivement dans les orifices 30 de la façade 23 puis dans les orifices filetés 34 de la paroi périphérique 22.

La figure 6 montre l'assemblage des façades 23 latérales des deux côtés du piston 14. Chaque côté du piston 14 présente ainsi trois trous filetés 34 débouchant sur l'ouverture latérale correspondante. Le piston 14 comporte ainsi trois renflements intérieurs 33 s'étendant d'un côté à l'autre du piston, chaque renflement 33 contenant deux trous filetés 34 symétriques débouchant respectivement d'un côté et de l'autre du piston 14. Ces renflements 33 sont symétriques par rapport au plan de symétrie du piston 14. Une nervure centrale 51 disposée dans le plan de symétrie du piston 14, joint les trois renflements 33. Cette nervure centrale 51 joue le rôle de renfort intérieur du piston 14.

Afin de renforcer la structure de la façade 23, pour résister à toutes les sollicitations thermiques et de pression, des branches 41 de renfort sont prévues sur la surface interne de la façade 23, et relient notamment les trois orifices 30.

La surface interne de la façade 23 comporte également une partie bombée 42 en arc de cercle reliant les trois orifices 30. Le joint d'étanchéité 26 placé entre la façade latérale 23 et la paroi périphérique 22 vient se caler contre cette partie bombée 42 afin d'être correctement positionnée. Cette dernière entoure notamment les orifices 30, afin de réaliser une étanchéité supplémentaire spécifique au niveau des orifices 30.

Dans un second mode de réalisation conforme à la figure 11, la façade latérale 23 se compose de plusieurs pièces, à savoir :

- un disque externe 50 doté des trois orifices 30 pour la fixation par vissage aux orifices 34 filetés de la paroi périphérique 22 ;
- une bague interne 46 apte à venir se positionner contre le pourtour de l'ouverture définie par la paroi périphérique 22.

Le segment 24 d'étanchéité et le ressort 25 sont intercalés entre le disque externe 50 et la bague interne 46. Dans ce cas, il n'est plus nécessaire d'ouvrir le segment 24 pour le mettre en position. Il en est de même pour le ressort 25.

Quel que soit le mode de réalisation, les façades 23 sont démontables et permettent d'accéder à l'intérieur du piston 14 où se trouvent des moyens de fixation à l'arbre 21 auquel

il est relié. Ces moyens consistent en deux orifices 38a,38b dans lesquels sont introduits des vis ou des goujons 49a,49b venant ensuite se visser dans des orifices 56a,56b prévus à cet effet dans une pièce intermédiaire 48 solidaire de l'arbre 21, comme illustré en figure 12.

Plus précisément, les orifices 38a,38b sont pratiqués dans le renflement intérieur 35 de la paroi périphérique 22, faisant déjà office de support pour le trou 36 servant au positionnement de la façade 23 par rapport à la paroi périphérique 22. Ces orifices 38a,38b sont donc accessibles depuis l'intérieur du piston 14, et débouchent à l'extérieur du piston 14.

Les orifices 56a,56b pratiqués dans la pièce intermédiaire 48 ont des diamètres correspondant à ceux des orifices 38a,38b du piston 14. Les goujons 49a,49b présentent également des diamètres adaptés. En l'espèce, un ensemble d'orifices/goujon (38b,56b,49b) possède un diamètre plus petit que l'autre ensemble d'orifices/goujon (38a,56a,49a). La fixation du piston 14 sur la pièce intermédiaire 48 est donc dissymétrique.

Cette dissymétrie est induite notamment par la forme de la pièce intermédiaire 48, dont l'épaisseur e augmente d'une extrémité à l'autre, et dont la forme extérieure est convexe, de manière à s'adapter à la forme extérieure concave du piston 14. L'épaisseur e de la pièce intermédiaire 48 augmente de manière à être toujours en contact avec la surface extérieure du piston 14. La zone de contact entre le piston 14 et la pièce intermédiaire 48 ne s'effectue pas dans la région centrale de la surface extérieure du piston 14, de part et d'autre de l'endroit 66 où la largeur du piston 14 est la plus fine, mais s'effectue dans une région voisine, un peu décalée, partant de l'endroit 66 où la largeur du piston 14 est la plus fine et s'étendant sur le côté. Par conséquent, le long de cette zone de contact, la largeur de la surface extérieure du piston 14 ne cesse de grandir, et la pièce intermédiaire 48 doit donc s'adapter et présenter également une zone de contact qui s'élargit et qui s'arrondi suffisamment pour rester au contact du piston 14.

Cette zone de contact est sensiblement oblique par rapport à l'axe central de l'arbre 21 sur lequel se trouve la pièce intermédiaire 48.

La zone de contact entre le piston 14 et la pièce intermédiaire 48 se compose d'une zone d'ancrage femelle 55 sur la pièce intermédiaire 48, illustrée sur les figures 13 à 15, et d'une zone d'ancrage mâle 62 sur le piston 14, illustrée sur la figure 16.

La zone d'ancrage femelle 55 accueille la zone d'ancrage mâle 62 lors de la mise en position du piston 14 sur la pièce intermédiaire 48. Les zones d'ancrage 55,62 ont donc des formes correspondantes, de manière à s'emboîter.

La zone d'ancrage femelle 55 consiste en une rainure 55 pratiquée sur la pièce intermédiaire 48, d'une extrémité 58 à l'autre 59. Cette rainure 55 s'élargit depuis l'extrémité 58 présentant l'épaisseur e la plus fine, vers l'extrémité 59 présentant l'épaisseur e la plus grande.

De la même manière, la zone d'ancrage mâle 62 consiste en un surplus de matière saillant de la surface extérieure du piston 14, dans une région partant de l'endroit 66 où la largeur du piston 14 est la plus fine et s'étendant sur le côté en s'élargissant.

La zone d'ancrage femelle 55 suit donc tout simplement la variation de largeur de la surface extérieure du piston 14, dans la zone de contact.

Le fond de la rainure 55 présente deux gorges 64 creusées le long de la rainure 55 au niveau de l'arête reliant le fond aux côtés latéraux de la rainure 55. De la même manière, en miroir, la zone d'ancrage mâle 62 présente une épaisseur de matière 65 plus importante sur ses bordures longitudinales.

Les deux orifices 38a,38b débouchent dans la zone d'ancrage mâle 62 du piston 14. Ces orifices 38a,38b présentent des axes centraux qui sont contenus dans le plan de symétrie du piston 14. Les deux orifices 38a,38b ont des dimensions qui doivent rester inférieures à la largeur de la surface extérieure du piston 14. Puisque la largeur du piston 14 augmente le long de la zone d'ancrage mâle 62, le diamètre des orifices 38a,38b augmente en conséquence. L'orifice 38b contenu dans la région où la largeur du piston 14 est moindre aura un diamètre inférieure à l'orifice 38a contenu dans la région où la largeur du piston 14 est plus grande.

