

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
COURBEVOIE

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

3 141 984

②1 N° d'enregistrement national : **22 11790**

⑤1 Int Cl⁸ : F 17 C 5/02 (2023.01), F 25 J 1/00, F 16 K 31/363,
G 05 D 16/10

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

⑫② Date de dépôt : 14.11.22.

⑫③ Priorité :

⑫④ Date de mise à la disposition du public de la
demande : 17.05.24 Bulletin 24/20.

⑫⑤ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule*

⑫⑥ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : L'AIR LIQUIDE, SOCIETE ANONYME
POUR L'ETUDE ET L'EXPLOITATION DES PRO-
CEDES GEORGES CLAUDE SOCIETE ANONYME —
FR.

⑦② Inventeur(s) : ABDO Youssef et WAGNER Marc.

⑦③ Titulaire(s) : L'AIR LIQUIDE, SOCIETE ANONYME
POUR L'ETUDE ET L'EXPLOITATION DES PRO-
CEDES GEORGES CLAUDE SOCIETE ANONYME.

⑦④ Mandataire(s) : L'AIR LIQUIDE, SOCIETE ANONYME
POUR L'ETUDE ET L'EXPLOITATION DES PRO-
CEDES GEORGES CLAUDE.

⑤④ Dispositif de détente d'un gaz, notamment pour sa liquéfaction.

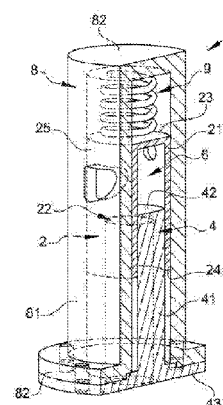
⑤⑦ Dispositif (1) de détente d'un gaz, notamment pour sa liquéfaction, comprenant une chemise (2) et un piston (4) disposé au moins en partie à l'intérieur de la chemise (2), la chemise (2) et le piston (4) formant une chambre (6) de volume variable configurée pour recevoir un flux de gaz à travers au moins un premier orifice latéral (21) de la chemise (2), et refouler tout ou partie dudit flux à travers au moins un deuxième orifice latéral (22) de la chemise (2), le piston (4) et la chemise (2) étant agencés relativement mobiles de sorte à présenter l'un par rapport à l'autre un premier mouvement relatif correspondant à une admission du gaz dans la chambre (6) de détente, et un deuxième mouvement relatif en sens inverse correspondant à un refoulement du gaz hors de la chambre (6) de détente,

Caractérisé en ce que le dispositif (1) comprend un bloc cylindre (8) disposé autour de la chemise (2) et formant avec le piston (4) un sous-ensemble fixe par rapport auquel la chemise (2) est mobile selon le premier mouvement et/ou le deuxième mouvement, le bloc cylindre (8) comprenant :

- au moins un premier port latéral (84) configuré pour s'aligner avec le au moins un premier orifice latéral (21) de la chemise (2) de sorte à former un passage latéral d'admission du gaz dans la chambre (6) de détente, et

- au moins un deuxième port latéral (85) configuré pour s'aligner avec le au moins un deuxième orifice latéral (22) de la chemise (2) de sorte à former un passage latéral de refoulement de tout ou partie du gaz hors de la chambre (6) de détente.

Figure de l'abrégé: Fig. 1



FR 3 141 984 - A1



Description

Titre de l'invention : Dispositif de détente d'un gaz, notamment pour sa liquéfaction

- [0001] L'invention concerne un dispositif de détente de gaz, notamment pour sa liquéfaction. Il peut s'agir en particulier de l'air, de l'hydrogène, de l'hélium ou d'un biogaz. L'invention concerne également un appareil de réfrigération et/ou liquéfaction d'un fluide cryogénique comprenant un tel dispositif de détente.
- [0002] Le dispositif de détente selon l'invention peut être mis en œuvre pour la production de frigories à rendement élevé ou la production d'oxygène médical ou d'azote alimentaire. Ce dispositif peut également être mis en œuvre pour la gestion de « boil-off » sur des réservoirs de stockage de liquides cryogéniques.
- [0003] Le dispositif de détente de gaz comprend une chemise et un piston disposé au moins en partie à l'intérieur de la chemise. La chemise et le piston forment une chambre de détente de volume variable, configurée pour recevoir un flux de gaz à travers au moins un premier orifice latéral de la chemise puis refouler tout ou partie dudit flux à travers au moins un deuxième orifice latéral de la chemise. Le piston et la chemise sont agencés de sorte à présenter l'un par rapport à l'autre un premier mouvement relatif correspondant à une admission du gaz dans la chambre de détente, et un deuxième mouvement relatif en sens inverse correspondant à un refoulement du gaz hors de la chambre de détente.
- [0004] Dans un dispositif de type précité, le piston est pourvu de façon connue d'une lumière en L qui est configurée pour coopérer avec le au moins un premier orifice latéral de la chemise de sorte à permettre l'admission du gaz dans la chambre de détente. Lors de cette admission, le piston et la chemise sont entraînés l'un par rapport à l'autre selon le premier mouvement relatif, induisant une augmentation du volume de la chambre de détente. Tout au long de cette phase d'admission, le deuxième orifice de la chemise reste obstrué par le piston et n'est découvert qu'après une certaine course relative entre le piston et la chemise. Le dégagement du deuxième orifice permet alors le refoulement d'un flux de gaz hors de la chambre de détente ; et à mesure que le gaz est refoulé, la chambre de détente voit son volume diminuer, ce qui correspond au deuxième mouvement relatif entre le piston et la chemise.
- [0005] Si le dispositif décrit ci-dessus permet, grâce au piston, de s'affranchir de la présence de clapets pour le contrôle du flux de gaz entrant dans la chambre de détente (respectivement le flux de gaz sortant de la chambre de détente), il présente un certain nombre d'inconvénients.
- [0006] Tout d'abord, ce dispositif présente un coût de fabrication relativement élevé,

imputable notamment à la lumière prévue à travers le piston. Du reste, la présence de cette lumière, et notamment sa forme en L, limite le choix de matériaux et/ou modes de fabrication pouvant être employés.

[0007] En outre, la mise en œuvre de ce dispositif reste compliquée dans la mesure où, pour parvenir à aligner la lumière du piston sur un orifice latéral d'admission de la chemise, et/ou pour permettre un dégagement total d'un orifice de refoulement de la chemise, il est nécessaire de régler finement la course relative du piston par rapport à la chemise. Ce besoin de réglage précis limite la faculté d'agir sur le point mort haut (c'est-à-dire la position relative du piston par rapport à la chemise avant l'admission du gaz dans la chambre de détente) ou le point mort bas (c'est-à-dire la position relative du piston par rapport à la chemise après refoulement du gaz hors de la chambre de détente).

[0008] Enfin, ce dispositif présente un rendement qui est loin d'être optimal. En effet, au point mort haut du piston, il subsiste dans la chambre de détente une quantité de gaz relativement importante. Du fait de ce gaz résiduel dans la chambre de détente, une admission de gaz lors d'un nouveau cycle de détente conduit dans un premier temps à une augmentation de la pression et donc une augmentation de la température du gaz dans la chambre de détente. Une telle augmentation, bien que limitée dans le temps, va à l'encontre de la fonction principale du dispositif de détente, à savoir diminuer la température du gaz.

[0009]

[0010] Un but de la présente invention est de pallier tout ou partie des inconvénients de l'art antérieur relevés ci-dessus.

[0011]

[0012] A cette fin, le dispositif selon l'invention, par ailleurs conforme à la définition générique qu'en donne le préambule ci-dessus, est essentiellement caractérisé en ce que le dispositif comprend un bloc cylindre extérieur disposé autour de la chemise et formant avec le piston un sous-ensemble fixe par rapport auquel la chemise est mobile selon le premier mouvement ou le deuxième mouvement, le bloc cylindre comprenant :

- au moins un premier port latéral configuré pour s'aligner avec le au moins un premier orifice latéral de la chemise, de sorte à former un passage latéral d'admission du gaz dans la chambre de détente, et
- au moins un deuxième port latéral configuré pour s'aligner avec le au moins un deuxième orifice latéral de la chemise de sorte à former un passage latéral de refoulement de tout ou partie du gaz hors de la chambre de détente.

[0013] En prévoyant un bloc cylindre extérieur autour de la chemise, l'invention déporte à l'extérieur de celle-ci l'organe principal de contrôle du flux rentrant ou sortant dans la chambre de détente. En d'autres termes, selon l'invention, il ne s'agit plus de réaliser le contrôle du flux rentrant ou sortant dans la chambre de détente à l'aide du piston

situé à l'intérieur de la chemise, mais plutôt à l'aide d'un élément nouveau situé à l'extérieur de celle-ci : le bloc cylindre. Un tel bloc cylindre est, du fait de son positionnement à l'extérieur de la chemise, plus facile à manœuvrer et/ou à remplacer.

[0014] De plus, dans la mesure où, selon l'invention, le piston n'est plus l'élément principal qui contrôle le flux rentrant ou sortant dans la chambre de détente par son positionnement par rapport aux orifices latéraux de la chemise, ceux-ci peuvent être positionnés librement le long de la chemise. Ainsi, l'invention élimine les contraintes de l'art antérieur en matière de positionnement des orifices latéraux le long de la chemise.

