

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

(19) Organisation Mondiale de la  
Propriété Intellectuelle  
Bureau international



(10) Numéro de publication internationale  
**WO 2018/229367 A1**

(43) Date de la publication internationale  
20 décembre 2018 (20.12.2018)

- (51) Classification internationale des brevets :  
*F01B 29/12* (2006.01)      *F01B 31/26* (2006.01)
- (21) Numéro de la demande internationale :  
PCT/FR2018/051070
- (22) Date de dépôt international :  
27 avril 2018 (27.04.2018)
- (25) Langue de dépôt : français
- (26) Langue de publication : français
- (30) Données relatives à la priorité :  
1755259      13 juin 2017 (13.06.2017)      FR
- (71) Déposant : EXOES [FR/FR] ; 6 avenue de la Grande  
Lande, Zone artisanale Bersol, 33170 Gradignan (FR).

- (72) Inventeurs : **DACCORD, Rémi** ; 8, allée Petite Savoie,  
33140 Villenave d'Ornon (FR). **DEBAISE, Antoine** ; Les  
Simonots, 58330 Saxi Bourdon (FR). **WATTS, Stéphane**  
; 30, rue Michelet, 33260 La Teste de Buch (FR). **ALBER-  
GUCCI, Frédéric** ; 190, rue Guillaume Leblanc, 33000  
Bordeaux (FR).
- (74) Mandataire : **BREESE, Pierre** ; IP TRUST, 2 rue de Cli-  
chy, 75009 Paris (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, DJ, DK, DM, DO, DZ,  
EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR,  
HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR,  
KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG,  
MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM,

(54) Title: EXPANSION MACHINE

(54) Titre : MACHINE DE DETENTE

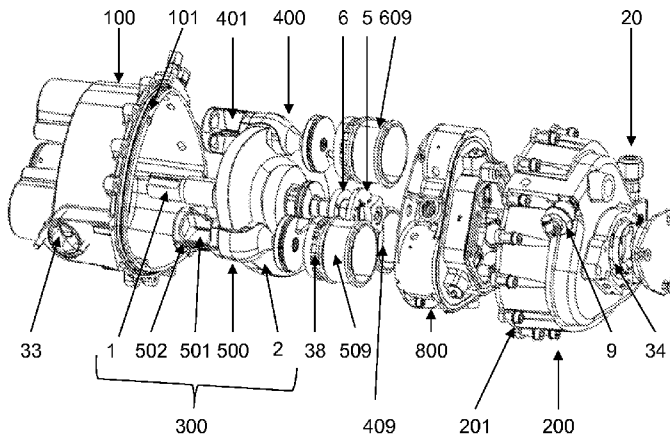


Figure 1

(57) **Abstract:** The present invention concerns a Rankine-cycle piston expansion machine, comprising an outer body having a discharge opening and inside which the following are housed: - a cylinder head (800) defining, with said outer body, a high-pressure inlet area for a pressurised working fluid, - an expansion area comprising at least one cavity, in which a piston is able to move in order to drive a drive shaft (1), characterised in that said outer body is formed from two hollow parts (100, 200) only, - a casing (100) that has a passage for said drive shaft (1) and - a cylinder-head cover (200), forming a complementary sealed hollow enclosure, having an inlet opening (20) - said cylinder head (800) being housed at least partially inside said cylinder-head cover (200) - the casing (100) and the cylinder-head cover (200) being assembled by complementary joining surfaces (101, 201) situated outside said high-pressure inlet area.



WO 2018/229367 A1

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, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasién (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))

---

**(57) Abrégé :** La présente invention concerne une machine de détente à pistons à cycle de Rankine, comprenant un corps extérieur présentant un orifice d'échappement et à l'intérieur duquel sont logées : - une culasse (800) définissant avec ledit corps extérieur une zone d'admission haute-pression d'un fluide de travail sous pression, - une zone d'expansion comprenant au moins une cavité, dans laquelle un piston est mobile pour entraîner un arbre moteur (1), caractérisée en ce que ledit corps extérieur est formé de deux parties creuses (100, 200) seulement, - un carter (100) d'une part présentant un passage pour ledit arbre moteur (1) et - un couvre-culasse (200) d'autre part, formant une enveloppe creuse étanche complémentaire, présentant un orifice d'admission (20) - ladite culasse (800) étant logée au moins partiellement à l'intérieur dudit couvre-culasse (200) - le carter (100) et le couvre-culasse (200) étant assemblés par des surfaces de jointure (101, 201) complémentaires située en-dehors de ladite zone d'admission haute-pression.

## MACHINE DE DETENTE

Domaine de l'invention

5 La présente invention concerne le domaine des machines de détente à pistons réalisant une conversion de la chaleur perdue du moteur à combustion interne dans un cycle de Rankine organique en énergie mécanique pouvant être transférée à un arbre entraînant le moteur à combustion interne.

10

Etat de la technique

Le principe général de telles machines de détente est connu dans l'art antérieur.

15

On connaît par exemple la demande de brevet français FR3031135 de la demanderesse.

Ce document décrit un exemple de machine de détente axiale à pistons comprenant :

20

- une culasse d'admission de vapeur sous pression comprenant un orifice d'admission de la vapeur,

- une zone d'expansion comprenant une pluralité de cylindres, dans laquelle un piston coulissant dans chaque cylindre respectif est lié à un arbre par un plateau incliné, chaque piston étant parallèle audit arbre,

25

- une pluralité de soupapes à tige disposées dans la culasse d'admission permettant l'admission de vapeur alternativement dans lesdits cylindres, chaque soupape étant commandée par une came agencée sur l'arbre,

30

- un mécanisme de levée de chaque soupape coopérant avec la came,

- un mécanisme de rappel de chaque soupape.

On connaît aussi la demande de brevet allemand DE 102010036917 décrivant une machine à pistons axiaux comprenant

un arbre et un ensemble de cylindres fermés et de pistons pour entraîner l'arbre.

La demande de brevet américain US20040184923 qui décrit un autre exemple de dispositif de moteur à chaleur externe fonctionnant sur un cycle de Rankine, et de préférence un cycle de Rankine organique.

#### Inconvénients de l'art antérieur

10 Les solutions de l'art antérieur présentent une pluralité de surfaces d'étanchéité entre les différentes parties de la machine. Certaines de ces surfaces d'étanchéité isolent des parties intérieures soumises à des températures élevées, de l'ordre de 200 à 250°C, avec des fluides agressifs  
15 tels que de l'éthanol en phase gazeuse, à des pressions élevées, de l'ordre de 20 à 40 bars.

Ces contextes nécessitent des joints très élaborés et coûteux, permettant de résister à long terme à ces conditions de fonctionnement sans se dégrader.

20 En cas de fuite, les risques sont très élevés en raison du caractère inflammable du fluide de travail.

Dans les solutions de l'art antérieur, l'enveloppe extérieure présente au moins deux zones de raccordement à étanchéifier, dont certaines communiquent avec des zones où le  
25 fluide de travail circule à des températures et pressions élevées.

#### Solution apportée par l'invention

30 La présente invention vise à remédier aux inconvénients de l'art antérieur en proposant une solution réduisant de manière drastique le nombre de joints, par une conception particulière du corps de la machine de détente limité à deux pièces seulement, avec une zone de raccordement

située dans une zone où le fluide de travail circule à une température déjà refroidie et à une pression limitée.

La présente invention concerne selon son acception la plus générale une machine de détente à pistons à cycle de Rankine, comprenant un corps extérieur présentant un orifice d'échappement et à l'intérieur duquel sont logées :

- une culasse définissant avec ledit corps extérieur une zone d'admission d'un fluide de travail sous pression, dite « zone d'admission haute-pression »,

- une zone d'expansion comprenant au moins une cavité, dans laquelle un piston est mobile pour entraîner un arbre moteur,

caractérisée en ce que ledit corps extérieur est formé de deux parties creuses seulement,

- un carter d'une part dont le fond présentant un passage pour ledit arbre moteur et

- un couvre-culasse d'autre part, formant une enveloppe creuse étanche complémentaire, présentant un orifice d'admission

- ladite culasse étant logée au moins partiellement à l'intérieur dudit couvre-culasse

- le carter et le couvre-culasse étant assemblés par des surfaces de jointure complémentaires situées en-dehors de ladite zone d'admission haute-pression.

Avantageusement, elle comporte un joint d'étanchéité torique en élastomère disposé entre lesdites surfaces de jointure complémentaires.

Selon une variante préférée, lesdites surfaces de jointure sont placées au niveau de l'échappement de la zone d'expansion, pour être refroidies par le flux de fluide d'échappement.

Selon une autre variante, la machine comporte un joint plat assurant l'étanchéité entre un épaulement périphérique de la culasse, et une surface périphérique complémentaire prévue sur le couvre-culasse.

5

Selon un exemple particulier, ledit joint plat est réalisé en polytétrafluoroéthylène expansé.

Avantageusement, ladite culasse comporte au moins une soupape d'admission présentant une partie mobile radialement.

Selon une variante, ladite culasse comporte au moins une soupape d'échappement présentant une partie mobile radialement.

15

Selon une autre variante, lesdites soupapes d'échappement sont disposées angulairement entre deux cylindres adjacents, au niveau de la chambre d'expansion

20

De préférence, lesdites soupapes sont actionnées par des moyens de levée placés sur ledit arbre moteur.

Selon un mode de réalisation préféré, au moins un conduit d'échappement de la zone d'expansion présente une sortie orientée de façon à diriger le flux de fluide vers lesdits moyens de levée.

25

Selon une variante avantageuse, chaque corps de piston présente une rainure longitudinale coopérant chacune avec une goupille d'anti-rotation correspondant logée dans un perçage latéral radial formé dans la paroi latérale intérieure du carter.

