

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 10.05.21.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 11.11.22 Bulletin 22/45.

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

60 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

71 Demandeur(s) : SAFRAN Société Anonyme — FR.

72 Inventeur(s) : JOUAN Hugo Pierre Mohamed et
MAALOUF Samer.

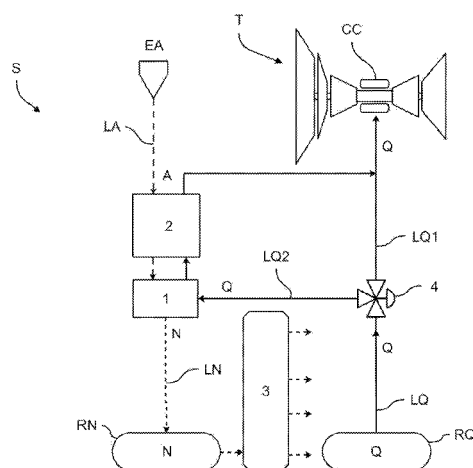
73 Titulaire(s) : SAFRAN Société Anonyme.

74 Mandataire(s) : ARGYMA.

54 Système et procédé d'alimentation en carburant d'une turbomachine d'aéronef à partir de carburant issu d'un réservoir cryogénique.

57 Un système d'alimentation en carburant (S) d'une turbomachine d'aéronef (T) à partir de carburant (Q) issu d'un réservoir cryogénique (RQ), le système d'alimentation (S) comprenant un circuit de carburant (LQ) reliant le réservoir cryogénique (RQ) à la turbomachine (T) dans lequel circule un flux de carburant (Q), un circuit d'air (LA) reliant une entrée d'air (EA) à un séparateur (1) dans lequel circule un flux d'air (A), le séparateur (1) étant configuré pour séparer l'azote compris dans ledit flux d'air (A) afin d'alimenter un réservoir d'azote (RN), un dispositif d'inertage (3) configuré pour assurer l'inertage du circuit de carburant (LQ) à partir d'un flux d'azote (N) prélevé dans le réservoir d'azote (RN) et un échangeur principal (2), positionné dans le circuit d'air (LA), configuré pour refroidir le flux d'air (A) en amont du séparateur (1) par prélèvement de frigories dans le flux de carburant (Q) issu du circuit de carburant (LQ).

Figure de l'abrégé: Figure 2



Description

Titre de l'invention : Système et procédé d'alimentation en carburant d'une turbomachine d'aéronef à partir de carburant issu d'un réservoir cryogénique

Domaine technique

- [0001] La présente invention concerne le domaine des aéronefs comportant des turbo-machines alimentées par du carburant stocké dans un réservoir cryogénique.
- [0002] Il est connu de stocker du carburant, en particulier de l'hydrogène, sous forme liquide pour limiter l'encombrement et la masse des réservoirs de l'aéronef. A titre d'exemple, le carburant est stocké à une température de l'ordre de 20 à 22 Kelvins (-253 à -251°C) dans un réservoir cryogénique de l'aéronef.
- [0003] En référence à la [fig.1], il est représenté un système d'alimentation en carburant d'une turbomachine d'aéronef T à partir de carburant issu d'un réservoir cryogénique RQ.
- [0004] Dans cet exemple, le réservoir cryogénique RQ est relié à la chambre de combustion CC d'une turbomachine T par l'intermédiaire d'un circuit de carburant LQA dans lequel circule un flux de carburant Q d'amont en aval. Le système d'alimentation comporte en outre un dispositif d'inertage 103 configuré pour assurer l'inertage du circuit de carburant LQA à partir d'un flux d'azote N prélevé dans un réservoir d'azote RN et ainsi contenir toute fuite de carburant Q. La fonction d'inertage est importante pour assurer la sécurité du circuit de carburant LQA.
- [0005] De manière connue, un réservoir d'azote RN peut être prévu dans l'aéronef qui est rempli lorsque l'aéronef est au sol. Un tel réservoir d'azote RN possède un volume important afin de pouvoir assurer l'inertage tout au long du vol. En pratique, les besoins en inertage sont de plus en plus importants et il a été proposé de générer un flux d'azote à partir d'un flux d'air directement dans l'aéronef. A cet effet, il a été proposé d'utiliser un dispositif à membrane configuré pour filtrer l'azote présent dans l'air ambiant. Un tel dispositif à membrane ne permet pas de générer un débit d'azote suffisant pour répondre au besoin d'inertage. De plus, un tel dispositif à membrane nécessite d'être remplacé de manière périodique.
- [0006] L'invention vise ainsi à éliminer au moins certains de ces inconvénients.

PRESENTATION DE L'INVENTION

- [0007] L'invention concerne un système d'alimentation en carburant d'une turbomachine d'aéronef à partir de carburant issu d'un réservoir cryogénique, le système d'alimentation comprenant :
- Un circuit de carburant reliant le réservoir cryogénique à la turbomachine

dans lequel circule un flux de carburant d'amont en aval,

- Un circuit d'air reliant une entrée d'air à un séparateur dans lequel circule un flux d'air d'amont en aval, le séparateur étant configuré pour séparer l'azote compris dans ledit flux d'air afin d'alimenter un réservoir d'azote et
- Un dispositif d'inertage configuré pour assurer l'inertage du circuit de carburant à partir d'un flux d'azote prélevé dans le réservoir d'azote.

[0008] L'invention est remarquable en ce que le système d'alimentation comporte un échangeur principal, positionné dans le circuit d'air, configuré pour refroidir le flux d'air en amont du séparateur par prélèvement de frigories dans le flux de carburant issu du circuit de carburant.