[0015]

[0016] Par ailleurs, des modes de réalisation de l'invention peuvent comporter l'une ou plusieurs des caractéristiques suivantes :

- le premier mouvement de la chemise par rapport au sous-ensemble formé par le bloc cylindre et le piston comprend une translation ;

- le deuxième mouvement de la chemise par rapport au sous-ensemble formé par le bloc cylindre et le piston comprend une translation ;

- le premier mouvement de la chemise par rapport au sous-ensemble formé par le bloc cylindre et le piston comprend en outre une rotation ;

- le deuxième mouvement de la chemise par rapport au sous-ensemble formé par le bloc cylindre et le piston comprend en outre une rotation ;

- la chemise comprend un premier organe de guidage configuré pour coopérer avec un deuxième organe de guidage formé au niveau de l'un au moins parmi le piston et le bloc cylindre, de sorte à assurer le premier mouvement et/ou le deuxième mouvement de la chemise par rapport au sous-ensemble formé par le piston et le bloc cylindre ;

- l'un parmi le premier organe de guidage et le deuxième organe de guidage comprend au moins une rainure ;

- l'autre parmi le deuxième organe de guidage et le premier organe de guidage comprend au moins un ergot ;

- le au moins un ergot est configuré pour s'engager dans la au moins une rainure ;

- la au moins une rainure comprend deux branches disposées sous la forme d'une hystérésis ;

- l'une des branches de la au moins une rainure est destinée à coopérer avec le au moins un ergot de sorte à assurer le premier mouvement de la chemise ;

- l'autre des deux branches est destinée à coopérer avec le au moins un ergot de sorte à assurer le deuxième mouvement de la chemise ;

- le au moins un deuxième orifice latéral de la chemise (respectivement le au moins un deuxième port latéral du bloc cylindre) est configuré pour prévenir ou limiter la sortie du gaz hors de la chambre de détente pendant le premier mouvement, et maximiser le flux de gaz expulsé pendant le deuxième mouvement ;

- le au moins un deuxième orifice latéral de la chemise (respectivement le au moins un deuxième port latéral du bloc cylindre) forme à travers une paroi latérale de la chemise (respectivement à travers une paroi latérale du bloc cylindre) une surface d'écoulement comprenant au moins une portion disposée en biais par rapport à une direction principale de la chemise (respectivement par rapport à une direction principale du bloc cylindre) ;
- le au moins un premier orifice latéral de la chemise (respectivement le au moins un premier port latéral du bloc cylindre) forme à travers une paroi latérale de la chemise (respectivement à travers une paroi latérale du bloc cylindre) une surface d'écoulement qui s'étend perpendiculairement à une direction principale de la chemise (respectivement à une direction principale du bloc cylindre) ;
- le au moins un premier orifice latéral de la chemise et le au moins un premier port latéral du bloc cylindre présentent des contours et/ou des surfaces d'écoulement respectifs de même forme géométrique ;
- le au moins un deuxième orifice latéral de la chemise et le au moins un deuxième port latéral du bloc cylindre présentent des contours et/ou des surfaces d'écoulement respectifs de même forme géométrique ;
- le au moins un premier orifice latéral et le au moins un deuxième orifice latéral de la chemise sont en décalage axial l'un par rapport à l'autre suivant une direction principale de la chemise ;
- le au moins un premier orifice latéral et le au moins un deuxième orifice latéral de la chemise sont en décalage angulaire l'un par rapport à l'autre autour de la direction principale de la chemise ;
- le au moins un premier port latéral et le au moins un deuxième port latéral du bloc cylindre sont en décalage axial l'un par rapport à l'autre suivant une direction principale du bloc cylindre ;
- le au moins un premier port latéral et le au moins un deuxième port latéral du bloc cylindre sont en décalage angulaire l'un par rapport à l'autre autour de la direction principale du bloc cylindre ;
- la chemise et le piston sont configurés pour former l'un parmi : une machine électrique à aimants permanents, un ensemble électromagnétique apte à dissiper l'énergie par courants de Foucault, et une machine à réluctance variable ;
- la chemise comprend un premier manchon et un second manchon solidaires ;
- les manchons sont pourvus chacun d'un premier orifice latéral et d'un deuxième orifice latéral ;
- le bloc cylindre comprend un premier ensemble de ports latéraux destinés à coopérer avec les orifices du premier manchon ;
- le bloc cylindre comprend un deuxième ensemble de ports latéraux destinés à

- coopérer avec les orifices latéraux du deuxième manchon ;
- le piston comprend deux parties distinctes fixées au bloc cylindre ;
- les deux parties distinctes du piston forment avec les manchons respectivement un premier compartiment et un deuxième compartiment de la chambre de détente ;
- l'admission du gaz dans l'un des deux compartiments de la chambre de détente coïncide avec le refoulement du gaz hors de l'autre des deux compartiments de la chambre de détente ;
- le dispositif comprend un système de rappel configuré pour entraîner la chemise selon le deuxième mouvement ;
- le système de rappel comprend un organe de rappel disposé entre la chemise et le bloc cylindre ;
- pour l'un des manchons formant la chemise, le système de rappel comprend le manchon opposé et le mouvement de détente du manchon opposé ;
- le bloc cylindre comporte au moins un premier collecteur d'admission du gaz dans la chambre de détente ;
- le au moins premier collecteur débouche sur le au moins premier port latéral ;
- le bloc cylindre comporte au moins un deuxième collecteur de refoulement de tout ou partie du gaz hors de la chambre de détente ;
- le au moins deuxième collecteur est en communication avec le au moins deuxième port latéral ;
- la chemise, le piston et/ou le bloc cylindre sont réalisés à partir d'un matériau choisi par exemple parmi un ou plusieurs matériaux suivants: l'acier, l'aluminium, le laiton, le bronze ;
- la chemise, le piston et/ou le bloc cylindre sont enduits d'un revêtement pouvant être par exemple en polymère de type PTFE ou PEEK ou en graphite ;
- le piston comporte un bobinage, et la paroi latérale de la chemise est pourvue de l'un au moins parmi les éléments suivants : feuilles ferromagnétiques laminées, anneaux d'aimant ou blocs d'aimant frettés ou collés ;
- la chemise est réalisée en aluminium, et le piston comporte un aimant permanent ou un bobinage ;
- la chemise comporte des aimants permanents, et le piston est réalisé en aluminium.

[0017]

[0018] L'invention peut concerner également tout dispositif de détente ou procédé alternatif comprenant toute combinaison des caractéristiques ci-dessus ou ci-dessous dans le cadre des revendications.

[0019] Selon un autre aspect, l'invention concerne un appareil de réfrigération et/ou liquéfaction d'un fluide cryogénique comprenant un dispositif de détente selon toute combinaison des caractéristiques ci-dessus ou ci-dessous dans le cadre des reven-

dications

- [0020] D'autres particularités et avantages apparaîtront à la lecture de la description ci-après, faite en référence aux figures suivantes dans lesquelles :
- [0021] [Fig.1] est une vue de coupe isométrique et en transparence illustrant un premier mode de réalisation du dispositif de détente selon l'invention, le dispositif comprenant un bloc cylindre, une chemise et un piston disposés selon une première configuration;
- [0022] [Fig.2] est une vue isométrique et en transparence illustrant le dispositif de la [Fig.1] dans une deuxième configuration ;
- [0023] [Fig.3] est une vue de coupe longitudinale illustrant un deuxième mode de réalisation du dispositif de détente selon l'invention, le dispositif comprenant un bloc cylindre, une chemise formée de deux manchons, et un piston en deux parties distinctes, la chemise et le bloc cylindre comprenant respectivement des orifices et des ports selon un premier exemple;
- [0024] [Fig.4] est une vue de coupe longitudinale partielle illustrant un autre exemple de dispositif de détente selon le deuxième mode de réalisation, la chemise et le bloc cylindre comprenant respectivement des orifices et des ports selon un deuxième exemple;
- [0025] [Fig.5] illustre un cycle de détente réalisé par le dispositif de détente selon le premier mode ou le deuxième mode de réalisation ;
- [0026] [Fig.6] est une vue partielle du dispositif de la [Fig.3] illustrant différentes positions relatives de la chemise par rapport au bloc cylindre et au piston;
- [0027] [Fig.7] est une vue isométrique et en transparence illustrant un troisième mode de réalisation du dispositif de détente selon l'invention;
- [0028] [Fig.8] est une vue de coupe longitudinale et en transparence illustrant des organes de guidage du dispositif de détente de la [Fig.7];
- [0029] [Fig.9] est une vue de coupe longitudinale illustrant un système d'étanchéité du dispositif de la [Fig.7] ;
- [0030] [Fig.10] illustre un cycle de détente réalisé par le dispositif de détente de la [Fig.7] ;
- [0031] [Fig.11] illustre le dispositif de la [Fig.7] avec différentes positions relatives de la chemise par rapport au bloc cylindre et au piston ;
- [0032] [Fig.12] est une vue de coupe longitudinale partielle du dispositif de la [Fig.3], le dispositif formant une machine électrique à aimants permanents ;
- [0033] [Fig.13] est une vue de coupe longitudinale partielle du dispositif de la [Fig.3], le dispositif formant un ensemble électromagnétique configuré pour dissiper l'énergie par courants de Foucault ;
- [0034] [Fig.14] est une vue de coupe longitudinale partielle du dispositif de la [Fig.3], le dispositif formant une machine à réluctance variable.
- [0035] L'invention concerne un dispositif 1 de détente de gaz illustré selon trois modes de

réalisations représentés aux figures 1 à 14. Le dispositif 1 comprend deux extrémités opposées qui définissent une direction longitudinale, dite direction principale. On appellera direction transversale ou direction radiale une direction perpendiculaire à la direction principale.

