

(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
10 mars 2022 (10.03.2022)

(10) Numéro de publication internationale
WO 2022/049335 A1

(51) Classification internationale des brevets :
F02C 3/22 (2006.01) *F02C 9/40* (2006.01)
F02C 7/22 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2021/051484

(22) Date de dépôt international :
25 août 2021 (25.08.2021)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
2008922 02 septembre 2020 (02.09.2020) FR

(71) Déposant : **SAFRAN** [FR/FR] ; 2 Boulevard du Général
Martial Valin, 75015 PARIS (FR).

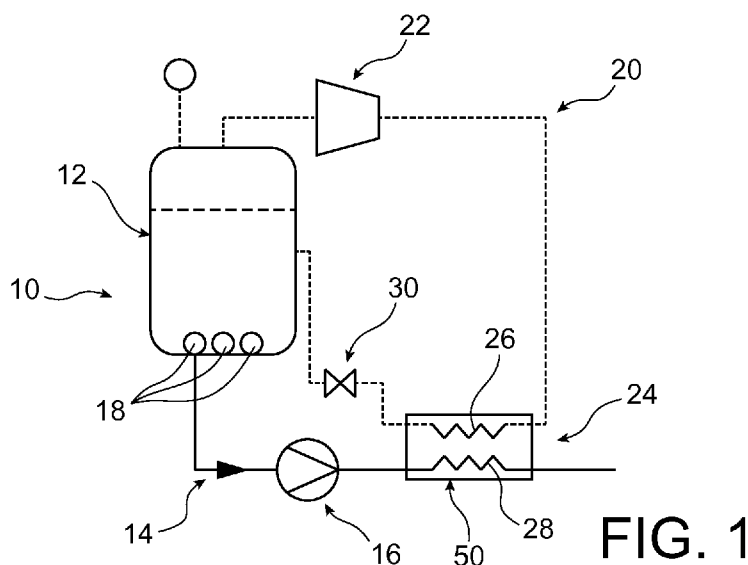
(72) Inventeurs : **JOUAN, Hugo Pierre Mohamed** ; Safran, c/o Centre d'Excellence Propriété Intellectuelle, Rond-point René Ravaud-Réau, 77550 MOISSY-CRAMAYEL (FR).
MAALOUF, Samer ; Safran, c/o Centre d'Excellence Propriété Intellectuelle, Rond-point René Ravaud-Réau, 77550 MOISSY-CRAMAYEL (FR).

(74) Mandataire : **AHNER, Philippe** ; BREVALEX, 95, rue d'Amsterdam, 75378 PARIS CEDEX 8 (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, IT, 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,

(54) Title: CRYOGENIC FUEL CIRCUIT WITH RECONDENSATION

(54) Titre : CIRCUIT DE CARBURANT CRYOGENIQUE A RECONDENSATION



(57) **Abstract:** The invention relates to an assembly (10) for storing cryogenized fuel, comprising - a reservoir (12) in which fuel is present in liquid form and in gaseous form, the gaseous form resulting from the evaporation of the fuel in liquid form, - a liquid fuel circuit (14) connecting the reservoir (12) to components intended to be supplied with fuel in liquid form, which comprises a pump (16) for pressurizing the liquid fuel, - a gaseous fuel circuit (20) drawing fuel in gaseous form from the reservoir (12), characterized in that it comprises a heat-exchange member (24) supplied by the liquid fuel circuit (14) and by the gaseous fuel circuit (20), in which the fuel in liquid form and the fuel in gaseous form are able to exchange heat in order to cause at least partial condensation of the drawn gaseous fuel.

(57) **Abrégé :** L'invention concerne un ensemble de stockage (10) de carburant cryogénisé comportant - un réservoir (12) dans lequel du carburant est présent sous forme liquide et sous forme gazeuse, la forme gazeuse résultant de l'évaporation du carburant sous forme liquide, - un circuit de carburant liquide (14) reliant le réservoir (12) à des composants destinés à être alimentés en carburant sous forme



OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés (*sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible*) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasién (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée:

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

liquide, qui comporte une pompe (16) de pressurisation du carburant liquide - un circuit de carburant gazeux (20) prélevant du carburant sous forme gazeux depuis le réservoir (12), caractérisé en ce qu'il comporte un organe d'échange de chaleur (24) alimenté par le circuit de carburant liquide (14) et par le circuit de carburant gazeux (20), dans lequel le carburant sous forme liquide et le carburant sous forme gazeuse sont aptes à échanger de la chaleur pour provoquer une condensation au moins partielle du carburant gazeux prélevé.

Description

Titre : CIRCUIT DE CARBURANT CRYOGENIQUE A RECONDENSATION

DOMAINE TECHNIQUE

L'invention concerne un ensemble de stockage de carburant cryogénique comportant un réservoir de carburant et des moyens de gestion du carburant sous phase gazeuse dans le réservoir, qui résulte de l'évaporation du carburant liquide.

5 ÉTAT DE LA TECHNIQUE ANTÉRIEURE

Certains aéronefs utilisent un carburant porté à très basse température pour leur fonctionnement, notamment en raison d'un impact environnemental réduit par rapport à un carburant à température ambiante.