De la même manière, les orifices 56a,56b réalisés dans la zone d'ancrage femelle 55 ont des dimensions qui doivent rester inférieures à la largeur de la rainure 55, et ont tout simplement la même dimension que les orifices 38a,38b du piston 14. Les goujons 49a,49b ont également un diamètre en conséquence, puisqu'une extrémité de chaque goujon 49a,49b est introduite dans un orifice 38a,38b du piston 14, et l'autre extrémité est introduite dans l'orifice 56a,56b correspondant de la pièce intermédiaire 48.

Comme illustré en figure 12, une bille 53 peut être introduite au fond de chaque orifice 56a,56b de la pièce intermédiaire 48, afin d'améliorer la fixation. Les goujons 49a,49b sont serrés au moyen d'écrous 54a,54b accessibles depuis l'intérieur du piston 14, et venant reposer sur le renflement intérieur 35.

Avant l'étape de fixation, le piston 14 est simplement mis en position sur la pièce intermédiaire 48 grâce à un pion 61 dont une première extrémité est introduite à l'intérieur d'un trou 60 pratiqué à cet effet dans la zone d'ancrage mâle 62 du piston 14, et dont une seconde extrémité est introduite à l'intérieur d'un trou 57 pratiqué à cet effet dans la zone d'ancrage femelle 55 de la pièce intermédiaire 48. Ces deux petits trous 60,57 sont

positionnés au voisinage du centre des deux zones d'ancrage 55,62, entre les orifices 56a,56b et 38a,38b, afin que la mise en position soit la plus correcte possible.

Après la mise en position et la fixation du piston 14 sur la pièce intermédiaire 48, des jeux 63 résiduels peuvent exister comme illustré en figure 17. Ces jeux 63 sont alors colmatés par de la colle ou de la pâte spécifique afin de réaliser une étanchéité parfaite dans cette zone de contact.

Pour pouvoir fixer la paire de pistons 14 à l'arbre 21, ce dernier doit présenter :

- soit deux pièces intermédiaires 48 solidaires de l'arbre 21 et diamétralement opposées sur l'arbre 21, présentant chacune une zone d'ancrage femelle 55 ;
- soit présenter une seule pièce intermédiaire 48 solidaire de l'arbre 21, de révolution autour d'un tronçon de l'arbre 21, présentant deux zones d'ancrage femelle 55 diamétralement opposées.

C'est ce dernier cas qui est représenté sur les figures de l'invention, puisque sa fabrication est plus aisée, notamment par le fait que la pièce intermédiaire 48 puisse être fabriquée d'un même tenant avec l'arbre 21, comme illustré en figure 4b. Il est bien visible que chaque arbre 20,21, d'allure cylindrique, comporte une excroissance 48 de révolution, correspondant à la pièce intermédiaire 48 telle que décrite ci-dessus.

Lorsque l'arbre 21 est inséré à l'intérieur de l'arbre 20, les excroissances 48 se retrouvent en contact l'une de l'autre, et sont positionnées symétriquement, de manière à former une surface extérieure convexe et continue sur laquelle reposent les deux paires de pistons 14. En effet, chaque excroissance 48 supporte la fixation d'une paire de pistons 14, mais l'autre paire de pistons 14 vient également reposer sur elle. Ainsi, bien que la fixation des paires de pistons 14 soit dissymétrique, ces derniers sont positionnés symétriquement par rapport à l'axe central des arbres 20,21, et sont centrées par rapport à l'ensemble composé des deux excroissances 48. Les paires de pistons 14 sont au final disposées en quinconce sur les arbres 20,21 montés l'un dans l'autre.

Les configurations montrées aux figures citées ne sont que des exemples possibles, nullement limitatifs, de l'invention qui englobe au contraire les variantes de formes et de conceptions à la portée de l'homme de l'art.

## Revendications

1. Dispositif de fixation d'au moins un piston (14) à un arbre (21) d'une machine de compression et de détente, ledit piston (14) ayant une forme de portion de tore, ledit arbre (21) étant cylindrique,
caractérisé en ce qu'il comporte une pièce intermédiaire (48) solidaire de l'arbre (21), le piston (14) se composant d'un corps creux dont le volume intérieur est accessible et loge des moyens de fixation du piston (14) à la pièce intermédiaire (48).

2. Dispositif de fixation d'au moins un piston (14) à un arbre (21) selon la revendication précédente, caractérisé en ce que la surface extérieure de la pièce intermédiaire (48) épouse la forme torique du piston (14) et est bordées par deux extrémités (58,59).

3. Dispositif de fixation d'au moins un piston (14) à un arbre (21) selon la revendication précédente, caractérisé en ce que la surface extérieure de la pièce intermédiaire (48) est convexe, l'épaisseur (e) de la pièce intermédiaire (48) augmentant d'une extrémité (58) à l'autre (59).

4. Dispositif de fixation d'au moins un piston (14) à un arbre (21) selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que les moyens de fixation du piston (14) à la pièce intermédiaire (48) sont dissymétriques.

5. Dispositif de fixation d'au moins un piston (14) à un arbre (21) selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le piston (14) présente une zone extérieure d'ancrage mâle (62) apte à se loger dans une zone extérieure d'ancrage femelle (55) de la pièce intermédiaire (48).

6. Dispositif de fixation d'au moins un piston (14) à un arbre (21) selon la revendication précédente, caractérisé en ce que la zone d'ancrage femelle (55) comprend une rainure (55) s'étendant sur au moins une partie entre une extrémité (58) et une autre (59) de la pièce intermédiaire (48).

7. Dispositif de fixation d'au moins un piston (14) à un arbre (21) selon la revendication précédente, caractérisé en ce que la zone d'ancrage femelle (55) comporte deux orifices (56a,56b) de diamètres différents alignés selon l'axe longitudinal (X) de la rainure (55), l'orifice (56a) de plus grand diamètre étant disposé au voisinage de

l'extrémité (59) présentant la plus grande épaisseur (e), l'orifice (56b) de plus petit diamètre étant disposé au voisinage de l'extrémité (58) présentant la plus petite épaisseur (e).

8. Dispositif de fixation d'au moins un piston (14) à un arbre (21) selon la revendication précédente, caractérisé en ce que le piston (14) présente un renflement intérieur (35) dans lequel sont pratiqués deux orifices (38a,38b) de diamètres différents débouchant à l'extérieur du piston (14) et dont les axes sont inscrits dans un plan de symétrie du piston (14) contenant un diamètre du tore, ces orifices (38a,38b) étant disposés en correspondance avec les orifices (56a, 56b) pratiqués dans la pièce intermédiaire (48) et étant de même dimension.

