

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

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
16 novembre 2017 (16.11.2017)

WIPO | PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2017/194253 A1

(51) Classification internationale des brevets :

F28D 17/00 (2006.01) F28D 20/02 (2006.01)

F02C 6/16 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :

PCT/EP2017/058559

(22) Date de dépôt international :

10 avril 2017 (10.04.2017)

(25) Langue de dépôt :

français

(26) Langue de publication :

français

(30) Données relatives à la priorité :

1654190 11 mai 2016 (11.05.2016) FR

(71) Déposant : IFP ENERGIES NOUVELLES [FR/FR] ; 1
& 4 avenue du Bois-Préau, 92852 RUEIL-MALMAISON
(FR).

(72) Inventeurs : VINAY, Guillaume ; 0153 RUE DU LT-
COLONEL DE MONTB, 92500 RUEIL-MALMAISON
(FR). SANZ, Elena ; 0011 ALL DES MESANGES, 69340
FRANCHEVILLE (FR). PLAIS, Cecile ; 0029 L-D LES
ACACIAS, 69420 LES HAIES (FR). NASTOLL, Willi ;
0007 RUE DE SAINT-CLOUD, 69007 LYON (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, 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
(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML,
MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée:

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

(54) Title: DEVICE AND METHOD FOR COUNTER-CURRENT HEAT EXCHANGE BETWEEN A FLUID AND HEAT STORAGE PARTICLES

(54) Titre : DISPOSITIF ET PROCÉDE D'ÉCHANGE DE CHALEUR ENTRE UN FLUIDE ET DES PARTICULES DE STOCKAGE DE LA CHALEUR A CONTRE-COURANT

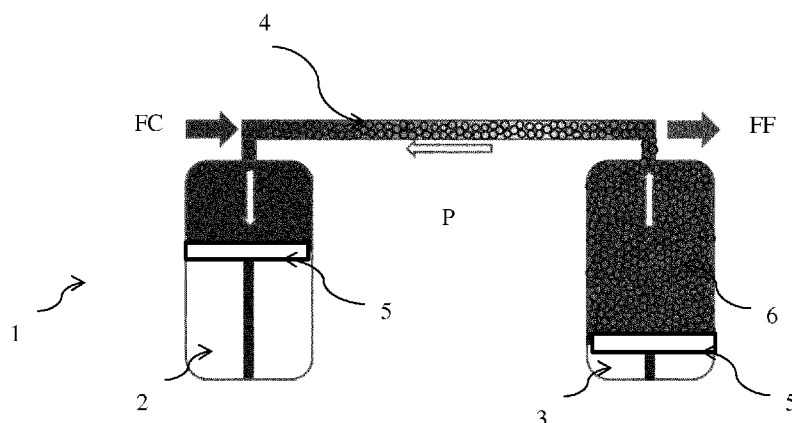


Figure 1

(57) Abstract: The present invention relates to a device for heat exchange between a fluid and heat storage particles (6). The exchange system comprises two volumes (2, 3) for storing the particles, and an exchange zone (4) in which the fluid (F) and said heat storage particles (6) flow in counter-current.

(57) Abrégé : La présente invention concerne un dispositif d'échange de chaleur entre un fluide et des particules (6) de stockage de chaleur. Le système d'échange comporte deux volumes (2, 3) de stockage des particules et une zone d'échange (4), dans laquelle le fluide (F) et les particules (6) de stockage de chaleur s'écoulent à contre-courant.



WO 2017/194253 A1

DISPOSITIF ET PROCEDE D'ECHANGE DE CHALEUR ENTRE UN FLUIDE ET DES PARTICULES DE STOCKAGE DE LA CHALEUR A CONTRE-COURANT

5 La présente invention concerne le domaine des systèmes d'échange de chaleur, en particulier pour le stockage de la chaleur dans un système ou un procédé de type AA-CAES (de l'anglais « Advanced Adiabatic - Compressed Air Energy Storage »).

10 Dans un système de stockage d'énergie par air comprimé (CAES), l'énergie, que l'on souhaite utiliser à un autre moment, est stockée sous forme d'air comprimé. Pour le stockage, une énergie, notamment électrique, entraîne des compresseurs d'air, et pour le déstockage, l'air comprimé entraîne des turbines, qui peuvent être reliées à une génératrice électrique. Le rendement de cette solution n'est pas optimal car une partie de l'énergie de l'air comprimé se retrouve sous forme de chaleur qui n'est pas utilisée. En effet, dans les
15 procédés CAES, on n'utilise que l'énergie mécanique de l'air, c'est-à-dire qu'on rejette toute la chaleur produite lors de la compression. A titre d'exemple, de l'air comprimé à 8 MPa (80 bar) se réchauffe pendant la compression jusqu'à environ 150°C, mais il est refroidi avant le stockage. De plus, le rendement d'un système CAES n'est pas optimal, car ensuite le système nécessite de chauffer l'air stocké pour réaliser la détente de l'air. En effet, si l'air est
20 stocké à 8 MPa (80 bar) et à température ambiante et si l'on désire récupérer l'énergie par une détente, la décompression de l'air suit à nouveau une courbe isentropique, mais cette fois à partir des conditions initiales de stockage (environ 8 MPa et 300 K). L'air se refroidit donc jusqu'à des températures non réalistes (83 K soit -191°C). Il est donc nécessaire de le réchauffer, ce qui peut se faire à l'aide d'un brûleur à gaz, ou autre carburant.

25 Plusieurs variantes existent actuellement à ce système. On peut citer notamment les systèmes et procédés :

- ACAES (de l'anglais « Adiabatic Compressed Air Energy Storage ») dans lequel l'air est stocké à haute température due à la compression. Toutefois, ce type de système
30 nécessite un système de stockage spécifique, volumineux et coûteux (stockage adiabatique).

- AACAES (de l'anglais « Advanced Adiabatic Compressed Air Energy Storage ») dans lequel l'air est stocké à température ambiante, et la chaleur due à la compression est également stockée, séparément, dans un système de stockage de la chaleur TES (de
35 l'anglais « Thermal Energy Storage »). La chaleur stockée dans le TES est utilisée pour

chauffer l'air avant sa détente. Selon certaines conceptions envisagées, la chaleur est stockée dans le système de stockage au moyen de particules solides.

Par ailleurs, de tels systèmes d'échange de chaleur sont utilisés dans d'autres domaines : le stockage de l'énergie solaire, marine, dans les procédés de métallurgie, etc.