- [0036] Comme illustré à la [Fig.1] en relation avec le premier mode de réalisation, le dispositif 1 de détente comprend une chemise 2 et un piston 4 disposé au moins en partie à l'intérieur de la chemise 2. La chemise 2 et le piston 4 s'étendent chacun suivant une direction principale qui est confondue avec la direction principale du dispositif 1 de détente. En outre, la chemise 2 et le piston 4 forment une chambre 6 de détente configurée pour détendre un flux de gaz sous pression puis refouler au moins en partie ledit flux détendu.
- [0037] Pour ce faire, la chemise 2 comporte au moins un premier orifice latéral 21, dit orifice d'admission, et au moins un deuxième orifice latéral 22, dit orifice de refoulement. Ces orifices 21, 22 sont configurés pour assurer une communication fluidique entre la chambre 6 de détente et respectivement un milieu extérieur, par exemple un réservoir de stockage de gaz.
- [0038] La chemise 2 et le piston 4 sont montés mobiles l'un par rapport à l'autre selon deux mouvements opposés. Un premier mouvement, dit mouvement de détente, est induit par une poussée exercée sur la chemise 2 et/ou le piston 4 par un flux de gaz entrant dans la chambre 6 de détente. Ce mouvement de détente entraîne une augmentation du volume de la chambre 6 de détente et une diminution de la pression du gaz dans ladite chambre (on parle alors de détente). Un second mouvement, dit mouvement de refoulement, correspond à une sortie d'au moins une partie du gaz hors de la chambre 6 et une diminution du volume de ladite chambre 6.
- [0039] Il est à noter que le mouvement de détente et le mouvement de refoulement s'effectuent de préférence respectivement suivant un axe de détente et un axe de refoulement qui sont confondus avec la direction principale du dispositif 10 de détente. Ces axes sont de sens opposés.
- [0040] En particulier, la chemise 2 présente deux extrémités longitudinales opposées qui forment respectivement un premier fond 23 fermé et un deuxième fond 24 ouvert. Entre le premier fond 23 et le deuxième fond 24 s'étend longitudinalement une paroi latérale 25 qui délimite un logement destiné à recevoir le piston 4. Cette paroi latérale 25 porte le au moins un orifice 21 d'admission et le au moins un orifice 22 de refoulement. Dans l'exemple illustré, la paroi latérale 25 est de forme cylindrique, par exemple à section circulaire.
- [0041] Le piston 4 comprend une tige 41 qui est reçue au moins en partie dans la chemise 2. En outre, le piston 4 comprend une base 43 reliée à la tige 41 et destinée à être positionnée en dehors de la chemise 2. En particulier, la tige 41 du piston 4 présente une

première extrémité qui forme un fond 42 fermé destiné à être positionné à l'intérieur de la chemise 2, en regard du fond 23 de la chemise 2. La tige 41 présente également une deuxième extrémité au niveau de laquelle est formée la base 43. La fonction de la base 43 sera décrite plus loin.

- [0042] Il est à noter que le fond 42 de la tige 41, le fond 23 de la chemise 2, et la paroi latérale 25 de la chemise 2 délimitent la chambre 6 de détente. En d'autres termes, la chambre 6 de détente présente deux fonds opposés 23, 42 entre lesquels s'étend une paroi latérale 25 de hauteur variable. En particulier, la hauteur de la chambre 6 de détente varie entre une valeur maximale correspondant à une position éloignée des fonds 23, 42, et une valeur minimale correspondant à une position rapprochée des fonds 23, 42.
- [0043] Selon l'invention, le dispositif 1 de détente comprend un bloc cylindre 8 qui est positionné autour de la chemise 2 et forme avec le piston 4 un sous-ensemble fixe par rapport auquel la chemise 2 est mobile selon le mouvement d'admission ou le mouvement de refoulement.
- [0044] Le bloc cylindre 8 s'étend suivant une direction principale qui est confondue avec la direction principale du dispositif 1 de détente.
- [0045] Par ailleurs, le bloc cylindre 8 comprend un corps 81 qui forme une paroi latérale du bloc cylindre 8 et délimite un logement dans lequel est montée la chemise 2. En outre, le bloc cylindre 8 comprend une base 83 qui est configurée pour être fixée sur la base 43 du piston 4. Une telle fixation est obtenue par exemple au moyen de vis ou toute autre technique connue de l'homme du métier. Enfin, le bloc cylindre 8 présente un fond 82 fermé opposé à la base 83. Ce fond 82 est relié au fond 23 de la chemise 2 par un organe 9 de rappel élastique.
- [0046] L'organe 9 de rappel est donc une pièce distincte de la chemise 2 ou du bloc cylindre 8. Cet organe 9 est configuré pour se déformer lors du mouvement d'admission, puis par son retour élastique, induire le mouvement de refoulement. Dans l'exemple illustré, l'organe 9 de rappel est constitué par un ressort.
- [0047] Afin de permettre une communication fluïdique entre la chambre 6 de détente et l'extérieur (c'est-à-dire afin de permettre une admission du gaz dans la chambre 6 de détente ou une sortie du gaz hors de la chambre 6 de détente), le corps 81 du bloc cylindre 8 présente une paroi latérale pourvue d'au moins un port 84 d'admission et d'au moins un port 85 de refoulement. Le au moins un port 84 d'admission (respectivement le au moins un port 85 de refoulement) est configuré pour être aligné avec le au moins un orifice 21 d'admission (respectivement le au moins un orifice 22 de refoulement) de la chemise 2.
- [0048] Le au moins un orifice 21 d'admission et le au moins un orifice 22 de refoulement (respectivement le au moins un port 84 d'admission et le au moins un port de re-

foulement 85) sont formés l'un par rapport à l'autre avec un certain décalage angulaire et/ou avec un certain décalage longitudinal. Par « décalage angulaire », on entend un décalage autour de la direction principale du dispositif 1 de détente, suivant un pourtour de la chemise 2 (respectivement suivant un pourtour du corps 81 du bloc cylindre 8). Par « décalage longitudinal », on entend un décalage suivant la direction principale du dispositif 1 de détente.

- [0049] Dans les exemples illustrés aux figures 1 et 2, le décalage angulaire entre le au moins un orifice 21 d'admission et le au moins un orifice 22 de refoulement (respectivement le au moins un port 84 d'admission et le au moins un port de refoulement 85) est d'environ 180°.
- [0050] Le décalage longitudinal entre le au moins un orifice 21 d'admission et le au moins un orifice 22 de refoulement peut être total, ce qui veut dire qu'une certaine distance longitudinale sépare lesdits orifices 21, 22. En variante, ce décalage peut être partiel, ce qui veut dire qu'il existe un axe transversal ou radial passant par le au moins un orifice 21 d'admission et le au moins un orifice 22 de refoulement.
- [0051] Un décalage partiel entre le au moins un orifice 21 d'admission et le au moins un orifice 22 de refoulement permet un balayage du gaz sortant (à faible pression) par le gaz entrant (à haute pression). Ce balayage améliore le rendement volumétrique du dispositif 1 de détente.
- [0052] Le décalage longitudinal entre le au moins un port 84 d'admission et le au moins un port 85 de refoulement du bloc cylindre 8 peut être plus important que celui qui existe entre le au moins un orifice 21 d'admission et le au moins un orifice 22 de refoulement de la chemise 2. Ce décalage définit la hauteur maximale (et donc le volume maximal) que peut atteindre la chambre 6 de détente.
- [0053] Le au moins un orifice 21 d'admission (respectivement le au moins un port 84 d'admission) forme à travers la paroi latérale 25 de la chemise 2 (respectivement à travers la paroi latérale du bloc cylindre 8) une surface d'écoulement qui peut s'étendre perpendiculairement à la direction principale du dispositif 1 de détente. Le au moins un orifice 21 d'admission (respectivement le au moins un port 84 d'admission) peut être de forme circulaire, parallélipédique, elliptique, etc.
- [0054] Le au moins un orifice 22 de refoulement (respectivement le au moins un port 85 de refoulement) forme à travers la paroi latérale 25 de la chemise 2 (respectivement à travers la paroi latérale du bloc cylindre 8) une surface d'écoulement qui peut comprendre au moins une portion disposée en biais par rapport à la direction principale du dispositif 1 de détente. La portion en biais permet de prévenir ou minimiser une sortie du gaz pendant le mouvement de détente, et de favoriser cette sortie uniquement lors du mouvement de refoulement.
- [0055] En particulier, l'orifice 22 de refoulement (respectivement le port 85 de refoulement)

peut former à travers la paroi latérale 25 de la chemise 2 (respectivement à travers la paroi latérale du corps 81 du bloc cylindre 8) une surface d'écoulement qui comporte une portion perpendiculaire et une portion en biais par rapport à la direction principale du dispositif 1 de détente. La portion perpendiculaire peut être tournée vers le fond 42 du piston 4. La portion en biais peut être tournée vers le fond 23 de la chemise 2. La portion en biais peut s'étendre en demi-cercle sur une portion du pourtour de la chemise 2 (respectivement sur une portion du pourtour du bloc cylindre 8), conférant à l'orifice 22 de refoulement (respectivement au port 85 de refoulement) une forme de demi-disque.