[0009] Grâce à l'invention, on tire avantage de la température très basse du réservoir cryogénique pour obtenir de l'azote utile à l'inertage du réservoir cryogénique. En liquéfiant le flux d'air, on peut aisément extraire une grande quantité d'azote sans recourir à un dispositif à membrane. Autrement dit, l'échangeur principal possède un rôle synergique en permettant d'obtenir de l'azote de manière pratique tout en réchauffant le carburant en vue de son injection dans une turbomachine. Comme présenté par la suite, le prélèvement de calories peut être direct ou indirect.

[0010] De préférence, le séparateur est refroidi par prélèvement de frigories dans le flux de carburant issu du circuit de carburant. Autrement dit, l'échangeur principal et le séparateur peuvent être tous les deux refroidis grâce aux frigories du carburant, ce qui augmente encore les économies d'énergie.

[0011] Selon un aspect préféré de l'invention, un flux de carburant circule directement dans le séparateur. Une telle circulation est avantageuse lorsque le carburant possède une température très basse. L'encombrement du système d'alimentation est par ailleurs réduit de manière importante.

[0012] De manière préférée, le circuit de carburant comporte une vanne reliée, d'une part, à une première branche pour alimenter directement la turbomachine et, d'autre part, à une deuxième branche pour alimenter l'échangeur principal. Ainsi, seule une partie du flux de carburant peut être utilisée pour refroidir l'échangeur principal et/ou le séparateur. De préférence, la deuxième branche est reliée à la turbomachine pour l'alimenter. Le flux de carburant est réchauffé, ce qui lui permet de réaliser une injection optimale dans la turbomachine.

[0013] De préférence, le séparateur est configuré pour séparer l'oxygène compris dans le flux d'air afin d'alimenter un circuit d'oxygène dans lequel circule un flux d'oxygène d'amont en aval. Le séparateur permet ainsi de fournir un débit d'azote et un débit d'oxygène. De manière préférée, le flux d'oxygène est liquide en sortie du séparateur.

[0014] Selon un aspect de l'invention, le système d'alimentation comprend un mélangeur configuré pour mélanger au moins une portion du flux d'air et au moins une portion du

flux d'oxygène afin d'alimenter un habitacle de l'aéronef.

- [0015] De préférence, le circuit d'air comporte un échangeur préliminaire configuré pour refroidir le flux d'air en amont de l'échangeur principal par circulation d'un flux d'oxygène issu du circuit d'oxygène. Un flux d'air refroidi est plus facilement liquéfié dans l'échangeur principal. De manière réciproque, l'échangeur préliminaire permet de gazéifier le flux d'oxygène dans le circuit d'oxygène.
- [0016] De manière préférée, le circuit d'oxygène est configuré pour fournir un flux d'oxygène à d'autres sources, par exemple, à une chambre de combustion pour aider à la combustion, en particulier, la chambre de combustion de la turbomachine.
- [0017] Selon un premier aspect de l'invention, un flux de carburant circule directement dans l'échangeur principal. De manière préférée, un flux de carburant circule successivement dans le séparateur puis l'échangeur principal. Ainsi, un même flux de carburant permet d'apporter successivement des frigories, ce qui limite l'encombrement du circuit de carburant.
- [0018] De préférence, le système d'alimentation comprend une boucle d'échange de chaleur configurée pour prélever des frigories dans le flux de carburant issu du circuit de carburant et pour les transmettre à l'échangeur principal. Une telle boucle d'échange forme un intermédiaire dans la transmission des frigories, en particulier, pour réguler la température de refroidissement. De manière préférée, de l'azote circule dans la boucle d'échange de chaleur.
- [0019] De préférence, le circuit de carburant comporte un échangeur de chaleur auxiliaire qui permet à la boucle d'échange de chaleur de prélever des frigories directement dans le flux de carburant.
- [0020] Selon un aspect préféré, la boucle d'échange comporte un compresseur et un détendeur de manière à transmettre des frigories selon un cycle thermodynamique. Une telle boucle d'échange est particulièrement avantageuse lorsque le carburant est du gaz naturel liquéfié possédant une température supérieure à la température de liquéfaction de l'air.
- [0021] L'invention concerne également un ensemble d'au moins un réservoir cryogénique, d'une turbomachine d'aéronef et d'un système d'alimentation, tel que présenté précédemment, reliant fluidiquement le réservoir cryogénique et la turbomachine d'aéronef.
- [0022] L'invention concerne en outre un procédé d'alimentation en carburant d'une turbomachine d'aéronef à partir de carburant issu d'un réservoir cryogénique au moyen d'un système d'alimentation tel que présenté précédemment, procédé dans lequel :
 - un flux de carburant circule d'amont en aval dans le circuit de carburant du réservoir cryogénique à la turbomachine,
 - le dispositif d'inertage prélève un flux d'azote dans le réservoir d'azote pour

- assurer l'inertage du circuit de carburant et un flux d'air circule successivement dans l'échangeur principal et le séparateur qui alimente le réservoir d'azote, l'échangeur principal prélevant de frigories dans le flux de carburant pour refroidir le flux d'air en amont du séparateur.