Une des limites de conception des systèmes d'échange et de stockage de chaleur est le contrôle de la stratification thermique (ou thermocline) des faibles températures vers des températures élevées. En effet, le rendement et l'efficacité de stockage de la chaleur en dépendent.

Dans ce but, plusieurs types de système d'échange de chaleur ont été développés. Certains types de système d'échange de chaleur concernent un lit fixe de particules solides de stockage de la chaleur, ou des systèmes d'échange thermique de fluide(s) circulant à co-courant. Cependant, ces échanges de chaleur ne sont pas optimaux en termes d'efficacité.

En effet, les lits fixes de particules peuvent présenter des hétérogénéités, notamment au niveau de la porosité du lit de particules, ce qui limite les échanges de chaleur.

De plus, la demande de brevet WO 2014/183894 décrit un système d'échange de chaleur dans lequel des particules de stockage de la chaleur sont transportées d'un premier réservoir vers un deuxième réservoir. Ces particules échangent de la chaleur avec un fluide qui est transporté dans une direction transverse par rapport à la direction des particules. De ce fait, la zone d'échange de chaleur est réduite, ce qui limite les échanges de chaleur entre les particules et le fluide.

Pour pallier ces inconvénients, la présente invention concerne un dispositif d'échange de chaleur entre un fluide et des particules de stockage de chaleur. Le système d'échange comporte deux volumes de stockage des particules et une zone d'échange, dans laquelle le fluide et les particules de stockage de chaleur s'écoulent à contre-courant. Cet écoulement à contre-courant permet une efficacité élevée de l'échange de chaleur entre le fluide et les particules.

Le dispositif selon l'invention

L'invention concerne un dispositif d'échange de chaleur entre un fluide et des particules de stockage de la chaleur comprenant un premier et un deuxième volumes de stockage desdites particules de stockage de la chaleur et au moins une zone d'échange de chaleur, dans laquelle s'écoulent ledit fluide et lesdites particules de stockage de la chaleur,

ladite zone d'échange de chaleur étant agencée entre lesdits volumes de stockage desdites particules de stockage de la chaleur. Ledit dispositif d'échange de chaleur comporte des moyens de circulation desdites particules de stockage de la chaleur dans ladite zone d'échange de chaleur, lesdits moyens de circulation étant configurés pour faire circuler
5 lesdites particules de stockage de la chaleur depuis ledit premier volume de stockage desdites particules de stockage de la chaleur vers ledit deuxième volume de stockage desdites particules de stockage de la chaleur, selon une direction opposée à la direction d'écoulement dudit fluide.

10 Selon un mode de réalisation de l'invention, chaque volume de stockage desdites particules de stockage de la chaleur est formé dans un réservoir de stockage.

Alternativement, lesdits deux volumes de stockage desdites particules de stockage de la chaleur sont compris dans un unique réservoir de stockage, lesdits deux volumes de stockage desdites particules étant séparés par une paroi, notamment une paroi thermiquement isolée.

15 Conformément à une mise en œuvre, lesdits moyens de circulation desdites particules de stockage de la chaleur comprennent au moins un piston placé dans au moins un volume de stockage desdites particules de stockage de la chaleur.

Selon une option de réalisation, lesdits moyens de circulation desdites particules de stockage de la chaleur comportent au moins une pompe.

20 Avantageusement, ladite zone d'échange de chaleur est formée au sein d'au moins une conduite.

Selon une caractéristique de l'invention, lesdites particules de stockage de la chaleur comprennent des matériaux à changement de phase.

De préférence, ledit fluide est un gaz, notamment de l'air.

25

De plus, l'invention concerne un système de stockage et de récupération d'énergie par gaz comprimé comportant au moins un moyen de compression de gaz, au moins un volume de stockage du gaz comprimé, au moins un moyen de détente du gaz comprimé pour générer une énergie. Ledit système de stockage et de récupération d'énergie par gaz
30 comprimé comporte au moins un dispositif d'échange de chaleur selon l'une des caractéristiques précédentes.

En outre, l'invention concerne un procédé d'échange de chaleur entre un fluide et des particules de stockage de la chaleur, dans lequel on réalise les étapes suivantes pour
35 l'échange de chaleur :

- a) on stocke lesdites particules dans un premier volume de stockage de particules de stockage de la chaleur ;

- b) on fait circuler ledit fluide dans une zone d'échange de chaleur ;
- c) on fait circuler lesdites particules de stockage de chaleur dans ladite zone d'échange de chaleur depuis ledit premier volume de stockage de particules de stockage de la chaleur vers un deuxième volume de stockage de particules de stockage de la chaleur selon une direction opposée à la direction de circulation dudit fluide ; et
- d) on stocke lesdites particules dans ledit deuxième volume de stockage de particules de stockage de la chaleur.

L'invention concerne également un procédé de stockage et de récupération d'énergie par gaz comprimé, dans lequel on réalise les étapes suivantes :

- a) on comprime un gaz, tel que l'air ;
- b) on refroidit ledit gaz comprimé par échange de chaleur dans un dispositif d'échange de chaleur selon l'une des caractéristiques précédentes ;
- c) on stocke ledit gaz comprimé refroidi ;
- d) on chauffe ledit gaz stocké par échange de chaleur dans ledit dispositif d'échange de chaleur ; et
- e) on détend ledit gaz chauffé pour générer une énergie.

Présentation succincte des figures

D'autres caractéristiques et avantages du dispositif selon l'invention, apparaîtront à la lecture de la description ci-après d'exemples non limitatifs de réalisations, en se référant aux figures annexées et décrites ci-après.

La figure 1 illustre un dispositif d'échange de chaleur selon un premier mode de réalisation de l'invention.

La figure 2 est une courbe illustrant les variations de la température du fluide et des particules solides au sein de la zone d'échange pour un dispositif d'échange de chaleur selon l'invention.

La figure 3 illustre un dispositif d'échange de chaleur selon un deuxième mode de réalisation de l'invention.

La figure 4 illustre un système de stockage et de récupération d'énergie par gaz comprimé selon un mode de réalisation de l'invention.