- [0056] Il est à noter qu'après assemblage du dispositif 1 détente, la paroi latérale 25 de la chemise 2 est positionnée entre la tige 41 du piston 4 et le corps 81 du bloc cylindre 8. La tige 41 du piston 4 et le corps 81 du bloc cylindre 8 forment de la sorte un moyen de guidage de la chemise 2 lors du mouvement de détente et/ou lors du mouvement de refoulement.
- [0057] De façon avantageuse, le bloc cylindre 8 peut comporter au moins un premier collecteur (non illustré) d'admission du gaz dans la chambre de détente 6. Le au moins un premier collecteur est relié à une source de gaz et débouche sur le au moins un premier port 84 d'admission. De même, le bloc cylindre 8 peut comporter au moins un deuxième collecteur (non illustré) de refoulement du gaz hors de la chambre 6 de détente. Le au moins un deuxième collecteur relie le au moins un port 85 de refoulement au milieu extérieur, par exemple, à une boucle de refroidissement ou un réservoir de stockage externe au dispositif 1 de détente.
- [0058] Afin de prévenir toute sortie de gaz autrement que par le au moins un port 85 de refoulement, le dispositif 1 de détente peut être équipé d'au moins un joint d'étanchéité. Le au moins un joint d'étanchéité est fixé de sorte à être positionné, lors du mouvement de détente ou de refoulement, à l'interface entre la chemise 2 et le bloc cylindre 8. Ainsi, le au moins un joint d'étanchéité peut être fixé soit sur une face interne de la paroi latérale du bloc cylindre 8 soit sur une face externe de la paroi latérale 25 de la chemise 2.
- [0059] En d'autres termes, le au moins un joint d'étanchéité peut être mobile avec la chemise 2 ou fixe sur le bloc cylindre 8. Dans le cas particulier où le au moins un joint d'étanchéité est fixe sur le bloc cylindre 8, il peut être positionné de façon avantageuse dans l'intervalle prévu entre le au moins un port 84 d'admission et le au moins un port 85 de refoulement.
- [0060] De façon avantageuse, le bloc cylindre 8, la chemise 2 et/ou le piston 4 sont réalisés à partir d'un matériau choisi par exemple parmi les suivants: l'acier, l'aluminium, le laiton, le bronze. Le au moins un joint d'étanchéité peut être réalisé en PTFE chargé en bronze carbone. En outre, afin de limiter les frottements à leurs interfaces et prévenir

leur usure, le bloc cylindre 8, la chemise 2 et/ou le piston 4 peuvent être enduits d'un revêtement pouvant être par exemple en polymère de type PTFE ou PEEK ou en graphite.

- [0061] Dans un autre mode de réalisation illustré à la [Fig.3], la chemise 2 comprend un premier manchon 2A et un second manchon 2B solidaires. Ces manchons 2A, 2B sont séparés par un fond 23 commun et sont pourvus chacun d'un premier orifice 21a, 21b d'admission et d'un deuxième orifice 22a, 22b de refoulement.
- [0062] Par ailleurs, dans ce mode de réalisation, le bloc cylindre 8 comprend un corps 81 qui est pourvu d'un premier ensemble de ports latéraux 84a, 85a et d'un deuxième ensemble de ports latéraux 84b, 85b. En outre, le bloc cylindre 8 comprend deux bases opposées 83a, 83b formées aux extrémités du corps 81.
- [0063] Le premier ensemble de ports latéraux 84a, 85a comprend un premier port 84a d'admission et un premier port 85a de refoulement destinés à coopérer respectivement avec l'orifice 21a d'admission et l'orifice 22a de refoulement du premier manchon 2A. Le deuxième ensemble de ports latéraux 84b, 85b comprend un deuxième port 84b d'admission et un deuxième port 85b de refoulement destinés à coopérer respectivement avec l'orifice 21b d'admission et l'orifice 22b de refoulement du deuxième manchon 2B.
- [0064] Enfin, dans ce mode de réalisation, le piston 4 comprend deux parties distinctes 4A, 4B. Ces parties 4A, 4B forment avec les manchons 2A, 2B de la chemise 2 respectivement un premier compartiment 6A et un deuxième compartiment 6B de la chambre 6 de détente. En outre, ces parties 4A, 4B comprennent chacune une tige 41a, 41b et une base 43a, 43b.
- [0065] Il est à noter que les tiges 41a, 41b respectives des parties 4A, 4B sont logées chacune au moins en partie dans un manchon 2A, 2B. Les bases 43a, 43b respectives des parties 4A, 4B sont fixées chacune à une base 83a, 83b du bloc cylindre 8. Ainsi, les parties distinctes 4A, 4B du piston 4 s'étendent symétriquement de part et d'autre d'un plan transversal médian du bloc cylindre 8.
- [0066] Dans l'exemple illustré à la [Fig.3], les orifices 21a, 21b d'admission et les orifices 22a, 22b de refoulement (respectivement les ports 84a, 84b d'admission et les port 85a, 85b de refoulement) forment chacun à travers la paroi latérale 25 de la chemise (respectivement à travers la paroi latérale du corps 81 du bloc cylindre 8) une surface d'écoulement perpendiculaire à la direction principale du dispositif de détente. De plus, dans l'exemple illustré à la [Fig.3], le premier port 85a de refoulement et le deuxième port 85b de refoulement sont confondus.
- [0067] En variante illustrée à la [Fig.4], chaque orifice 22 de refoulement (respectivement chaque port 85 de refoulement) forme à travers la paroi latérale 25 de la chemise (respectivement à travers la paroi latérale du corps 81 du bloc cylindre 8) une surface

d'écoulement intégralement disposée en biais par rapport à la direction principale du dispositif 1 de détente. Cette surface d'écoulement présente un axe A qui forme avec la direction principale du dispositif 1 de détente un angle obtus α . Cet angle est défini suivant le sens antihoraire en partant de la direction principale vers l'axe A.

- [0068] Dans ce deuxième mode de réalisation, le mouvement de refoulement de l'un des manchons 2A, 2B de la chemise 2 est induit par le mouvement de détente du manchon opposé 2B, 2A. En d'autres termes, le dispositif 1 selon le deuxième mode de réalisation comprend un système de rappel qui, pour chacun des manchons 2A, 2B de la chemise 2, met en œuvre le manchon opposé 2B, 2A et le mouvement de détente dudit manchon opposé 2B, 2A.
- [0069] Il est à noter que les caractéristiques géométriques des ports de refoulement, telles que décrites ci-dessus en relation avec le deuxième mode de réalisation, peuvent être transposées au dispositif de détente selon le premier mode de réalisation.
- [0070] Dans les deux modes de réalisation décrits ci-dessus, le mouvement de détente (respectivement le mouvement de refoulement) est une translation de la chemise 2 par rapport au sous-ensemble formé par le bloc cylindre 8 et le piston 4. En d'autres termes, la chemise 2 effectue deux translations suivant la direction principale du dispositif 1 de détente : une première translation selon un premier sens (pour le mouvement de détente) et une seconde translation selon un deuxième sens opposé (pour le mouvement de refoulement).
- [0071] Ce double mouvement de la chemise 2 correspond à un cycle de détente illustré à la [Fig.5], et conduit à différentes positions relatives de la chemise 2 par rapport au sous-ensemble formé par le bloc cylindre 8 et le piston 4. Ces positions relatives sont illustrées à la [Fig.6] relative à un dispositif de détente selon le deuxième mode de réalisation, et sont décrites ci-après en référence à un seul compartiment (ici le compartiment 6A) de la chambre 6 de détente.
- [0072] Sur la [Fig.6], on note une position haute (position n°4) de la chemise 2, dans laquelle l'orifice 21a d'admission et le port 83a d'admission sont alignés pour permettre l'entrée du gaz à haute pression dans le premier compartiment 6A de la chambre 6 de détente. L'orifice 22a de refoulement est obstrué par le bloc cylindre 8. Cette position haute de la chemise 2 correspond à un volume minimal du compartiment 6A de la chambre 6 de détente. A volume constant, le premier compartiment 6A de la chambre 6 de détente voit sa pression augmenter. Cette augmentation de pression est représentée par le tronçon 4 - 1 du cycle de détente de la [Fig.5].
- [0073] Dans une première phase intermédiaire de la chemise 2 (Positions n°1 et 1a), l'orifice 21a d'admission et l'orifice 22a de refoulement sont obstrués par le bloc cylindre 8. Le compartiment 6A de la chambre 6 de détente voit son volume augmenter et sa pression diminuer. Cette augmentation de volume et cette diminution de pression correspondent

à une phase de détente représentée par le tronçon 1 - 2 du cycle de détente de la [Fig.5]