PRESENTATION DES FIGURES

- [0023] L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui va suivre, donnée à titre d'exemple, et se référant aux figures suivantes, données à titre d'exemples non limitatifs, dans lesquelles des références identiques sont données à des objets semblables.
- [0024] La [fig.1] est une représentation schématique d'un système d'alimentation en carburant d'une turbomachine selon l'art antérieur.
- [0025] La [fig.2] est une représentation schématique d'un système d'alimentation en carburant d'une turbomachine selon une première forme de réalisation de l'invention.
- [0026] La [fig.3] est une représentation schématique d'un système d'alimentation en carburant d'une turbomachine selon une deuxième forme de réalisation de l'invention.
- [0027] La [fig.4] est une représentation schématique d'un système d'alimentation en carburant d'une turbomachine selon une troisième forme de réalisation de l'invention.
- [0028] Il faut noter que les figures exposent l'invention de manière détaillée pour mettre en œuvre l'invention, lesdites figures pouvant bien entendu servir à mieux définir l'invention le cas échéant.

DESCRIPTION DETAILLEE DE L'INVENTION

- [0029] En référence à la [fig.2], il est représenté un système d'alimentation S en carburant d'une turbomachine d'aéronef T à partir de carburant issu d'un réservoir cryogénique RQ. Le système S permet de conduire du carburant Q du réservoir cryogénique RQ jusqu'à la chambre de combustion CC d'une turbomachine T d'un aéronef. Dans cet exemple, le carburant Q est de l'hydrogène liquide mais l'invention s'applique à d'autres types de carburant, par exemple, du méthane liquide ou du gaz naturel liquéfié.
- [0030] Le circuit de carburant LQ (ligne continue sur la [fig.2]) comprend ainsi une entrée configurée pour être connecté fluidiquement au réservoir cryogénique RQ et une sortie d'alimentation reliée à la turbomachine T. Un flux de carburant Q circule d'amont en aval dans le circuit de carburant LQ.
- [0031] Toujours en référence à la [fig.2], le système d'alimentation en carburant S comporte un circuit d'air LA (ligne discontinue sur la [fig.2]) reliant une entrée d'air EA à un séparateur 1. Le séparateur 1 est configuré pour séparer l'azote compris dans le flux d'air A afin d'alimenter un réservoir d'azote RN utilisé pour l'inertage. Dans cet exemple, le

séparateur 1 se présente sous la forme d'une colonne de distillation de manière à collecter, d'une part de l'azote et d'autre part de l'oxygène. Le séparateur 1 est relié au réservoir d'azote RN par un circuit d'azote LN (ligne pointillée sur la [fig.2]) dans lequel circule un flux d'azote N, de préférence, à l'état liquide.

- [0032] De manière préférée, l'entrée d'air EA comporte un filtre et un déshumidificateur de manière à retirer l'eau présente dans le flux d'air A.
- [0033] Toujours en référence à la [fig.2], le système d'alimentation en carburant S comporte en outre un dispositif d'inertage 3 configuré pour assurer l'inertage du circuit de carburant LQ à partir d'un flux d'azote N prélevé dans le réservoir d'azote RN. De manière avantageuse, le flux d'azote N permet de servir de gaz neutre pour les purges et balayages du circuit de carburant LQ. Un tel dispositif d'inertage 3 permet de réduire le risque d'incendie. Un tel dispositif d'inertage 3 est connu de l'homme du métier et ne sera pas présenté plus en détails.
- [0034] Selon l'invention, le système d'alimentation en carburant S comporte en outre un échangeur principal 2, positionné dans le circuit d'air LA, configuré pour refroidir le flux d'air A en amont du séparateur 1 par prélèvement de frigories dans le flux de carburant Q issu du circuit de carburant LQ. Le flux d'air A circule d'amont en aval dans le circuit d'air LA en passant successivement dans l'échangeur principal 2 puis dans le séparateur 1.
- [0035] De manière avantageuse, grâce à l'invention, on tire avantage du stockage cryogénique du carburant Q pour prélever des frigories qui permettent, d'une part, de refroidir le flux d'air A pour faciliter sa séparation et, d'autre part, pour réchauffer le flux de carburant Q en vue de sa combustion dans la turbomachine T en réduisant le risque de givrage des injecteurs de carburant. Le bilan énergétique du système d'alimentation en carburant S est ainsi amélioré et il n'est plus nécessaire d'utiliser de l'énergie pour refroidir le flux d'air et chauffer le flux de carburant. De plus, la contrainte de refroidissement étant levée, il est possible d'augmenter la production d'azote pour renforcer l'inertage.
- [0036] Dans cette première forme de réalisation, en référence à la [fig.2], l'échangeur principal 2 est configuré pour refroidir le flux d'air A par prélèvement direct de frigories dans le flux de carburant Q afin de liquéfier le flux d'air A pour permettre sa séparation. Le flux de carburant Q circule directement dans l'échangeur principal 2. Un tel échangeur principal 2 permet de former un système d'alimentation S très compact en apportant directement des frigories au flux d'air A.
- [0037] De manière avantageuse, le flux de carburant Q circule tout d'abord dans le séparateur 1 puis dans l'échangeur principal 2 afin de permettre un refroidissement progressif du flux d'air A. Il va de soi que seul l'échangeur principal 2 pourrait être refroidi par le flux de carburant Q. De préférence, un échangeur de chaleur peut être

prévu entre le séparateur 1 et le réservoir d'azote RN afin de liquéfier le flux d'azote N.