Description détaillée de l'invention

La présente invention concerne un dispositif d'échange de chaleur entre un fluide et des particules de stockage de chaleur. Le système d'échange de chaleur comporte au moins

une zone d'échange de chaleur, dans laquelle circulent le fluide et les particules de stockage de la chaleur. Selon l'invention, le système d'échange de chaleur comporte des moyens de circulation des particules de stockage de la chaleur configurés pour une circulation à contre-courant du fluide par rapport aux particules de stockage de la chaleur, dans la zone d'échange de chaleur. En d'autres termes, les moyens de circulation sont aptes à faire circuler les particules de stockage de la chaleur selon une direction opposée à la circulation du fluide, c'est-à-dire que le fluide et les particules se croisent dans la zone d'échange de chaleur en ayant des trajectoires parallèles : les particules circulent dans cette zone d'échange depuis la sortie du fluide de cette zone d'échange vers l'entrée du fluide de cette zone d'échange. La circulation à contre-courant du fluide et des particules permet d'obtenir une efficacité élevée de l'échange de chaleur, notamment car le fluide et les particules peuvent échanger de la chaleur sur une longue distance. Ainsi, il est possible d'optimiser la chaleur stockée dans les particules de stockage de la chaleur. Au sein de la zone d'échange du dispositif selon l'invention, les particules circulent sous la forme d'un lit de particules très dense, contrairement au lit fluidisé qui nécessite une mise en suspension des particules.

Le dispositif de stockage de la chaleur selon l'invention comporte deux volumes de stockage des particules de stockage de la chaleur. La zone d'échange de la chaleur est agencée entre ces deux volumes de stockage des particules. Les volumes de stockage des particules permettent de stocker séparément les particules à des températures différentes : une température dite froide et une température dite chaude. Ce stockage séparé permet de s'affranchir du problème du maintien du thermocline, comme c'est le cas dans les systèmes de stockage de la chaleur à lit fixe. Le fait que l'échange de chaleur n'ait pas lieu dans les volumes de stockage des particules mais dans une zone d'échange distincte, permet d'avoir un volume de stockage des particules à température uniforme, ce qui est important pour l'efficacité du système. En effet, dans chaque volume de stockage des particules, toutes les particules ont sensiblement une température constante. Ainsi, grâce à ces volumes de stockage de la chaleur, il est donc possible de stocker la chaleur échangée entre le fluide et les particules.

Ainsi, pour l'échange de chaleur entre un fluide et les particules, le moyen de circulation des particules fait circuler les particules depuis un premier volume de stockage des particules, en passant dans la zone d'échange de chaleur, vers le deuxième volume de stockage des particules. Par exemple, pour stocker la chaleur d'un fluide chaud, le moyen de circulation des particules fait circuler les particules froides stockées dans le volume de stockage « froid », en faisant passer les particules dans la zone d'échange de la chaleur, dans laquelle les particules emmagasinent de la chaleur du fluide chaud, vers le deuxième volume de stockage « chaud ». Inversement, pour restituer la chaleur à un fluide froid, le moyen de circulation des particules fait circuler les particules chaudes stockées dans le

volume de stockage « chaud », en faisant passer les particules dans la zone d'échange de la chaleur, dans laquelle les particules restituent de la chaleur à un fluide froid, vers le premier volume de stockage « froid ».

5 Le dispositif selon l'invention comporte des moyens de circulation du fluide dans la zone d'échange de chaleur, de manière à permettre la circulation du fluide dans cette zone d'échange de chaleur. Ces moyens peuvent comprendre notamment une pompe, un compresseur ou un détendeur.

10 Les particules de stockage de la chaleur sont des éléments de petites dimensions (par exemple entre 0.01 et 20 mm) aptes à stocker de la chaleur.

Selon une variante de réalisation de l'invention, le système d'échange de chaleur selon l'invention peut comprendre des particules solides ou des particules, sous forme de capsules contenant un matériau à changement de phase (MCP). Ces matériaux permettent également une réduction du volume des volumes de stockage, car ils permettent de stocker une grande
15 quantité d'énergie sous la forme de chaleur latente. Un compromis entre efficacité et coût peut également être trouvé en mélangeant des MCP et des matériaux de stockage, utilisant la chaleur sensible pour stocker la chaleur. Parmi les matériaux à changement de phase, on peut utiliser les matériaux suivants : les paraffines, dont la température de fusion est inférieure à 130°C, les sels qui fondent à des températures supérieures à 300°C, des
20 mélanges (eutectiques) qui permettent d'avoir une large gamme de température de fusion.

Préférentiellement, les particules de stockage de la chaleur sont des particules solides dites à chaleur sensible : en effet, elles permettent le stockage de la chaleur sous forme de chaleur sensible. Il peut s'agir notamment de particules de béton. Ces particules solides permettent des transferts thermiques contrôlés, notamment car la différence de température
25 entre le fluide et les particules solides reste sensiblement constante.

Les particules (qu'elles soient ou non à changement de phase) peuvent avoir toutes les formes connues des milieux granulaires classiques (billes, cylindres, extrudés, trilobes ...), ainsi que toute autre forme permettant de maximiser la surface d'échange avec le fluide. De préférence, les particules sont sous la forme de billes, de manière à limiter les problèmes
30 d'attrition et favoriser leurs déplacements à contre-courant dans la zone d'échange de la chaleur en limitant les phénomènes de coincement. La taille de particules peut varier entre 0.1 mm et 20 mm, de manière préférée entre 0.5 et 10 mm et de manière encore plus préférée entre 1 et 7 mm.

35 Conformément à une variante de réalisation de l'invention, le fluide peut être un gaz, notamment de l'air. Le fluide peut être un gaz à refroidir ou à chauffer par les particules dans la zone d'échange de chaleur.

Selon un mode de réalisation de l'invention, la zone d'échange de chaleur est formée par une conduite, un canal, une colonne, ou tout moyen analogue. La conduite (ou canal) peut être de section circulaire, rectangulaire, elliptique, etc.

5

Selon une variante de réalisation de l'invention, plusieurs zones d'échange de chaleur peuvent être placées en parallèle. Ainsi, par la multiplication des zones, il est possible de limiter la longueur des zones d'échange de chaleur, tout en favorisant l'échange de chaleur. Selon un exemple, le dispositif d'échange de chaleur peut comprendre plusieurs conduites placées en parallèle pour former des zones d'échange de chaleur.

10

Conformément à une mise en œuvre de l'invention, les moyens de circulation des particules peuvent comprendre au moins un piston et/ou une pompe et/ou tout mécanisme pour déplacer les particules sous forme de lit dense de particules. Avantageusement, un piston peut être inclus dans chaque volume de stockage des particules, le déplacement du piston générant le déplacement des particules dans la zone d'échange depuis un volume de stockage des particules vers l'autre volume de stockage des particules. De manière avantageuse, la pompe peut être mise en amont ou en aval de la zone d'échange de la chaleur.