10 Ce carburant cryogénisé est stocké dans un réservoir isolé thermiquement permettant de maintenir la température du carburant la plus basse possible.

Cependant, du fait de la différence de température avec l'extérieur du réservoir, de la chaleur pénètre le réservoir et réchauffe alors le carburant.

Une partie du carburant s'évapore alors, ce qui fait que le carburant est présent dans le réservoir sous forme liquide et sous forme gazeuse.

15 Au fur et à mesure que la chaleur pénètre dans le réservoir, le carburant s'évapore progressivement, ce qui augmente la pression de carburant gazeux à l'intérieur du réservoir.

Il est alors prévu un système de régulation de la quantité de carburant gazeux, afin de limiter la pression dans le réservoir.

20 De tels systèmes de régulation comportent par exemple un échangeur thermique au travers duquel le carburant gazeux circule pour être refroidi et ainsi se condenser.

La source froide de l'échangeur thermique est une source externe au dispositif, ce qui ce qui complexifie le système et alourdit le dispositif sur lequel le système est destiné à être monté.

L'invention a pour but de proposer un ensemble de stockage comportant des moyens de régulation de la quantité de carburant gazeux présent à l'intérieur du réservoir qui ne comporte pas de source froide externe.

EXPOSÉ DE L'INVENTION

- 5 L'invention propose un ensemble de stockage de carburant cryogénisé pour une turbomachine d'aéronef comportant
- un réservoir dans lequel du carburant est présent sous forme liquide et sous forme gazeuse, la forme gazeuse résultant de l'évaporation du carburant sous forme liquide,
 - un circuit de carburant liquide reliant le réservoir à des composants destinés à être
- 10 alimentés en carburant sous forme liquide, le circuit de carburant liquide comportant une pompe de pressurisation du carburant liquide,
- un circuit de carburant gazeux prélevant du carburant sous forme gazeux depuis le réservoir,
- caractérisé en ce qu'il comporte un organe d'échange de chaleur alimenté par le circuit de
- 15 carburant liquide et par le circuit de carburant gazeux, dans lequel le carburant sous forme liquide provenant du circuit de carburant liquide et le carburant sous forme gazeuse provenant du circuit de carburant gazeux sont aptes à échanger de la chaleur pour provoquer une condensation au moins partielle du carburant gazeux provenant du circuit de carburant gazeux.
- 20 Selon un tel ensemble, le flux de carburant gazeux est refroidi par le carburant liquide. L'échange de chaleur se fait en interne, ce qui rend l'ensemble plus simple à intégrer dans une structure telle que celle d'un aéronef.
- De préférence, l'organe d'échange de chaleur comporte une chambre de mélange dans laquelle le flux de carburant gazeux est injecté dans le flux de carburant liquide.
- 25 De préférence, le circuit de carburant gazeux comporte un compresseur en sortie duquel la pression du carburant gazeux est égale à une pression prédéterminée.
- De préférence, la pression du carburant gazeux en sortie du compresseur est égale à la pression du carburant liquide en sortie de la pompe de pressurisation du carburant liquide.

De préférence, l'organe d'échange de chaleur comporte en outre un échangeur de chaleur agencé en amont de la chambre de mélange et dans lequel le flux de carburant liquide prélève de la chaleur à partir du carburant gazeux.

De préférence, l'organe d'échange de chaleur comporte un échangeur de chaleur dans lequel le flux de carburant liquide prélève de la chaleur à partir du carburant gazeux.

De préférence, le circuit de carburant gazeux comporte un compresseur en sortie duquel la pression du carburant gazeux est égale à une pression prédéterminée supérieure à la pression de carburant liquide en sortie de la pompe de pressurisation.

De préférence, le circuit de carburant gazeux comporte une vanne de détente agencée en aval de l'échangeur de chaleur, en sortie de laquelle la pression de carburant gazeux est sensiblement égale à la pression de carburant gazeux dans le réservoir.

L'invention propose aussi un aéronef comportant au moins une turbomachine et un ensemble de stockage selon l'invention, alimentant ladite au moins une turbomachine en carburant liquide.

L'invention propose aussi un procédé de régulation de la quantité de carburant sous forme gazeuse présente à l'intérieur du réservoir d'un ensemble de stockage selon l'invention, caractérisé en ce qu'il comporte :

- une étape de prélèvement de carburant sous forme gazeux depuis le réservoir, pour le faire circuler dans un circuit de carburant liquide,
- une étape de condensation d'au moins une partie du carburant sous forme gazeux prélevé.

De préférence, le procédé comporte une étape de compression du carburant gazeux qui est mise en œuvre avant l'étape de condensation.

De préférence, l'étape de condensation consiste en une étape de mélange du carburant gazeux dans le flux de carburant liquide.

De préférence, l'étape de condensation consiste en une étape d'échange de chaleur entre le carburant gazeux et le carburant liquide.

De préférence, le procédé comporte une étape de détente du carburant condensé au moins partiellement, qui est mise en œuvre après l'étape de condensation.

BRÈVE DESCRIPTION DES DESSINS

[Fig. 1] est une représentation schématique d'un ensemble de stockage d'un carburant cryogénisé réalisant la régulation de la quantité de carburant gazeux selon l'invention.

