

(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 2020/128400 A1

(43) Date de la publication internationale
25 juin 2020 (25.06.2020)

(51) Classification internationale des brevets :
F17D 1/04 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2019/053266

(22) Date de dépôt international :
20 décembre 2019 (20.12.2019)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
1873933 21 décembre 2018 (21.12.2018) FR

(71) Déposant : GRTGAZ [FR/FR] ; 6 rue Raoul NORDLING,
92270 BOIS COLOMBES (FR).

(72) Inventeurs : ONFROY, Yannick ; c/o GRTgaz, 6 rue
Raoul Nordling, 92270 BOIS COLOMBES (FR). SES-
MAT, Alban ; c/o GRTgaz, 6 rue Raoul Nordling, 92270
BOIS COLOMBES (FR).

(74) Mandataire : CASSIOP I ; 230 Avenue de l'Aube Rouge,
34170 CASTELNAU LE LEZ (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, 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), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI

(54) Title: GAS EXPANSION AND FLUID COMPRESSION STATION

(54) Titre : POSTE DE DÉTENTE D'UN GAZ ET DE COMPRESSION D'UN FLUIDE

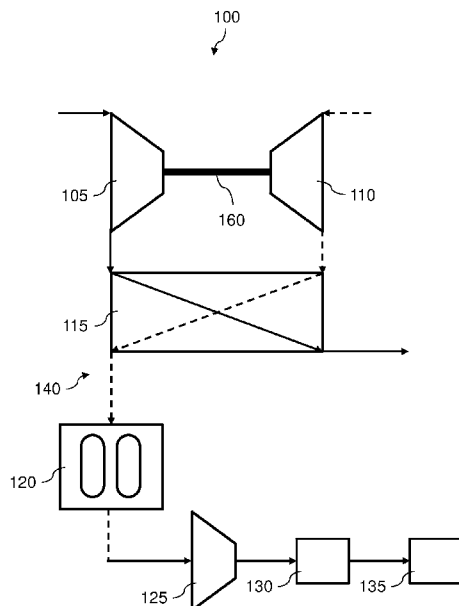


Figure 1

(57) Abstract: Disclosed is a station (100) for expanding a flow of gas having, at the inlet, a temperature T_a and a pressure P_a , that comprises: - an expansion valve (105) for recovering mechanical expansion energy configured to reduce the pressure of the gas flow to a pressure P_b and to a temperature T_b such that $P_b < P_a$ and $T_b < T_a$, - a compressor (110) for compressing a flow of fluid having, at the inlet, a temperature T_c and a pressure P_c , the expansion valve and the compressor being mechanically combined such that the movement of the expansion valve when the gas expands causes the compressor to be actuated such that the fluid is compressed to a pressure P_d and a temperature T_d such that $P_d > P_c$ and $T_d > T_c$ and - a heat exchanger (115) for exchanging heat between the gas flow at the outlet or inlet of the expansion valve and the fluid flow at the outlet or inlet of the compressor in order to heat the gas and cool the fluid.

(57) Abrégé : Le poste (100) de détente d'un flux d'un gaz, présentant en entrée une température T_a et une pression P_a , comporte : - un détendeur à récupération d'énergie mécanique (105) de détente configurée pour abaisser la pression du flux de gaz à une pression P_b et à une température T_b telles que $P_b < P_a$ et $T_b < T_a$, - un compresseur (110) d'un flux d'un fluide, présentant en entrée une température T_c et une pression P_c , le détendeur et le compresseur étant mécaniquement associés pour que le mouvement du détendeur lors de la détente du gaz entraîne l'actionnement du compresseur de sorte que le fluide soit comprimé à une pression P_d et à une température T_d telles que $P_d > P_c$ et $T_d > T_c$ et - un échangeur (115) de chaleur entre le flux de gaz en sortie ou en entrée du détendeur et le flux du fluide en sortie ou en entrée du compresseur pour réchauffer le gaz et pour refroidir le fluide.



WO 2020/128400 A1

(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML,
MR, NE, SN, TD, TG).

Publié:

- *avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))*
- *avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues (règle 48.2(h))*

POSTE DE DÉTENTE D'UN GAZ ET DE COMPRESSION D'UN FLUIDE

DOMAINE TECHNIQUE DE L'INVENTION

La présente invention vise un poste de détente d'un gaz et de compression d'un fluide par récupération d'énergie mécanique de détente. Elle s'applique, notamment, aux postes de détente de gaz situés à distance d'un réseau électrique.

5 ÉTAT DE LA TECHNIQUE

La détente d'un gaz entraîne l'apparition d'une énergie fatale (énergie de détente) aujourd'hui peu ou mal valorisée et donc majoritairement ou totalement perdue.

La détente d'un gaz depuis un réseau amont, telle une infrastructure de
10 transport, vers un réseau aval, tel un réseau de distribution, a lieu dans un poste de détente situé à la frontière entre les réseaux aval et amont. Certains postes de détente se situent dans des lieux où l'alimentation électrique est intermittente ou absente. Il découle de cette contrainte une conception essentiellement mécanique des postes de détente situés dans ces lieux. Or, des modèles plus perfectionnés nécessitent de
15 l'énergie électrique pour mettre en fonctionnement certains éléments (écrans, capteurs, transmetteurs, vannes). D'autre part, le gaz détendu présente généralement une température trop basse pour que ce gaz soit injecté dans le réseau aval et un échange thermique doit alors avoir lieu pour que le gaz soit mis en condition d'injection.

On connaît des postes de détente pour lesquels la chaleur de l'énergie de
20 détente est utilisée pour générer de l'électricité grâce à un générateur couplé à la turbine de détente. Cette électricité est alors utilisée pour alimenter un échangeur de chaleur pour réchauffer le gaz détendu.

De même, il existe des postes dans lesquels le gaz détendu est ensuite réchauffé par combustion d'une partie du gaz, pour réchauffer la partie restante, avant
25 son injection dans le réseau aval.