- [0074] En position basse (Position n°2) de la chemise 2, l'orifice 22a de refoulement et le port 85a de refoulement sont alignés pour permettre une sortie d'au moins une partie du gaz hors du compartiment 6A de la chambre 6 de détente. L'orifice 21a d'admission est obstrué par le bloc cylindre 8. Cette position basse de la chemise 2 correspond à un volume maximal du compartiment 6A de la chambre 6 de détente. A volume constant, le compartiment 6A de la chambre 6 de détente voit sa pression diminuer. Cette chute de pression est représentée par le tronçon 2 - 3 sur le cycle de détente de la [Fig.5].
- [0075] Enfin, dans une deuxième phase intermédiaire (positions n°3 et 3a) de la chemise 2, l'orifice 21a d'admission et l'orifice 22a de refoulement restent obstrués par le bloc cylindre 8. Le compartiment 6A de la chambre 6 de détente voit son volume diminuer et sa pression augmenter. Cette phase de diminution de volume et d'augmentation de pression est représentée par le tronçon 3 - 4 du cycle de détente de la [Fig.5].
- [0076] La description ci-dessus reste valable pour le compartiment 6B de la chambre 6 de détente. L'admission de gaz dans le compartiment 6A coïncide avec une sortie de gaz hors du compartiment 6B et vice versa. Par ailleurs, cette description reste valable pour un dispositif de détente selon le premier mode de réalisation.
- [0077] Dans les deux modes de réalisation décrits ci-dessus, le gaz est refoulé hors de la chambre 6 de détente dans un laps de temps relativement court correspondant à un alignement entre le au moins un orifice 21 de refoulement et le au moins un port 84 de refoulement. En dehors de cette configuration d'alignement entre le au moins un orifice 21 de refoulement et le au moins un port 84 de refoulement, la sortie du gaz hors de la chambre 6 de détente n'est pas possible. Ainsi, comme vu précédemment, le mouvement de refoulement entraîne une compression du gaz dans la chambre 6 de détente; et à l'issue de ce mouvement de refoulement, il subsiste dans la chambre 6 de détente une certaine quantité de gaz, préjudiciable au rendement volumétrique du dispositif 1 de détente.
- [0078] Ainsi, selon un troisième mode de réalisation illustré aux figures 7 à 9, le dispositif 1 de détente est configuré pour maximiser le flux de gaz refoulé hors de la chambre 6 de détente avant un nouveau cycle de détente.
- [0079] Pour ce faire, comme mieux illustré aux figures 7 et 9, le au moins un port 85a de refoulement présente des dimensions plus importantes par comparaison avec le au moins un orifice 22a de refoulement. De plus, le mouvement de détente (respectivement le mouvement de refoulement) est un mouvement mixte combinant une translation et une rotation de la chemise 2 par rapport au sous-ensemble formé par le bloc cylindre 8 et le piston 4. De la sorte, tout au long du mouvement de refoulement, le au moins un orifice 22a de refoulement reste dans le champ du port 85a de refoulement. Ceci

permet d'évacuer le maximum de gaz hors de la chambre 6 de détente et de maintenir au plus bas la pression dans cette chambre 6 avant un nouveau cycle de détente.

[0080] Pour assurer le mouvement de translation/rotation combinées de la chemise 2 par rapport au sous-ensemble formé par le bloc cylindre 8 et le piston 4, le dispositif 1 de détente selon ce troisième mode de réalisation comporte, en référence à la [Fig.8], un premier organe de guidage disposé au niveau de la chemise 2. En outre, le dispositif 1 de détente comporte un deuxième organe de guidage disposé au niveau de l'un parmi le bloc cylindre 8 et le piston 4. Ces organes de guidage viennent en complément du guidage induit par l'agencement de la chemise 2 entre le corps principal 81 du bloc cylindre 8 et la tige 41 du piston 4.

[0081] De façon avantageuse, l'un entre le premier organe de guidage et le deuxième organe de guidage comprend au moins une rainure 26a, 26b tandis que l'autre entre le premier organe de guidage et le deuxième organe de guidage comprend au moins un ergot 86a, 86b. Le au moins un ergot 86a, 86b est configuré pour s'engager dans la au moins une rainure 26a, 26b.

[0082] Selon l'invention, la au moins une rainure 26a, 26b se présente sous la forme d'un cycle d'hystérésis comprenant deux branches qui s'étendent suivant la direction principale du dispositif 1 de détente. Chaque branche comprend une première portion sensiblement rectiligne et disposée parallèlement à la direction principale du dispositif 1 de détente, et une deuxième portion sensiblement incurvée et disposée de manière inclinée par rapport à la direction principale du dispositif 1 de détente. La première portion guide uniquement le mouvement de translation de la chemise 2. La deuxième portion guide à la fois le mouvement de rotation et le mouvement de translation de la chemise 2.

[0083] Les branches de la au moins une rainure 26a, 26b sont disposées en sens opposés l'une par rapport à l'autre tel que la portion rectiligne de l'une des branches est reliée à la portion incurvée de l'autre des branches, et vice versa. L'une des branches de la au moins une rainure 26a, 26b coopère avec le au moins un ergot 86a, 86b afin de guider le mouvement de détente. L'autre des branches de la au moins une rainure 26a, 26b coopère avec le au moins un ergot 86a, 86b afin de guider le mouvement de re-foulement.

[0084] La au moins une rainure 26a, 26b peut être vue comme un losange qui s'étend longitudinalement sur la paroi latérale 25 de la chemise 2 ou la paroi latérale de l'un parmi le piston 4 et le corps 81 du bloc cylindre 8. La distance séparant les sommets longitudinaux de ce losange correspond sensiblement à la course linéaire de la chemise 2 lors du mouvement de détente ou de refoulement. La distance angulaire séparant les deux autres sommets opposés de ce losange correspond sensiblement à la fraction de tour qu'effectue la chemise 2 lors du mouvement de détente ou de refoulement.

- [0085] Dans l'exemple illustré à la [Fig.8], le premier organe 26 de guidage comprend deux rainures 26a, 26b formées au niveau de la chemise 2. En particulier, les rainures 26a, 26b sont formées respectivement au niveau des manchons 2A, 2B de la chemise 2. En outre, les rainures 26a, 26b sont disposées de manière diamétralement opposée sur la paroi latérale 25 de la chemise 2. En d'autres termes, les rainures 26a, 26b sont disposées de part et d'autre de la direction principale du dispositif 1 de détente.
- [0086] Le deuxième organe 86 de guidage comprend deux ergots 86a, 86b formés au niveau du corps 81 du bloc cylindre 8. En particulier, ces ergots 86a, 86b sont formés de part et d'autre d'un plan horizontal médian du corps 81 du bloc cylindre 8. De plus, ces ergots 86a, 86b sont disposés de manière diamétralement opposée sur le corps 81 du bloc cylindre 8, de part et d'autre de la direction principale du dispositif 1 de détente. De la sorte, les ergots 86a, 86b peuvent coopérer chacun avec une rainure 26a, 26b de la chemise 2.
- [0087] Comme pour les modes de réalisation précédents, le dispositif selon ce troisième mode de réalisation peut être équipé de joints d'étanchéité. La [Fig.9] illustre un exemple de répartition de joints d'étanchéité sur la face externe de la paroi latérale 25 de la chemise 2. Ici un joint est positionné au niveau de chaque manchon 2A, 2B et au niveau du fond commun 23 de la chemise 2.
- [0088] Le troisième mode de réalisation décrit ci-dessus est illustré en relation avec une chemise 2 comportant deux manchons 2A, 2B pourvus chacun d'une rainure 26a, 26b formée sur la face externe de la paroi latérale 25 de la chemise 2, et un bloc cylindre 8 comportant deux ergots 86a, 86b formés sur la face interne de la paroi latérale 81 du bloc cylindre 8.
- [0089] Selon une première variante, les rainures 26a, 26b peuvent être formées sur la face interne de la paroi latérale 25 de la chemise 2. Les ergots sont alors formés respectivement sur les parties distinctes 4A, 4B du piston 4. Plus spécifiquement, selon cette première variante, les ergots sont formés sur les tiges 41a, 41b respectives des parties distinctes 4A, 4B.
- [0090] Selon une deuxième variante, la chemise 2 peut comporter un seul manchon. Dans ce cas, l'un des organes de guidage comporte une seule rainure 26a, 26b qui peut être formée par exemple sur la face interne ou externe de la paroi latérale 25 de la chemise 2. L'autre des organes de guidage comporte un seul ergot 86 qui peut être formé, selon le cas, soit sur la face interne du bloc cylindre 8 soit sur la tige 41 du piston 4.
- [0091] La [Fig.10] illustre un cycle de détente obtenu à partir du dispositif selon le troisième mode de réalisation. Contrairement au cycle de détente précédent (associé aux dispositifs selon les deux premiers modes de réalisation), la sortie du gaz hors de la chambre 6 de détente se fait ici à pression constante. Cette sortie est représentée par le tronçon 3 - 4 du cycle de détente. Pour ce cycle de détente, on note que la pression

dans la chambre 6 de détente avant admission du gaz (point 4) est faible par comparaison avec le cycle de détente de la [Fig.5].