30

Selon une autre variante, la tête de chaque piston est entourée par une jupe annulaire assurant le guidage par rapport à la chemise de la culasse, l'autre extrémité du piston présentant également une jupe de guidage annulaire de guidage assurant le guidage par rapport à la cavité formée dans le carter, le guidage du piston étant assuré de part et d'autre du plateau.

Avantageusement, le corps de piston est ajouré pour éviter la compression.

10 Selon une variante, un volume creux formé entre la surface frontale de la tête du piston (400) et la surface frontale du corps du piston constitue une zone d'isolation thermique.

15 Selon une autre variante, la machine présente un volume creux entre la surface frontale de la tête du piston et la surface frontale du corps du piston constitue une zone d'isolation thermique.

20 Avantageusement, ledit volume creux présente un perçage débouchant dans la zone d'échappement pour permettre l'évacuation de la phase liquide du fluide de travail.

Avantageusement, ledit volume creux présente un perçage débouchant dans la zone d'échappement pour permettre l'évacuation de la phase liquide du fluide de travail.

25 Selon une autre variante, une partie au moins des pièces fixes de ladite machine est réalisée en fonte ou en acier, avec application d'un traitement des surfaces internes et externes par nitruration dans un bain de sels suivi d'une phase d'oxydation.

30 Selon un mode de réalisation avantageux, la partie intérieure du carter présente plusieurs bossages orientés longitudinalement, placés dans le circuit de circulation de vapeur chargée d'huile issue de la culasse via les lumières, lesdits bossages étant disposés pour arrêter partiellement la  
35 trajectoire circulaire des particules d'huile arrivant à la

surface du carter, et les guider en direction du fond du carter.

De préférence, le fond du carter présente des conduits pour lubrifier le joint, le palier et la butée avec  
5 l'huile récupérée sur le fond et par le corps des pistons.

Selon une autre variante, lesdits conduits débouchent d'un côté dans des cavités assurant le guidage des corps des pistons, et de l'autre côté dans une zone de  
10 lubrification entourant l'arbre.

Description détaillée d'un exemple non limitatif de  
l'invention

La présente invention sera mieux comprise à la  
15 lecture de la description détaillée d'un exemple non limitatif de l'invention qui suit, se référant aux dessins annexés où :

- la figure 1 représente une vue éclatée d'une machine de détente selon l'invention.

- la figure 2 représente une vue en perspective  
20 intérieure du carter

- la figure 3 représente une vue en coupe longitudinale de la machine

- les figures 4 et 5 représentent des vues en perspective de la culasse respectivement d'extérieur et  
25 d'intérieur

- la figure 6 représente une vue en perspective intérieure du couvre-culasse

- les figures 7 et 8 représentent respectivement une vue en perspective de la distribution, sans la culasse et  
30 une vue en coupe partielle

- la figure 9 représente une vue en coupe transversale d'une soupape d'échappement

- la figure 10 représente une vue en coupe transversale d'une soupape d'admission

- la figure 11 représente les lois de levée des soupapes.

### Principe général d'une machine de détente

5

Une machine à détente, au sens de la présente invention, produit un mouvement mécanique rotatif par transformation de l'énergie provenant d'un fluide de travail sous pression.

10

La transformation est réalisée dans une chambre d'expansion ou plusieurs chambres d'expansion formant une zone d'expansion, alimentée en fluide de travail sous forme vapeur chargé de lubrifiant, provenant de la zone d'admission haute-pression et évacuée par une zone d'échappement. Le fluide sous  
15 pression comprend un composant principal tel que l'éthanol, assurant le cycle thermodynamique, chargé avec un lubrifiant liquide pulvérisé dans la phase vapeur du composant principal. Le lubrifiant est de type polyalkylene glycol (PAG) miscible en phase liquide avec les autres composantes. La proportion de  
20 lubrifiant est typiquement comprise entre 1 et 20% en masse.

Ce fluide de travail peut en outre comporter des composants tels que de l'eau, dans une proportion comprise entre 0 et 20% en masse et éventuellement des additifs pour dénaturer l'éthanol, par exemple de l'euro-dénaturant (nom  
25 commercial), ou un alcane, ou une cétone dans des proportions comprises entre 1 et 10% en masse.

En fonctionnement nominal, la machine de détente fonctionne selon le principe général de l'étape de détente d'un cycle de Rankine ou de Hirn.

30

La problématique visée par le présent brevet concerne l'étanchéification de la machine de détente à l'intérieur de laquelle circule un fluide de travail inflammable, en phase gazeuse, à haute pression, haute température (environ 200 à 250°C).

De telles machines sont installées sur des véhicules automobiles impliquant des exigences de sécurité drastiques.

5            Architecture générale de la machine selon l'invention

La figure 1 représente une vue éclatée d'une machine à expansion selon un exemple de l'invention.

Elle présente un corps extérieur formé de deux parties creuses complémentaires :

- 10            - un carter (100)  
             - un couvre-culasse (200).

Ces deux parties complémentaires (100, 200) présentent chacune une bride périphérique (101, 201) complémentaire, pour permettre un assemblage de manière  
15            étanche par boulonnage.

L'attelage mobile (300) est intégralement enfermé dans le volume défini par le carter (100) et le couvre-culasse (200).

20            Le carter (100) entoure la zone de la machine d'expansion qui s'étend de l'extrémité point-mort bas piston jusqu'à la sortie de l'arbre (1). Cette zone comprend notamment le plateau incliné (2) qui assure la transformation du mouvement de va-et-vient des trois pistons (400, 500) en mouvement rotatif de l'arbre (1).

25            Le couvre-culasse (200) entoure la zone de la machine d'expansion qui s'étend depuis l'arrivée de vapeur dans la culasse jusqu'aux lumières d'échappement (38) prévues au point mort bas piston. Il s'agit de la partie la plus chaude de la machine à expansion.

30            L'attelage mobile (300) comprend l'arbre (1) et les organes qui lui sont rattachés :

- le plateau incliné (2)
- les trois pistons, dont deux sont représentés sur la figure 1 (400, 500)

- les trois paires de patins semi-sphériques (412, 413) assurant la transmission des efforts entre les pistons (400, 500) et le plateau incliné (2)
- les cames (5, 6) activant la distribution de vapeur
- 5 - les paliers, par exemple des roulements à aiguilles ou à rouleaux, et optionnellement une pompe à huile (34).

En fonctionnement, la vapeur entre dans la culasse (800) à une température inférieure à 250°C comprise en général  
10 entre 180°C et 235°C. Cette vapeur est chargée en lubrifiant.

Le lubrifiant parcourt de manière connue tout le circuit Rankine, entraîné par le fluide de travail.

Ce fluide de travail est par exemple composé d'un mélange Ethanol / Eau. Le pourcentage d'eau est compris entre  
15 0 à 20% en masse, préférentiellement 4.5% de la masse (azéotrope).

A ce mélange est ajouté un dénaturant, par exemple un alcane ou une cétone ou de l'euro-dénaturant (mélange  
20 normalisé) entre 1% en masse et plus (euro-dénaturant 7% en volume) auquel on ajoute du lubrifiant de type polyalkylene glycol (PAG) miscible entre 1 et 20% en masse, généralement environ 10%.

La vapeur arrive par un raccord d'entrée (20) prévu sur le couvre-culasse (200) et ressort, dans l'exemple décrit,  
25 du côté opposé par une bride d'échappement (33) prévue sur le carter (100).

La vapeur circule dans la culasse (800) pour actionner les pistons (400, 500) comme il sera présenté plus  
en détail dans la suite de la description.

30

#### Description détaillée du carter

Les figures 2 et 3 représentent respectivement une vue en perspective intérieure du carter et une vue en coupe  
35 longitudinale de la machine.

Dans l'exemple décrit, le carter (100) est réalisé en fonte, notamment une fonte de type graphite lamellaire résistant à l'éthanol.

La pièce est réalisée par fonderie dans un moule et usinage des différents orifices et cavités, puis fait l'objet d'un traitement de surface par nitruration dans un bain de sels suivi d'une phase d'oxydation.

Le fond (102) présente trois cavités cylindriques (103 à 105) fermées d'un coté seulement assurant le guidage des trois corps (401, 501) des trois pistons (400, 500). Ces cavités cylindriques (103 à 105) présentent une section intérieure complémentaire de la section extérieure des trois corps de piston (401, 501).

La profondeur de ces cavités (103 à 105) est légèrement supérieure à la course des pistons (400, 500), la différence entre la profondeur et la course étant inférieur à 5 millimètres, pour éviter la compression d'huile ou de vapeur et de prendre en compte les tolérances de moulage.

Ces trois cavités (103 à 105) présentent chacune, sur leur paroi latérale, un premier perçage latéral radial (106) dans lequel est introduite une goupille (109) d'anti-rotation des corps de piston (401, 501). Ces corps de piston (401, 501) présentent à cet effet une rainure complémentaire (402, 502) visible sur la figure 3.

Ces premiers perçages latéraux (106) sont inclinés par rapport à l'axe de l'arbre (1) d'un angle compris entre 35 et 55°, préférentiellement 45°, en direction de la culasse.

Ces trois cavités (103 à 105) présentent chacune, sur leur paroi latérale, un deuxième perçage latéral radial (112 à 114) incliné par rapport à l'axe de l'arbre (1) dans la direction opposée à la culasse d'un angle compris entre 0° et 60°, et débouchant dans la cavité centrale (118).

Ces deuxièmes perçages (112 à 114) constituent des conduits d'alimentation en huile du joint de bout d'arbre (115) ainsi que du palier (116) et de la butée axiale (117).

Le fond (102) présente par ailleurs une sortie d'arbre (118) centrale dont la surface tubulaire intérieure est usinée pour recevoir le palier (116) et la butée axiale (117), le joint de bout d'arbre (115) et éventuellement un deuxième joint de bout d'arbre (119).

L'espace annulaire (120) compris entre les joints (115, 119) constitue une chambre de mise à l'air permettant d'éviter la contamination par le fluide de travail contenu dans la machine de l'intérieur du moteur à combustion sur lequel est montée la machine de détente.