20

Selon un premier mode de réalisation de l'invention (compatible avec toutes les variantes et toutes les combinaisons des variantes décrites précédemment), chaque volume de stockage des particules peut être compris dans un réservoir. Les réservoirs sont destinés à stocker les particules de stockage de la chaleur. Ainsi, le dispositif d'échange de chaleur comprend alors deux réservoirs séparés de stockage des particules, ce qui évite les échanges thermiques entre les particules froides et les particules chaudes. De préférence, les réservoirs de stockage des particules peuvent être isolés thermiquement pour maintenir la température des particules. Chaque réservoir peut avoir une forme sensiblement cylindrique. Pour ce premier mode de réalisation, lorsque les moyens de circulation des particules comprennent un piston, le déplacement du piston permet le déplacement des particules, mais peut également servir à adapter le volume de stockage des particules dans le réservoir.

25

30

Selon un deuxième mode de réalisation de l'invention (compatible avec toutes les variantes et toutes les combinaisons des variantes décrites précédemment), les deux volumes de stockage des particules sont compris dans un unique réservoir, les deux volumes de stockage des particules étant séparés par une paroi, de préférence une paroi

35

étanche et isolée thermiquement, de manière à éviter les transferts thermiques entre les deux volumes de stockage des particules. Le réservoir est destiné à stocker les particules de stockage de la chaleur. Ainsi, le dispositif d'échange de chaleur ne comporte qu'un unique réservoir de stockage des particules, ce qui réduit l'encombrement et le coût du dispositif d'échange de chaleur. Selon une conception envisageable, cette paroi peut être mobile et peut servir de piston pour le moyen de circulation des particules. De préférence, la structure du réservoir peut être isolé thermiquement pour maintenir la température des particules. Le réservoir peut avoir une forme sensiblement cylindrique.

Les principaux avantages du dispositif d'échange et de stockage de chaleur selon l'invention sont :

- Les échanges thermiques entre le fluide caloporteur et les particules sont maximisés, et la taille du système est réduite en conséquence, grâce au profil thermique à contre-courant établi dans la zone d'échange de chaleur.
- Les températures chaude et froide du dispositif sont maintenues constantes. En effet, les particules chaudes et froides sont stockées à température uniforme dans des volumes distincts et de préférence isolés thermiquement, ce qui permet de s'affranchir du problème du maintien du thermocline dans le réservoir, comme c'est le cas dans les systèmes de stockage de la chaleur en lit fixe (point chaud et point froid au sein d'un même réacteur).
- Par rapport à un système de stockage en lit fixe, il n'y a pas de risques liés à des mauvaises distributions du solide.
- Le système permet de la souplesse car les charges et décharges partielles sont facilitées. En effet, il est possible de couper à tout moment l'alimentation des particules dans la zone d'échange de chaleur et de ne chauffer/refroidir qu'une partie de ce dernier.

La figure 1 illustre un dispositif, de manière schématique et non limitative, selon le premier mode de réalisation (avec deux réservoirs séparés). Le dispositif d'échange de chaleur 1 comporte un premier réservoir 2 de particules 6, servant de premier volume de stockage des particules 6. Le premier réservoir 2 comporte un piston 5, servant de moyen de circulation des particules. Le dispositif d'échange de chaleur 1 comporte un deuxième réservoir 3 de particules, servant de deuxième volume de stockage des particules 6. Le deuxième réservoir 3 comporte un piston 5 servant de moyen de circulation des particules. Entre le premier réservoir 2 et le deuxième réservoir 3 est agencée une zone d'échange de chaleur 4, dans laquelle un fluide et les particules 6 peuvent circuler. Selon l'exemple illustré, la zone d'échange de chaleur 4 est formée par une conduite. Les circulations du fluide et des

particules illustrées sur la figure 1 correspondent à une phase de charge, c'est-à-dire une phase de stockage de chaleur, la chaleur d'un fluide chaud est emmagasinée dans les particules stockées dans le réservoir « chaud », qui est le réservoir 2 sur l'exemple représenté. Pour cela, le fluide chaud FC entre dans la zone d'échange de chaleur 4 du côté du réservoir « chaud » 2 et le fluide froid FF sort de la zone d'échange de chaleur 4 du côté du réservoir « froid » 3. Sur cette figure, les flèches blanches P indiquent la circulation des particules. Les particules sortent du réservoir « froid » 3, par déplacement du piston 5, circulent dans la zone d'échange de chaleur 4 selon la direction opposée à la circulation du fluide, et sont stockées dans le réservoir « chaud » 2. Pour la phase de décharge (non représentée), c'est-à-dire une phase de restitution de la chaleur, la chaleur stockée est restituée à un fluide froid, et les circulations respectives du fluide et des particules sont inversées. Pour cela, le fluide froid FF entre dans la zone d'échange de chaleur 4 du côté du réservoir « froid » 3 et le fluide chaud FC sort de la zone d'échange de chaleur 4 du côté du réservoir « chaud » 2. Les particules sortent du réservoir « chaud » 2, par déplacement du piston 5, circulent dans la zone d'échange de chaleur 4 selon la direction opposée à la circulation du fluide, et sont stockées dans le réservoir « froid » 3.

Les transferts de chaleur dans la conduite reliant les deux réservoirs se font à contre-courant, ainsi l'évolution des profils des températures fluide et solide peut être représentée comme sur la figure 2. La figure 2 représente l'évolution de la température du fluide T_f et de la température des particules de stockage de la chaleur T_s , le long de la zone d'échange de chaleur, pour le cas où les particules de stockage de chaleur sont des particules solides à chaleur sensible. Sur cette figure, l'axe des abscisses correspond à la position dans la zone d'échange de chaleur sur sa longueur L_4 . Cette figure correspond à une phase de stockage de la chaleur, pour lequel un fluide chaud à une température T_{f1} (côté gauche) entre dans la zone d'échange de chaleur et sort froid à une température T_{f2} (côté droit). Les particules entrent dans la zone d'échange de chaleur à une température froide T_{s1} (côté droit) et sortent à une température chaude T_{s2} (côté gauche). La technologie à contre-courant permet de conserver un écart maîtrisé entre les températures du fluide et des particules, favorisant les transferts de chaleur.