Il existe également la possibilité de générer du courant électrique en utilisant un moteur à gaz prélevé sur le réseau aval ou amont.

Toutefois, les solutions existantes permettent de récupérer l'énergie fatale mais aucune ne permet de stocker cette énergie pour l'employer au moment opportun. En
30 outre, le réchauffage du gaz détendu nécessite des moyens importants peu compatibles avec la taille des postes ou leur coût.

On connaît les document US 2018/073802 et WO 2007/087713, qui décrivent des méthodes pour stocker de l'énergie sous forme d'air liquide ou de gaz liquide, respectivement. Du fait de cet objectif, ces méthodes sont très complexes, donc onéreuses à mettre en œuvre et ne peuvent être mises en œuvre que sur des interface
5 entre un réseau de gaz à haute pression et un réseau de gaz à basse pression dont les débits sont importants. Par exemple, la méthode décrite dans le document US 2018/073802 impose la mise en œuvre de cinq compresseurs et sept détendeurs. De plus, les générateurs et moteurs électriques imposent des pertes de rendement importantes. Ces méthodes ne permettent pas une autonomie électrique de postes de
10 détente.

EXPOSÉ DE L'INVENTION

La présente invention vise à remédier à tout ou partie de ces inconvénients.

À cet effet, la présente invention vise un poste de détente d'un flux d'un gaz, présentant en entrée une température T_a et une pression P_a , qui comporte :

- 15 - un détendeur à récupération d'énergie mécanique configuré pour abaisser la pression du flux de gaz à une pression P_b et à une température T_b telles que $P_b < P_a$ et $T_b < T_a$,
- un compresseur (110) d'un flux d'un fluide, présentant en entrée une température T_c et une pression P_c , le détendeur et le compresseur étant mécaniquement associés
20 pour que le mouvement du détendeur lors de la détente du gaz entraîne l'actionnement du compresseur de sorte que le fluide soit comprimé à une pression P_d et à une température T_d telles que $P_d > P_c$ et $T_d > T_c$ et
- un échangeur de chaleur entre le flux de gaz en sortie ou en entrée du détendeur et le flux du fluide en sortie ou en entrée du compresseur pour réchauffer le gaz et pour
25 refroidir le fluide.

Grâce à ces dispositions, l'énergie de détente est stockée sous forme de gaz comprimé dans le réservoir, permettant une valorisation ultérieure de cette énergie tout en, simultanément, réchauffant le flux de gaz, permettant son injection sur un réseau aval sans apport d'énergie extérieure.

30 Dans des modes de réalisation, le poste de détente objet de l'invention comporte un arbre commun entre un détendeur et un compresseur.

Grâce à ces dispositions, l'entraînement du compresseur par le détendeur se fait avec des pertes mécaniques très limitées, ce qui augmente le rendement du poste de détente.

Dans des modes de réalisation, le poste de détente objet de l'invention 5 comporte un piston libre mis en déplacement dans une chambre de détente par le gaz et compressant le fluide dans une chambre de compression.

Grâce à des dispositions, la pression du fluide en sortie du compresseur peut être plus élevée que la pression du gaz en entrée du poste de détente.

Dans des modes de réalisation, le poste de détente objet de l'invention 10 comporte un générateur relié à une sortie de l'échangeur de chaleur, le générateur étant configuré pour générer de l'électricité électrique à partir de fluide comprimé.

Dans des modes de réalisation, le poste de détente objet de l'invention comporte un moyen de stockage d'énergie électrique généré par le générateur, ce moyen de stockage alimentant en énergie électrique au moins un élément dudit poste 15 de détente.

Ces modes de réalisation permettent de transformer l'énergie stockée sous forme de gaz stocké en énergie électrique, pour alimenter le poste de détente ou un autre équipement relié électriquement au générateur.

Dans des modes de réalisation, le poste de détente objet de l'invention 20 comporte un échangeur thermique entre un flux de fluide sortant d'un compresseur et un flux de gaz fourni audit poste en amont d'un détendeur.

Dans des modes de réalisation, le fluide en sortie du générateur est fourni en entrée du compresseur.

Ces modes de réalisation permettent de réaliser un cycle du fluide, le fluide 25 pouvant être choisi pour sa capacité à stocker de manière optimale l'énergie de détente.

Dans des modes de réalisation, le poste de détente objet de l'invention comporte un réservoir de stockage du fluide en sortie de l'échangeur de chaleur.

Dans des modes de réalisation, le fluide est de l'air.

Ces modes de réalisation permettent une conception simple du poste de 30 détente.

Dans des modes de réalisation, l'échangeur de chaleur est configuré pour être au moins partiellement enterré dans un sol.

Ces modes de réalisation permettent d'optimiser le fonctionnement de l'échangeur de chaleur en termes de capacité à réchauffer le gaz et à refroidir le fluide.

Dans des modes de réalisation, le poste objet de l'invention comporte une pluralité de couples comportant, chacun, un détendeur à récupération d'énergie mécanique et un compresseur mécaniquement associés pour que le mouvement d'un
5 détendeur lors de la détente du gaz entraîne l'actionnement du compresseur.

Ces modes de réalisation augmentent la performance de la détente/compression.

Dans des modes de réalisation, l'échangeur de chaleur est positionné entre
10 deux étages de détendeurs et/ou de compresseurs.

Ces modes de réalisation permettent de réaliser un échange de chaleur intermédiaire.

Dans des modes de réalisation, le poste de détente objet de l'invention comporte un échangeur thermique entre un flux de fluide issu d'un compresseur et un
15 flux de gaz fourni audit poste.

BRÈVE DESCRIPTION DES FIGURES

D'autres avantages, buts et caractéristiques particulières de l'invention ressortiront de la description non limitative qui suit d'au moins un mode de réalisation
20 particulier du poste de détente objet de la présente invention, en regard des dessins annexés, dans lesquels :

- la figure 1 représente, schématiquement, un premier mode de réalisation particulier du poste de détente objet de l'invention,
- la figure 2 représente, schématiquement, un deuxième mode de réalisation
25 particulier du poste de détente objet de l'invention,
- la figure 3 représente, schématiquement, un troisième mode de réalisation particulier du poste de détente objet de l'invention et
- la figure 4 représente, schématiquement, un couplage mécanique d'un détendeur et d'un compresseur par piston libre.