- [0092] Le cycle de détente illustré à la [Fig.10] est associé à différentes positions relatives entre la chemise 2 et le sous-ensemble formé par le piston 4 et le bloc cylindre 8. Ces positions sont illustrées à la [Fig.11].
- [0093] En particulier, une position basse (position n°2) et une position haute (position n°4) de la chemise 2 sont respectivement obtenues à la suite d'un mouvement combinant une translation et une rotation de la chemise 2 par rapport au sous-ensemble formé par le bloc cylindre 8 et le piston 4. Dans une position intermédiaire (position n°3), l'orifice 22a de refoulement de la chemise 2 reste dans le champ du port 85a de refoulement pendant un temps relativement long. Ceci est rendu possible grâce, d'une part, aux dimensions relativement importantes du port 84a de refoulement par à celles de l'orifice 22a de refoulement; et d'autre part, grâce à la rainure en forme d'hystérésis. Le maintien de l'orifice 22a de refoulement dans le champ du port 85a de refoulement permet ainsi un flux continu du gaz hors de la chambre 6 de détente tout au long du mouvement de refoulement.
- [0094] Dans chacun des modes de réalisation décrits ci-dessus, le mouvement de la chemise 2 par rapport au sous-ensemble formé par le bloc cylindre 8 et le piston 4 induit un travail qui peut être extrait en couplant le dispositif 1 de détente, par exemple, à un frein pneumatique ou hydraulique, une pompe ou un compresseur linéaire. Ces éléments peuvent être couplés au dispositif 1 de détente de manière déportée afin de limiter les pertes en frigories au niveau du dispositif 1 de détente. Toutefois, dans le cas d'une pompe ou d'un compresseur, un tel mode de couplage n'est pas nécessaire si la température du fluide pompé ou compressé est comparable à celle du gaz sortant de la chambre de détente.
- [0095] Le travail induit par le mouvement de la chemise 2 par rapport au sous-ensemble formé par le bloc cylindre 8 et le piston 4 peut également être extrait sous forme d'énergie électrique. Le dispositif 1 de détente peut alors prendre la forme d'une machine électrique à aimants permanents, ou un ensemble électromagnétique destiné à dissiper l'énergie par courants de Foucault ou encore une machine à réluctance. En d'autres termes, les parties relativement mobiles portent des organes magnétiques respectifs qui coopèrent pour générer un courant lors des mouvements relatifs. Ces différentes machines électriques sont illustrées aux figures 12 à 14 relatives à un dispositif de détente selon le deuxième mode de réalisation, et sont décrites ci-après en référence à un seul compartiment (ici le compartiment 6A) de la chambre 6 de détente.
- [0096] Dans sa configuration de machine électrique telle qu'illustrée à la [Fig.12], le dispositif 1 de détente comprend au moins un aimant permanent fixé sur la paroi latérale de la chemise 2, et un bobinage disposé à l'intérieur de la tige 41a du piston

4A. Sur la machine électrique ainsi formée, la magnétisation est radiale. En variante, la magnétisation peut être axiale.

- [0097] Dans sa configuration d'ensemble électromagnétique destiné à dissiper l'énergie par courants de Foucault (voir [Fig.13]), le dispositif 1 de détente comprend un aimant permanent ou un bobinage disposé à l'intérieur de la tige 41a du piston 4A. La chemise 2 est alors réalisée en aluminium et constitue l'organe de dissipation de la chaleur. Toutefois, la dissipation thermique par la chemise 2 peut échauffer le gaz présent dans le compartiment 6A de la chambre 6 de détente, et détériorer ainsi le rendement du dispositif 1 de détente. Afin de limiter ou prévenir un tel échauffement, la paroi latérale de la chemise 2 peut être prolongée par une portion suffisamment éloignée du gaz présent dans le compartiment 6A de la chambre 6 de détente.
- [0098] En variante non illustrée, le piston 4A peut être réalisé en aluminium tandis que la chemise 2 comporte des aimants permanents. Suivant cette variante, les courants de Foucault se développent au niveau du piston 4A. Pour limiter et/ou prévenir un échauffement du gaz contenu dans le compartiment 6A de la chambre 6 de détente, le piston 4A comprend des canaux calo-transporteurs alimentés par une source externe de froid. La tige 41a du piston 4A peut également être prolongée longitudinalement de sorte à former une portion de dissipation éloignée du gaz contenu dans le compartiment 6A de la chambre 6 de détente. Une telle portion de dissipation peut être séparée du reste de la tige 41a par des matériaux isolants et/ou être refroidie par une source de froid.
- [0099] Enfin, dans sa configuration de machine à réluctance variable telle qu'illustrée à la [Fig.14], le dispositif 1 de détente comporte un circuit magnétique 16 qui s'étend entre l'intérieur du piston 4A et l'extérieur du bloc cylindre 8. La chemise 2 est réalisée en matériau ferromagnétique et présente sur sa paroi latérale des rainures 18. Le passage de ces rainures 18 devant le circuit magnétique 16 fait varier l'entrefer et la réluctance, produisant ainsi un flux variable et donc une FEM dans le bobinage.
- [0100] La description ci-dessus reste valable pour le compartiment 6B de la chambre 6 de détente. L'admission de gaz dans le compartiment 6A coïncide avec une sortie de gaz hors du compartiment 6B, et vice versa. Par ailleurs, cette description reste valable pour un dispositif de détente selon le premier mode de réalisation.

Revendications

- [Revendication 1] Dispositif (1) de détente d'un gaz, notamment pour sa liquéfaction, comprenant une chemise (2) et un piston (4) disposé au moins en partie à l'intérieur de la chemise (2), la chemise (2) et le piston (4) formant une chambre (6) de volume variable configurée pour recevoir un flux de gaz à travers au moins un premier orifice latéral (21) de la chemise (2), et refouler tout ou partie dudit flux à travers au moins un deuxième orifice latéral (22) de la chemise (2), le piston (4) et la chemise (2) étant agencés relativement mobiles de sorte à présenter l'un par rapport à l'autre un premier mouvement relatif correspondant à une admission du gaz dans la chambre (6) de détente, et un deuxième mouvement relatif en sens inverse correspondant à un refoulement du gaz hors de la chambre (6) de détente,
- Caractérisé en ce que** le dispositif (1) comprend un bloc cylindre (8) disposé autour de la chemise (2) et formant avec le piston (4) un sous-ensemble fixe par rapport auquel la chemise (2) est mobile selon le premier mouvement et/ou le deuxième mouvement, le bloc cylindre (8) comprenant :
- au moins un premier port latéral (84) configuré pour s'aligner avec le au moins un premier orifice latéral (21) de la chemise (2), de sorte à former un passage latéral d'admission du gaz dans la chambre (6) de détente, et
 - au moins un deuxième port latéral (85) configuré pour s'aligner avec le au moins un deuxième orifice latéral (22) de la chemise (2), de sorte à former un passage latéral de refoulement de tout ou partie du gaz hors de la chambre (6) de détente.
- [Revendication 2] Dispositif (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le premier mouvement (respectivement le deuxième mouvement) de la chemise (2) par rapport au sous-ensemble formé par le bloc cylindre (8) et le piston (4) comprend une translation.
- [Revendication 3] Dispositif (1) selon la revendication 2, caractérisé en ce que le premier mouvement (respectivement le deuxième mouvement) de la chemise (2) par rapport au sous-ensemble formé par le bloc cylindre (8) et le piston (4) comprend en outre une rotation.
- [Revendication 4] Dispositif (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que la chemise (2) comprend un premier organe (26a, 26b) de guidage configuré pour coopérer avec un deuxième organe (86a,

86b) de guidage formé au niveau de l'un au moins parmi le piston (4) et le bloc cylindre (8), de sorte à assurer le premier mouvement et/ou le deuxième mouvement de la chemise (2) par rapport au sous-ensemble formé par le piston (4) et le bloc cylindre (8).

- [Revendication 5] Dispositif (1) selon la revendication précédente, caractérisé en ce que l'un entre le premier organe (26a, 26b) de guidage et le deuxième organe de guidage (86a, 86b) comprend au moins une rainure (26a, 26b), l'autre entre le premier organe (26a, 26b) de guidage et le deuxième organe (86a, 86b) de guidage comprend au moins un ergot (86a, 86b) configuré pour s'engager dans la au moins une rainure (26a, 26b).
- [Revendication 6] Dispositif (1) selon la revendication précédente, caractérisé en ce que la au moins une rainure (26a, 26b) comprend deux branches disposées sous la forme d'une hystérésis, la première branche étant destinée à coopérer avec le au moins un ergot (86a, 86b) de sorte à assurer le premier mouvement de la chemise (2), la deuxième branche étant destinée à coopérer avec le au moins un ergot (86a, 86b) de sorte à assurer le deuxième mouvement de la chemise (2).
- [Revendication 7] Dispositif (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le au moins un deuxième orifice latéral (22) de la chemise (2) (respectivement le au moins un deuxième port latéral (85) du bloc cylindre (8)) est configuré pour prévenir ou limiter la sortie du gaz hors de la chambre (6) de détente pendant le premier mouvement, et maximiser le flux de gaz expulsé pendant le deuxième mouvement.
- [Revendication 8] Dispositif selon la revendication précédente, caractérisé en ce que le au moins un deuxième orifice latéral (22) de la chemise (2) (respectivement le au moins un deuxième port latéral (85) du bloc cylindre (8)) forme à travers une paroi latérale (25) de la chemise 2 (respectivement à travers une paroi latérale du bloc cylindre (8)) une surface d'écoulement comprenant au moins une portion disposée en biais par rapport à une direction principale de la chemise (2) (respectivement par rapport à une direction principale du bloc cylindre (8)).
- [Revendication 9] Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le au moins un premier orifice latéral (21) de la chemise (2) (respectivement le au moins un premier port latéral (84) du bloc cylindre (8)) forme travers une paroi latérale (25) de la chemise 2 (respectivement à travers une paroi latérale du bloc cylindre (8)) une surface d'écoulement qui s'étend perpendiculairement à une paroi