La figure 3 illustre un dispositif, de manière schématique et non limitative, selon le deuxième mode de réalisation (avec un seul réservoir). Le dispositif d'échange de chaleur 1 comporte un unique réservoir 7 de stockage des particules. Le réservoir 7 est séparé en deux volumes 8, 9 de stockage des particules par le piston 5. Le piston 5 forme une paroi étanche et d'isolation thermique entre les deux volumes de stockage des particules. Le déplacement du piston 5 permet la mise en circulation des particules. Entre les deux

volumes de stockage des particules est agencée une zone d'échange de chaleur 4, dans laquelle un fluide et les particules 6 peuvent circuler. Selon l'exemple illustré, la zone d'échange de chaleur 4 est formée par une conduite. Les circulations du fluide et des particules illustrées sur la figure 3 correspondent à une phase de charge, c'est-à-dire une phase de stockage de chaleur, la chaleur d'un fluide chaud est emmagasinée dans les particules stockées dans le volume de stockage des particules « chaud », qui est la partie gauche 8 du réservoir 7 sur l'exemple représenté. Pour cela, le fluide chaud FC entre dans la zone d'échange de chaleur 4 du côté du volume de stockage des particules « chaud » et le fluide froid FF sort de la zone d'échange de chaleur 4 du côté du volume 9 de stockage des particules « froid » (partie droite du réservoir 7). Sur cette figure, les flèches blanches P indiquent la circulation des particules. Les particules sortent du volume de stockage des particules « froid », par déplacement du piston 5, circulent dans la zone d'échange de chaleur 4 selon la direction opposée à la circulation du fluide, et sont stockées dans le volume de stockage des particules « chaud ». Pour la phase de décharge (non représentée), c'est-à-dire une phase de restitution de la chaleur, la chaleur stockée dans les particules est restituée à un fluide froid, et les directions des circulations respectives du fluide et des particules sont inversées. Pour cela, le fluide froid FF entre dans la zone d'échange de chaleur 4 du côté du volume de stockage de la chaleur « froid » et le fluide chaud FC sort de la zone d'échange de chaleur 4 du côté du volume de stockage de la chaleur « chaud ». Les particules sortent du volume de stockage des particules « chaud », par déplacement du piston 5, circulent dans la zone d'échange de chaleur 4 selon la direction opposée à la circulation du fluide, et sont stockées dans le volume de stockage des particules « froid ».

En outre, la présente invention concerne un système de stockage et de récupération d'énergie par gaz comprimé équipé d'un volume de stockage de la chaleur (par exemple du type AACAES). Dans cette mise en œuvre, le gaz sous pression (souvent de l'air) est stocké froid. Le système de stockage et de récupération d'énergie selon l'invention comporte :

- au moins un moyen de compression de gaz (ou compresseur), et de préférence plusieurs moyens de compression de gaz étagés. Le moyen de compression de gaz peut être entraîné par un moteur, notamment un moteur électrique ;
- au moins un volume de stockage du gaz comprimé (appelé également réservoir) par le moyen de compression du gaz. Le volume de stockage du gaz comprimé peut être un réservoir naturel (par exemple une cavité souterraine) ou non. Le volume de stockage du gaz comprimé peut être en surface ou en sous-sol. De plus, il peut être formé d'un unique volume ou d'une pluralité de volumes connectés entre eux ou non ;

- au moins un moyen de détente du gaz (appelé également détenteur ou turbine), permettant de détendre le gaz comprimé et stocké, et de préférence plusieurs moyens de détente de gaz étagés. Le moyen de détente du gaz permet de générer une énergie, notamment une énergie électrique au moyen d'un générateur ;
- au moins un dispositif d'échange de la chaleur, permettant le stockage de la chaleur issue du gaz comprimé lors de la phase de stockage d'énergie, et permettant la restitution de la chaleur stockée au gaz comprimé lors de la phase de la restitution d'énergie. Le dispositif d'échange de la chaleur est de préférence placé en sortie des moyens de compression et en entrée des moyens de détente. Selon l'invention, le système d'échange de la chaleur comprend des particules solides de stockage de la chaleur. Ces particules solides échangent de la chaleur avec le gaz lors des phases de stockage et de restitution d'énergie, cette chaleur étant stockée dans les particules entre ces deux phases. Selon l'invention, les dispositifs de stockage de la chaleur sont conformes à l'une des variantes et modes de réalisation décrits précédemment, ou à l'une des combinaisons des variantes et des modes de réalisation précédemment décrits.

On utilise les termes « moyens de compression étagés » (respectivement « moyens de détente étagés »), lorsque une pluralité de moyens de compression (respectivement de détente) sont montés successivement les uns après les autres en série : le gaz comprimé (respectivement détendu) en sortie du premier moyen de compression (respectivement de détente) passe ensuite dans un deuxième moyen de compression (respectivement de détente) et ainsi de suite. On appelle alors un étage de compression ou de détente, un moyen de compression ou de détente de la pluralité de moyens de compression ou de détente étagés. Avantageusement, lorsque le système comporte une pluralité d'étages de compression et/ou de détente, un système d'échange de chaleur est disposé entre chaque étage de compression et/ou de détente. Ainsi, le gaz comprimé est refroidi entre chaque compression, ce qui permet d'optimiser le rendement de la compression suivante, et le gaz détendu est chauffé entre chaque détente, ce qui permet d'optimiser le rendement de la détente suivante. Le nombre d'étages de compression et le nombre d'étages de détente peuvent être compris entre 2 et 10, de préférence entre 3 et 5. De préférence, le nombre d'étages de compression est identique au nombre d'étages de détente. Alternativement, le système de stockage et de récupération d'énergie par gaz comprimé (par exemple de type AACAES) selon l'invention peut contenir un seul moyen de compression et un seul moyen de détente.

Selon une variante de réalisation de l'invention, les moyens de compression, étagés ou non, peuvent être réversibles, c'est-à-dire qu'ils peuvent fonctionner à la fois pour la compression et pour la détente. Ainsi, il est possible de limiter le nombre de dispositifs utilisés dans le système selon l'invention, ce qui permet un gain en poids et en volume du système selon l'invention.

Selon une variante de réalisation, les dispositifs d'échange de chaleur utilisés entre les étages de compression peuvent être ceux utilisés entre les étages de détente.

Le système selon l'invention est adapté à tout type de gaz, notamment pour l'air. Dans ce cas, l'air en entrée utilisé pour la compression peut être prélevé de l'air ambiant, et l'air en sortie après la détente peut être relâché dans l'air ambiant. Dans la suite de la description, seule la variante de réalisation avec de l'air comprimé et son application AACAES seront décrites. Toutefois, le système et le procédé sont valables pour tout autre gaz.