30

DESCRIPTION DES MODES DE RÉALISATION

La présente description est donnée à titre non limitatif, chaque caractéristique d'un mode de réalisation pouvant être combinée à toute autre caractéristique de tout autre mode de réalisation de manière avantageuse.

On note dès à présent que les figures ne sont pas à l'échelle.

On note que le terme « gaz » fait référence, par exemple, à du méthane.

On note que le terme « réseau amont » désigne, par exemple, un réseau de transport de gaz.

5 On note que le terme « réseau aval » désigne, par exemple, un réseau de distribution de gaz.

On note que le terme de « fluide » fait référence, par exemple, à de l'air.

Dans les figures 1 à 3, le chemin suivi par le fluide est en traits discontinus alors que le chemin suivi par le gaz est en traits continus.

10 On observe, sur la figure 1, qui n'est pas à l'échelle, une vue schématique d'un mode de réalisation du poste de détente 100 objet de l'invention. Ce poste de détente 100 d'un flux d'un gaz, présentant en entrée une température T_a et une pression P_a , comporte :

- 15 - Un détendeur à récupération d'énergie mécanique 105 configuré pour abaisser la pression du flux de gaz à une pression P_b et à une température T_b telles que $P_b < P_a$ et $T_b < T_a$,
- un compresseur 110 d'un flux d'un fluide, présentant en entrée une température T_c et une pression P_c , entraîné par l'actionnement du détendeur et configuré pour augmenter la pression du flux du fluide à une pression P_d et
20 à une température T_d telles que $P_d > P_c$ et $T_d > T_c$ et
- un échangeur 115 de chaleur entre le flux de gaz en sortie ou en entrée du détendeur et le flux du fluide en sortie ou en entrée du compresseur pour réchauffer le gaz et pour refroidir le fluide.

25 Le détendeur 105 est, par exemple, une turbine de détente de gaz de tout type connu de l'homme du métier dans le contexte de la détente d'un gaz entre un réseau amont et un réseau aval de gaz. Le choix d'implémentation du détendeur 105 dépend ainsi de la valeur de pression en entrée du gaz P_a et de la valeur de pression en sortie du gaz P_b . Typiquement, la pression en entrée du gaz P_a est de l'ordre 60 bar et de la valeur de pression en sortie du gaz P_b est de l'ordre de 20 bar.

30 Par exemple, le détendeur peut être une turbine 105 de type axiale multi-étagée.

Dans des variantes, telles que celle représentée en figure 3, le poste 300 comporte une pluralité de détendeurs à récupération d'énergie mécanique 105 successifs.

Le compresseur 110 est un compresseur de fluide sous forme gazeuse de tout type connu de l'homme du métier dans le contexte du transfert d'une énergie mécanique en énergie gazeuse. Le choix d'implémentation du compresseur 110 dépend ainsi de la valeur de pression en entrée du fluide P_c et de la valeur de pression en sortie du fluide P_d .

Ce compresseur 110 est, par exemple, un compresseur volumétrique, par exemple à piston ou à membrane, éventuellement multi-étagé. Le compresseur 110 est, par exemple, configuré pour, en entrée, recevoir de l'air à pression atmosphérique et, en sortie, fournir de l'air comprimé selon une pression comprise entre 100 et 200 bar.

Dans des variantes, le compresseur 110 est remplacé par tout autre moyen de compression d'un gaz connu.

Le détendeur 105 à récupération d'énergie mécanique et le compresseur 110 sont mécaniquement associés pour que le mouvement du détendeur 105 lors de la détente du gaz entraîne l'actionnement du compresseur 110 de sorte que le fluide soit comprimé. Par exemple, un arbre commun 160 est solidarisé au détendeur 105 et mis en translation ou en rotation sur lui-même lors du mouvement du détendeur 105. Cet arbre 160 est également solidarisé au compresseur 110 de sorte que le mouvement de l'arbre 160 entraîne le fonctionnement du compresseur 110 et donc la compression du fluide.

Le détendeur 145 à récupération d'énergie mécanique et le compresseur 150 sont mécaniquement associés pour que le mouvement du détendeur 145 lors de la détente du gaz entraîne l'actionnement du compresseur 150 de sorte que le fluide soit comprimé. Par exemple, un arbre commun 165 est solidarisé au détendeur 145, cet arbre étant mis en translation ou en rotation sur lui-même lors du mouvement du détendeur 145. Cet arbre 165 est également solidarisé au compresseur 150 de sorte que le mouvement de l'arbre 165 entraîne le fonctionnement du compresseur 150 et donc la compression du fluide.

Grâce à ces liaisons mécaniques, l'entraînement des compresseurs 110 et 150 par les détendeurs 105 et 145 se fait avec des pertes mécaniques très limitées, ce qui augmente le rendement du poste de détente.

La figure 4 représente un couple détendeur 400, à gauche, et compresseur 410, à droite, à piston libre. Le détendeur 400 comporte une chambre de détente 425 munie d'au moins une entrée de gaz à haute pression 405 et une sortie de gaz à basse

pression 415. Dans la chambre de détente 425, un piston de détente 420 est mis en mouvement de va et vient par la pression du gaz injectée alternativement de part et d'autre du piston 420 par l'intermédiaire des entrées 405. La force résultant de l'application de cette pression sur le piston de détente est transmise, par l'intermédiaire d'un arbre 430, à un piston de compression 435 qui comprime le fluide dans une chambre de compression 440. L'ensemble des pistons 420 et 435 et de l'arbre 430 constitue un piston libre.