- [0038] Dans cet exemple, le circuit de carburant LQ comporte une vanne 4 reliée, d'une part, à une première branche LQ1 pour alimenter directement la turbomachine T et, d'autre part, à une deuxième branche LQ2 pour alimenter le séparateur 1 et l'échangeur principal 2. La deuxième branche LQ2 est également reliée à la première branche LQ1 pour alimenter la turbomachine T. La deuxième branche LQ2 forme une bifurcation qui permet de réchauffer une portion du flux de carburant Q tout en transmettant des frigories au flux d'air A.
- [0039] A la [fig.2], le système d'alimentation S est représenté de manière simplifiée mais il va de soi que d'autres équipements pourraient être présents entre le réservoir cryogénique RQ et la vanne 4.
- [0040] Une deuxième forme de réalisation est représentée à la [fig.3]. Par souci de clarté et de concision, les éléments communs à la première forme de réalisation ne sont pas présentés de nouveau.
- [0041] Dans la deuxième forme de réalisation, en référence à la [fig.3], le séparateur 1 est configuré pour séparer l'oxygène compris dans le flux d'air A afin d'alimenter un circuit d'oxygène LO dans lequel circule un flux d'oxygène O d'amont en aval. De manière avantageuse, l'oxygène est un coproduit de la séparation de l'azote et peut être utilisé aux bénéfices de l'aéronef.
- [0042] Dans cet exemple, le système d'alimentation S comprend un mélangeur 5 configuré pour mélanger au moins une portion du flux d'air A et au moins une portion du flux d'oxygène O afin d'alimenter un habitacle de l'aéronef 61. Ainsi, l'habitable de l'aéronef 61 bénéficie d'un air enrichi en oxygène, ce qui est avantageux pour le confort des passagers. Le circuit d'oxygène LO pourrait fournir un flux d'oxygène O à d'autres sources, par exemple, à une chambre de combustion 62 pour aider à la combustion. Dans cet exemple, le circuit d'air LA comporte une vanne trois voies 51 configurée pour répartir le flux d'air A entre le mélangeur 5 et le séparateur 1. Lorsque les besoins en azote sont élevés, la vanne trois voies 51 dirige une plus grande quantité du flux d'air A vers le séparateur 1.
- [0043] Toujours en référence à la [fig.3], le circuit d'air LA comporte un échangeur préliminaire 7 configuré pour refroidir le flux d'air A en amont de l'échangeur principal 2 par circulation d'un flux d'oxygène O issu du circuit d'oxygène LO. De manière avantageuse, cela permet de récupérer des frigories du flux d'oxygène O et diminue ainsi les besoins de refroidissement du flux d'air A. De manière avantageuse, l'échangeur préliminaire 7 permet en outre de rendre gazeux le flux d'oxygène O qui est liquide en sortie du séparateur 1 de manière à faciliter son utilisation ultérieure. De manière préférée, l'échangeur préliminaire 7 est un échangeur à plaques ou à ailettes.

- [0044] De manière optionnelle, le circuit d'air LA comporte un compresseur 8 pour comprimer le flux d'air A et ainsi réduire les besoins en refroidissement pour liquéfier le flux d'air A.
- [0045] Un exemple de mise en œuvre d'un procédé d'alimentation en carburant d'une turbomachine d'aéronef à partir de carburant Q issu d'un réservoir cryogénique RQ au moyen d'un système d'alimentation tel que présenté à la [fig.3] va être dorénavant présenté.
- [0046] Au cours du procédé d'alimentation, un flux de carburant Q circule d'amont en aval dans le circuit de carburant LQ du réservoir cryogénique RQ à la turbomachine T. Le dispositif d'inertage 3 prélève un flux d'azote N dans le réservoir d'azote RN pour assurer l'inertage du circuit de carburant LQ.
- [0047] Un flux d'air A circule successivement dans l'échangeur principal 2 et le séparateur 1 qui alimente, d'une part, le circuit d'azote LN alimentant le réservoir d'azote RN et, d'autre part, le circuit d'oxygène LO. Dans le séparateur 1, le flux d'air A est transformé en vapeur froide et introduit dans la partie basse de la colonne de distillation dans lequel circule un flux de carburant Q à très basse température afin de réaliser une distillation fractionnée. Un flux d'azote N très pur est collecté en partie haute de la colonne de distillation tandis qu'un flux d'oxygène liquéfié O est collecté en partie basse.
- [0048] Le flux d'oxygène O, circulant dans le circuit d'oxygène LO, permet de refroidir de manière préliminaire le flux d'air A grâce à l'échangeur préliminaire 7 avant d'alimenter l'habitacle de l'aéronef 61, via le mélangeur 5, et une chambre de combustion 62.
- [0049] Un flux de carburant Q circule successivement dans le séparateur 1 et l'échangeur principal 2 pour refroidir le flux d'air A en amont et dans le séparateur 1. Le séparateur 1 peut ainsi fournir un débit d'azote élevé au réservoir d'azote RN pour un coût énergétique réduit. Le flux de carburant Q est ensuite injecté dans la turbomachine T.
- [0050] Une troisième forme de réalisation est représentée à la [fig.4]. Par souci de clarté et de concision, les éléments communs à la première forme de réalisation ne sont pas présentés de nouveau. De plus, par souci de concision, le circuit d'oxygène LO n'est pas représenté mais il va de soi qu'un tel circuit d'oxygène LO est compatible avec cette troisième forme de réalisation.
- [0051] Dans la troisième forme de réalisation, en référence à la [fig.4], l'échangeur principal 2 est configuré pour refroidir le flux d'air A par prélèvement indirect de frigories dans le flux de carburant Q.
- [0052] Le système d'alimentation S comprend une boucle d'échange de chaleur 9 configurée pour prélever des frigories dans le flux de carburant Q issu du circuit de carburant LQ et pour les transmettre à l'échangeur principal 2. A cet effet, le circuit de

carburant LQ comporte un échangeur de chaleur auxiliaire 91 qui permet à la boucle d'échange de chaleur 9 de prélever des frigories directement dans le flux de carburant Q. Autrement dit, la boucle d'échange de chaleur 9 permet de transmettre des frigories selon un premier palier thermique dans l'échangeur de chaleur auxiliaire 91 puis selon un deuxième palier thermique dans l'échangeur principal 2.