La figure 4 illustre un exemple de réalisation non limitatif d'un système AACAES selon l'invention. Sur cette figure, les flèches en trait continu illustrent la circulation du gaz lors des étapes de compression (stockage d'énergie), et les flèches en pointillés illustrent la circulation du gaz lors des étapes de détente (restitution d'énergie). Cette figure illustre un système AACAES comprenant un seul étage de compression 12, un seul étage de détente 14 et un dispositif d'échange de la chaleur 1. Le système comporte un réservoir de stockage 13 du gaz comprimé. Le dispositif d'échange de la chaleur 1 est intercalé entre l'étage de compression/détente 12 ou 14 et le réservoir de stockage 13 du gaz comprimé. Classiquement, en phase de stockage d'énergie (compression), l'air est d'abord comprimé dans le compresseur 12, puis refroidi dans le dispositif de stockage de la chaleur 1. Le gaz comprimé et refroidi est stocké dans le réservoir 13. Les particules de stockage de la chaleur du dispositif de stockage de la chaleur 1 sont chaudes suite au refroidissement du gaz comprimé dans la phase de compression. Lors de la récupération de l'énergie (détente), le gaz comprimé stocké est chauffé dans le dispositif de stockage de la chaleur 1. Ensuite, de manière classique, le gaz passe au travers d'un ou plusieurs étages de détente 14 (un étage selon l'exemple illustré en figure 4).

Le système de stockage et de récupération d'énergie par gaz comprimé selon l'invention n'est pas limité à l'exemple de la figure 4. D'autres configurations peuvent être envisagées : un nombre différent d'étages de compression et/ou de détente, l'utilisation de moyens réversibles assurant la compression et la détente, etc.

Le dispositif d'échange de chaleur selon l'invention est particulièrement adapté au système de stockage et de récupération d'énergie par gaz comprimé, notamment le mode de réalisation illustré en figure 3. En effet, les volumes de stockage des particules permettent de stocker les particules chaudes après l'échange de chaleur dans la zone d'échange pendant

la phase de stockage de l'énergie, et permet de libérer les particules chaudes pour l'échange de chaleur dans la zone d'échange pour la phase de restitution de l'énergie.

Alternativement, le système d'échange de chaleur selon l'invention peut être utilisé pour tout type d'utilisation nécessitant le stockage de la chaleur, notamment pour le stockage d'énergie solaire, éolienne, ou pour tout type d'industrie y compris la métallurgie, etc.

En outre, la présente invention concerne un procédé d'échange de chaleur entre un fluide et des particules de stockage de chaleur. Pour ce procédé, on peut réaliser les étapes suivantes :

- a) on stocke les particules dans un premier volume de stockage de particules de stockage de la chaleur ;
- b) on fait circuler le fluide dans une zone d'échange de chaleur ;
- c) on fait circuler les particules de stockage de chaleur, notamment par un moyen de circulation des particules, dans la zone d'échange de chaleur depuis le premier volume de stockage de particules de stockage de la chaleur vers un deuxième volume de stockage de particules de stockage de la chaleur selon une direction opposée à la direction de circulation du fluide ; et
- d) on stocke les particules dans le deuxième volume de stockage de particules de stockage de la chaleur.

La circulation à contre-courant (selon des directions opposées) permet d'obtenir une efficacité élevée de l'échange de chaleur.

Les étapes b) et c) sont simultanées afin de permettre les échanges de chaleur.

Le procédé d'échange de chaleur peut être réalisé au moyen du dispositif d'échange de chaleur selon l'invention.

Le fluide peut être un gaz, notamment de l'air.

La présente invention concerne également un procédé de stockage et de récupération par gaz comprimé, dans lequel on réalise les étapes suivantes :

- a) on comprime un gaz, notamment au moyen d'un compresseur ;
- b) on refroidit le gaz comprimé par échange de chaleur, dans un dispositif d'échange de chaleur selon l'invention ;
- c) on stocke le gaz comprimé refroidi, notamment par un volume de stockage de gaz comprimé ;
- d) on chauffe le gaz comprimé stocké, par échange de chaleur, dans le dispositif d'échange de chaleur selon l'invention ; et

e) on détend le gaz comprimé chauffé pour générer une énergie, par exemple au moyen d'une turbine pour générer une énergie électrique.

Selon l'invention, l'échange de chaleur entre le gaz et les particules est réalisé dans une zone d'échange de chaleur avec un écoulement du fluide à contre-courant par rapport à la circulation des particules. Ainsi, le stockage et la restitution d'énergie du procédé de type AACAES sont optimisés.

Selon un aspect de l'invention, le procédé comporte plusieurs étapes de compression successives, au moyen de compresseurs placés en série, également appelés compressions étagées. Dans ce cas, on réitère les étapes a) et b) pour chaque étage de compression. Ainsi, le gaz est comprimé et refroidi plusieurs fois.

Selon une caractéristique de l'invention, le procédé comporte plusieurs étapes de détente successives, par des moyens de détente placés en série, également appelés détentes étagées. Dans ce cas, on réitère les étapes d) et e) pour chaque étage de détente. Ainsi, le gaz est chauffé et détendu plusieurs fois.

L'étape a) concerne la compression d'un gaz, par exemple de l'air. Il peut s'agit notamment d'air prélevé dans le milieu ambiant.

L'étape b) permet de refroidir le gaz comprimé après chaque étape de compression, ce qui permet d'optimiser le rendement de la compression suivante et/ou le stockage d'énergie. Les volumes de stockage de la chaleur permettent, lors du stockage du gaz comprimé (compression), de récupérer un maximum de chaleur issue de la compression du gaz en sortie des compresseurs et de diminuer la température du gaz avant le passage à la compression suivante ou avant le stockage. Par exemple, le gaz comprimé peut passer d'une température supérieure à 150 °C, par exemple environ 190 °C à une température inférieure à 80 °C, par exemple environ 50 °C.

L'étape c) peut être réalisée au sein d'un volume de stockage du gaz comprimé, qui peut être un réservoir naturel ou non (par exemple une cavité souterraine). Le volume de stockage du gaz comprimé peut être en surface ou en sous-sol. De plus, il peut être formé d'un unique volume ou d'une pluralité de volumes connectés entre eux ou non. Lors du stockage, on ferme le volume de stockage du gaz comprimé.

Le gaz comprimé est stocké jusqu'au moment où on souhaite récupérer l'énergie stockée. L'étape d) et les suivantes sont réalisées au moment où on souhaite récupérer l'énergie stockée.