Cette chambre (120) est percée par un évent (32) débouchant à l'extérieur, dans la partie basse de la chambre annulaire, lorsque la machine est montée sur un moteur, pour permettre l'évacuation d'éventuelles fuites de fluide de travail, ou d'huile moteur.

Les joints (115, 119) sont des joints à lèvres annulaires, les lèvres étant orientées en directions opposées à la chambre (120) pour favoriser l'étanchéité de la machine par rapport au fluide de travail d'une part et l'étanchéité du moteur par rapport à l'huile du moteur d'autre part. Ainsi, la chambre (120) forme un volume de récupération des fluides venant de la machine ou du moteur, pour les évacuer vers l'extérieur, et éviter la pénétration d'un fluide venant de la machine dans le moteur, et vice et versa.

Le joint (115) est réalisé en polytétrafluoroéthylène (PTFE), par exemple un joint à lèvre commercialisé sous la référence BEKA 804 ou BEKA 806 par la société FranceJoint (noms commerciaux).

Le carter (100) présente sur une paroi latérale un orifice d'échappement (33) entouré par une bride (121) formant une surface de réception annulaire pour recevoir un joint d'étanchéité.

Deux filetages (122, 123) permettent de recevoir des vis de fixation d'une bride d'un conduit d'échappement. Cette bride (121) est située dans la moitié inférieure basse

de la machine de détente lorsque celle-ci est montée sur le moteur à combustion interne. Sa position exacte est déterminée en fonction du moteur, pour faciliter le raccordement au condenseur du cycle de Rankine.

5           La partie intérieure du carter (100) présente par ailleurs plusieurs bossages semi-cylindriques (124, 125, 126) orientés longitudinalement, recevant un taraudage destiné à la fixation de la culasse (800).

10           Ces bossages (124, 125, 126) sont placés dans le circuit de circulation de vapeur chargée d'huile issue de la culasse via les lumières (38, 39). Cette vapeur circule avec une composante rotative, imprimée par la rotation du plateau incliné (2). Ce mouvement conduit à une force centrifuge tendant à entraîner les particules d'huile vers la paroi  
15 intérieure du carter. Les bossages (124, 125, 126) arrêtent partiellement la trajectoire circulaire des particules d'huile arrivant à la surface du carter, et les guident en direction du fond (102) du carter (100). L'huile récupérée sur le fond (102) vient ainsi alimenter les cavités (103 à 105), et  
20 s'écoule par les conduits (112 à 114) pour lubrifier notamment les guides des pistons (401) ainsi que les rainures (402, 502,) le joint (115), le palier (116) et la butée (117).

25           Il est à noter que le corps des pistons (401, 501) joue un rôle similaire de collecte d'huile, étant interposés sur la trajectoire circulaire des particules d'huile, et guidant une partie de l'huile collectée vers les cavités (103 à 105).

          La bride (101) entoure le carter (100) pour former une surface transversale de réception d'un joint (130).

30           Cette surface présente des taraudages répartis sur la périphérie pour recevoir les vis assurant la fixation avec le couvre-culasse (200), présentant une bride (201) complémentaire.

Le joint (130) est un joint torique en fluoroélastomère, par exemple en VITON (nom commercial) ou en EPDM (éthylène-propylène-diène monomère).

La surface de jonction entre le carter (100) et le  
5 couvre-culasse (200) se situe dans la zone de la machine où se trouve le plateau (2), et dans laquelle la vapeur est échappée par les lumières d'échappement (38). Il s'agit d'une zone basse-pression à basse température relativement au reste de la machine, ce qui permet d'utiliser des joints en élastomère peu  
10 coûteux, plutôt que des joints résistant à de fortes températures.

Alternativement, le joint peut être déposé non pas sur la surface transversale de la bride (101), mais entourer une surface tubulaire (montage dit « en piston »).

La surface extérieure du fond (102) présente des  
15 moyens de fixation sur le moteur à combustion interne, par exemple au niveau d'une prise de force et en particulier la prise de mouvement arrière, prévue sur le moteur à combustion interne. L'arbre (1) présente des moyens d'accouplement au  
20 moteur, par exemple une combinaison parmi les éléments suivants: roue libre, embrayage, amortisseur de vibration, engrenage, poulie.

La surface intérieure de la jupe périphérique du carter présente des logements (131, 132, 133) pour le  
25 positionnement de capteurs, par exemple de capteurs de température, de pression ou de position du plateau.

#### Description détaillée du guidage des pistons

La figure 3 illustre le guidage des pistons. La  
30 forme du piston illustrée par la figure 3 diffère de celle illustrée par la figure 1, correspondant à une variante de réalisation en ce qui concerne ce détail. La description portera sur un seul piston (400), étant entendu que les autres  
35 pistons (500) sont identiques.

Le piston (400) est constitué de deux pièces, à savoir le corps de piston (401) et la tête du piston (403), reliés par une vis (404) ou par tout autre moyen connu, par exemple par frettage.

5 La tête (403) est entourée par un segment d'étanchéité (405), par exemple en fonte.

Le corps (401) est surmonté, du côté de la tête (403), d'une couronne annulaire (406).

10 Cette couronne annulaire (406) assure le guidage de la tête et reprend les efforts de guidage de l'ensemble du piston (400). Elle délimite également un volume creux (407) entre la surface frontale de la tête (403) et la surface frontale du corps (401), constituant une zone d'isolation thermique. Ce volume creux (407) présente un perçage (420)  
15 débouchant dans la zone d'échappement pour permettre l'évacuation de la phase liquide du fluide de travail.

La tête (403) est entourée par une jupe annulaire (408) assurant le guidage par rapport à la chemise (409) de la culasse (800).

20 L'autre extrémité du piston (400) présente également une jupe de guidage annulaire (410) délimitant une cavité (411) ouverte permettant d'éviter la compression de vapeur entre le corps du piston (401) et le fond de la cavité (103) du carter (100). La section ouverte représente environ  
25 60% de la section transversale du corps (401).

Le guidage du piston est ainsi assuré de part et d'autre du plateau (2) permettant une réduction des efforts de guidage mais également permettant de placer l'échappement (33) au plus près du côté de l'admission (20), ce qui facilite  
30 l'intégration de la machine de détente dans un véhicule.

Comme déjà exposé, le corps (401) présente une rainure longitudinale (402) dans laquelle vient glisser la goupille anti-rotation (109) solidaire du carter (100).

La coopération entre le piston (400) et le plateau (2) est assurée de manière connue par des patins présentant  
35

une forme de calotte sphérique (412, 413) disposés de part et d'autre du plateau.

Les patins (412, 413) sont réalisés en acier de type 100Cr6 (selon la désignation proposée par la norme AFNOR  
5 EN 10027).

Le patin (412) situé du côté de la tête de piston (403) fait optionnellement l'objet d'un traitement de surface de type carbone amorphe appelé DLC («diamond like carbon » en anglais).

10 Le corps de piston (401) est réalisé en acier forgé ou en fonte à graphite sphéroïdal, faisant l'objet ensuite d'un traitement de surface par nitruration dans un bain de sels suivi d'une phase d'oxydation. Il peut aussi être réalisé en aluminium forgé, suivi d'un traitement de surface par  
15 oxydation anodique.

La tête de piston (403) est réalisée en fonte à graphite sphéroïdal ou en acier, avec application d'un traitement de surface par nitruration dans un bain de sels suivi d'une phase d'oxydation.

20 Le plateau (2) est réalisé en fonte à graphite sphéroïdal, faisant ensuite l'objet d'un traitement de surface par nitruration dans un bain de sels suivi d'une phase d'oxydation.

Alternativement, le plateau est réalisé en acier  
25 forgé faisant l'objet d'un traitement de type DLC sur au moins sa face plane du côté des cylindres.

#### Description détaillée de la culasse

30 Les figures 4 et 5 représentent des vues en perspective de la culasse respectivement d'extérieur et d'intérieur.

La culasse (800) est réalisée par moulage d'une fonte à graphite sphéroïdal, usinage puis traitement de

surface par nitruration dans un bain de sels avec une étape additionnelle d'oxydation.

La culasse (800) présente trois cavités (414, 514, 614) dans lesquelles viennent s'insérer les chemises tubulaires (409, 509, 609) ouvertes aux deux extrémités frontales. Les cavités (414, 514, 614) sont borgnes, chacune présentant deux orifices, à savoir un orifice d'échappement oblong (415, 515, 615) et un orifice d'admission (416, 516, 616).

Un joint plat (417) visible sur la figure 3 assure l'étanchéité entre la surface frontale de la chemise (409) et le fond de la cavité (414).

La chemise (409) présente une gorge annulaire (418) permettant de définir, avec la paroi intérieure de la cavité (414) un espace annulaire formant une isolation thermique. Optionnellement, cet espace peut être parcouru par un flux de vapeur chaude.

A cet effet, les cavités (414, 514, 614) présentent une première série de perçages latéraux (419, 519, 619) et d'une deuxième série de perçages latéraux non visibles sur les figures, disposés de part et d'autre d'un plan longitudinal médian.

D'autres perçages (824, 825, 826) peuvent être prévus pour permettre l'évacuation par gravité de l'huile qui s'accumule dans la zone annulaire (418, 518, 618) de la culasse (800). A cet effet, les perçages (824, 825, 826) sont prévus dans les parties basses lorsque la machine est montée sur le moteur à combustion interne.

Le perçage central (801) est destiné au passage de l'arbre (1).

Ce passage (1) présente une zone de portage d'un roulement conique (617) visible sur la figure 3.

Le fond (802) de la culasse (800) présente par ailleurs des perçages (803 à 805) servant à la fixation de la

culasse (800) sur le carter par des vis pénétrant dans les taraudages prévus dans les bossages (124 à 126).