9. Dispositif de fixation d'au moins un piston (14) à un arbre (21) selon la revendication précédente, caractérisé en ce que la fixation est réalisée au moyen de deux goujons (49a,49b) de diamètres différents insérés d'une part dans les orifices (38a,38b) du piston (14) et d'autre part dans les orifices (56a,56b) de la pièce intermédiaire (48), des écrous (54a,54b) de serrage étant prévus pour chacun de ces goujons (49a,49b) à l'intérieur du piston (14).

10. Dispositif de fixation d'au moins un piston (14) à un arbre (21) selon la revendication précédente, caractérisé en ce que, dans chaque orifice (56a,56b) de la pièce intermédiaire (48), est insérée une bille (53) avant l'introduction du goujon (49a,49b).

11. Dispositif de fixation d'au moins un piston (14) à un arbre (21) selon l'une des revendications 6 à 11, caractérisé en ce qu'il comporte des moyens de mise en position de la zone extérieure d'ancrage mâle (62) du piston (14) dans la zone extérieure d'ancrage femelle (55) de la pièce intermédiaire (48).

12. Dispositif de fixation d'au moins un piston (14) à un arbre (21) selon la revendication précédente, caractérisé en ce lesdits moyens de mise en position consistent en un pion (61) dont une première extrémité est apte à venir s'introduire dans un trou (57) prévu à cet effet dans la zone d'ancrage femelle (55) de la pièce intermédiaire (48), et dont une seconde extrémité est apte à venir s'introduire dans un trou (60) prévu à cet effet dans la zone d'ancrage mâle (62) du piston (14).

13. Dispositif de fixation d'au moins un piston (14) à un arbre (21) selon l'une des revendications 5 à 13, caractérisé en ce que, pour la fixation de deux pistons (14), la pièce intermédiaire (48) consiste en une pièce de révolution entourant un tronçon cylindrique de l'arbre (21), et comportant deux zones extérieures d'ancrage femelle (55) diamétralement opposées.

14. Dispositif de fixation d'au moins un piston (14) à un arbre (21) selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que la pièce intermédiaire (48) et l'arbre (21) sont formées d'un seul tenant.

15. Machine de compression et de détente comportant un carter (12a) avec au moins une chambre (12) de révolution autour d'un axe de symétrie concentrique avec deux arbres de rotation (20,21) comportant chacun une paire de pistons (14) divisant la chambre (12) en cellules (15a,15b,15c,15d) tournant avec les pistons (14), et comportant également, pour chaque arbre 20,21, un dispositif de fixation des pistons (14) à l'arbre (20,21) tel que décrit dans les revendications précédentes, lesdits deux dispositifs de fixation étant disposés côte à côte et symétriquement l'un par rapport à l'autre.