L'étape d) permet de chauffer l'air comprimé avant chaque détente, ce qui permet d'optimiser le rendement de la détente suivante. Pour l'étape d), on peut utiliser les particules de stockage de la chaleur qui ont servi à refroidir lors de l'étape b). Les volumes

de stockage de la chaleur permettent, lors de la restitution de l'énergie, de restituer un maximum de chaleur stockée en augmentant la température du gaz avant le passage à la détente suivante. Par exemple, le gaz peut passer d'une température inférieure à 80 °C, par exemple environ 50 °C, à une température supérieure à 150 °C, par exemple environ 180 °C.

Lors de l'étape e), le gaz comprimé est détendu. La détente du gaz comprimé permet de générer une énergie. Cette détente peut être réalisée au moyen d'une turbine qui génère une énergie électrique. Si le gaz est de l'air, l'air détendu peut être évacué dans le milieu ambiant.

Le procédé et le système de stockage et récupération d'énergie par gaz comprimé selon l'invention peuvent être utilisés pour le stockage d'une énergie intermittente, telle que l'énergie éolienne ou solaire, afin de pouvoir utiliser cette énergie au moment désiré.

Revendications

- 1) Dispositif d'échange de chaleur entre un fluide et des particules (6) de stockage de la chaleur comprenant un premier et un deuxième volumes de stockage desdites particules de stockage de la chaleur et au moins une zone d'échange de chaleur (4), dans laquelle s'écoulent ledit fluide et lesdites particules (6) de stockage de la chaleur, ladite zone d'échange de chaleur (4) étant agencée entre lesdits volumes de stockage desdites particules de stockage de la chaleur, caractérisé en ce que ledit dispositif d'échange de chaleur comporte des moyens de circulation desdites particules (6) de stockage de la chaleur dans ladite zone d'échange de chaleur (4), lesdits moyens de circulation étant configurés pour faire circuler lesdites particules (6) de stockage de la chaleur depuis ledit premier volume de stockage desdites particules (6) de stockage de la chaleur vers ledit deuxième volume de stockage desdites particules (6) de stockage de la chaleur, selon une direction opposée à la direction d'écoulement dudit fluide.
- 2) Dispositif selon la revendication 1, dans lequel chaque volume de stockage desdites particules (6) de stockage de la chaleur est formé dans un réservoir de stockage (2, 3).
- 3) Dispositif selon la revendication 1, dans lequel lesdits deux volumes de stockage desdites particules (6) de stockage de la chaleur sont compris dans un unique réservoir de stockage (7), lesdits deux volumes (8, 9) de stockage desdites particules étant séparés par une paroi, notamment une paroi thermiquement isolée.
- 4) Dispositif selon l'une des revendications précédentes, dans lequel lesdits moyens de circulation desdites particules (6) de stockage de la chaleur comprennent au moins un piston (5) placé dans au moins un volume de stockage desdites particules (6) de stockage de la chaleur.
- 5) Dispositif selon l'une des revendications précédentes, dans lequel lesdits moyens de circulation desdites particules (6) de stockage de la chaleur comportent au moins une pompe.
- 6) Dispositif selon l'une des revendications précédentes, dans lequel ladite zone d'échange de chaleur (4) est formée au sein d'au moins une conduite.
- 7) Dispositif selon l'une des revendications précédentes, dans lequel lesdites particules (6) de stockage de la chaleur comprennent des matériaux à changement de phase.

8) Dispositif selon l'une des revendications précédentes, dans lequel ledit fluide est un gaz, notamment de l'air.

9) Système de stockage et de récupération d'énergie par gaz comprimé comportant au moins un moyen de compression de gaz (12), au moins un volume de stockage du gaz comprimé (13), au moins un moyen de détente (14) du gaz comprimé pour générer une énergie, caractérisé en ce que ledit système de stockage et de récupération d'énergie par gaz comprimé comporte au moins un dispositif d'échange de chaleur (1) selon l'une des revendications précédentes.

10) Procédé d'échange de chaleur entre un fluide et des particules (6) de stockage de la chaleur, dans lequel on réalise les étapes suivantes pour l'échange de chaleur :

a) on stocke lesdites particules dans un premier volume de stockage de particules de stockage de la chaleur ;

b) on fait circuler ledit fluide dans une zone d'échange de chaleur (4) ;

c) on fait circuler lesdites particules de stockage de chaleur dans ladite zone d'échange de chaleur (4) depuis ledit premier volume de stockage de particules de stockage de la chaleur vers un deuxième volume de stockage de particules de stockage de la chaleur selon une direction opposée à la direction de circulation dudit fluide ; et

d) on stocke lesdites particules dans ledit deuxième volume de stockage de particules de stockage de la chaleur.

11) Procédé de stockage et de récupération d'énergie par gaz comprimé, dans lequel on réalise les étapes suivantes :

a) on comprime un gaz, tel que l'air ;

b) on refroidit ledit gaz comprimé par échange de chaleur dans un dispositif d'échange de chaleur (1) selon l'une des revendications 1 à 9 ;

c) on stocke ledit gaz comprimé refroidi ;

d) on chauffe ledit gaz stocké par échange de chaleur dans ledit dispositif d'échange de chaleur ; et

e) on détend ledit gaz chauffé pour générer une énergie.