L'orifice (806) constitue la sortie d'un conduit interne de dérivation (« by-pass ») assurant la purge du liquide stagnant dans la machine à l'arrêt.

Le fond (802) présente également trois lumières (807 à 809) destinées au passage de la vapeur échappée par les conduits d'échappement (415, 515 et 615).

A proximité de l'orifice (806), la culasse (800) présente une paroi (810) s'étendant radialement, dans un plan longitudinal, entre la face frontale transversale (802) et le plateau transversal intermédiaire (811). Cette paroi (810) cloisonne la circulation de vapeur dans le circuit de dérivation qui sera décrit plus en détail dans ce qui suit. Elle présente un perçage (822) destiné à éviter l'accumulation d'huile dans une partie de la machine.

Le plateau transversal intermédiaire (811) est entouré par un joint périphérique (812). Ce joint (812) est un joint plat, en polytétrafluoroéthylène expansé dont l'épaisseur est comprise entre 1 et 4 millimètres.

Ce plateau (811) est surmonté d'une couronne annulaire (813) présentant à son extrémité une bordure périphérique (814) entourée par un joint d'étanchéité (815). Ce joint (815) est également un joint plat, en polytétrafluoroéthylène expansé dont l'épaisseur est comprise entre 1 et 4 millimètres.

L'espace annulaire compris entre les joints (812) et (815) constitue la zone haute-pression reliée à l'admission (20) et débouchant, via les soupapes d'admission (11), dans les chambres d'expansion délimitées par les chemises (409, 509, 609), le fond des cavités (414, 514, 614) et la tête des pistons (403).

Cet espace annulaire est étanché par les 2 joints plats (812 et 815) lorsque le couvre-culasse (200) est amené axialement et est positionné sur le carter (100). La liaison

entre le couvre-culasse (200) et le carter (100) est également étanché par le joint torique (130).

Ces étanchéités simultanées sur des plans de joints de hauteur différentes est permise grâce aux propriétés de compressibilité du polytétrafluoroéthylène expansé ainsi qu'au choix judicieux de l'épaisseur des joints plats (812, 815).

La couronne annulaire (813) délimite, avec une paroi interne (817) complémentaire, une chambre d'isolation thermique (816) de forme annulaire.

La paroi interne (817) est percée par trois conduits d'échappement (818 à 820) qui sont reliés d'un coté à l'orifice d'échappement (415, 515, 615) et de l'autre coté à des lumières (821) qui sont obturables par les soupapes d'échappement (12).

Ces conduits d'échappement (818 à 820) sont refermés par le couvre-culasse (200) pour former un conduit d'échappement entre les zones d'expansion et les orifices d'échappement (821).

Les soupapes d'admission (11) et les soupapes d'échappement (12) sont des soupapes à tige, mobiles selon des directions sensiblement radiales, sous l'action des cames (5, 6) situées sur l'arbre (1).

Les soupapes d'échappement (12) sont disposées angulairement entre les pistons (400, 500) de façon à optimiser l'encombrement notamment axial en utilisant l'espace disponible entre deux chemises adjacentes.

Le conduit de soupape (11) d'admission relie la zone haute-pression à la zone d'expansion via l'orifice (416, 516, 616).

La paroi (817) est percée par au moins un perçage (823) d'un diamètre inférieur à 4 mm, qui débouche dans la zone isolante (816) pour éviter l'accumulation d'huile et pour maintenir la zone isolante (816) à basse pression.

La culasse présente un circuit de dérivation partant de la zone haute-pression, via un passage de dérivation formé dans le couvre-culasse (200) commandé par une vanne (9).

5 Ce conduit débouche dans une zone définie entre le couvre-culasse (200), le plateau intermédiaire (811) et le plateau frontal (802). En fonctionnement en mode dérivation, vanne (9) ouverte, la vapeur qui circule dans cette zone traverse successivement les espaces annulaires (418), dans  
10 lesquels ils pénètrent par l'un des orifices (419, 519, 619) et ressort par l'autre orifice opposé.

La vapeur débouche ensuite, après ce circuit, dans l'orifice (806).

#### 15 Description détaillée du couvre-culasse

La figure 6 représente une vue en perspective intérieure du couvre-culasse.

20 Dans l'exemple décrit, le couvre-culasse (200) est une pièce creuse réalisée en fonte, notamment une fonte à graphite sphéroïdal résistant à l'éthanol.

La pièce est réalisée par fonderie dans un moule et usinage des différents orifices et cavités, puis fait l'objet d'un traitement de surface par nitruration dans un bain de  
25 sels suivi d'une phase d'oxydation.

Le fond (202) présente un palier de guidage (203) de l'arbre (1), non traversant. Le fond (202) est entouré par une jupe périphérique (204) présentant une bride (201) comme mentionné précédemment.

30 Le fond (202) est prolongé par des lames (205 à 207) érigées perpendiculairement au fond (202), selon des plans perpendiculaires à des directions radiales. Les extrémités de ces lames (205 à 207) présentent une surface incurvée (208 à 210) fermant les conduits d'échappement (818,  
35 819, 820). La forme de cette surface (208 à 210) est

configurée pour réduire le volume du conduit d'échappement (818, 819, 820) tout en limitant les pertes de charge. Le rayon de courbure de cette forme concave est adaptatif pour définir une section d'échappement sensiblement constante.

5 Des nervures (212) assurent la rigidité du fond (202) pour éviter des déformations résultant de la pression de vapeur.

Le fond (202) présente deux rainures (213, 214) dans lesquelles viennent se loger des joints d'étanchéité, pour délimiter la zone de haute pression et la zone  
10 d'isolation thermique (816).

La surface inférieure du couvre-culasse (200) présente par ailleurs un épaulement (215) périphérique formant une surface d'appui transversal contre laquelle vient  
15 s'appuyer la surface transversale (811) de la culasse.

Un joint d'étanchéité (812) est disposé entre ces deux surfaces.

Le plateau (215) est traversé par un orifice (828) débouchant dans un logement recevant la vanne de dérivation  
20 (9). Cette vanne (9) commande l'ouverture ou la fermeture d'un orifice (829) débouchant dans la zone haute-pression. L'un et/ou l'autre de ces orifices (828, 829) présente une section restreinte ayant une section 4 à 12 fois plus petite que  
25 l'orifice d'admission (20) afin de produire intentionnellement en fonctionnement en mode dérivation (par exemple pour la purge du liquide contenu dans la machine à l'arrêt) une perte de charge adéquate.

Le couvre-culasse (200) comprend également le raccord d'admission (20).

30 Sur la figure 1, le couvre-culasse (200) comprend également une pompe à huile (818) optionnelle, par exemple une pompe à huile trochoïdale.

Selon cette option, la pompe à huile (34) sert à la circulation d'huile, pour lubrifier les paliers, la butée, les  
35 joints, le plateau incliné et les cames, en passant par des

perçages radiaux sur l'arbre débouchant sur un canal traversant longitudinalement l'arbre (1). Dans ce cas, une alimentation externe en huile de la pompe est prévue.

Optionnellement, la surface intérieure du couvre-  
5 culasse peut également présenter des logements pour recevoir un ou plusieurs capteurs tels que des capteurs de pression instantanée dans les cylindres, des capteurs de pression de la zone haute pression, des capteurs de la pression d'huile lorsqu'il existe une pompe à huile ou des capteurs de  
10 température.

Optionnellement le couvre-culasse (200) comprend une soupape de sécurité entre la zone haute-pression et le conduit de dérivation, cette soupape s'ouvrant lorsque la différence de pression de la vapeur entre la zone haute-  
15 pression et le conduit de dérivation dépasse une valeur seuil, par exemple 40 ou 45 bars.

#### Description détaillée de la distribution

20 Les figures 7 et 8 représentent respectivement une vue en perspective de la distribution, sans la culasse et une vue en coupe partielle.

L'arbre (1) présente des cames (5, 6) actionnant les soupapes d'admission (11) et les soupapes d'échappement  
25 (12).

Les soupapes d'échappement (12) sont des soupapes à tige, dont la figure 9 représente une vue en coupe transversale.

La partie mobile de la soupape (12) est constituée  
30 par une tête (50) prolongée par une tige (51), elle-même prolongée par un corps cylindrique (52) présentant une zone annulaire conique d'appui (53) contre le siège (827) présentant lui-même une surface d'appui conjuguée.

La tête (50) comprend une pastille de réglage (54)  
35 dont l'épaisseur est choisie pour rattraper les tolérances de

fabrication des cames et de la soupape, et garantir un jeu d'environ 75 microns entre le rayon de base de la came et la soupape en position fermée, où la surface annulaire (53) est en appui contre le siège (827).

5 La came (5), en tournant avec l'arbre (1), vient balayer une surface rectangulaire sur la pastille (54). Le diamètre de ladite pastille (54) est donc adapté pour que cette surface rectangulaire soit inscrite dans la surface de la pastille afin d'éviter, en fonctionnement, l'interruption  
10 du film d'huile entre came (5) et pastille (54) et maîtriser ainsi l'usure de ces pièces.

La partie fixe de la soupape (12) est constituée par une embase (55) dont la section extérieure est complémentaire de la section intérieure du corps cylindrique  
15 (53) pour permettre un débattement axial de ladite partie mobile de la soupape (12). Un ressort (56) est inséré dans le corps cylindrique (53), et vient en appui d'une part contre le fond transversal (57) du corps cylindrique (53) et contre un épaulement (58) de l'embase (55) d'autre part.

20 L'embase (55) présente un conduit (59) pour l'échappement des gaz accumulés à l'intérieur du corps cylindrique (53).

Les soupapes d'échappement (12) sont introduites radialement dans la culasse (800), depuis une ouverture prévue  
25 à la surface périphérique extérieure de la culasse. Lorsqu'elles sont en place, elles sont immobilisées par un segment d'arrêt (60).