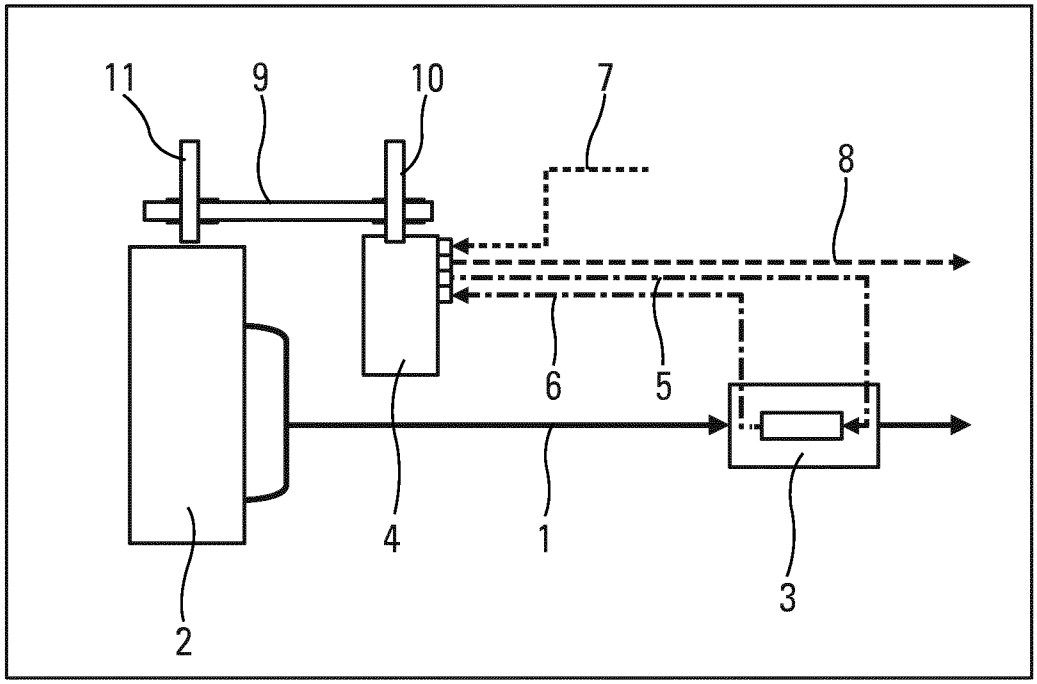

11
9
10
7
8
6
5
4
1
3
2

Fig. 1

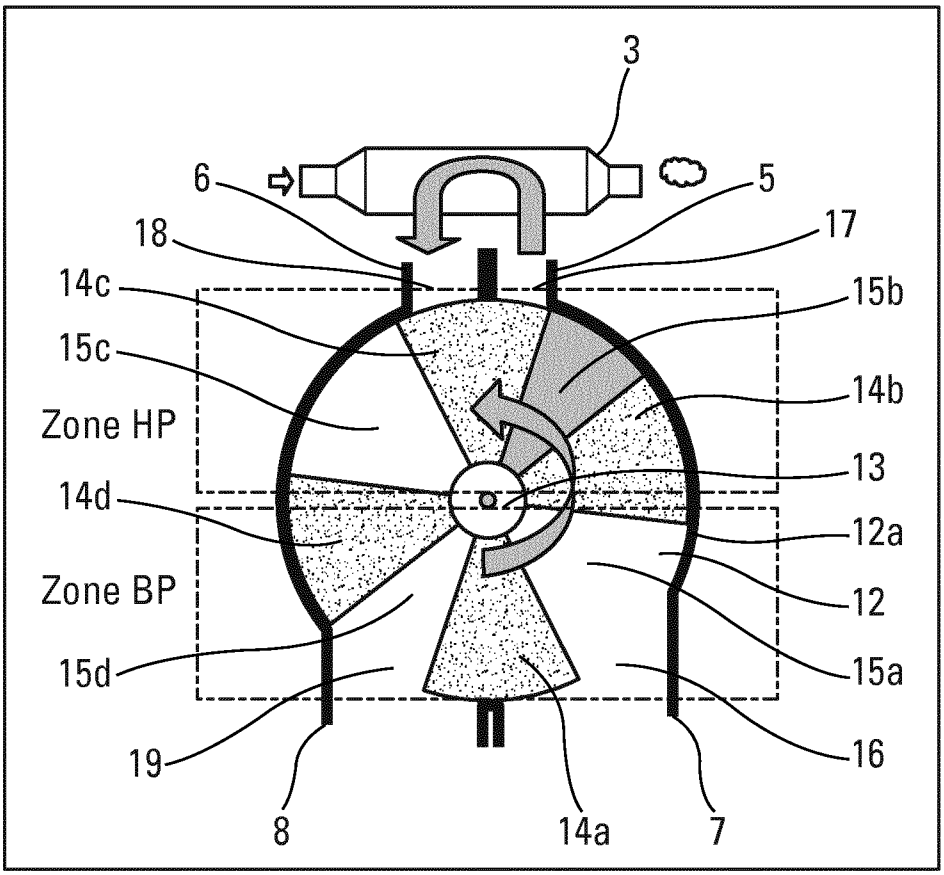

3
6
5
18
17
14c
15b
15c
14b
Zone HP
13
14d
12a
Zone BP
12
15d
15a
19
16
8
14a
7

Fig. 2

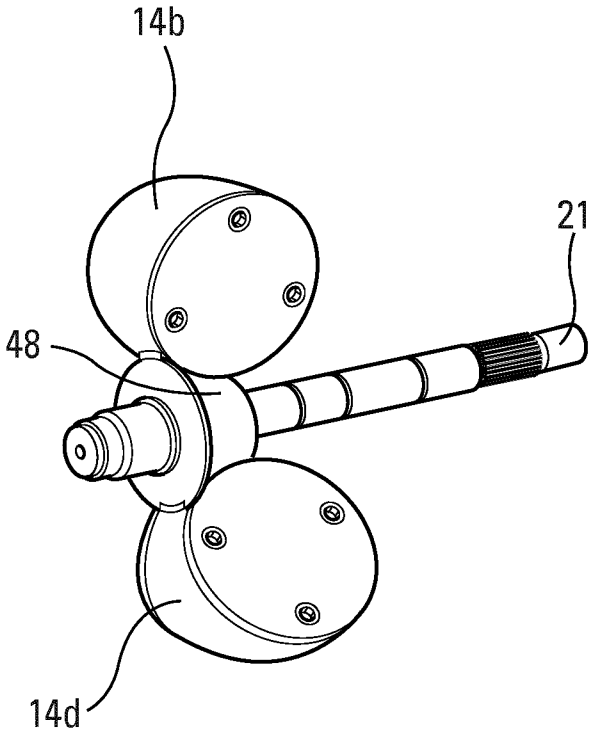



Fig. 3

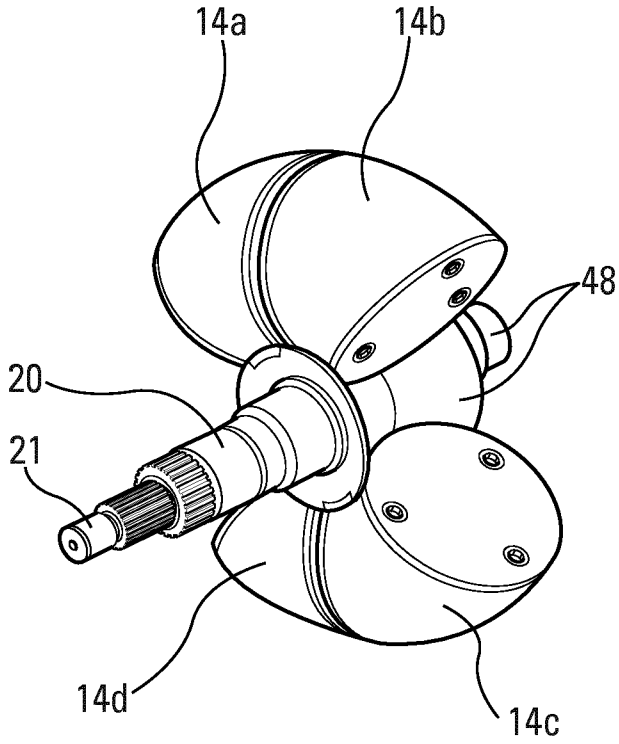



Fig. 4a

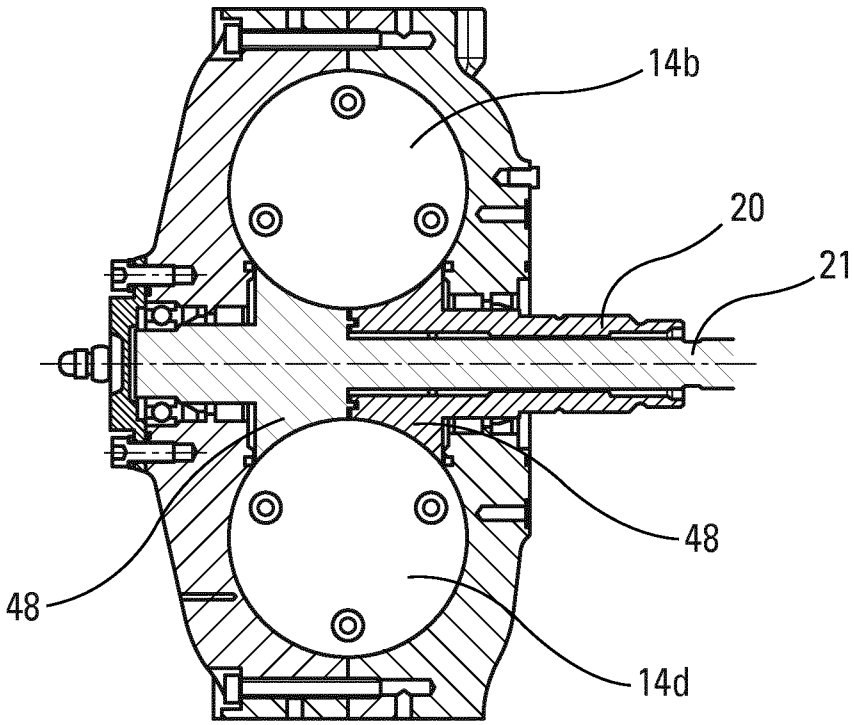



Fig. 4b

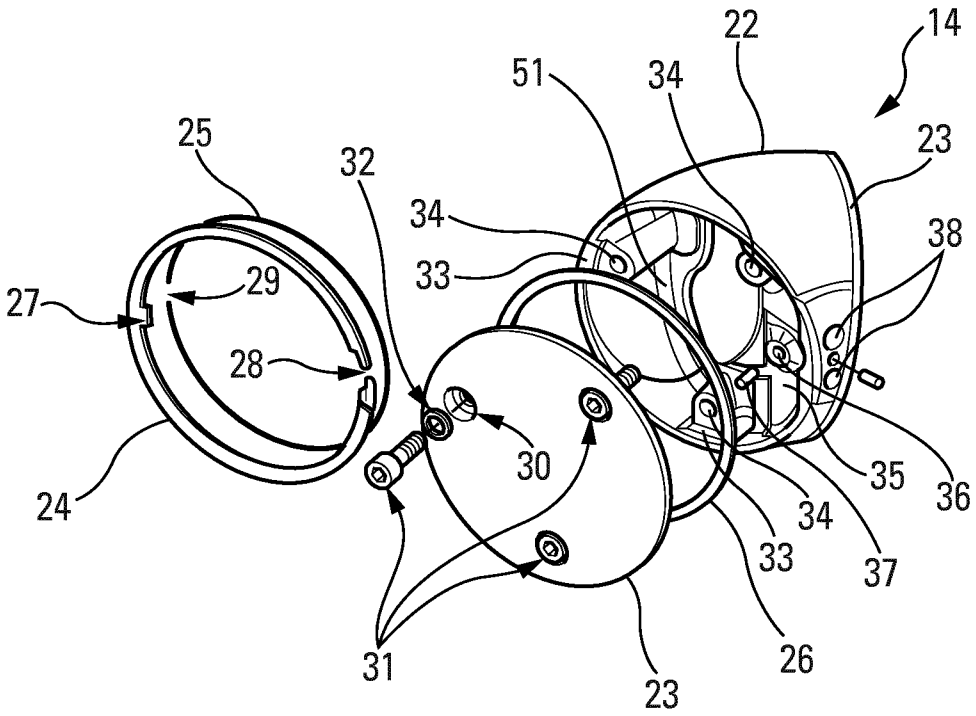

22
14
51
34
25
32
23
34
38
33
27
29
28
30
35
36
24
34
33
37
31
26
23

Fig. 5

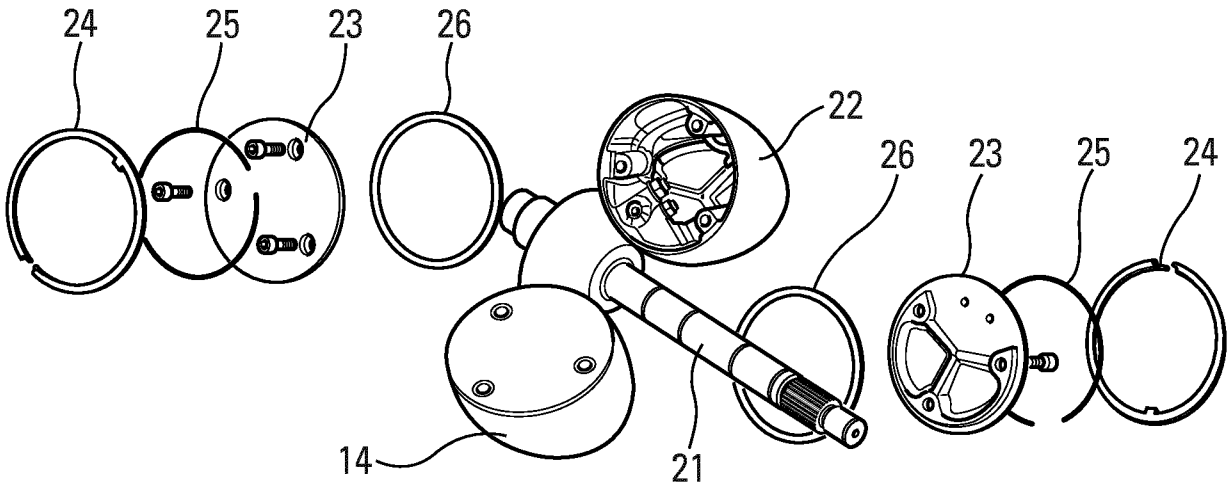

24
25
23
26
22
26
23
25
24
14
21

Fig. 6

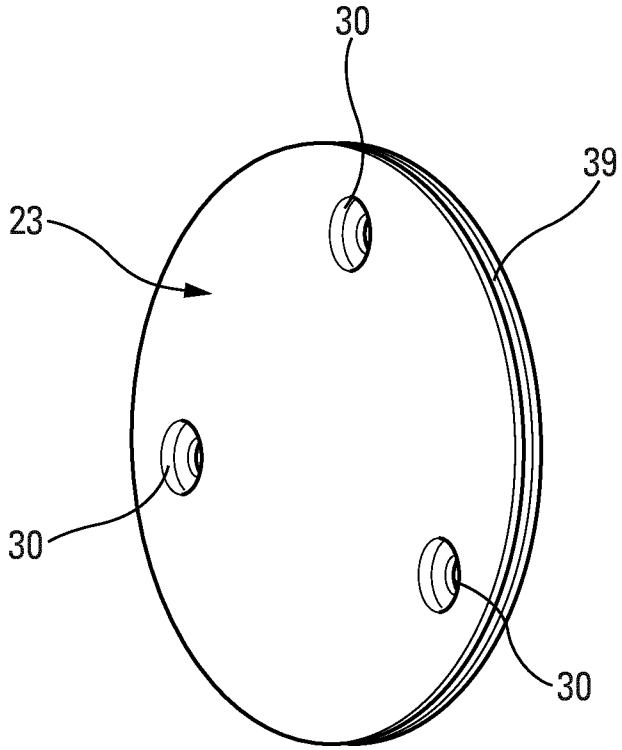



Fig. 7

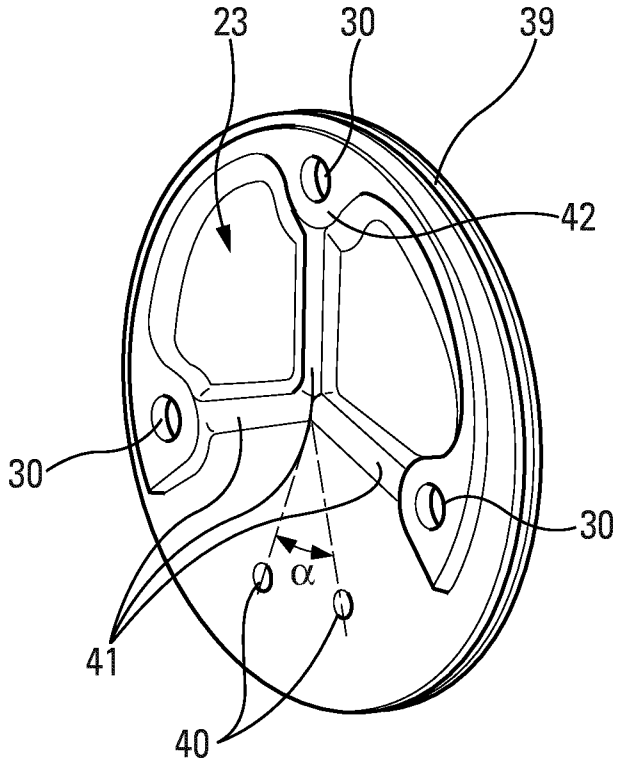



Fig. 8

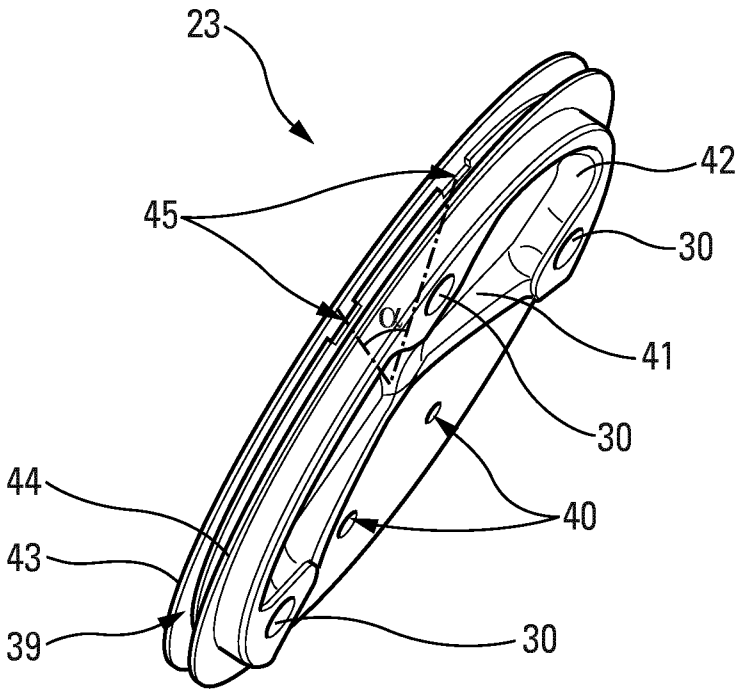



Fig. 9

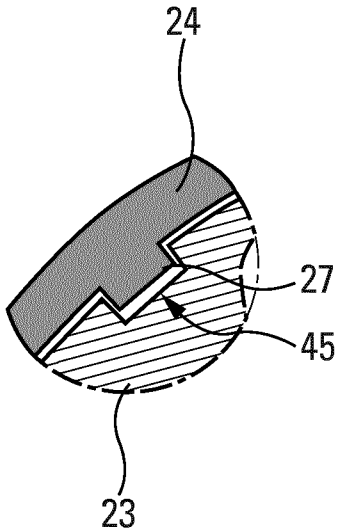



Fig. 10

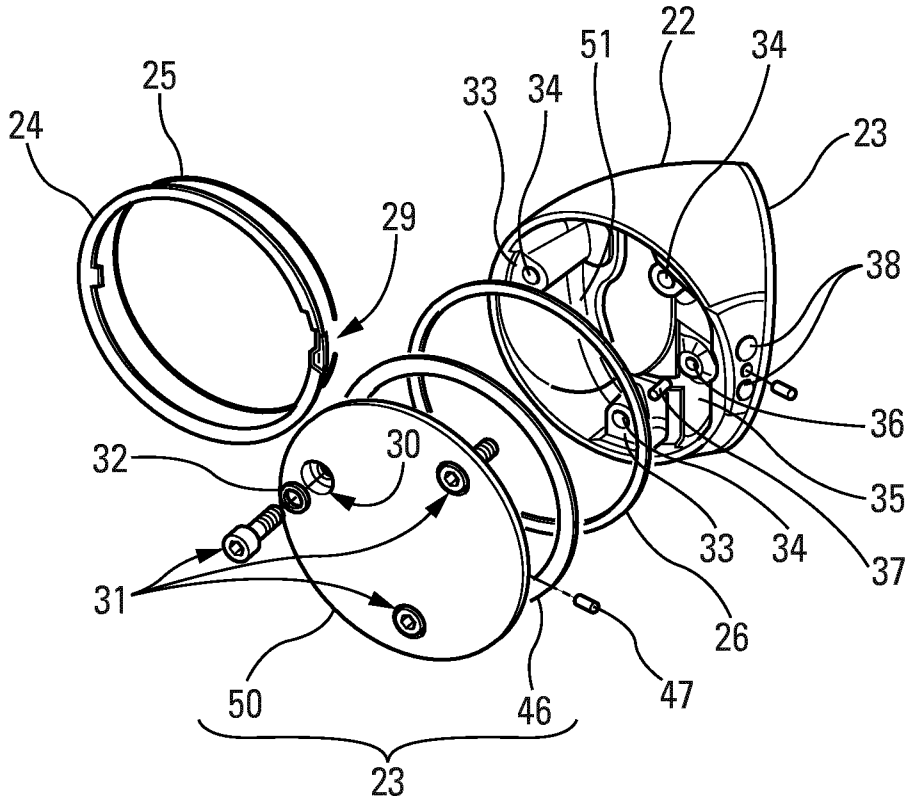

24
25
29
51
22
34
33
34
23
38
36
35
37
33
34
26
47
32
30
31
50
46
23

Fig. 11

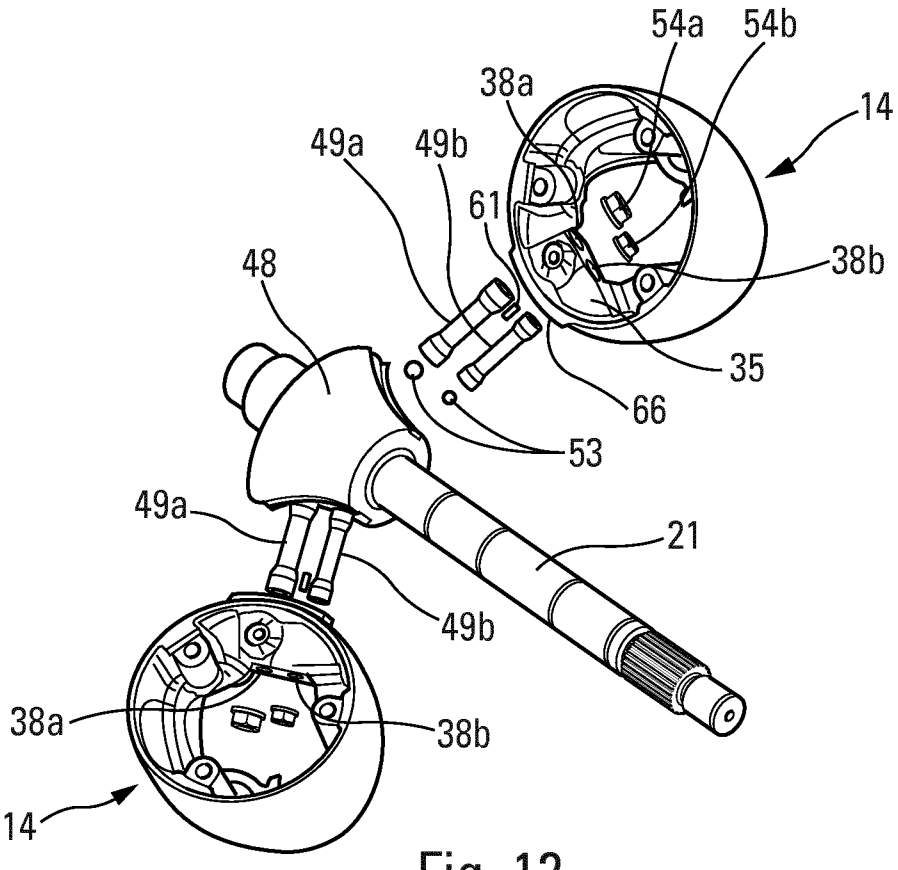

54a
54b
38a
14
49a
49b
61
48
38b
35
66
53
49a
21
49b
38a
38b
14

Fig. 12

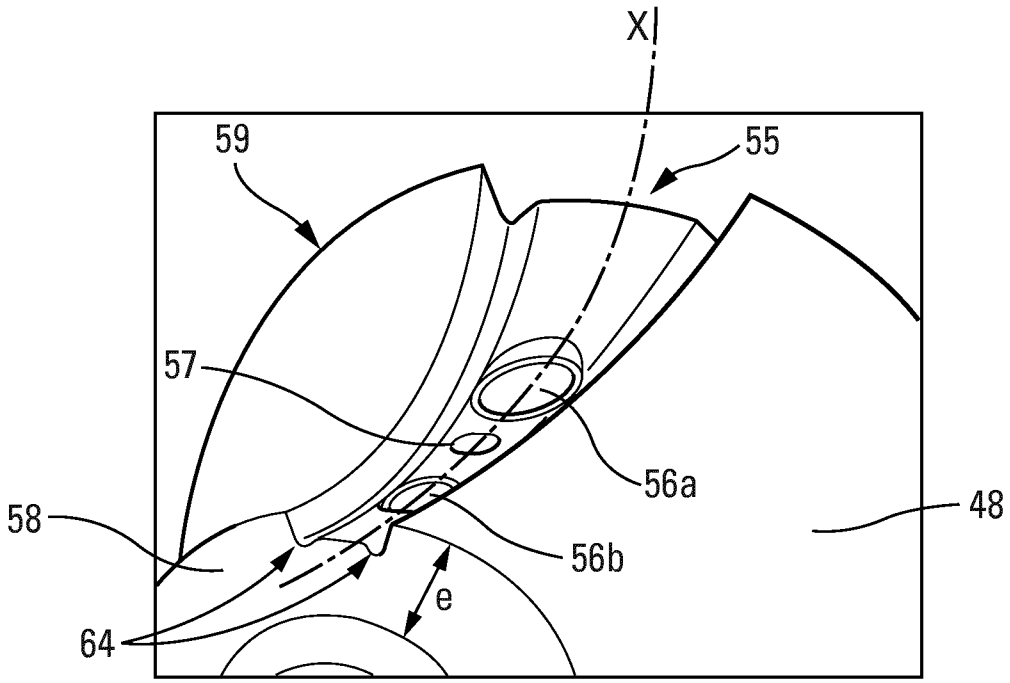



Fig. 13

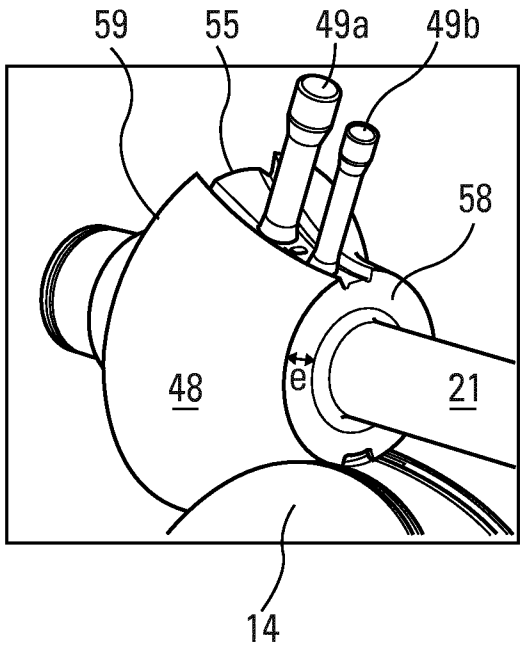



Fig. 14

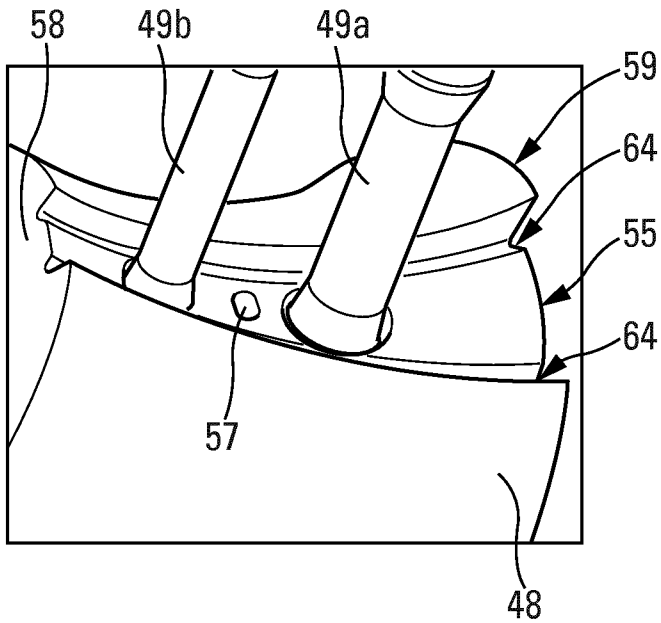



Fig. 15

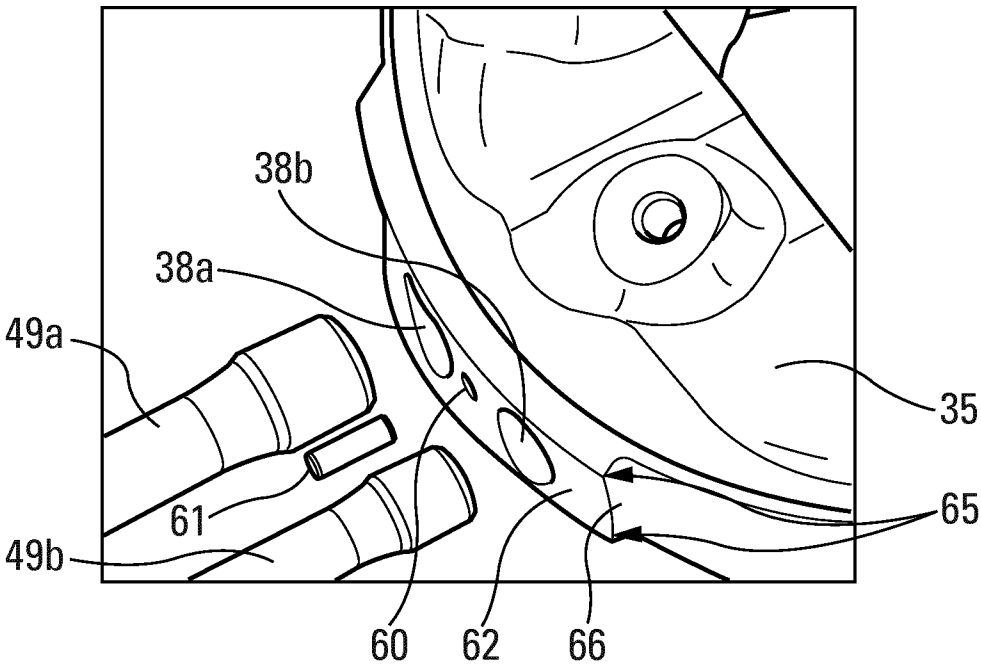



Fig. 16