[Fig. 2] est une représentation schématique d'un ensemble de stockage d'un carburant cryogénisé réalisant la régulation de la quantité de carburant gazeux selon un deuxième mode de réalisation de l'invention.

[Fig. 3] est une représentation schématique d'un exemple de chambre de mélange mise en œuvre dans le deuxième mode de réalisation de l'invention.

[Fig. 4] est une représentation schématique d'un autre exemple de chambre de mélange mise en œuvre dans le deuxième mode de réalisation de l'invention.

[Fig. 5] est une représentation schématique d'un ensemble de stockage d'un carburant cryogénisé réalisant la régulation de la quantité de carburant gazeux selon une variante du mode de réalisation de l'invention représenté à la figure 2.

DESCRIPTION DES MODES DE REALISATION

On a représenté à la figure 1 un ensemble de stockage de carburant cryogénisé, destiné par exemple à alimenter les turbomachines d'un aéronef.

Dans cet ensemble de stockage, le carburant est porté à une très basse température, par exemple proche de zéro degrés Celsius ou très inférieure dans le cas de l'hydrogène liquide, et il est conservé dans un réservoir isolant thermiquement pour le maintenir à cette basse température.

A l'intérieur du réservoir, le carburant est présent sous forme liquide et sous forme gazeuse.

Le carburant liquide alimente la ou les turbomachines de l'aéronef par l'intermédiaire d'un circuit de carburant liquide. Le circuit de carburant liquide comporte une pompe de pressurisation du carburant liquide, elle-même étant alimentée par des pompes de gavage disposées à l'intérieur du réservoir.

Le réchauffement du carburant dans le réservoir, provoqué par la différence entre la température de l'air ambiant et la température du carburant dans le réservoir, se traduit par une évaporation d'une partie du carburant.

La pression de carburant gazeux dans le réservoir 12 est donc amenée à augmenter progressivement.

L'ensemble de stockage 10 comporte aussi un circuit de carburant gazeux 20 permettant de réguler la quantité de carburant sous forme gazeuse présente à l'intérieur du réservoir 12.

Le circuit de carburant gazeux 20 comporte un compresseur 22 permettant d'augmenter la pression et la température du carburant gazeux dans le circuit de carburant gazeux 20 et un organe d'échange de chaleur 24 permettant de refroidir ce carburant gazeux, pour provoquer sa condensation.

Selon l'invention, l'organe d'échange de chaleur 24 est conçu pour que le carburant gazeux comprimé par le compresseur 22 échange de la chaleur avec le carburant liquide s'écoulant dans le circuit de carburant liquide 14.

Le carburant liquide prélève alors de la chaleur depuis le carburant gazeux, ce qui provoque à la fois une condensation du carburant gazeux et une augmentation de la chaleur du carburant liquide avant que ce carburant liquide alimente la ou les turbomachines.

Selon un premier mode de réalisation représenté à la figure 1, l'organe d'échange de chaleur 24 consiste en un échangeur de chaleur à flux séparés.

Le flux de carburant gazeux circule dans la partie chaude 26 de l'échangeur de chaleur 50, le flux de carburant liquide circule dans la partie froide 28 de l'échangeur de chaleur 50, sans se mélanger l'un à l'autre.

En sortie de l'échangeur de chaleur 50, le carburant gazeux ayant perdu de la chaleur a été refroidit et s'est condensé.

La compression du liquide par le compresseur 22 combinée au fait que la température du carburant gazeux sortant de l'échangeur de chaleur 50 n'est pas parfaitement égale à la température du carburant liquide sortant de l'échangeur de chaleur 50, induit que la température du carburant gazeux sortant de l'échangeur de chaleur 50 peut avoir une température supérieure à la température du carburant liquide présent dans le réservoir.

A titre d'exemple non limitatif, le carburant gazeux, après s'être condensé présente une température supérieure d'environ 5K (Kelvin) par rapport à la température du carburant liquide présent dans le réservoir.

Le flux de carburant gazeux qui sort de l'échangeur de chaleur, qui a été refroidi et

5 condensé, circule alors au travers d'une vanne de détente 30 par laquelle sa pression et sa température sont abaissées pour que la pression du carburant en sortie de la vanne de détente 30 soit égale à la pression du carburant gazeux dans le réservoir 12. La détente provoque l'évaporation d'une partie du carburant liquide qui s'était condensé dans l'échangeur de chaleur 50, mais la température du mélange à deux phases est abaissée.

10 La température et la pression du fluide qui sort de la vanne de détente 30 sont sensiblement identiques à la température et la pression du liquide présent dans le réservoir. Ce fluide sortant de la vanne de détente 30 contient en outre une faible proportion de gaz, notamment inférieure à 10%, alors que ce fluide était 100% gazeux lors qu'il a été extrait du réservoir. Ce fluide étant en outre potentiellement plus chaud
15 que la température du liquide présent dans le réservoir.

Les pressions de carburant gazeux et de carburant liquide circulant respectivement dans le flux circuit de carburant gazeux 20 et dans le circuit de carburant liquide 14, sont régulées pour favoriser l'échange de chaleur, notamment pour augmenter le sous refroidissement du liquide.