[0053] De manière préférée, de l'azote circule dans la boucle d'échange de chaleur 9. Outre sa disponibilité, l'azote présente des caractéristiques calorifiques et d'inertage qui sont avantageuses.

[0054] Une telle troisième forme de réalisation est particulièrement avantageuse lorsque le carburant est du gaz naturel liquéfié. En effet, par opposition à du dihydrogène, le gaz naturel liquéfié possède une température plus élevée, en particulier, plus élevée que la température de liquéfaction de l'oxygène et de l'azote. Pour éliminer cet inconvénient, l'utilisation d'une boucle d'échange de chaleur 9 permet d'apporter des frigories de manière indirecte. A cet effet, la boucle d'échange de chaleur 9 comporte en outre un compresseur 92, positionné en aval de l'échangeur principal 2, et un détendeur 93, positionné en aval de l'échangeur de chaleur auxiliaire 91 pour assurer le transport des frigories par réalisation d'un cycle thermodynamique. L'azote qui circule dans la boucle d'échange de chaleur 9 possède avantageusement une température inférieure à la température de liquéfaction de l'oxygène et de l'azote.

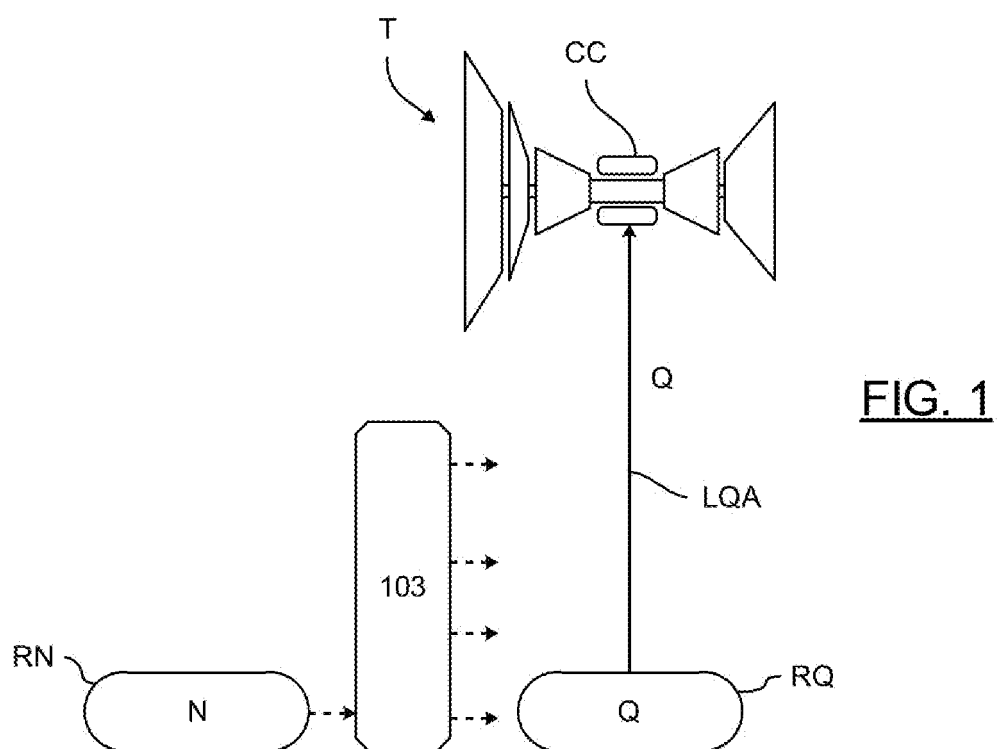
[0055] Grâce à l'invention, les frigories du carburant sont judicieusement apportées à l'échangeur principal 2 et au séparateur 1 pour réduire les besoins en énergie et former un système d'alimentation S qui possède un faible encombrement.