Des valves 450 et 455 assurent l'étanchéité et le sens de déplacement du fluide depuis une entrée de fluide à basse pression 445 jusqu'à une sortie de fluide à haute pression 460. Le système de commande de l'entrée de gaz dans la chambre de détente 425 et de sortie de gaz de la chambre 425, n'est pas décrit ici, étant bien connu de l'homme du métier.

Ainsi, un piston libre est mis en déplacement par le gaz, dans la chambre de détente 425, et comprime le fluide dans la chambre de compression 440. L'entraînement du compresseur par le détenteur se fait avec des pertes mécaniques très limitées, ce qui augmente le rendement du poste de détente. On note que la pression du fluide en sortie du compresseur peut être plus élevée que la pression du gaz en entrée du poste de détente, en fonction du ratio des surfaces des pistons 420 et 435.

En variante, le piston libre est remplacé par des membranes, comme dans les surpresseurs à membranes de type connu.

Dans des variantes, le poste 100 comporte une boîte de vitesses entre le détenteur, notamment si le détenteur est une turbine 105 et le compresseur 110 de sorte à permettre des vitesses de rotation et des couples différents entre le détenteur 105 et le compresseur 110.

L'échangeur 115 de chaleur est, par exemple, un échangeur tubulaire ou à ailettes. Dans des variantes, l'échangeur 115 peut comporter un circuit caloporteur intermédiaire.

Au sein de l'échangeur 115 de chaleur, le rapport des pressions P_b et P_d demeure inchangé tandis que la température T_b augmente et que la température T_d baisse. L'échangeur 115 est configuré pour qu'en sortie, la température du gaz soit compatible avec une plage de valeurs de température acceptée par le réseau aval. Par exemple, le gaz en sortie de l'échangeur 115 est grossièrement à température

ambiante. Typiquement, la valeur de température en entrée T_a est de l'ordre de 5 °C et la température en sortie de l'échangeur 115 est de l'ordre de 10°C ou 20°C.

Le fluide en sortie de l'échangeur 115 de chaleur peut être relâché dans l'environnement autour du poste 100 de détente.

5 Ce fluide peut également être stocké dans un réservoir 120 de stockage du fluide comprimé refroidi dans l'échangeur 115 de chaleur.

Ce fluide peut également être fourni directement à un générateur 125 d'énergie électrique, éventuellement après stockage dans un réservoir de fluide comprimé 120.

Ce fluide peut également être injecté sur un réseau d'air comprimé.

10 Le réservoir 120 est, par exemple, une bombonne configurée pour stocker le fluide selon une pression déterminée. Dans des variantes, le réservoir 120 est formé de plusieurs bombonnes.

Dans des variantes, le réservoir 120 est configuré pour être relié à un réseau de gaz comprimé. Dans d'autres variantes, le poste 100 ne comporte pas de réservoir
15 et le gaz comprimé est injecté directement sur un réseau de gaz.

L'échange thermique peut se faire via un circuit caloporteur intermédiaire et un échangeur peut être ajouté pour refroidir le fluide caloporteur du compresseur et réchauffer le gaz naturel. Par exemple, ce fluide caloporteur est de l'huile.

Dans des modes de réalisation, tels que ceux représentés en figures 1 et 2, le
20 poste, 100 ou 200, comporte un générateur 125 configuré pour générer de l'électricité électrique à partir du fluide comprimé en sortie 140 de l'échangeur 115 de chaleur.

En variante, un générateur est positionné en sortie d'un compresseur et en amont de l'échangeur de chaleur.

Dans des variantes, le générateur 125 est configuré pour générer de l'électricité
25 à partir du fluide stocké dans un réservoir 120.

Dans des modes de réalisation, un échangeur de chaleur en sortie du générateur transfère les frigories issues de la turbine 125 pour alimenter un réseau de froid ou pour refroidir un datacenter (centre de données).

On note que le fluide, dans le mode de réalisation décrit en figure 2, peut être
30 de l'air mais aussi, puisqu'il circule en circuit fermé, tout fluide choisi pour sa capacité à stocker de manière optimale l'énergie de détente.

Le générateur 125 est, par exemple, un générateur d'électricité à partir de gaz comprimé fonctionnant par l'actionnement d'une turbine par le flux de gaz relâché par

le réservoir 120. Ce générateur 125 peut être, par exemple, de type asynchrone triphasé.

Dans des modes de réalisation, tels que ceux représentés en figures 1 et 2, le poste, 100 ou 200, comporte un moyen 130 de stockage d'énergie électrique généré
5 par le générateur.

Le moyen 130 de stockage d'énergie est, par exemple, une batterie.

Dans des modes de réalisation, tels que ceux représentés en figures 1 et 2, le poste, 100 ou 200, l'électricité alimente au moins un élément 135 dudit poste de détente.

10 L'élément 135 peut être de toute nature pourvu qu'il requière une alimentation électrique. Cet élément 135 est, par exemple, un écran, un capteur, un actionneur, un détecteur. Par exemple, cet élément 135 est une vanne ou un moteur.

Dans des variantes, l'électricité alimente un équipement extérieur au poste de détente, 100 ou 200, c'est-à-dire non compris dans les éléments nécessaires au
15 fonctionnement dudit poste de détente, 100 ou 200, en tant que tel.

Dans des modes de réalisation, tel que celui représenté en figure 2, le fluide en sortie du générateur 115 est fourni en entrée du compresseur 110, par l'intermédiaire d'une canalisation 205.

Dans des modes de réalisation, tels que ceux représentés en figures 1 et 2, le
20 poste, 100 ou 200, le fluide est de l'air par exemple. Ce fluide peut être de tout autre type avantageux en termes de capacité de stockage d'énergie.

Dans des modes de réalisation, tels que ceux représentés en figures 1 et 2, le poste, 100 ou 200, l'échangeur 115 de chaleur est configuré pour être au moins partiellement enterré dans un sol.

25 Dans des modes de réalisation, tel que celui représenté en figure 3, le poste 300 comporte une pluralité de détendeurs à récupération d'énergie mécanique 105, 145 et/ou une pluralité de compresseurs 110, 150.