20 A titre d'exemple non limitatif, la pression de carburant liquide en sortie de la pompe 16 est au moins égale à 10 bars et la pression de carburant gazeux en sortie du compresseur 22 est comprise entre 4 et 8 bars.

On a représenté à la figure 2 un autre mode de réalisation de l'invention selon lequel l'organe d'échange de chaleur 24 consiste en une chambre de mélange 52.

25 Le carburant gazeux introduit dans la chambre de mélange 52 est à une température supérieure à la température du carburant liquide introduit dans la chambre de mélange 52.

En se mélangeant au carburant liquide dans la chambre de mélange 52, le carburant gazeux échange de la chaleur directement avec le carburant liquide auquel il est mélangé.

La pompe 16 et le compresseur 22 sont configurés pour que les débits et pressions du carburant gazeux et du carburant liquide permettent la condensation de la totalité du carburant gazeux injecté, tout en évitant la vaporisation du carburant liquide.

De plus, la pression du carburant gazeux injecté dans la chambre de mélange 52 est de
5 préférence identique à la pression du carburant liquide.

Selon un exemple de réalisation préféré, mais non limitatif, la pression du carburant gazeux et la pression du carburant liquide injectés dans la chambre de mélange 52 sont d'environ 10 bars.

Cette valeur de pressions, dans le cas de l'hydrogène en tant que carburant, permet
10 d'incorporer une quantité de carburant gazeux proche de 20% du débit de carburant liquide.

Ici encore, en passant au travers du compresseur 22 pour atteindre la pression prédéfinie, la température du carburant gazeux augmente et devient supérieure à la température du carburant liquide en sortie de la pompe 16. En se mélangeant au carburant liquide, le
15 carburant gazeux est alors refroidi et se condense.

Ainsi, en sortie de la chambre de mélange 52, la totalité du carburant se présente sous forme liquide, sa température étant supérieure à la température du carburant liquide en sortie de la pompe 16 et inférieure à la température du carburant gazeux en sortie du compresseur 22.

20 On a représenté aux figures 3 et 4 deux exemples non limitatifs de modes de réalisation de la chambre de mélange 52.

Selon le mode représenté à la figure 3, la chambre de mélange 52 comporte une conduite tubulaire 34 au travers de laquelle le carburant liquide circule et un tube d'entrée de gaz 36 qui s'étend en partie dans la conduite tubulaire 34.

25 L'extrémité 38 du tube d'entrée de gaz 36 qui s'étend dans la conduite tubulaire 34 est débouchante et comporte une pluralité d'orifices 40 qui permettent de mélanger le plus efficacement possible le carburant gazeux au carburant liquide sous la forme de fines bulles 42, favorisant ainsi le transfert de chaleur.

Une telle chambre de mélange 52 est connue sous la dénomination "gas sparger".

Selon le mode de réalisation représenté à la figure 4, la chambre de mélange 52 comporte deux entrées coaxiales 44, 46, chacune associée au carburant liquide ou au carburant gazeux. Une réduction de section 48 est située en aval des entrées 44, 46, pour provoquer une accélération du carburant liquide et favoriser l'aspiration de carburant gazeux.

5 Une telle chambre de mélange 52 est connue sous la dénomination "jet ejector".

Quel que soit le mode de réalisation de l'organe d'échange de chaleur 24, le compresseur 22 est conçu de manière à maintenir la pression de carburant gazeux dans le réservoir à une pression prédéfinie dite de consigne.

Par conséquent, il prélève en continuité du carburant gazeux depuis le réservoir.

10 On a représenté à la figure 5 une variante de réalisation de l'organe d'échange de chaleur 24 comportant une chambre de mélange 52 combinée à un échangeur thermique 50.

Selon cette variante, le carburant gazeux et le carburant liquide sont d'abord portés à une même pression par l'intermédiaire du compresseur 22 et de la pompe 16, ils sont alors amenés vers un échangeur thermique 50 pour être portés à une même température.

15 Les deux flux de carburant sortant de l'échangeur thermique sont ensuite mélangés dans la chambre de mélange 52.

En circulant dans l'échangeur thermique 50, le carburant gazeux est refroidi, il se condense alors. En sortie de l'échangeur thermique 50, les deux flux de carburant sont sous la forme liquide et à des températures proches.

20 Le mélange des deux flux de carburant liquide est alors simplifié par rapport à un mélange d'un flux de carburant gazeux avec un flux de carburant liquide.

La régulation de la quantité de carburant sous forme gazeuse présente à l'intérieur du réservoir 12 s'effectue ainsi selon un procédé comportant:

- une étape de prélèvement de carburant sous forme gazeux depuis le réservoir 12, pour
25 le faire circuler dans le circuit de carburant gazeux 20 et
- une étape de condensation d'au moins une partie du carburant sous forme gazeux prélevé.

Ce procédé comporte notamment une étape de compression du carburant gazeux qui est mise en œuvre avant l'étape de condensation.

Comme on l'a montré précédemment, selon les modes de réalisation représentés aux figures 2 et suivantes l'étape de condensation consiste en une étape de mélange du carburant gazeux dans le flux de carburant liquide, par l'intermédiaire de la chambre de mélange 52.

