

## (12) BREVET D'INVENTION

(11) N° de publication : **MA 60163 B1** (51) Cl. internationale : **F01K 3/00**

(43) Date de publication :  
**31.05.2023**

---

(21) N° Dépôt :  
**60163**

(22) Date de Dépôt :  
**17.12.2019**

(30) Données de Priorité :  
**19.02.2019 IT 20190002385**

(71) Demandeur(s) :  
**Energy Dome S.p.A., Viale Abruzzi 94 20131 Milano (IT)**

(72) Inventeur(s) :  
**SPADACINI, Claudio**

(74) Mandataire :  
**SABA & CO., TMP**

**(86) N° de dépôt auprès de l'organisme de validation:EP19835510.9**

---

(54) Titre : **INSTALLATION ET PROCÉDÉ DE STOCKAGE D'ÉNERGIE**

(57) Abrégé : L'invention concerne une installation de stockage d'énergie (1) comprenant un boîtier (5) pour le stockage d'un fluide de travail autre que l'air atmosphérique, dans une phase gazeuse et en équilibre de pression avec l'atmosphère; un réservoir (9) pour le stockage dudit fluide de travail dans un liquide ou une phase supercritique avec une température voisine de la température critique; ladite température critique étant voisine de la température ambiante. L'installation (1) est conçue pour réaliser une transformation cyclique thermodynamique (TTC), d'abord dans une direction dans une configuration de charge, puis dans la direction opposée dans une configuration de décharge, entre ledit boîtier (5) et ledit réservoir (9); l'installation (1) stockant de la chaleur et de la pression dans la configuration de charge et générant de l'énergie dans la configuration de décharge.

**REVENDICATIONS**

1. Centrale de stockage d'énergie, comprenant :

un boîtier (5) stockant un fluide de travail autre que l'air atmosphérique, en  
5 une phase gazeuse et en équilibre de pression avec l'atmosphère, ledit boîtier (5)  
étant un ballonnet de pression ou ayant la structure d'un gazomètre ;

une cuve (9) stockant ledit fluide de travail en phase liquide ou supercritique  
avec une température proche de la température critique ; ladite température critique  
étant proche de la température ambiante ;

10 la centrale étant conçue pour effectuer une transformation thermodynamique  
cyclique fermée (TTC), premièrement dans un sens sous une configuration de  
charge et ensuite dans un sens opposé sous une configuration de décharge, entre  
ledit boîtier (5) et ladite cuve (9) ; sous la configuration de charge la centrale  
stockant de la chaleur et de la pression et sous la configuration de décharge  
15 générant de l'énergie.

2. Centrale selon la revendication 1, le fluide de travail ayant les propriétés  
chimico-physiques suivantes : température critique comprise entre 0°C et 200°C,  
densité à 25°C comprise entre 0,5 kg/m<sup>3</sup> et 10 kg/m<sup>3</sup> ; et/ou étant choisi dans le  
20 groupe comprenant : CO<sub>2</sub>, SF<sub>6</sub>, N<sub>2</sub>O.

3. Centrale selon la revendication 1 ou 2, comprenant :

- un compresseur (3) et un moteur mécaniquement raccordés l'un à  
l'autre ;

25 - une turbine (2) et un générateur mécaniquement raccordés l'un à  
l'autre ;

- ledit boîtier (5) au plan externe en contact avec l'atmosphère et  
délimitant à l'intérieur un volume conçu pour contenir le fluide de travail sous la  
pression atmosphérique ou sensiblement la pression atmosphérique, ledit volume  
30 étant sélectivement en communication fluïdique avec un orifice d'entrée (3a) du  
compresseur (3) ou avec un orifice de sortie (2b) de la turbine (2) ;

- un échangeur thermique primaire (7) sélectivement en communication  
fluïdique avec un orifice de sortie (3b) du compresseur (3) ou avec un orifice  
d'entrée (2a) de la turbine (2) ;

- ladite cuve (9) se trouvant en communication fluïdique avec l'échangeur thermique primaire (7) pour accumuler le fluide de travail ;

- un échangeur thermique secondaire (10) fonctionnellement actif entre l'échangeur thermique primaire (7) et la cuve (9) ou dans ladite cuve (9) ;