Chaque détendeur, 105 ou 145 est mécaniquement associé à un compresseur, respectivement 110 et 150, pour que le mouvement de ce détendeur, lors de la détente
30 du gaz, entraîne l'actionnement de ce compresseur.

Dans des modes de réalisation, tel que celui représenté en figure 3, un premier échangeur 115 de chaleur est positionné entre deux couples de détendeurs 105 et 145 et de compresseurs 110 et 150.

Un deuxième échangeur 155 de chaleur est positionné en aval d'un couple de détenteur 145 et de compresseur 150. Ce deuxième échangeur 155 présente une entrée 170 qui reçoit le flux de gaz sortant du détenteur 105. Une fois ce gaz refroidi, une canalisation 175 amène ce gaz au deuxième détenteur 145. Le gaz détendu sort
5 du poste de détente 300 à la sortie de ce détenteur 145.

Dans des modes de réalisation, tels que celui représenté en figure 3, le poste 300 comporte un échangeur 115 thermique entre un flux de fluide issu d'un compresseur 110 et un flux de gaz fourni audit poste en amont de tout détenteur. Dans le mode de réalisation représenté en figure 3, un échangeur 115, 155 est
10 positionné en amont de chaque couple de détenteur et compresseur.

Réchauffer le gaz avant chaque étage de détente permet que la température du gaz ne descende pas trop bas et évite la formation d'hydrates (c'est-à-dire la sublimation de molécules contenant de l'eau) qui pourraient endommager le détenteur 105 ou 155. De même, refroidir le fluide à chaque étage de compression permet
15 d'éviter que le fluide trop chaud ne détériore certaines pièces du compresseur 150.

Dans des variantes, telles que celles représentées en figures 1 et 2, l'échangeur 115 est positionné en aval de chaque détenteur 105 et/ou de chaque compresseur 110.

REVENDEICATIONS

1. Poste (100, 200, 300) de détente d'un flux d'un gaz, présentant en entrée une température T_a et une pression P_a , caractérisé en ce qu'il comporte :
- un détendeur à récupération d'énergie mécanique (105) configurée pour abaisser la pression du flux de gaz à une pression P_b et à une température T_b telles que $P_b < P_a$ et $T_b < T_a$,
 - un compresseur (110) d'un flux d'un fluide, présentant en entrée une température T_c et une pression P_c , le détendeur et le compresseur étant mécaniquement associés pour que le mouvement du détendeur lors de la détente du gaz entraîne l'actionnement du compresseur de sorte que le fluide soit comprimé à une pression P_d et à une température T_d telles que $P_d > P_c$ et $T_d > T_c$ et
 - un échangeur (115) de chaleur entre le flux de gaz en sortie ou en entrée du détendeur et le flux du fluide en sortie ou en entrée du compresseur pour réchauffer le gaz et pour refroidir le fluide.
2. Poste (100, 200, 300) de détente selon la revendication 1, qui comporte un arbre commun (160, 165, 430) entre un détendeur et un compresseur.
3. Poste (100, 200, 300) de détente selon l'une des revendications 1 ou 2, qui comporte un piston libre (420, 430, 435) mis en déplacement dans une chambre de détente (425) par le gaz et compressant le fluide dans une chambre de compression (440).
4. Poste (100, 200, 300) de détente selon l'une des revendications 1 à 3, qui comporte un générateur (125) configuré pour générer de l'électricité électrique à partir du fluide en sortie (140) de l'échangeur (115) de chaleur.
5. Poste (100, 200, 300) de détente selon la revendication 4, qui comporte un moyen (130) de stockage d'énergie électrique généré par le générateur, ce moyen de stockage alimentant en énergie électrique au moins un élément dudit poste de détente.
6. Poste (300) de détente selon la revendication 5, qui comporte un échangeur (115) thermique entre un flux de fluide sortant d'un compresseur (110) et un flux de gaz fourni audit poste en amont d'un détendeur (105).

7. Poste (100, 200, 300) de détente selon l'une des revendications 4 à 6, dans lequel l'électricité alimente au moins un élément (135) dudit poste de détente.
8. Poste (200) de détente selon l'une des revendications 4 à 7, dans lequel le fluide en
5 sortie du générateur (125) est fourni en entrée du compresseur (110).
9. Poste (100, 200, 300) de détente selon l'une des revendications 1 à 8, dans lequel le fluide est de l'air.
10. Poste (100, 200, 300) de détente selon l'une des revendications 1 à 9, qui comporte
10 un réservoir (120) de stockage du fluide comprimé refroidi dans l'échangeur (115) de chaleur.
11. Poste (100, 200, 300) de détente selon la revendication 10, qui comporte un
15 générateur (125) configuré pour générer de l'électricité électrique à partir du fluide en sortie (140) du réservoir (120) de stockage de fluide.
12. Poste (100, 200, 300) de détente selon l'une des revendications 1 à 11, dans lequel
20 l'échangeur (115) de chaleur est configuré pour être au moins partiellement enterré dans un sol.
13. Poste (300) de détente selon l'une des revendications 1 à 12, qui comporte une
25 pluralité de détendeurs à récupération d'énergie mécanique (105) et/ou une pluralité de compresseurs (110) étagés.
14. Poste (300) de détente selon la revendication 13, dans lequel l'échangeur (115)
de chaleur est positionné entre deux étages de détendeurs (105) et/ou de
compresseurs (110).
- 30 15. Poste (300) de détente selon l'une des revendications 1 à 14, qui comporte un échangeur thermique (155) entre un flux de fluide issu d'un compresseur (110) et un flux de gaz fourni audit poste.