- 5 Plus généralement, l'étape de condensation consiste en une étape d'échange de chaleur entre le carburant gazeux et le carburant liquide.

Le procédé comporte aussi une étape de détente du carburant condensé au moins partiellement, qui est mise en œuvre après l'étape de condensation, en sortie de l'échangeur de chaleur 50, par l'intermédiaire de la vanne de détente 30.

Revendications

1. Ensemble de stockage (10) de carburant cryogénisé pour une turbomachine d'aéronef comportant

- 5 - un réservoir (12) dans lequel du carburant est présent sous forme liquide et sous forme gazeuse, la forme gazeuse résultant de l'évaporation du carburant sous forme liquide,
- un circuit de carburant liquide (14) reliant le réservoir (12) à des composants destinés à être alimentés en carburant sous forme liquide, le circuit de carburant liquide (14) comportant une pompe (16) de pressurisation du carburant liquide,

- 10 - un circuit de carburant gazeux (20) prélevant du carburant sous forme gazeux depuis le réservoir (12),

l'ensemble de stockage (10) comportant un organe d'échange de chaleur (24) alimenté par le circuit de carburant liquide (14) et par le circuit de carburant gazeux (20), dans lequel le carburant sous forme liquide provenant du circuit de carburant liquide (14) et le
15 carburant sous forme gazeuse provenant du circuit de carburant gazeux (20) sont aptes à échanger de la chaleur pour provoquer une condensation au moins partielle du carburant gazeux provenant du circuit de carburant gazeux (20),

dans lequel le circuit de carburant gazeux (20) débouche dans le réservoir (12) et comporte un compresseur (22) en sortie duquel la pression du carburant gazeux est égale
20 à une pression prédéterminée supérieure à la pression de carburant liquide en sortie de la pompe (16) de pressurisation et comporte une vanne de détente (30) agencée en aval de l'échangeur de chaleur (50), en sortie de laquelle la pression de carburant gazeux est sensiblement égale à la pression de carburant gazeux dans le réservoir (12).

- 25 2. Ensemble de stockage (10) selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'organe d'échange de chaleur (24) comporte une chambre de mélange (52) dans laquelle le flux de carburant gazeux est injecté dans le flux de carburant liquide.

3. Ensemble de stockage (10) selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que le circuit de carburant gazeux (20) comporte un compresseur (22) en sortie duquel la pression du carburant gazeux est égale à une pression prédéterminée.

5 4. Ensemble de stockage (10) selon la revendication 3, caractérisé en ce que la pression du carburant gazeux en sortie du compresseur (22) est égale à la pression du carburant liquide en sortie de la pompe (16) de pressurisation du carburant liquide.

10 5. Ensemble de stockage (10) selon la revendication 2, caractérisé en ce que l'organe d'échange de chaleur (24) comporte en outre un échangeur de chaleur (50) agencé en amont de la chambre de mélange (52) et dans lequel le flux de carburant liquide prélève de la chaleur à partir du carburant gazeux.

15 6. Ensemble de stockage (10) selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'organe d'échange de chaleur (24) comporte un échangeur de chaleur (50) dans lequel le flux de carburant liquide prélève de la chaleur à partir du carburant gazeux.

20 7. Aéronef comportant au moins une turbomachine et un ensemble de stockage (10) selon l'une quelconque des revendications précédentes, alimentant ladite au moins une turbomachine en carburant liquide.

8. Procédé de régulation de la quantité de carburant sous forme gazeuse présente à l'intérieur du réservoir (12) d'un ensemble de stockage (10) selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comporte :

25 - une étape de prélèvement de carburant sous forme gazeux depuis le réservoir (12), pour le faire circuler dans un circuit de carburant liquide (14),

- une étape de condensation d'au moins une partie du carburant sous forme gazeux prélevé

- une étape de compression du carburant gazeux qui est mise en œuvre avant l'étape de

30 condensation,

dans lequel l'étape de condensation consiste en une étape d'échange de chaleur entre le carburant gazeux et le carburant liquide,
caractérisé en ce qu'il comporte une étape de détente du carburant condensé au moins partiellement, qui est mise en œuvre après l'étape de condensation.

5

9. Procédé selon la revendication 8 en ce que l'étape de condensation consiste en une étape de mélange du carburant gazeux dans le flux de carburant liquide.