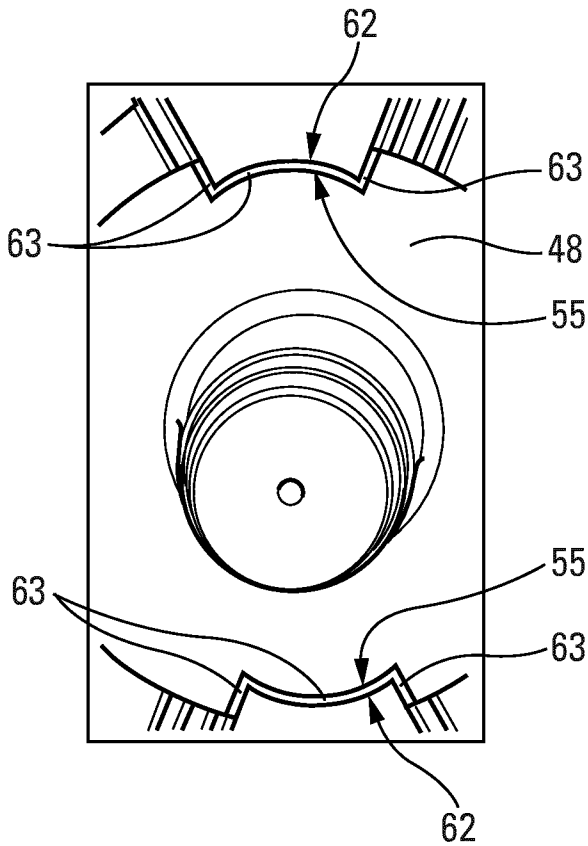



Fig. 17

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2016/064790

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. F01C1/063 F01C11/00 F04C23/00 F04C29/00
ADD.

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
F01C F04C

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

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|---|---|---|
| X | WO 86/01255 A1 (MARFELL MARGERET ANN [GB]; LEGGAT BERNARD CRAWSHAW [GB]) 27 February 1986 (1986-02-27) | 1-5,15 |
| A | page 12, line 19 - page 15, line 14 figures 1-4 | 6-14 |
| | ----- | |
| A | US 4 072 447 A (GASPAR PETER) 7 February 1978 (1978-02-07) column 2, line 56 - column 4, line 11 figures 1-3 | 1-15 |
| | ----- | |
| A | US 2011/185998 A1 (MURPHY BRADEN [CA] ET AL) 4 August 2011 (2011-08-04) figures 2,4,10,11a-11C paragraph [0031] - paragraph [0033] paragraph [0051] - paragraph [0053] | 1-15 |
| | ----- | |

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

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

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

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

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