Pour assurer le réglage de la soupape, on introduit d'abord la partie mobile de la soupape (12) jusqu'à ce qu'elle  
30 vienne en butée contre le siège (827).

On détermine alors la distance entre la pastille (54) et la surface de la came en position de fermeture. Pour cela, on introduit entre la surface de la came et la pastille (54) une série de cales calibrées d'épaisseurs différentes.

On remplace ensuite la pastille originelle par une pastille d'épaisseur adaptée pour obtenir un jeu nominal, par exemple 75 microns.

Alternativement, la partie mobile peut présenter une partie discale dont la zone périphérique opposée à la tête constitue la surface d'appui sur le siège, cette partie discale étant prolongée par une tige.

L'embase présente dans ce cas un prolongement tubulaire de guidage de cette tige. Le ressort entoure ce prolongement tubulaire et vient en appui d'une part contre la surface arrière de la partie discale et d'autre part sur un épaulement ou sur le pied de l'embase.

Les soupapes d'admission (11) sont des soupapes à tige, dont la figure 10 représente une vue en coupe transversale.

Le guide de soupape (61) est fretté dans un logement traversant radial prévu dans la culasse. Ce guide de soupape (61) présente un alésage traversant pour le guidage de la tige (62) de la soupape.

Cette tige (62) présente à son extrémité une tête (63) prolongée par un ergot (64). L'extrémité opposée présente une coupelle (65) enchâssée sur la queue de soupape (66). Cette coupelle (65) forme une surface d'appui d'un ressort (67) dont l'autre extrémité vient en appui contre le fond (68) du guide de soupape (61).

La soupape (11) comporte en outre un poussoir (69) de forme cylindrique, avec des méplats (72) diamétralement opposés. Ces méplats (72) sont ajourés pour le passage d'une pastille de réglage (70) positionnée entre la queue de la soupape (66) et le poussoir (69).

Le poussoir (69) est guidé par le guide de soupape (61) à l'intérieur duquel il se déplace axialement.

Il est arrêté en rotation par une clavette (71) disposée entre le guide de soupape (61) et le poussoir (69),

ou par le méplat (72) venant en contact avec la culasse (800) ou le couvre-culasse (200) présentant à cet effet des logements de section complémentaire non circulaire.

Le réglage de jeu est réalisé avec la soupape en position de fermeture. On mesure la distance entre le poussoir (69) et la came avec des cales calibrées, et on remplace la pastille originelle (70) par une pastille dont l'épaisseur permet d'atteindre le jeu nominal, par exemple 75 microns.

L'ergot (64) est un moyen de préhension permettant de forcer l'ouverture de la soupape afin de permettre le remplacement de la pastille de réglage (70). Alternativement la tête (63) peut être équipée d'un taraudage axial facilitant sa préhension et réduisant sa masse.

#### 15 Description détaillée de la lubrification

La lubrification des cames (5, 6) et des soupapes d'admission et d'échappement (11, 12) et du roulement conique (617) est assurée par la vapeur chargée d'huile provenant du conduit d'échappement (821), débouchant à proximité des cames (5, 6).

La vapeur chargée d'huile provenant des lumières d'échappement (38) débouche dans la zone où se trouve le plateau incliné (2), ce qui assure la lubrification du plateau et des patins semi-sphériques (412, 413)

La lubrification du plateau incliné et des patins semi-sphériques est améliorée par un relatif ajustement de la paroi latérale intérieure du carter (100) autour du plateau incliné et des pistons d'une part, et par une position axiale favorable de l'orifice d'échappement (33) d'autre part.

L'orifice d'échappement (33), préférablement positionné au-delà du plan radial médian du plateau incliné par rapport aux lumières d'échappement (38), assure de ce fait que la vapeur chargée d'huile lubrifie en continu le plateau en le contournant dans son chemin vers l'orifice d'échappement, y

compris lors des phases de fonctionnement où le circuit de dérivation est activé.

Comme précédemment décrit, la lubrification du palier (116), de la butée (117) et du joint de bout d'arbre (115) est assurée par la vapeur chargée d'huile passant par les conduits (112, 113, 114).

Les segments (405) ainsi que la jupe (408) de la tête de piston sont lubrifiés par la vapeur chargée d'huile provenant de la chambre d'expansion.

La lubrification du guide (410) de corps de piston et de la rainure (402, 502) est assurée par la vapeur chargée d'huile provenant des lumières d'échappement (38) débouchant dans la zone où se trouve le plateau incliné (2), l'huile étant ensuite acheminée le long des bossages (124, 125, 126). La lubrification du siège de la soupape d'admission est assurée par la vapeur chargée d'huile provenant de l'admission de la machine.

#### Lois de levée des soupapes

La figure 11 représente les lois de levée des soupapes.

L'ouverture de la soupape d'admission ( $\theta_7$ ) débute quelques degrés (entre  $25^\circ$  et  $5^\circ$ , et de préférence  $15^\circ$  à  $20^\circ$ ) avant le point mort haut ( $\theta_0$ ) et se termine ( $\theta_1$ ) entre  $55^\circ$  et  $100^\circ$ , et de préférence  $65^\circ$  à  $70^\circ$  après le point mort haut.

Les lumières d'échappement sont découvertes par le piston ( $\theta_2$ ) quelques degrés (entre  $40^\circ$  et  $20^\circ$ , et de préférence entre  $30^\circ$  et  $35^\circ$ ) avant le point mort bas ( $\theta_4$ ), de manière symétrique par rapport au point mort bas ( $\theta_4$ ). La soupape d'échappement s'ouvre sensiblement concomitamment ( $\theta_3$ ) avec le dégagement des lumières d'échappement et se ferment sensiblement concomitamment ( $\theta_6$ ) avec l'ouverture de la soupape d'admission ( $\theta_7$ ).

Revendications

1 - Machine de détente à pistons à cycle de Rankine, comprenant un corps extérieur présentant un orifice d'échappement et à l'intérieur duquel sont logées :

- une culasse (800) définissant avec ledit corps extérieur une zone d'admission haute-pression d'un fluide de travail sous pression,
- une zone d'expansion comprenant au moins une cavité (414, 514, 614), dans laquelle un piston (400, 500, 600) est mobile pour entraîner un arbre moteur (1), caractérisée en ce que ledit corps extérieur est formé de deux parties creuses (100, 200) seulement,
  - un carter (100) d'une part présentant un passage pour ledit arbre moteur (1) et
  - un couvre-culasse (200) d'autre part, formant une enveloppe creuse étanche complémentaire, présentant un orifice d'admission (20)
  - ladite culasse (800) étant logée au moins partiellement à l'intérieur dudit couvre-culasse (200)
  - le carter (100) et le couvre-culasse (200) étant assemblés par des surfaces de jointure (101, 201) complémentaires située en-dehors de ladite zone d'admission haute-pression.

25

2 - Machine de détente à pistons selon la revendication 1 caractérisée en ce qu'elle comporte un joint d'étanchéité torique (130) en élastomère disposé entre lesdites surfaces de jointure complémentaires (101, 201).

30

3 - Machine de détente à pistons selon la revendication 1 caractérisée en ce que lesdites surfaces de jointure (101, 201) sont placées au niveau de l'échappement de la zone d'expansion, pour être refroidies par le flux de fluide d'échappement.

35

4 - Machine de détente à pistons selon la revendication 1 caractérisée en ce qu'elle comporte un joint plat (812) assurant l'étanchéité entre un épaulement 5 périphérique de la culasse, et une surface périphérique complémentaire prévue sur le couvre-culasse.

5 - Machine de détente à pistons selon la revendication 4 caractérisée en ce que ledit joint plat (812) 10 est réalisé en polytétrafluoroéthylène expansé.

6 - Machine de détente à pistons selon la revendication 1 caractérisée en ce que ladite culasse comporte au moins une soupape d'admission (11) présentant une partie 15 mobile radialement.

7 - Machine de détente à pistons selon la revendication 1 caractérisée en ce que ladite culasse comporte au moins une soupape d'échappement (12) présentant une partie 20 mobile radialement.

8 - Machine de détente à pistons selon la revendication 7 caractérisée en ce que lesdites soupapes d'échappement (12) sont disposées angulairement entre deux 25 cylindres adjacents, au niveau de la chambre d'expansion

9 - Machine de détente à pistons selon l'une quelconque des revendications 6 à 8 caractérisée en ce que lesdites soupapes (11, 12) sont actionnées par des moyens de 30 levée (5, 6) placés sur ledit arbre moteur (1).

10 - Machine de détente à pistons selon la revendication précédente caractérisée en ce qu'au moins un conduit d'échappement (818, 819, 820) de la zone d'expansion

présente une sortie (821) orientée de façon à diriger le flux de fluide vers lesdits moyens de levée (5, 6).

5 11 - Machine de détente à pistons selon la revendication 1 caractérisée en ce que chaque corps de piston (401, 501) présente une rainure longitudinale (402, 502) coopérant chacune avec une goupille (109) d'anti-rotation correspondante logée dans un perçage latéral radial (106) formé dans la paroi latérale intérieure du carter (100).

10

12 - Machine de détente à pistons selon la revendication 1 caractérisée en ce que la tête (403) de chaque piston est entourée par une jupe annulaire (408) assurant le guidage par rapport à la chemise (409) de la culasse (800), 15 l'autre extrémité du piston (400) présentant également une jupe annulaire (410) assurant le guidage par rapport à la cavité (104) formée dans le carter (100), le guidage du piston étant assuré de part et d'autre du plateau (2).

20

13 - Machine de détente à pistons selon la revendication précédente caractérisée en ce que le corps (401) présente une cavité (411) ouverte.

25 14 - Machine de détente à pistons selon la revendication 1 caractérisée en ce que une partie au moins des pièces de la dite machine est réalisée en fonte ou en acier, avec application d'un traitement des surfaces internes et externes par nitruration dans un bain de sels suivi d'une phase d'oxydation.