Revendications

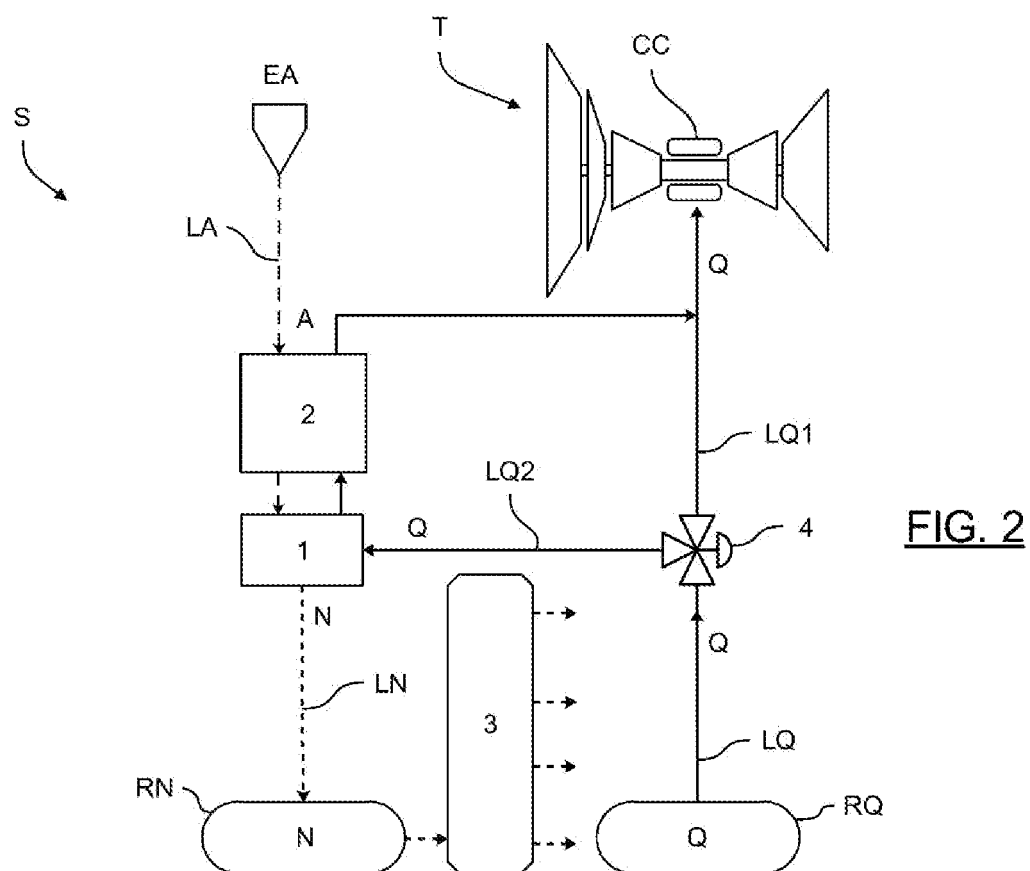
- [Revendication 1] Système d'alimentation en carburant (S) d'une turbomachine d'aéronef (T) à partir de carburant (Q) issu d'un réservoir cryogénique (RQ), le système d'alimentation (S) comprenant :
- Un circuit de carburant (LQ) reliant le réservoir cryogénique (RQ) à la turbomachine (T) dans lequel circule un flux de carburant (Q) d'amont en aval,
 - Un circuit d'air (LA) reliant une entrée d'air (EA) à un séparateur (1) dans lequel circule un flux d'air (A) d'amont en aval, le séparateur (1) étant configuré pour séparer l'azote compris dans ledit flux d'air (A) afin d'alimenter un réservoir d'azote (RN),
 - Un dispositif d'inertage (3) configuré pour assurer l'inertage du circuit de carburant (LQ) à partir d'un flux d'azote (N) prélevé dans le réservoir d'azote (RN),
 - Système d'alimentation (S) caractérisé par le fait qu'il comporte un échangeur principal (2), positionné dans le circuit d'air (LA), configuré pour refroidir le flux d'air (A) en amont du séparateur (1) par prélèvement de frigories dans le flux de carburant (Q) issu du circuit de carburant (LQ).
- [Revendication 2] Système d'alimentation selon la revendication 1, dans lequel le séparateur (1) est refroidi par prélèvement de frigories dans le flux de carburant (Q) issu du circuit de carburant (LQ).
- [Revendication 3] Système d'alimentation selon l'une des revendications 1 à 2, dans lequel le circuit de carburant (LQ) comporte une vanne (4) reliée, d'une part, à une première branche (LQ1) pour alimenter directement la turbomachine (T) et, d'autre part, à une deuxième branche (LQ2) pour alimenter l'échangeur principal (2).
- [Revendication 4] Système d'alimentation selon l'une des revendications 1 à 3, dans lequel le séparateur (1) est configuré pour séparer l'oxygène compris dans le flux d'air (A) afin d'alimenter un circuit d'oxygène (LO) dans lequel circule un flux d'oxygène (O) d'amont en aval.
- [Revendication 5] Système d'alimentation selon la revendication 4, comprenant un mélangeur (5) configuré pour mélanger au moins une portion du flux d'air (A) et au moins une portion du flux d'oxygène (O) afin d'alimenter

- un habitacle de l'aéronef (61).
- [Revendication 6] Système d'alimentation selon l'une des revendications 4 à 5, dans lequel le circuit d'air (LA) comporte un échangeur préliminaire (7) configuré pour refroidir le flux d'air (A) en amont de l'échangeur principal (2) par circulation d'un flux d'oxygène (O) issu du circuit d'oxygène (LO).
- [Revendication 7] Système d'alimentation selon l'une des revendications 4 à 6, dans lequel le circuit d'oxygène (LO) est configuré pour fournir un flux d'oxygène (O) à une chambre de combustion (62).
- [Revendication 8] Système d'alimentation selon l'une des revendications 1 à 7, dans lequel un flux de carburant (Q) circule directement dans l'échangeur principal (2).
- [Revendication 9] Système d'alimentation selon l'une des revendications 1 à 8, comprenant une boucle d'échange de chaleur (9) configurée pour prélever des frigories dans le flux de carburant (Q) issu du circuit de carburant (LQ) et pour les transmettre à l'échangeur principal (2).
- [Revendication 10] Système d'alimentation selon la revendication 9, dans lequel de l'azote circule dans la boucle d'échange de chaleur (9).
- [Revendication 11] Ensemble d'au moins un réservoir cryogénique (RQ), d'une turbomachine d'aéronef (T) et d'un système d'alimentation (S) selon l'une des revendications 1 à 10 reliant fluidiquement le réservoir cryogénique (RQ) et la turbomachine d'aéronef (T).
- [Revendication 12] Procédé d'alimentation en carburant d'une turbomachine d'aéronef (T) à partir de carburant (Q) issu d'un réservoir cryogénique (RQ) au moyen d'un système d'alimentation selon l'une des revendications 1 à 10, procédé dans lequel :
- un flux de carburant (Q) circule d'amont en aval dans le circuit de carburant (LQ) du réservoir cryogénique (RQ) à la turbomachine (T),
 - le dispositif d'inertage (3) prélève un flux d'azote dans le réservoir d'azote (RN) pour assurer l'inertage du circuit de carburant (LQ) et
 - un flux d'air (A) circule successivement dans l'échangeur principal (2) et le séparateur (1) qui alimente le réservoir d'azote (RN), l'échangeur principal (2) prélevant de frigories dans le flux de carburant (Q) pour refroidir le flux d'air (A) en amont du séparateur (1).