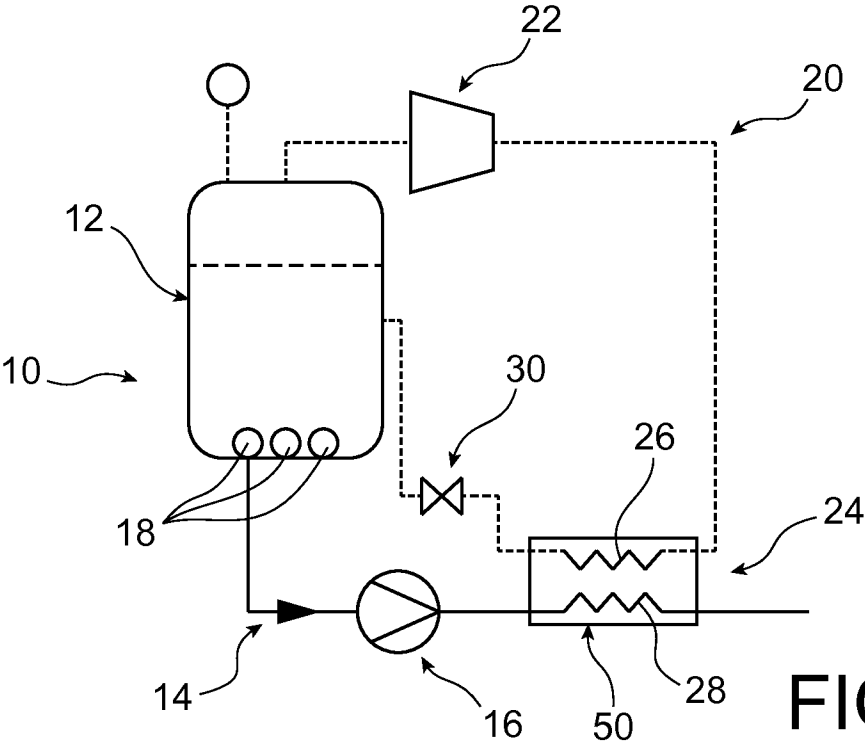


FIG. 1

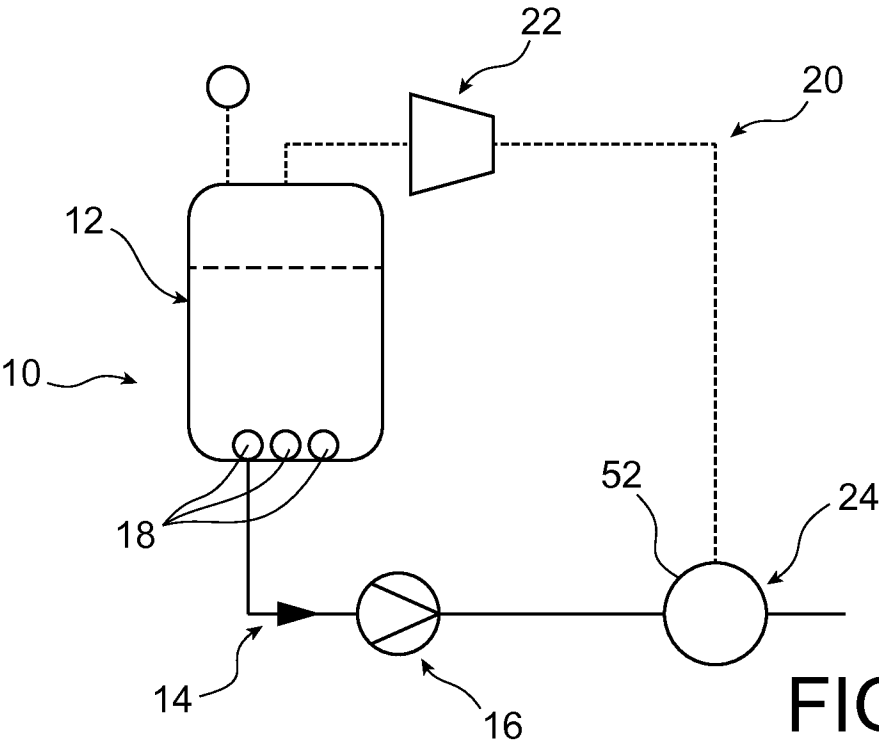
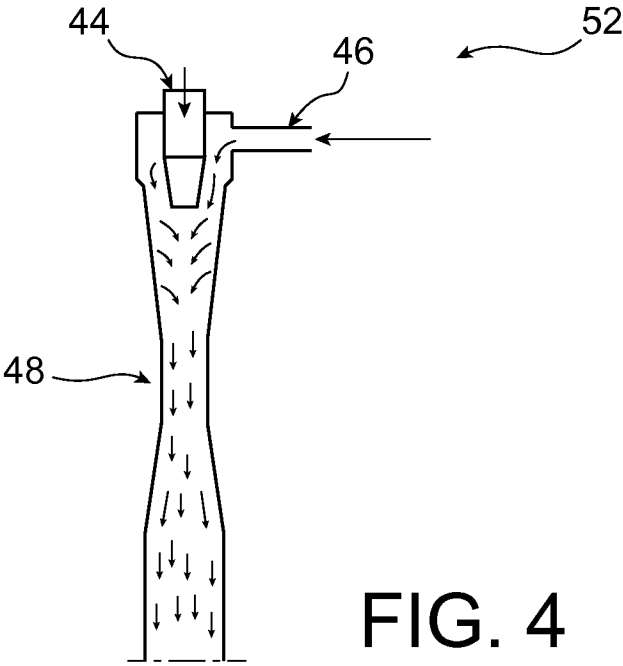
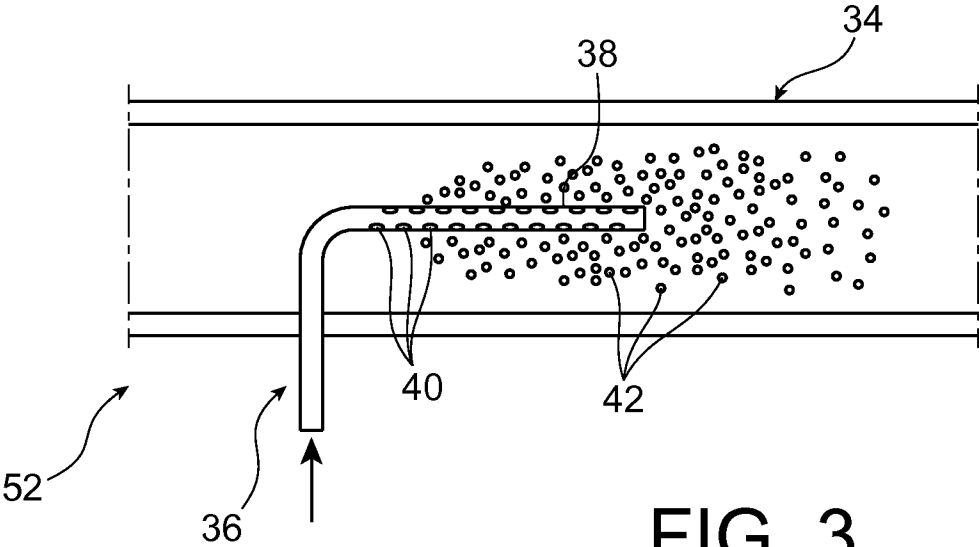