- latérale (25) de la chemise (2) (respectivement à une paroi latérale 81 du bloc cylindre 8).
- [Revendication 10] Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le au moins un premier orifice latéral (21) de la chemise (2) et le au moins un premier port latéral (84) du bloc cylindre (8) (respectivement le au moins un deuxième orifice latéral (22) de la chemise (2) et le au moins un deuxième port latéral (85) du bloc cylindre (8)) présentent des contours et/ou des surfaces d'écoulement respectifs de même forme géométrique.
- [Revendication 11] Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le au moins un premier orifice latéral (21) et le au moins un deuxième orifice latéral (22) de la chemise (2) (respectivement le au moins un premier port latéral (84) et le au moins un deuxième port latéral (85) du bloc cylindre (8)) sont en décalage axial l'un par rapport à l'autre suivant une direction principale de la chemise (2) (respectivement suivant une direction principale du bloc cylindre (8)), et en décalage angulaire l'un par rapport à l'autre autour de la direction principale de la chemise (2) (respectivement autour de la direction principale du bloc cylindre (8)).
- [Revendication 12] Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que la chemise (2) et le piston (4) sont configurés pour former l'un parmi : une machine électrique à aimants permanents, un ensemble électromagnétique apte à dissiper l'énergie par courants de Foucault, et une machine à réluctance variable.
- [Revendication 13] Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que la chemise (2) comprend un premier manchon (2A) et un second manchon (2B) solidaires et pourvus chacun d'un premier orifice latéral (21a, 21b) et d'un deuxième orifice latéral (22a, 22b), le bloc cylindre (8) comprenant un premier ensemble de ports latéraux (84a, 85a) destinés à coopérer avec les orifices (21a, 22a) du premier manchon (2A), et un deuxième ensemble de ports latéraux (84b, 85b) destinés à coopérer avec les orifices latéraux (21b, 22b) du deuxième manchon (2B), le piston (4) comprenant deux parties distinctes (4A, 4B) fixées au bloc cylindre (8) et formant avec les manchons (2A, 2B) respectivement un premier compartiment (6A) et un deuxième compartiment (6B) de la chambre (6) de détente.
- [Revendication 14] Dispositif selon la revendication précédente, caractérisé en ce que l'admission du gaz dans l'un (6A) des deux compartiments (6A, 6B) de

la chambre (6) de détente coïncide avec le refoulement du gaz hors de l'autre (6B) des deux compartiments (6A, 6B) de la chambre (6) de détente.

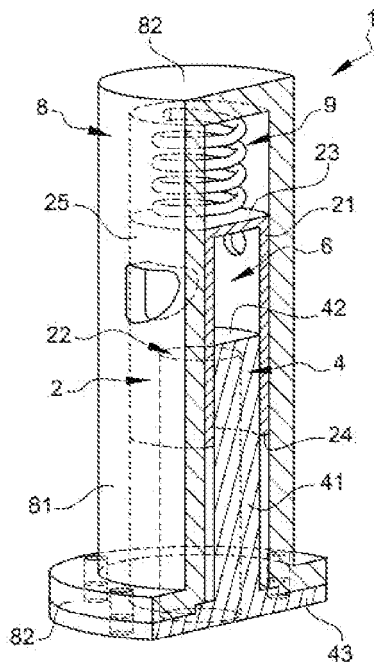
[Revendication 15] Dispositif (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, comprenant un système de rappel configuré pour entraîner la chemise (2) selon le deuxième mouvement.

[Revendication 16] Dispositif (1) selon la revendication 15, caractérisé en ce que le système de rappel comprend un organe (9) de rappel disposé entre la chemise (2) et le bloc cylindre (8).

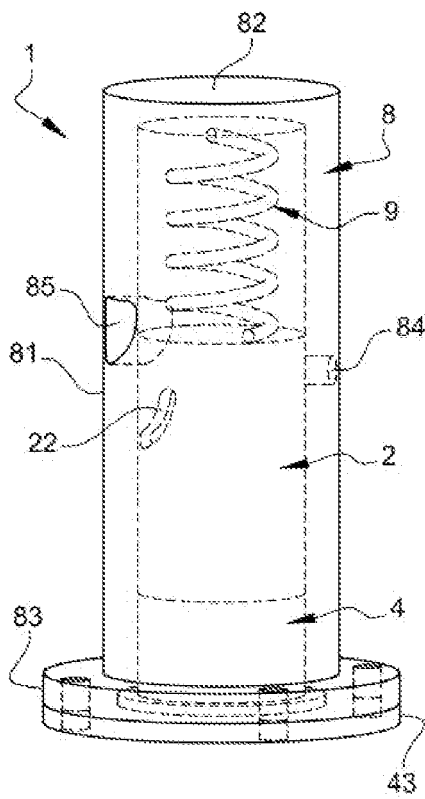
[Revendication 17] Dispositif (1) selon la revendication 15 prise dans son rattachement à la revendication 14, caractérisé en ce que, pour l'un des manchons (2A, 2B), le système de rappel comprend le manchon opposé (2B, 2A) et le mouvement de détente dudit manchon opposé (2B, 2A).

[Revendication 18] Appareil de réfrigération et/ou liquéfaction d'un fluide cryogénique comprenant un dispositif de détente selon l'une quelconque des revendications précédentes.

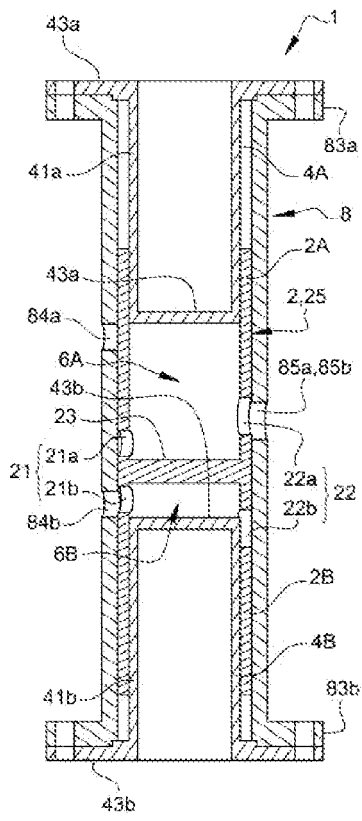
[Fig. 1]



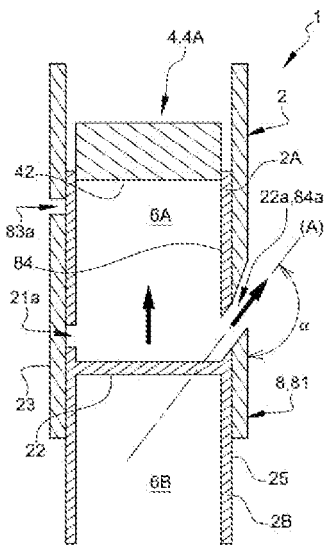
[Fig. 2]



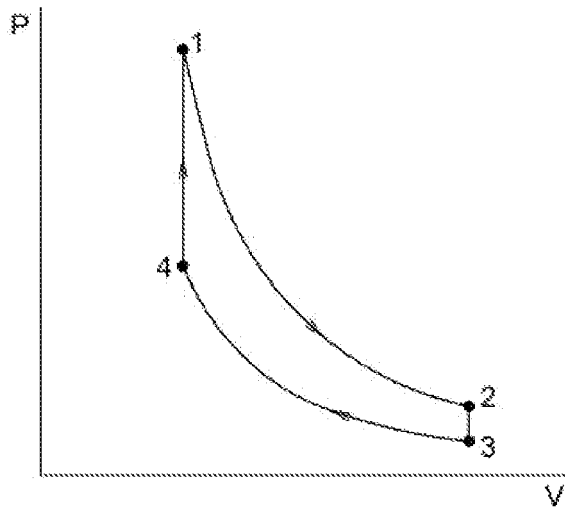
[Fig. 3]