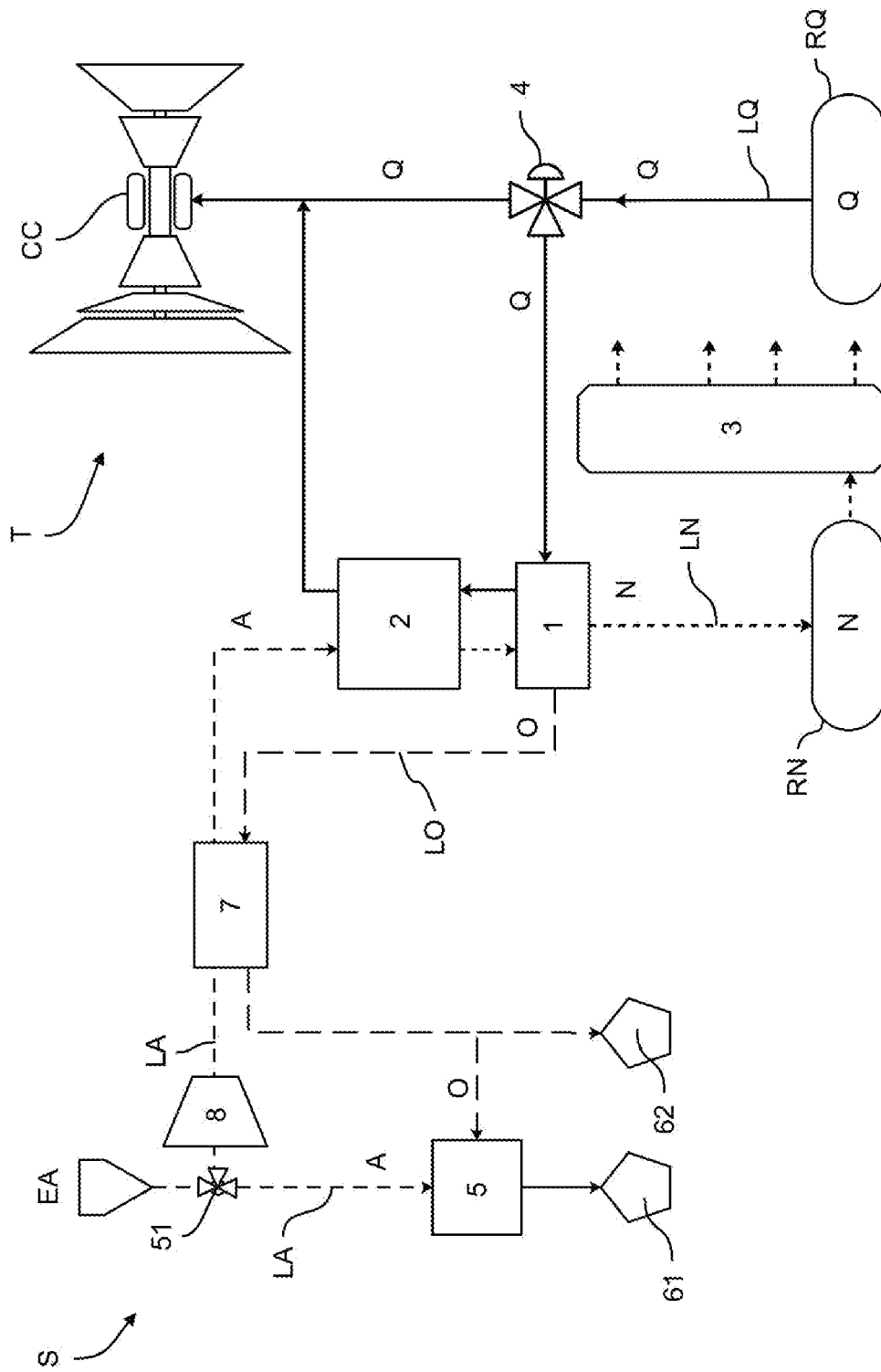
[Fig. 1]