FIG. 2



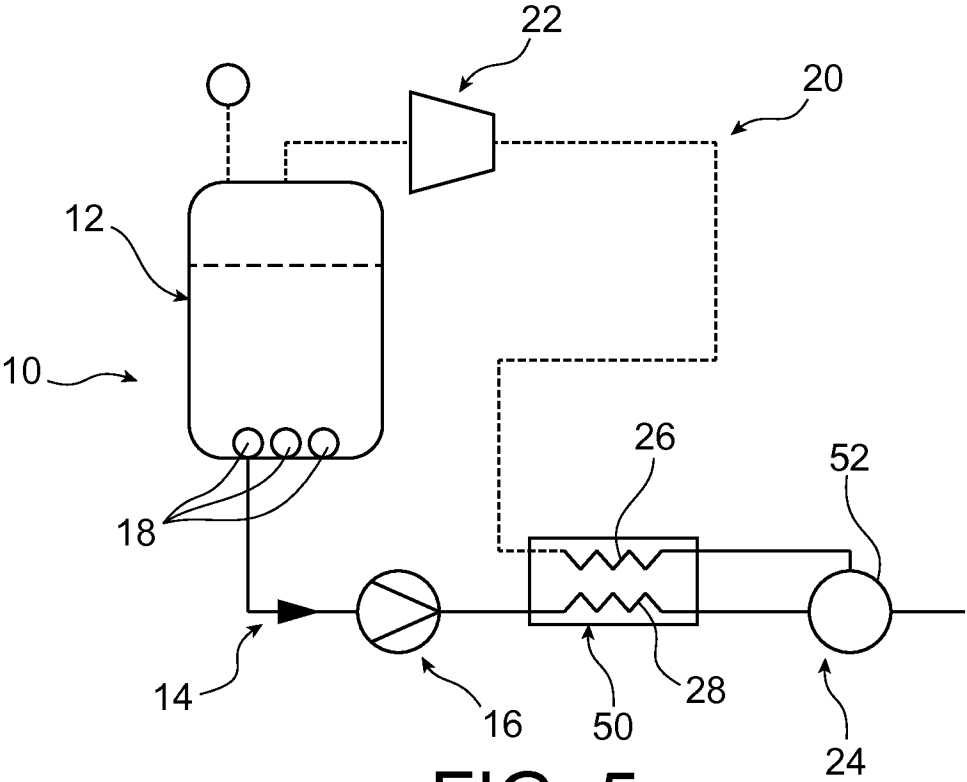


FIG. 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/FR2021/051484

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER F02C 3/22(2006.01)i; F02C 7/22(2006.01)i; F02C 9/40(2006.01)i 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) F02C; F02K 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	US 2008276628 A1 (LEE JUNG HAN [KR] ET AL) 13 November 2008 (2008-11-13) figure 1 paragraphs [0024], [0033]	1-9
A	WO 2019102156 A1 (ENGIE [FR]) 31 May 2019 (2019-05-31) figure 1 page 10, line 30 - line 31 page 11, line 9 - line 13 page 2, line 31	1-9
A	EP 2565386 A1 (LINDE AG [DE]) 06 March 2013 (2013-03-06) figure 3 paragraphs [0004], [0040]	1-9
A	WO 2012045028 A1 (GEN ELECTRIC [US]; EPSTEIN MICHAEL JAY [US] ET AL.) 05 April 2012 (2012-04-05) figure 3 paragraph [0045]	1,8
☒ 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 02 December 2021		Date of mailing of the international search report 14 December 2021
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 Mihé, Julian Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/FR2021/051484**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2014000275 A1 (KESSELI JAMES B [US] ET AL) 02 January 2014 (2014-01-02) figures 5, 6, 8-10	1,8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/FR2021/051484