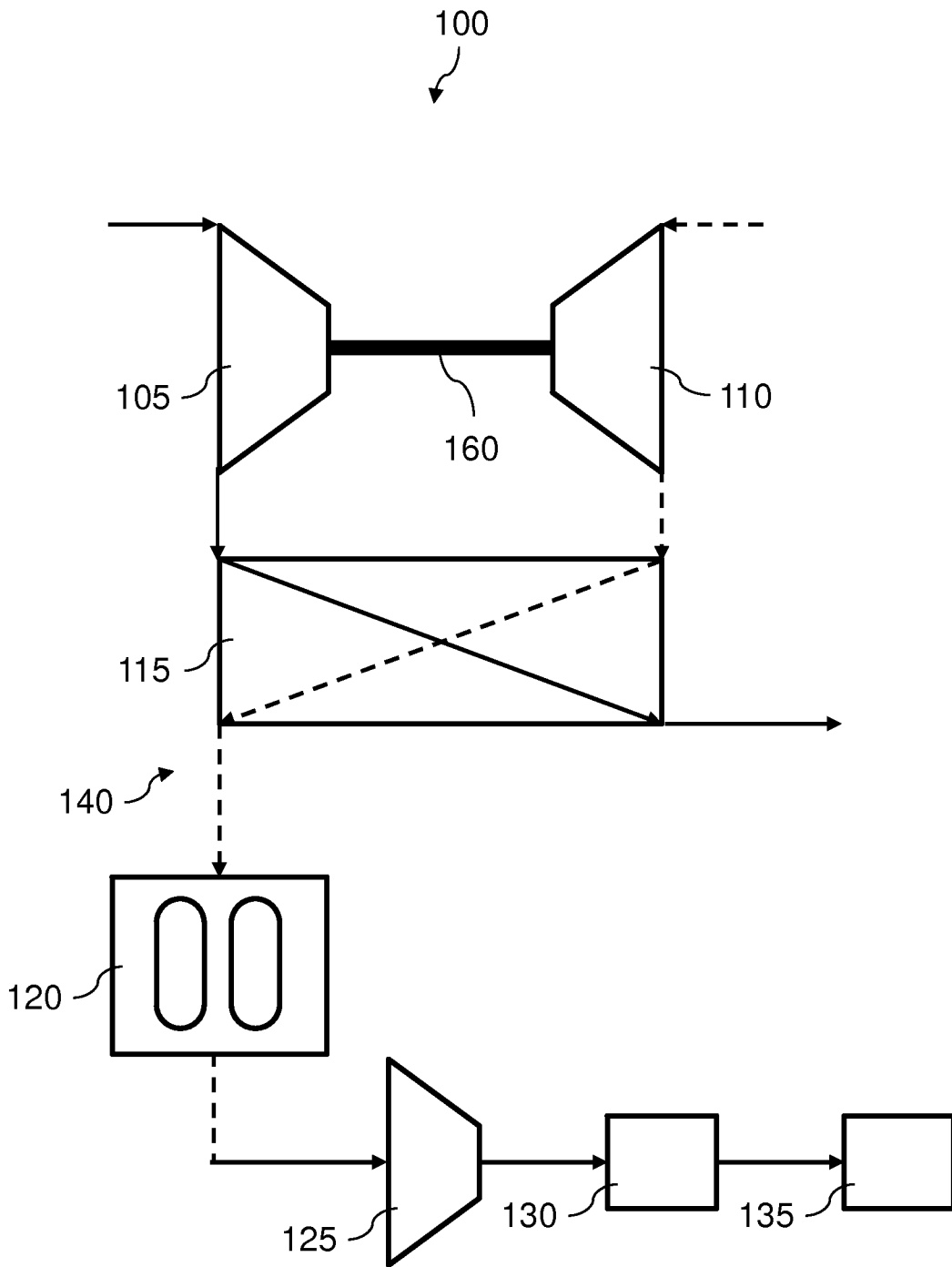


Figure 1

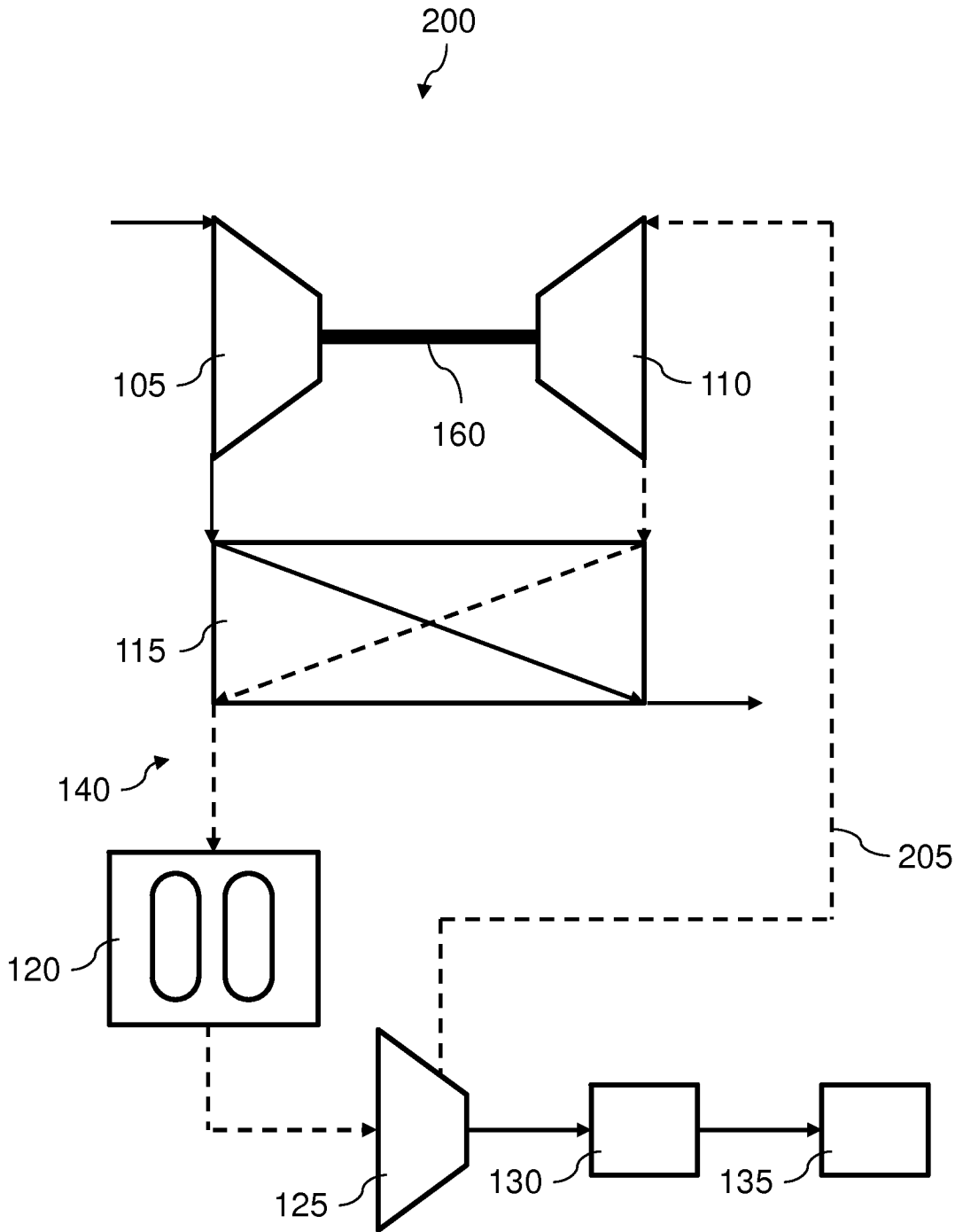


Figure 2

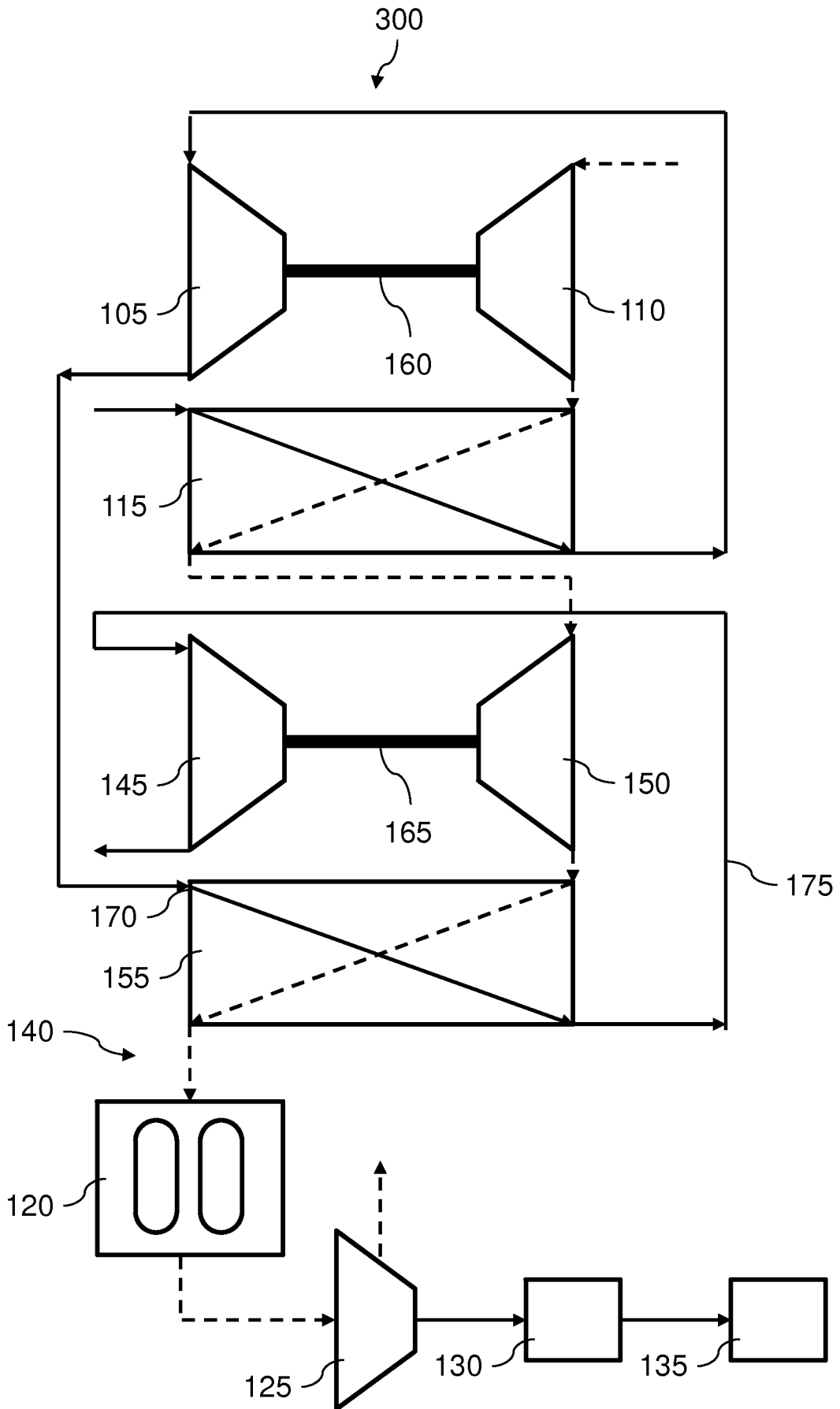


Figure 3

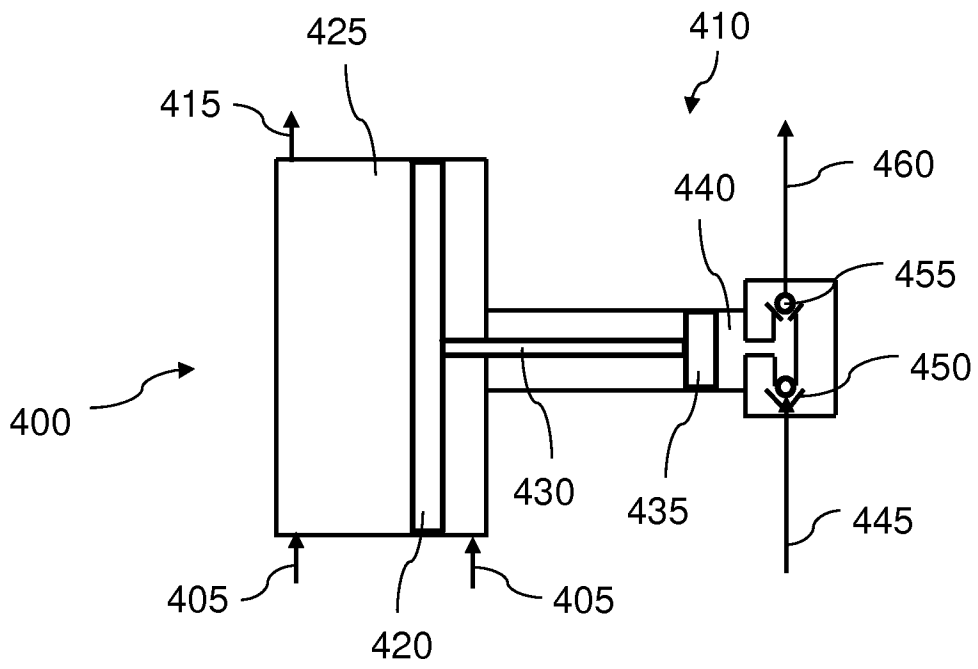


Figure 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/FR2019/053266

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER <i>F17D 1/04</i> (2006.01) 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) F17D; F17C 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	US 2018073802 A1 (SINATOV STANISLAV [IL]) 15 March 2018 (2018-03-15) paragraph [0028] - paragraph [0031]; figure 1	1-15
A	WO 2007087713 A1 (LOURENCO JOSE [CA]; MILLAR MACKENZIE [CA]) 09 August 2007 (2007-08-09) page 6, line 19 - page 7, line 5; figure 3	1-15
A	GB 2103354 A (OLAJIPARI FOEVALLAL TERVEZOE [HU]) 16 February 1983 (1983-02-16) figure 1	1-15
A	US 4522636 A (MARKBREITER STEPHEN J [US] ET AL) 11 June 1985 (1985-06-11) the whole document	1-15
A	CA 2552366 A1 (BAILEY RICHARD A [CA]; MCDONALD DUNCAN [CA]) 14 July 2005 (2005-07-14) the whole document	1-15
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>“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)</p> <p>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“&” document member of the same patent family</p>		
Date of the actual completion of the international search 04 May 2020		Date of mailing of the international search report 08 June 2020
Name and mailing address of the ISA/EP European Patent Office p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk Netherlands Telephone No. (+31-70)340-2040 Facsimile No. (+31-70)340-3016		Authorized officer Forsberg, Peter Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/FR2019/053266