5 ladite centrale étant conçue pour fonctionner sous la configuration de charge ou sous la configuration de décharge ;

sous la configuration de charge, le boîtier (5) se trouvant en communication fluïdique avec l'orifice d'entrée (3a) du compresseur (3) et l'échangeur thermique primaire (7) se trouvant en communication fluïdique avec l'orifice de sortie (3b) du compresseur (3), la turbine (2) étant au repos, le moteur fonctionnant et entraînant le compresseur (3) pour comprimer le fluide de travail provenant du boîtier (5), l'échangeur thermique primaire (7) fonctionnant comme dispositif de refroidissement pour retirer de la chaleur du fluide de travail comprimé, le refroidir et stocker de l'énergie thermique, l'échangeur thermique secondaire (10) fonctionnant comme dispositif de refroidissement pour retirer de la chaleur additionnelle provenant du fluide de travail comprimé et stocker de l'énergie thermique additionnelle, la cuve (9) recevant et stockant le fluide de travail comprimé et refroidi, le fluide de travail stocké dans la cuve (9) ayant une température proche de sa température critique propre ;

20 sous la configuration de décharge, le boîtier (5) se trouvant en communication fluïdique avec l'orifice de sortie (2b) de la turbine (2) et l'échangeur thermique primaire (7) se trouvant en communication fluïdique avec l'orifice d'entrée (2a) de la turbine (2), le compresseur (3) étant au repos, l'échangeur thermique secondaire (10) fonctionnant comme dispositif de chauffage pour libérer de la chaleur vers le fluide de travail provenant de la cuve (9), l'échangeur thermique primaire (7) fonctionnant comme dispositif de chauffage pour libérer de la chaleur supplémentaire au niveau du fluide de travail et le chauffer, la turbine (2) étant mise en rotation par le fluide de travail chauffé et amenant le générateur à générer de l'énergie, le fluide de travail revenant dans le boîtier (5) à la pression atmosphérique ou sensiblement atmosphérique.

4. Centrale selon la revendication 3, comprenant un échangeur thermique additionnel (13) fonctionnellement placé entre le boîtier (5) et le compresseur (3) et entre le boîtier (5) et la turbine (2) pour préchauffer le fluide de travail avant la

compression dans le compresseur (3), sous la configuration de stockage, ou pour refroidir le fluide de travail provenant de la turbine (2), sous la configuration de décharge.

5 5. Centrale selon l'une des revendications ci-dessus 3 ou 4, le moteur et le générateur étant des éléments séparés ; ou le moteur et le générateur étant définis par un moteur-générateur (4) unique et la centrale comprenant des dispositifs de raccordement entre ledit moteur-générateur (4) et le compresseur (3) et la turbine (2) pour raccorder mécaniquement et alternativement le moteur-  
10 générateur (4) au compresseur (3) ou à la turbine (2).

6. Centrale selon l'une des revendications ci-dessus 3, 4 ou 5, l'échangeur thermique secondaire (10) et l'échangeur thermique primaire (7) étant conçus pour opérer une transformation supercritique du fluide de travail de sorte que ledit fluide  
15 de travail est accumulé dans la cuve (9) sous une phase supercritique.

7. Centrale selon la revendication précédente, la cuve (9) comprenant une membrane de séparation (31) conçue pour séparer au plan interne la cuve (9) en une première chambre ayant un volume variable (32) pour le fluide de travail en  
20 phase supercritique et en une seconde chambre ayant un volume variable (33) en communication fluidique avec un circuit de compensation (34) contenant un fluide non compressible.

8. Centrale selon l'une des revendications ci-dessus de 3 à 5, l'échangeur thermique secondaire (10) et l'échangeur thermique primaire (7) étant conçus pour opérer une transformation sous-critique du fluide de travail de sorte que le fluide de  
25 travail est accumulé dans la cuve (9) en phase liquide.

9. Centrale selon l'une des revendications ci-dessus 3 à 8, l'échangeur thermique primaire (7) étant un régénérateur thermique à lit fixe ou mobile ou comprenant un circuit primaire d'eau, d'huile ou de sel (15) ayant au moins une  
30 chambre de stockage primaire (17, 18).

10. Centrale selon l'une des revendications ci-dessus de 3 à 9, l'échangeur thermique secondaire (10) comprenant un circuit secondaire d'air ou d'eau (20) ayant au moins une chambre de stockage secondaire (21, 22) et étant conçu pour retirer de la chaleur du fluide de travail, sous la configuration de charge, ou pour transférer de la chaleur au fluide de travail, sous la configuration de décharge, à une température inférieure à 100°C.