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
US	2008276628	A1	13 November 2008	AT	508042	T	15 May 2011
				DK	1990272	T3	15 August 2011
				DK	2332825	T3	19 December 2016
				EP	1990272	A1	12 November 2008
				EP	2332825	A1	15 June 2011
				ES	2605037	T3	10 March 2017
				KR	100835090	B1	03 June 2008
				KR	100850833	B1	06 August 2008
				KR	20080031708	A	10 April 2008
				KR	20080103500	A	27 November 2008
				KR	20080104110	A	01 December 2008
				KR	20080104111	A	01 December 2008
				KR	20090015184	A	11 February 2009
				KR	20090050046	A	19 May 2009
				KR	20110118605	A	31 October 2011
				KR	20110118606	A	31 October 2011
				KR	20130108523	A	04 October 2013
				KR	20140058470	A	14 May 2014
				KR	20140131492	A	13 November 2014
				KR	20150065639	A	15 June 2015
				KR	20150075399	A	03 July 2015
				PL	2332825	T3	28 April 2017
				US	2008276628	A1	13 November 2008
				US	2009126704	A1	21 May 2009
				US	2009133674	A1	28 May 2009
				US	2012055171	A1	08 March 2012
				US	2012060516	A1	15 March 2012
WO	2019102156	A1	31 May 2019	FR	3074255	A1	31 May 2019
				WO	2019102156	A1	31 May 2019
EP	2565386	A1	06 March 2013	DE	102011111384	A1	28 February 2013
				EP	2565386	A1	06 March 2013
WO	2012045028	A1	05 April 2012	CA	2812250	A1	05 April 2012
				EP	2622191	A1	07 August 2013
				JP	6018065	B2	02 November 2016
				JP	2013541665	A	14 November 2013
				US	2013186059	A1	25 July 2013
				WO	2012045028	A1	05 April 2012
US	2014000275	A1	02 January 2014	US	2014000275	A1	02 January 2014
				WO	2014004984	A1	03 January 2014

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. F02C3/22 F02C7/22 F02C9/40 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) F02C F02K		
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	US 2008/276628 A1 (LEE JUNG HAN [KR] ET AL) 13 novembre 2008 (2008-11-13) figure 1 alinéas [0024], [0033] -----	1-9
A	WO 2019/102156 A1 (ENGIE [FR]) 31 mai 2019 (2019-05-31) figure 1 page 10, ligne 30 - ligne 31 page 11, ligne 9 - ligne 13 page 2, ligne 31 -----	1-9
A	EP 2 565 386 A1 (LINDE AG [DE]) 6 mars 2013 (2013-03-06) figure 3 alinéas [0004], [0040] -----	1-9
-/-		
☒ 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
2 décembre 2021		14/12/2021
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 Mihé, Julian

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	WO 2012/045028 A1 (GEN ELECTRIC [US]; EPSTEIN MICHAEL JAY [US] ET AL.) 5 avril 2012 (2012-04-05) figure 3 alinéa [0045] -----	1, 8
A	US 2014/000275 A1 (KESSELI JAMES B [US] ET AL) 2 janvier 2014 (2014-01-02) figures 5, 6, 8-10 -----	1, 8

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2021/051484

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2008276628 A1	13-11-2008	AT 508042 T	15-05-2011
		DK 1990272 T3	15-08-2011
		DK 2332825 T3	19-12-2016
		EP 1990272 A1	12-11-2008
		EP 2332825 A1	15-06-2011
		ES 2605037 T3	10-03-2017
		KR 100835090 B1	03-06-2008
		KR 100850833 B1	06-08-2008
		KR 20080031708 A	10-04-2008
		KR 20080103500 A	27-11-2008
		KR 20080104110 A	01-12-2008
		KR 20080104111 A	01-12-2008
		KR 20090015184 A	11-02-2009
		KR 20090050046 A	19-05-2009
		KR 20110118605 A	31-10-2011
		KR 20110118606 A	31-10-2011
		KR 20130108523 A	04-10-2013
		KR 20140058470 A	14-05-2014
		KR 20140131492 A	13-11-2014
		KR 20150065639 A	15-06-2015
		KR 20150075399 A	03-07-2015
		PL 2332825 T3	28-04-2017
		US 2008276628 A1	13-11-2008
		US 2009126704 A1	21-05-2009
		US 2009133674 A1	28-05-2009
		US 2012055171 A1	08-03-2012
		US 2012060516 A1	15-03-2012
WO 2019102156 A1	31-05-2019	FR 3074255 A1	31-05-2019
		WO 2019102156 A1	31-05-2019
EP 2565386 A1	06-03-2013	DE 102011111384 A1	28-02-2013
		EP 2565386 A1	06-03-2013
WO 2012045028 A1	05-04-2012	CA 2812250 A1	05-04-2012
		EP 2622191 A1	07-08-2013
		JP 6018065 B2	02-11-2016
		JP 2013541665 A	14-11-2013
		US 2013186059 A1	25-07-2013
		WO 2012045028 A1	05-04-2012
US 2014000275 A1	02-01-2014	US 2014000275 A1	02-01-2014
		WO 2014004984 A1	03-01-2014