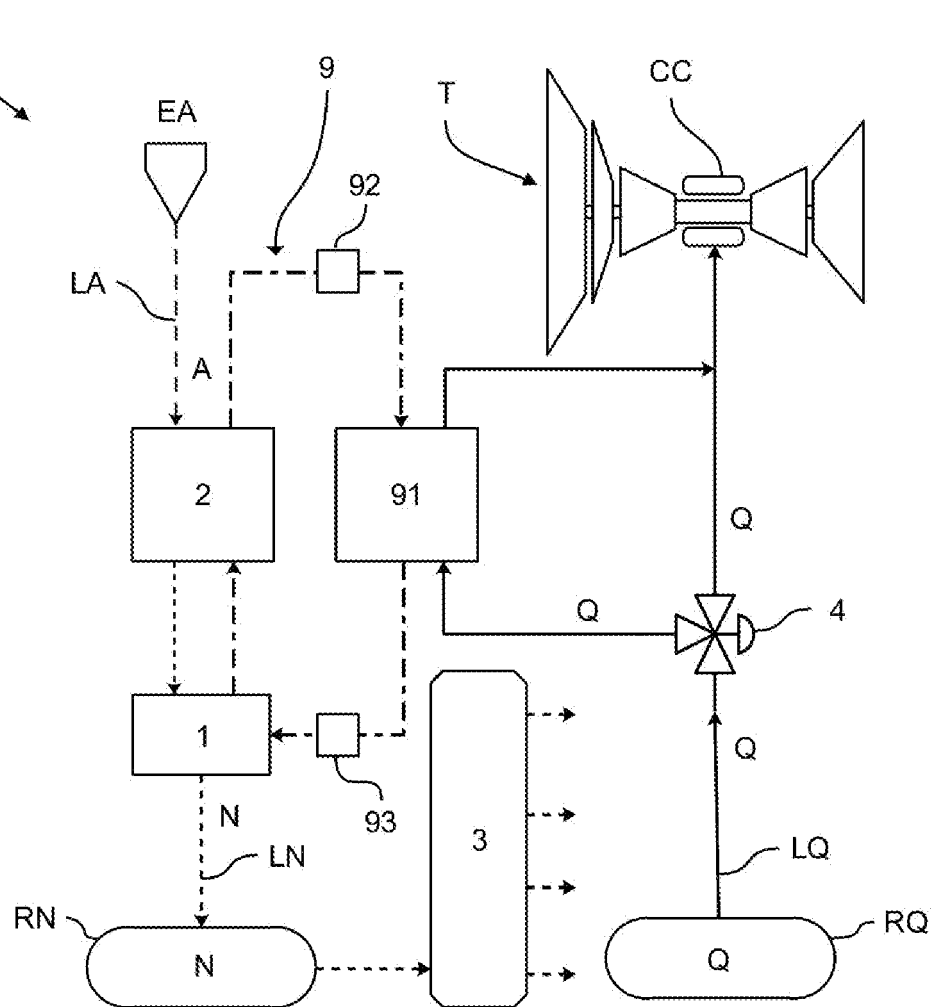
[Fig. 2]



[Fig. 3]

FIG. 3

[Fig. 4]

FIG. 4

**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

 établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche
N° d'enregistrement
national
 FA 894011
FR 2104923

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	WO 2014/105335 A1 (GEN ELECTRIC [US]) 3 juillet 2014 (2014-07-03)	1-5,7-12	F02C3/22 F02C7/224 F02C9/40
A	* alinéa [0004] * * alinéa [0036] * * alinéa [0039] * * alinéa [0072] - alinéa [0074] * * alinéa [0085] - alinéa [0089] * * alinéa [0092] - alinéa [0093] * * abrégé; figures 1,2,4,6A,6B,8 *	6	
A	GB 2 359 876 A (ANDREWS SPACE & TECHNOLOGY INC [US]) 5 septembre 2001 (2001-09-05) * page 1, ligne 6 - page 2, ligne 5 * * page 3, ligne 12 - ligne 25 * * page 8, ligne 10 - page 9, ligne 6 * * page 10, ligne 20 - page 13, ligne 2 * * abrégé; figures *	1,2,4, 6-8,11, 12	
A	EP 3 546 363 A1 (UNITED TECHNOLOGIES CORP [US]) 2 octobre 2019 (2019-10-02) * alinéa [0035] - alinéa [0040] * * alinéa [0056] - alinéa [0060] * * alinéa [0086] * * figures 2,3,10,19 *	1,4,5,7, 11,12	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) F02C F25J F23J
A	US 2014/245779 A1 (BOHRA LALIT K [US] ET AL) 4 septembre 2014 (2014-09-04) * alinéa [0007] * * alinéa [0034] * * alinéa [0045] - alinéa [0050] * * alinéa [0065] - alinéa [0067] * * abrégé; figures 1,3,6,7A *	1-4,6-8, 11,12	
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
29 novembre 2021		O'Shea, Gearóid	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2104923 FA 894011**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.
Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **29-11-2021**
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 2014105335	A1	03-07-2014	BR 112015015504 A2	11-07-2017
			CA 2895740 A1	03-07-2014
			CN 104903196 A	09-09-2015
			EP 2938541 A1	04-11-2015
			JP 2016509550 A	31-03-2016
			US 2015344145 A1	03-12-2015
			WO 2014105335 A1	03-07-2014

GB 2359876	A	05-09-2001	DE 10109509 A1	21-02-2002
			EP 1261518 A1	04-12-2002
			GB 2359876 A	05-09-2001
			JP 2001317406 A	16-11-2001
			WO 0164513 A1	07-09-2001

EP 3546363	A1	02-10-2019	EP 3546363 A1	02-10-2019
			EP 3550239 A1	09-10-2019
			EP 3552971 A2	16-10-2019
			US 2019291877 A1	26-09-2019
			US 2019292982 A1	26-09-2019
			US 2019293346 A1	26-09-2019

US 2014245779	A1	04-09-2014	US 2014245779 A1	04-09-2014
			WO 2014137573 A2	12-09-2014