30

15 - Machine de détente à pistons selon la revendication 1 caractérisée en ce que la partie intérieure du carter (100) présente plusieurs bossages (124, 125, 126) orientés longitudinalement, placés dans le circuit de 35 circulation de vapeur chargée d'huile issue de la culasse via

les lumières (38, 39) disposés pour arrêter partiellement la trajectoire circulaire des particules d'huile arrivant à la surface du carter, et les guider en direction du fond (102) du carter (100).

5

16 - Machine de détente à pistons selon la revendication précédente caractérisée en ce que le fond (102) du carter (100) présente des conduits (112 à 114) pour lubrifier un joint (115), un palier (116), une butée (117) et des jupes annulaires (410) avec l'huile récupérée sur le fond (102).

10

17 - Machine de détente à pistons selon la revendication précédente caractérisée en ce que lesdits conduits (112 à 114) débouchent d'un coté dans des cavités (103 à 105) assurant le guidage des corps (401, 501) des pistons (400, 500), et de l'autre coté dans une zone de lubrification entourant l'arbre (1).

15

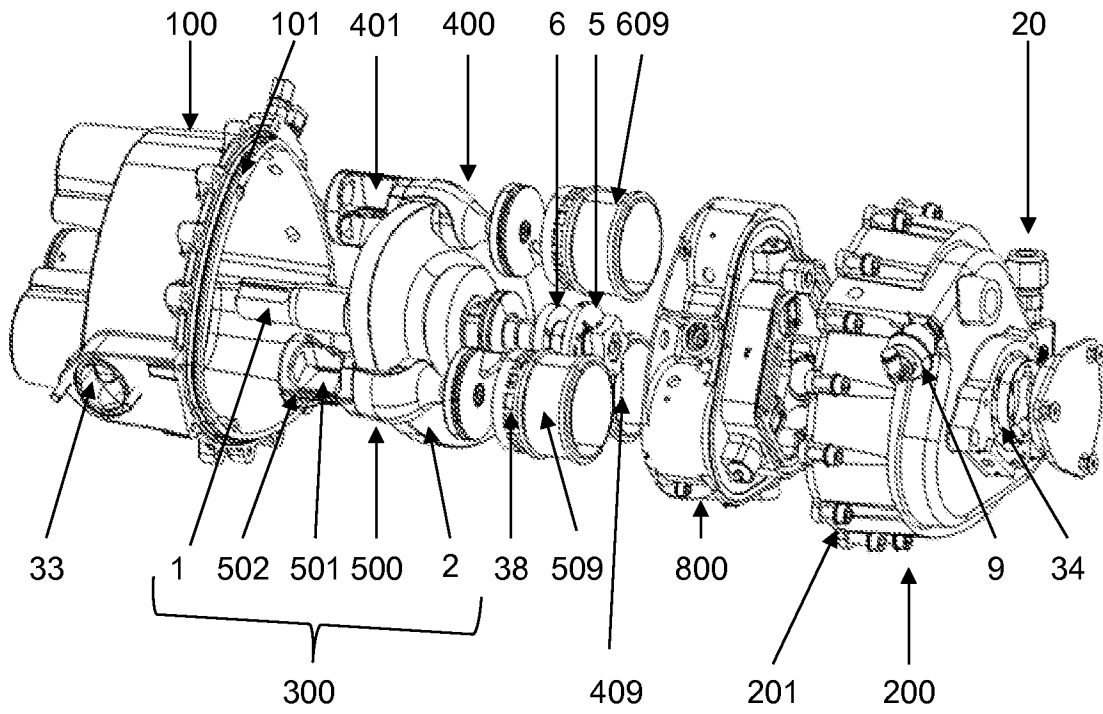


Figure 1

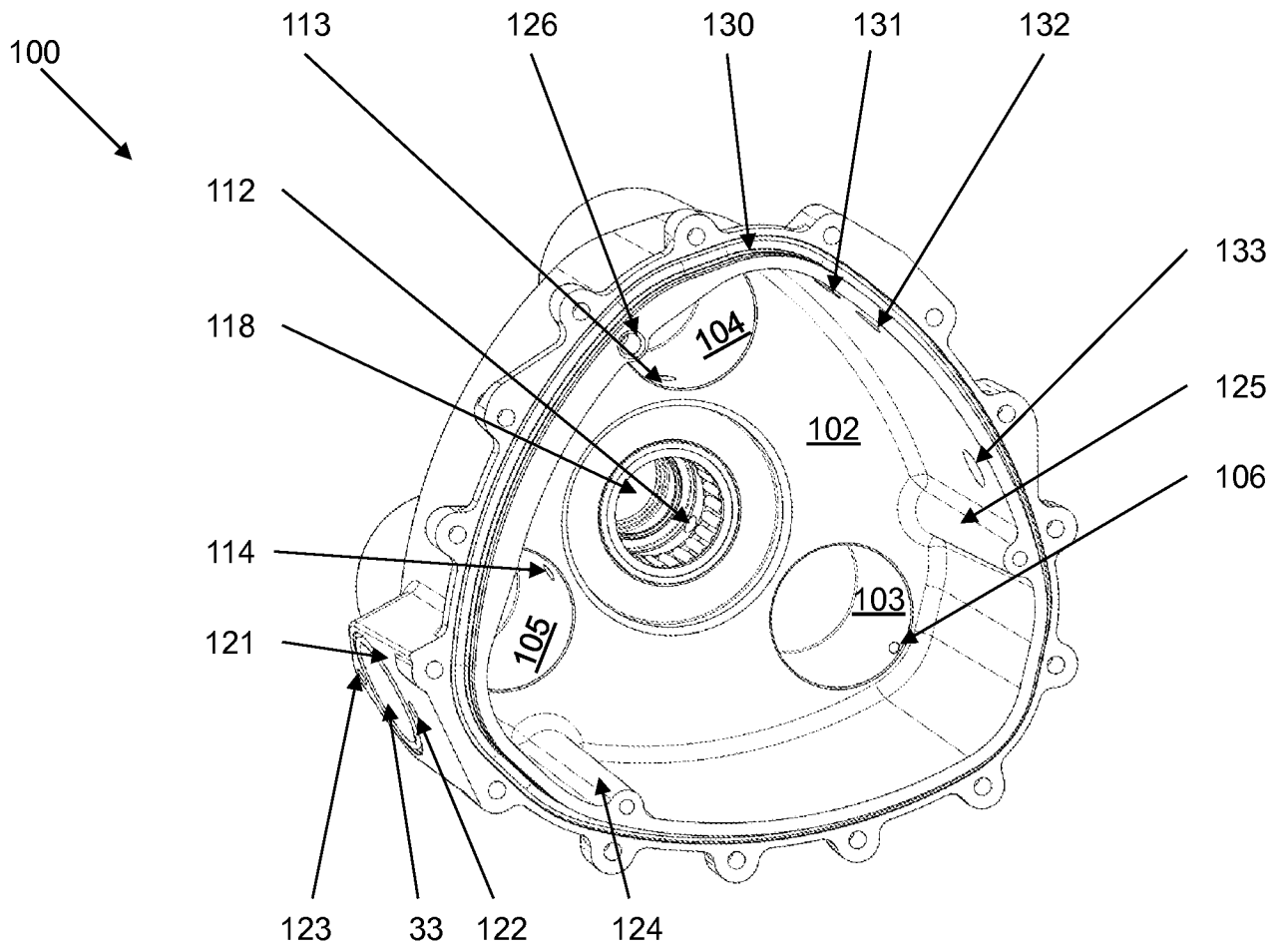


Figure 2

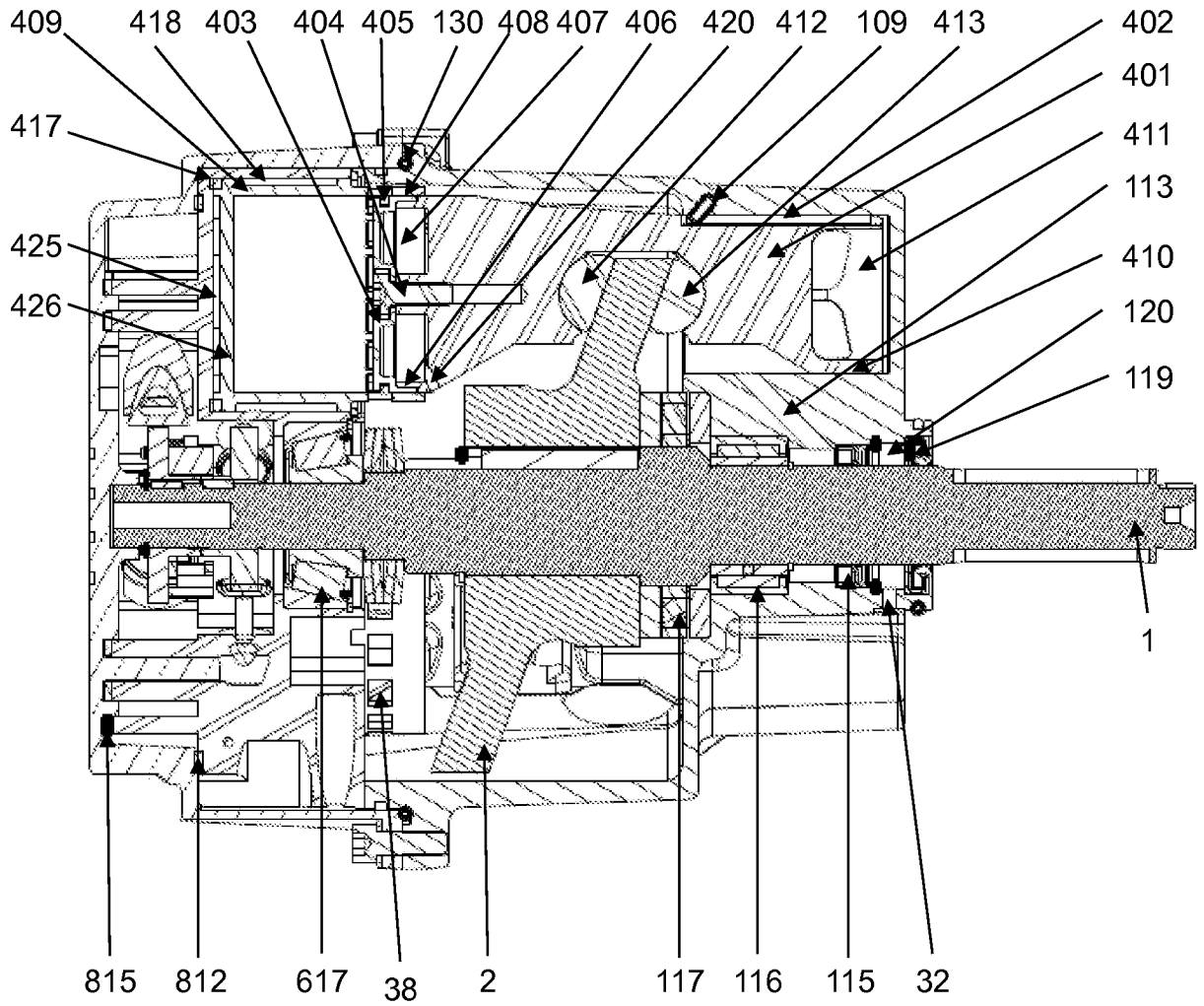


Figure 3

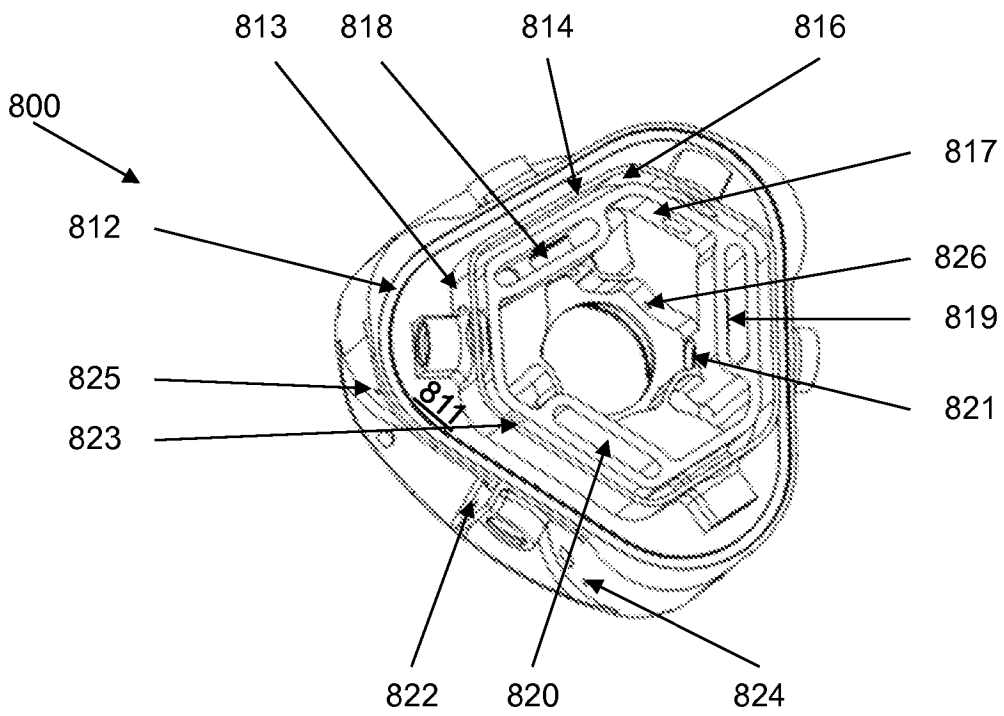


Figure 4

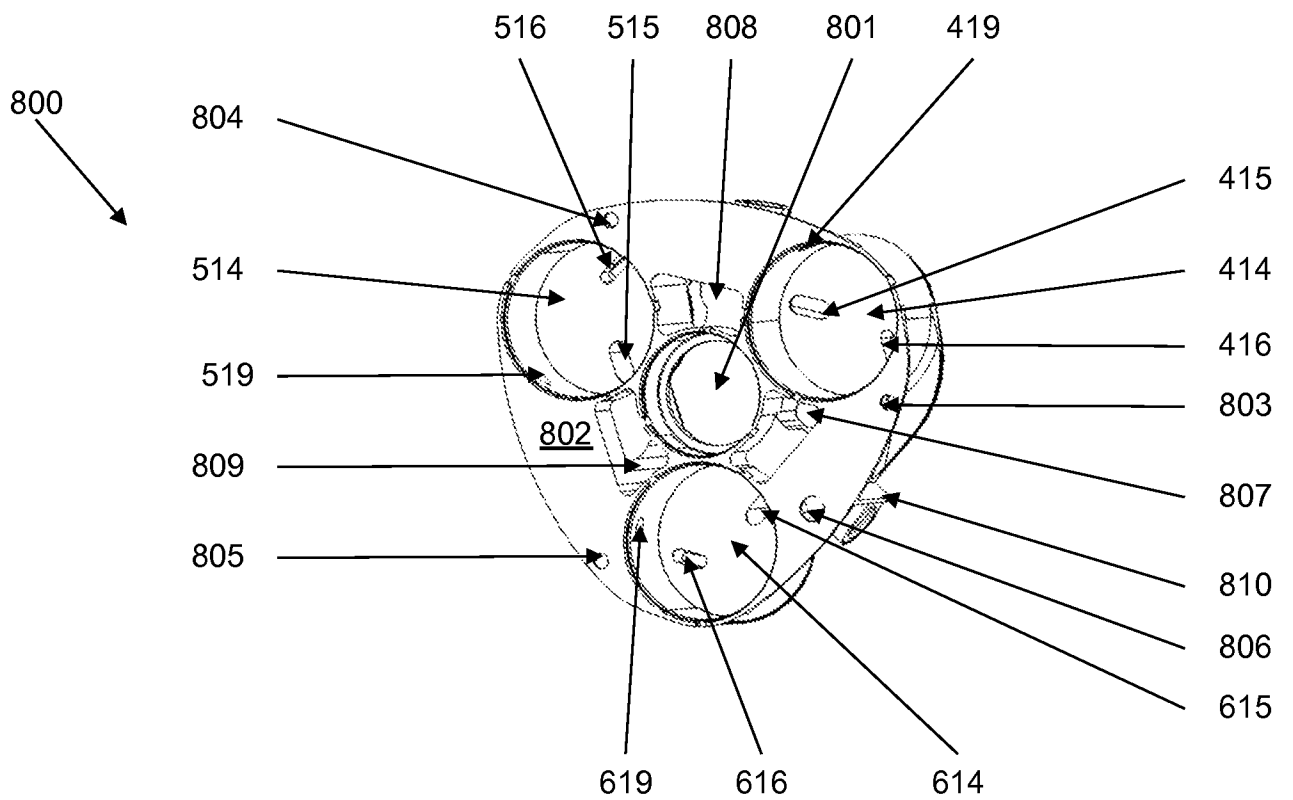


Figure 5

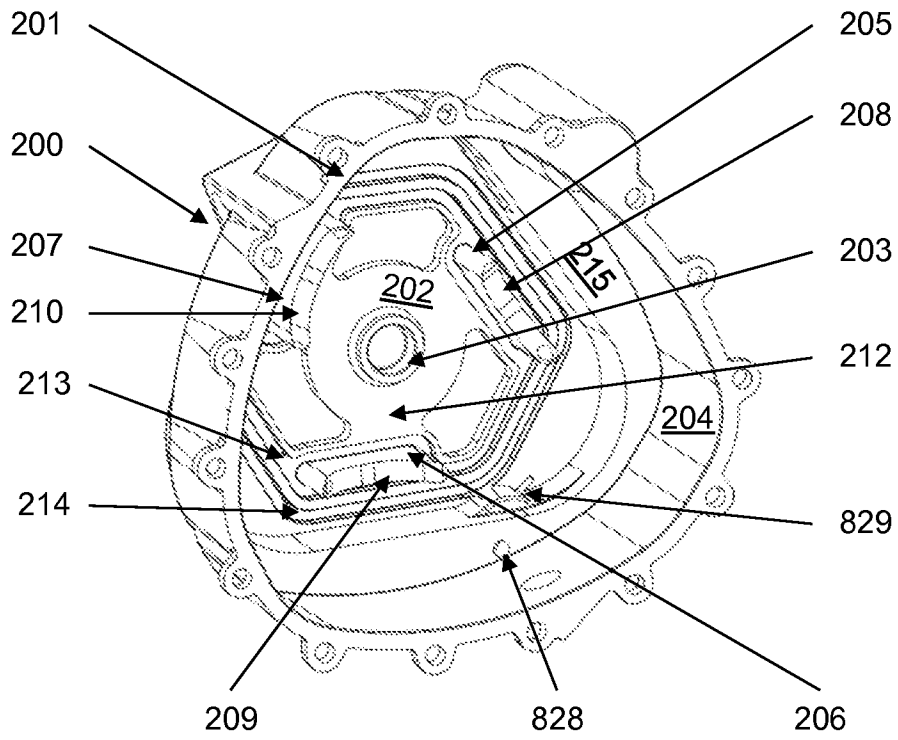


Figure 6

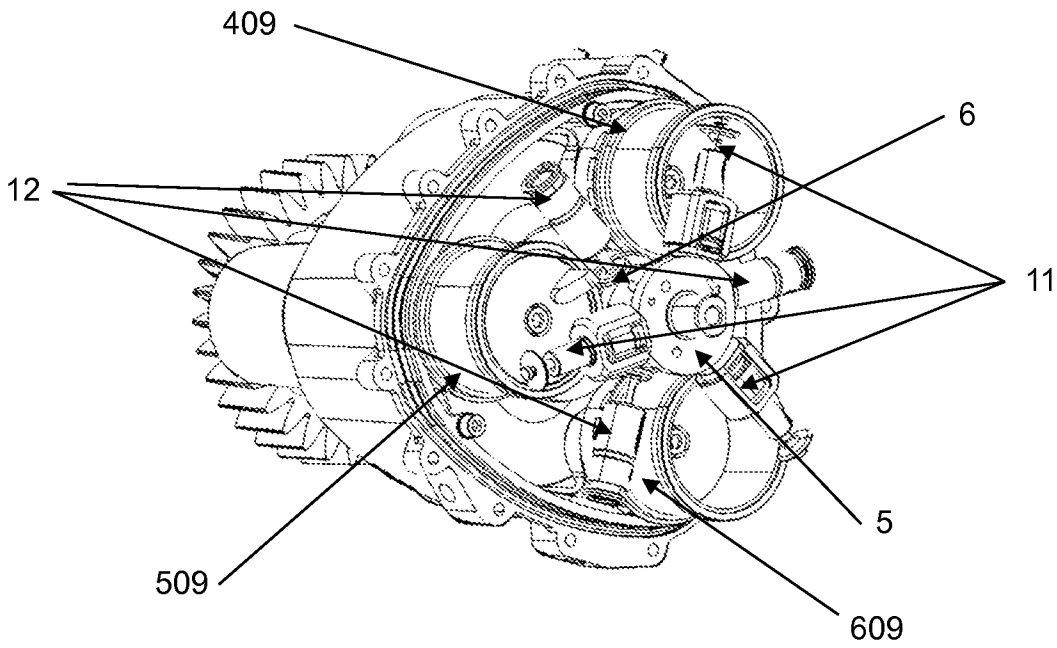


Figure 7

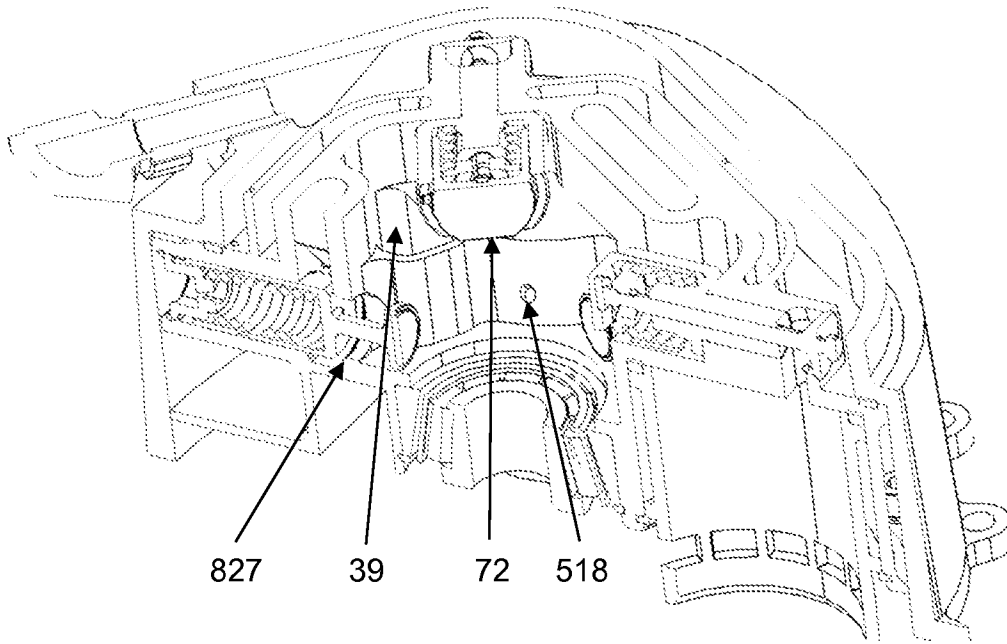


Figure 8

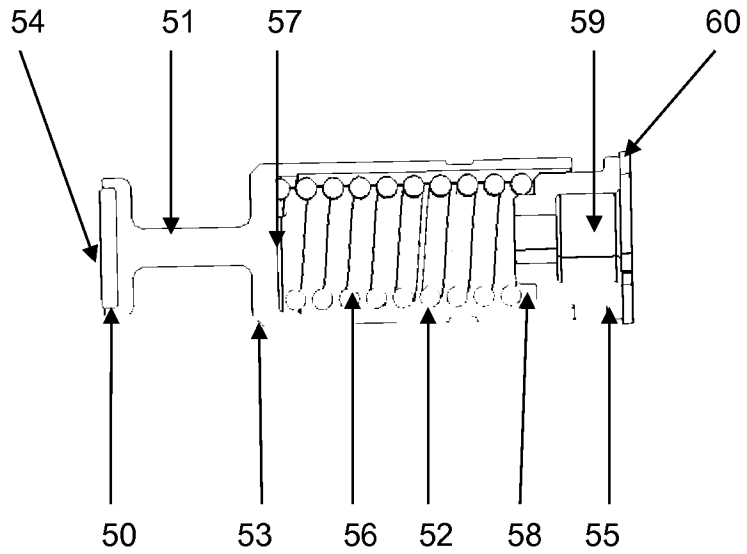


Figure 9

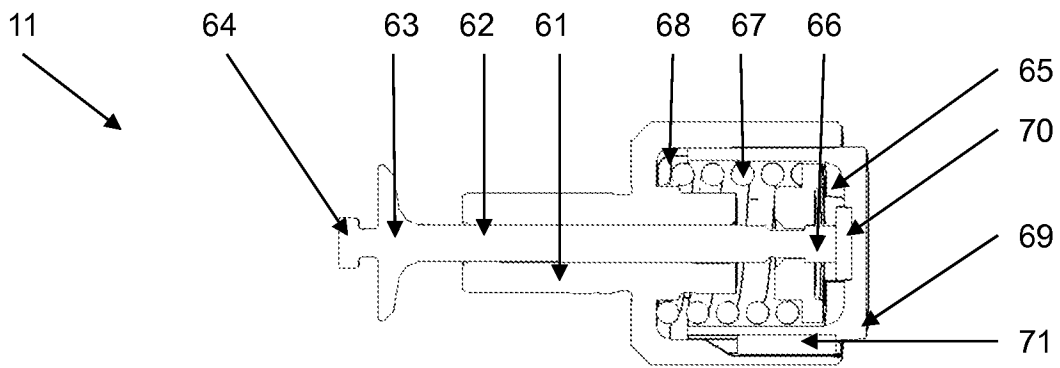


Figure 10

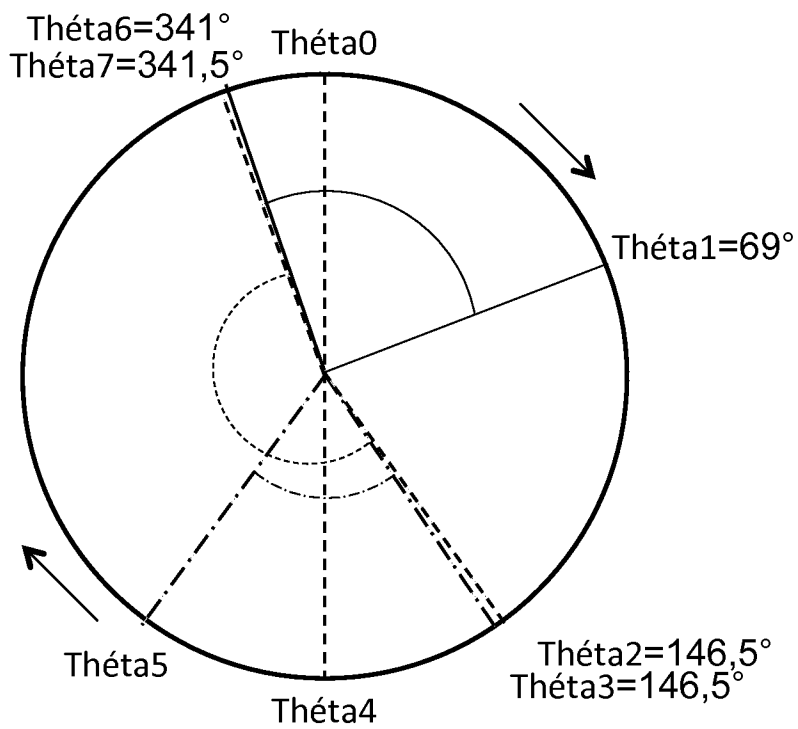


Figure 11

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No  
PCT/FR2018/051070

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
INV. F01B29/12 F01B31/26  
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)  
F01B  
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.
A	DE 10 2010 036917 A1 (AMOVIS GMBH [DE]) 9 February 2012 (2012-02-09) cited in the application paragraph [0026]	1
A	FR 3 031 135 A1 (EXOES [FR]) 1 July 2016 (2016-07-01) cited in the application abstract; figures	1
A	US 2004/184923 A1 (IWANAMI SHIGEKI [JP] ET AL) 23 September 2004 (2004-09-23) figure 6	1

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 <b>26 June 2018</b>	Date of mailing of the international search report <b>05/07/2018</b>
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer <b>Coniglio, Carlo</b>

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/FR2018/051070

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 102010036917 A1	09-02-2012	NONE	
FR 3031135 A1	01-07-2016	NONE	
US 2004184923 A1	23-09-2004	CN 1517512 A	04-08-2004
		EP 1443201 A2	04-08-2004
		US 2004184923 A1	23-09-2004



# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2018/051070

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
DE 102010036917 A1	09-02-2012	AUCUN	
FR 3031135 A1	01-07-2016	AUCUN	
US 2004184923 A1	23-09-2004	CN 1517512 A	04-08-2004
		EP 1443201 A2	04-08-2004
		US 2004184923 A1	23-09-2004