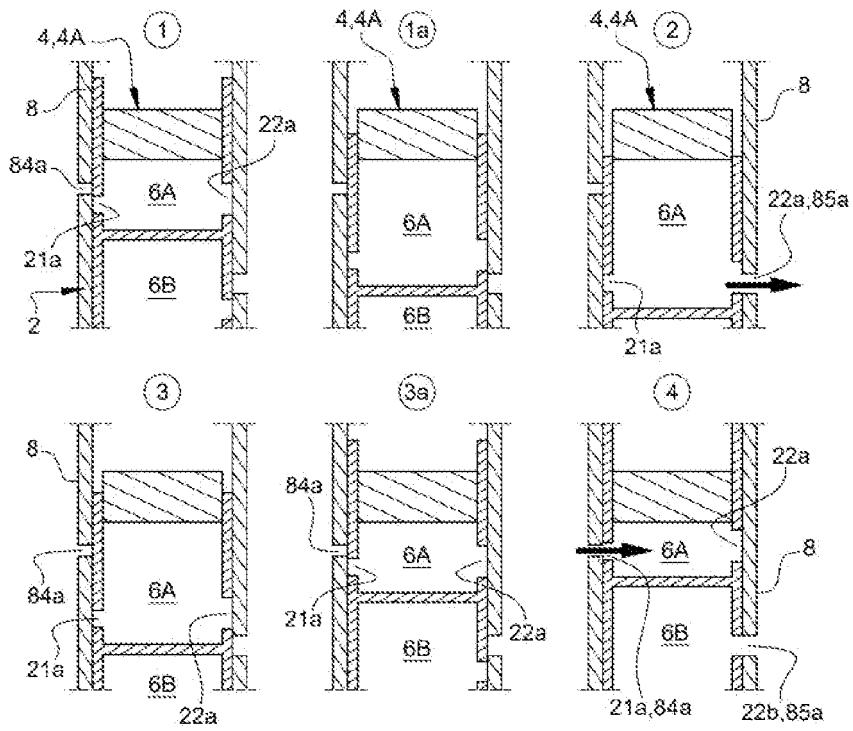
[Fig. 4]



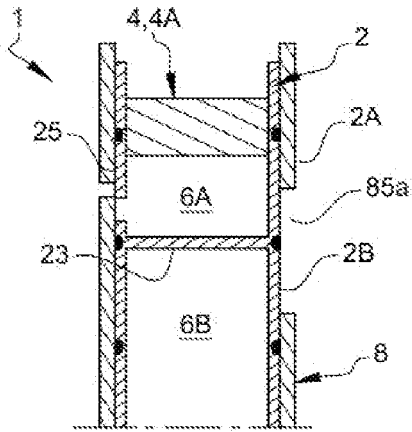
[Fig. 5]



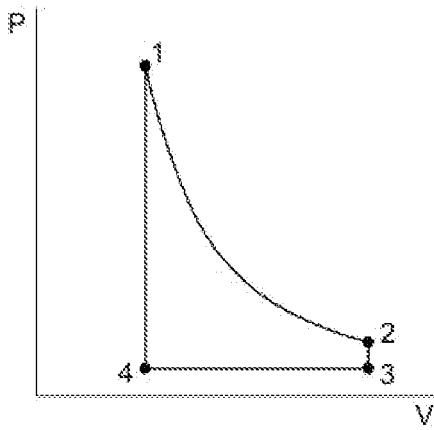
[Fig. 6]



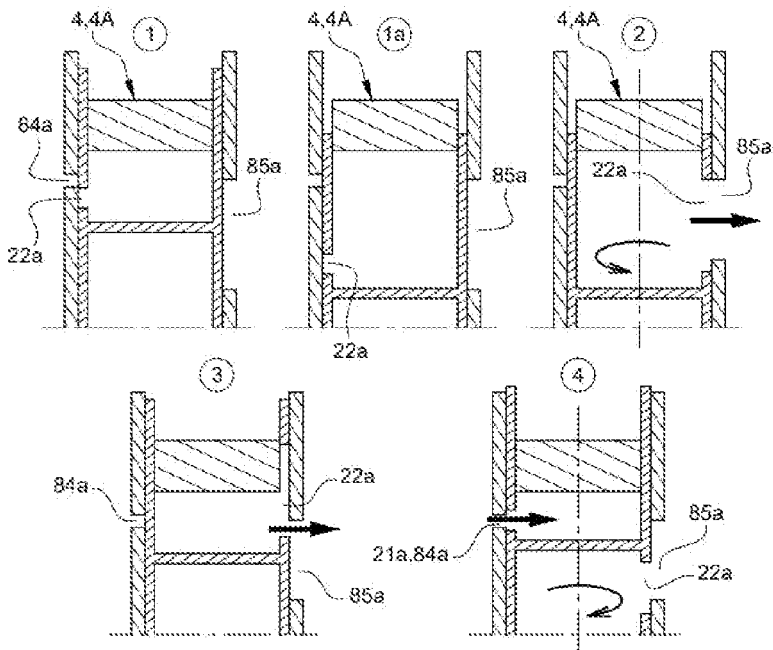
[Fig. 9]



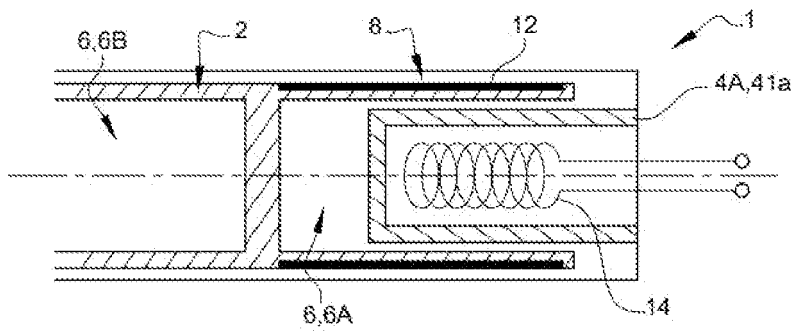
[Fig. 10]



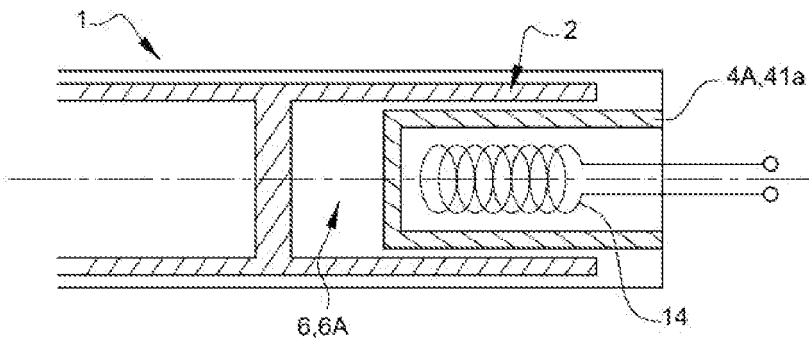
[Fig. 11]



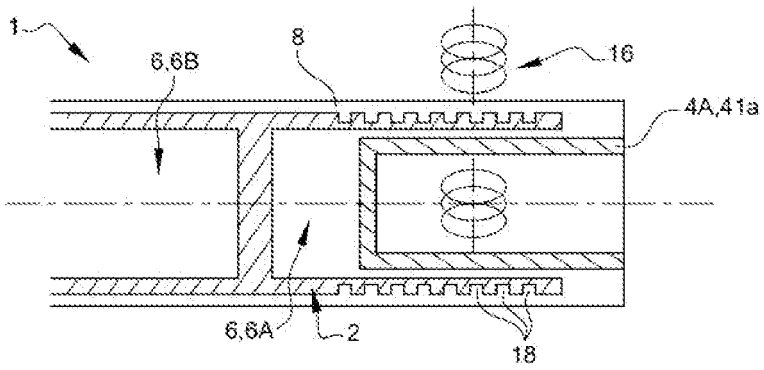
[Fig. 12]



[Fig. 13]



[Fig. 14]



**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement
national

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

FA 912403
FR 2211790

| DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS | | Revendication(s) concernée(s) | Classement attribué à l'invention par l'INPI |
|--|--|--|--|
| Catégorie | Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes | | |
| A | FR 453 634 A (PAUL BARLATIER [FR]) 12 juin 1913 (1913-06-12) * le document en entier * ----- | 1-18 | F01B25/02 F25J1/00 DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) F01B F02B |
| A | DE 228 319 C (HIGGS C W) 7 novembre 1910 (1910-11-07) * le document en entier * ----- | 1-18 | |
| A | US 2 401 375 A (SHEPARD JAMES G) 4 juin 1946 (1946-06-04) * le document en entier * ----- | 1-18 | |
| A | DE 25 03 514 A1 (RIBIC WALTER) 5 août 1976 (1976-08-05) * le document en entier * ----- | 1-18 | |
| Date d'achèvement de la recherche | | Examineur | |
| 10 mai 2023 | | Paulson, Bo | |
| CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS | | T : théorie ou principe à la base de l'invention | |
| X : particulièrement pertinent à lui seul | | E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure | |
| Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie | | à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. | |
| A : arrière-plan technologique | | D : cité dans la demande | |
| O : divulgation non-écrite | | L : cité pour d'autres raisons | |
| P : document intercalaire | | | |
| | | & : membre de la même famille, document correspondant | |

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2211790 FA 912403**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.
Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **10-05-2023**
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

| Document brevet cité au rapport de recherche | | Date de publication | Membre(s) de la famille de brevet(s) | Date de publication |
|--|-----------|---------------------|--------------------------------------|---------------------|
| FR 453634 | A | 12-06-1913 | AUCUN | |
| ----- | | | | |
| DE 228319 | C | 07-11-1910 | AUCUN | |
| ----- | | | | |
| US 2401375 | A | 04-06-1946 | AUCUN | |
| ----- | | | | |
| DE 2503514 | A1 | 05-08-1976 | AUCUN | |
| ----- | | | | |