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
US	2018073802	A1	15 March 2018	NONE			
WO	2007087713	A1	09 August 2007	CA	2536075	A1	31 July 2007
				EP	1979695	A1	15 October 2008
				US	2009019887	A1	22 January 2009
				WO	2007087713	A1	09 August 2007
GB	2103354	A	16 February 1983	AT	386668	B	26 September 1988
				DE	3202279	A1	17 February 1983
				FR	2510718	A1	04 February 1983
				GB	2103354	A	16 February 1983
US	4522636	A	11 June 1985	NONE			
CA	2552366	A1	14 July 2005	CA	2552366	A1	14 July 2005
				WO	2005064122	A1	14 July 2005

<p>A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. F17D1/04 ADD.</p>		
<p>Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB</p>		
<p>B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE</p>		
<p>Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) F17D F17C</p>		
<p>Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche</p>		
<p>Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal, WPI Data</p>		
<p>C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS</p>		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	US 2018/073802 A1 (SINATOV STANISLAV [IL]) 15 mars 2018 (2018-03-15) alinéa [0028] - alinéa [0031]; figure 1 -----	1-15
A	WO 2007/087713 A1 (LOURENCO JOSE [CA]; MILLAR MACKENZIE [CA]) 9 août 2007 (2007-08-09) page 6, ligne 19 - page 7, ligne 5; figure 3 -----	1-15
A	GB 2 103 354 A (OLAJIPARI FOEVALLAL TERVEZOE [HU]) 16 février 1983 (1983-02-16) figure 1 -----	1-15
A	US 4 522 636 A (MARKBREITER STEPHEN J [US] ET AL) 11 juin 1985 (1985-06-11) le document en entier -----	1-15
-/--		
<input checked="" type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents		<input checked="" type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe
<p>* Catégories spéciales de documents cités:</p> <p>"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent</p> <p>"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date</p> <p>"L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)</p> <p>"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens</p> <p>"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée</p> <p>"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention</p> <p>"X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément</p> <p>"Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier</p> <p>"&" document qui fait partie de la même famille de brevets</p>		
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée <p style="text-align: center;">4 mai 2020</p>		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale <p style="text-align: center;">08/06/2020</p>
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Fonctionnaire autorisé <p style="text-align: center;">Forsberg, Peter</p>

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	<p>CA 2 552 366 A1 (BAILEY RICHARD A [CA]; MCDONALD DUNCAN [CA]) 14 juillet 2005 (2005-07-14) le document en entier -----</p>	1-15

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2019/053266

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2018073802	A1	15-03-2018	AUCUN	

WO 2007087713	A1	09-08-2007	CA 2536075 A1	31-07-2007
			EP 1979695 A1	15-10-2008
			US 2009019887 A1	22-01-2009
			WO 2007087713 A1	09-08-2007

GB 2103354	A	16-02-1983	AT 386668 B	26-09-1988
			DE 3202279 A1	17-02-1983
			FR 2510718 A1	04-02-1983
			GB 2103354 A	16-02-1983

US 4522636	A	11-06-1985	AUCUN	

CA 2552366	A1	14-07-2005	CA 2552366 A1	14-07-2005
			WO 2005064122 A1	14-07-2005