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

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

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

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

"&" document member of the same patent family

| Date of the actual completion of the international search | Date of mailing of the international search report |
|---|---|
| 6 October 2016 | 14/10/2016 |

| Name and mailing address of the ISA/ | Authorized officer |
|---|---|
| European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2<br>NL - 2280 HV Rijswijk<br>Tel. (+31-70) 340-2040,<br>Fax: (+31-70) 340-3016 | Papastefanou, M |

1

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/EP2016/064790

| Patent document cited in search report | Publication date | Patent family member(s) | Publication date |
|---|---|---|---|
| WO 8601255 A1 | 27-02-1986 | EP 0190303 A1 | 13-08-1986 |
| | | WO 8601255 A1 | 27-02-1986 |
| US 4072447 A | 07-02-1978 | US 4072447 A | 07-02-1978 |
| | | US 4084550 A | 18-04-1978 |
| US 2011185998 A1 | 04-08-2011 | CA 2719631 A1 | 04-08-2011 |
| | | US 2011185998 A1 | 04-08-2011 |
| | | US 2014294646 A1 | 02-10-2014 |

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°
PCT/EP2016/064790

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
INV. F01C1/063 F01C11/00 F04C23/00 F04C29/00
ADD.

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

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)
F01C F04C

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

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

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

| Catégorie* | Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents | no. des revendications visées |
|---|---|---|
| X | WO 86/01255 A1 (MARFELL MARGERET ANN [GB]; LEGGAT BERNARD CRAWSHAW [GB]) 27 février 1986 (1986-02-27) | 1-5,15 |
| A | page 12, ligne 19 - page 15, ligne 14 figures 1-4 | 6-14 |
| | ----- | |
| A | US 4 072 447 A (GASPAR PETER) 7 février 1978 (1978-02-07) colonne 2, ligne 56 - colonne 4, ligne 11 figures 1-3 | 1-15 |
| | ----- | |
| A | US 2011/185998 A1 (MURPHY BRADEN [CA] ET AL) 4 août 2011 (2011-08-04) figures 2,4,10,11a-11C alinéa [0031] - alinéa [0033] alinéa [0051] - alinéa [0053] | 1-15 |
| | ----- | |

☐ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent

"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date

"L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)

"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens

"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

"X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

"Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

"&" document qui fait partie de la même famille de brevets

| Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée | Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale |
|---|---|
| 6 octobre 2016 | 14/10/2016 |

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



Formulaire PCT/ISA/210 (deuxième feuille) (avril 2005)

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

**Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets**

**Demande internationale n°**
PCT/EP2016/064790

| Document brevet cité au rapport de recherche | Date de publication | Membre(s) de la famille de brevet(s) | Date de publication |
|---|---|---|---|
| WO 8601255 A1 | 27-02-1986 | EP 0190303 A1 | 13-08-1986 |
| | | WO 8601255 A1 | 27-02-1986 |
| US 4072447 A | 07-02-1978 | US 4072447 A | 07-02-1978 |
| | | US 4084550 A | 18-04-1978 |
| US 2011185998 A1 | 04-08-2011 | CA 2719631 A1 | 04-08-2011 |
| | | US 2011185998 A1 | 04-08-2011 |
| | | US 2014294646 A1 | 02-10-2014 |