11. Procédé de stockage d'énergie, comprenant :  
l'exécution d'une transformation thermodynamique cyclique fermée (TTC),  
premièrement dans un sens sous une configuration/phase de charge et ensuite dans un sens opposé sous une configuration/phase de décharge, entre un boîtier (5) pour le stockage d'un fluide de travail différent de l'air atmosphérique, sous une phase gazeuse et en équilibre de pression avec l'atmosphère, et une cuve (9) pour le stockage dudit fluide de travail sous une phase liquide ou supercritique avec une température proche de la température critique ; ladite température critique étant proche de la température ambiante ; sous la phase de charge, le procédé accumulant de la chaleur et de la pression et, sous la phase de décharge, générant de l'énergie.

12. Procédé selon la revendication 11, la phase de charge comprenant :  
- la compression dudit fluide de travail, provenant dudit boîtier (5) au plan externe en contact avec l'atmosphère et délimitant à l'intérieur un volume conçu pour contenir le fluide de travail à la pression atmosphérique ou sensiblement atmosphérique, absorbant de l'énergie ;  
- l'injection du fluide de travail comprimé à travers un échangeur thermique primaire (7) et un échangeur thermique secondaire (10) placés en série pour porter une température du fluide de travail proche de sa température critique propre ; l'échangeur thermique primaire (7) fonctionnant comme dispositif de refroidissement pour retirer de la chaleur du fluide de travail comprimé, le refroidir et stocker de l'énergie thermique, l'échangeur thermique secondaire (10) fonctionnant comme dispositif de refroidissement pour retirer de la chaleur supplémentaire provenant du fluide de travail comprimé et stockant de l'énergie thermique supplémentaire ;

- l'accumulation du fluide de travail refroidi dans ladite cuve (9) ; l'échangeur thermique secondaire (10) et l'échangeur thermique primaire (7) exécutant une transformation supercritique du fluide de travail de sorte que ledit fluide de travail est accumulé dans la cuve (9) en phase supercritique ou  
5 l'échangeur thermique secondaire (10) et l'échangeur thermique primaire (7) exécutant une transformation sous-critique du fluide de travail de sorte que ledit fluide de travail est accumulé dans la cuve (9) en phase liquide ; une température du fluide de travail accumulé dans la cuve (9) étant comprise entre 0°C et 100°C et une pression du fluide de travail accumulé dans la cuve (9) étant comprise entre  
10 10 bars et 150 bars.

13. Procédé selon la revendication 11 ou 12, ledit fluide de travail ayant les propriétés physico-chimiques suivantes : température critique entre 0°C et 200°C, densité à 25°C entre 0,5 kg/m<sup>3</sup> et 10 kg/m<sup>3</sup> ; et/ou étant choisi dans le groupe  
15 comprenant : CO<sub>2</sub>, SF<sub>6</sub>, N<sub>2</sub>O.

14. Procédé selon la revendication 12 ou 13, la phase de décharge et de génération d'énergie comprenant :

- le fait de faire passer le fluide de travail de la cuve (9) à travers  
20 l'échangeur thermique secondaire (10) et l'échangeur thermique primaire (7) ; l'échangeur thermique secondaire (10) fonctionnant comme dispositif de chauffage pour transférer de la chaleur vers le fluide de travail provenant de la cuve (9), l'échangeur thermique primaire (7) fonctionnant comme dispositif de chauffage pour transférer de la chaleur supplémentaire vers le fluide de travail et le chauffer ;

25 - le fait de faire passer le fluide de travail chauffé à travers une turbine (2), la turbine (2) étant mise en rotation par le fluide de travail chauffé et amenant le générateur à générer de l'énergie, le fluide de travail s'expansant et refroidissant dans la turbine (2) ;

- la réinjection du fluide de travail provenant de la turbine (2) dans le  
30 boîtier (5) à une pression atmosphérique ou sensiblement atmosphérique.

15. Procédé selon la revendication 14, en phase de décharge et de génération d'énergie, entre l'échangeur thermique primaire (7) et la turbine (2), prévu pour

chauffer de manière supplémentaire le fluide de travail à travers une source de chaleur additionnelle (230).