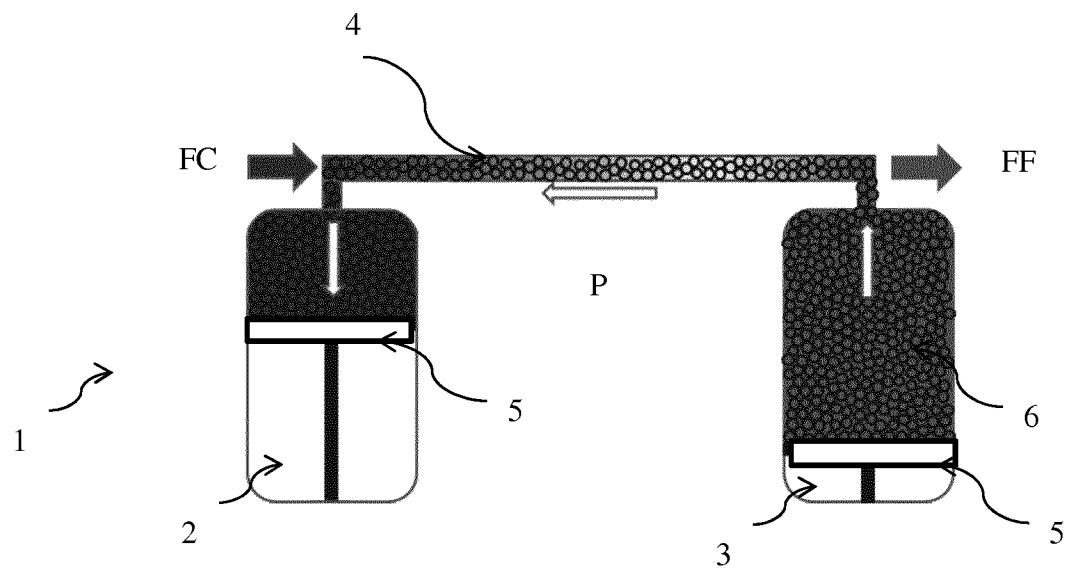


Figure 1

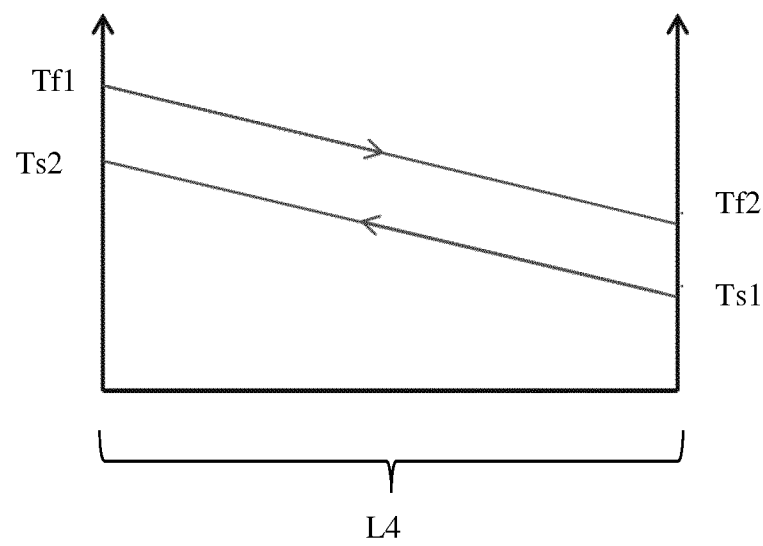


Figure 2

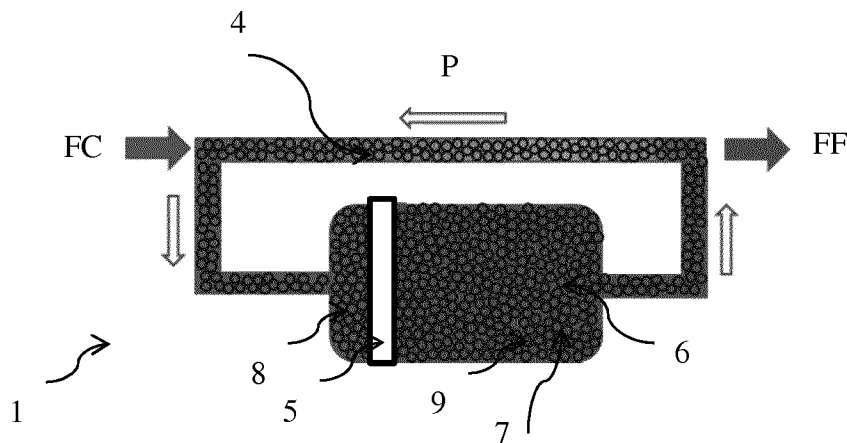


Figure 3

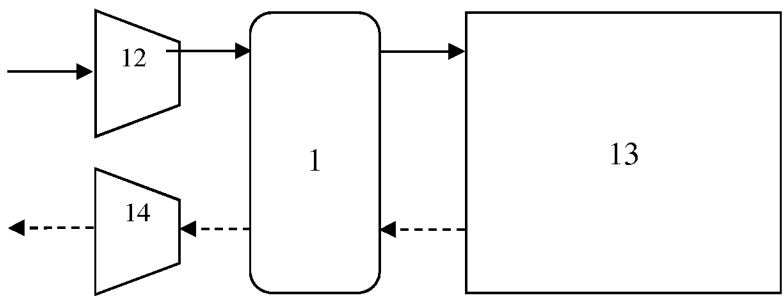


Figure 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2017/058559

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER INV. F28D17/00 F02C6/16 F28D20/02 ADD.		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) F28D F02C		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 10 2012 019791 A1 (UNIV ILMENAU TECH [DE]) 10 April 2014 (2014-04-10)	1-8
Y	abstract paragraph [0019]	9-11
Y	----- WO 2015/150104 A1 (IFP ENERGIES NOUVELLES [FR]) 8 October 2015 (2015-10-08) the whole document	9-11
A	----- DE 10 2013 208973 A1 (SIEMENS AG [DE]) 20 November 2014 (2014-11-20) cited in the application abstract -----	1-11
☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.		
* Special categories of cited documents :		
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family	
Date of the actual completion of the international search 30 May 2017	Date of mailing of the international search report 13/06/2017	
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer Bain, David	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2017/058559

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 102012019791 A1	10-04-2014	NONE	

WO 2015150104 A1	08-10-2015	FR 3019640 A1	09-10-2015
		WO 2015150104 A1	08-10-2015

DE 102013208973 A1	20-11-2014	DE 102013208973 A1	20-11-2014
		WO 2014183894 A1	20-11-2014

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2017/058559

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. F28D17/00 F02C6/16 F28D20/02 ADD.		
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB		
B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) F28D F02C		
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche		
Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	DE 10 2012 019791 A1 (UNIV ILMENAU TECH [DE]) 10 avril 2014 (2014-04-10)	1-8
Y	abrégé alinéa [0019]	9-11
Y	----- WO 2015/150104 A1 (IFP ENERGIES NOUVELLES [FR]) 8 octobre 2015 (2015-10-08) le document en entier	9-11
A	----- DE 10 2013 208973 A1 (SIEMENS AG [DE]) 20 novembre 2014 (2014-11-20) cité dans la demande abrégé -----	1-11
☐ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents ☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe		
* Catégories spéciales de documents cités: "A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée) "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée "T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier "&" document qui fait partie de la même famille de brevets		
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée	Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale	
30 mai 2017	13/06/2017	
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 Bain, David

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/EP2017/058559

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
DE 102012019791 A1	10-04-2014	AUCUN	
WO 2015150104 A1	08-10-2015	FR 3019640 A1 WO 2015150104 A1	09-10-2015 08-10-2015
DE 102013208973 A1	20-11-2014	DE 102013208973 A1 WO 2014183894 A1	20-11-2014 20-11-2014