

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

(19) Organisation Mondiale de la  
Propriété Intellectuelle  
Bureau international



(10) Numéro de publication internationale  
**WO 2021/099733 A1**

(43) Date de la publication internationale  
27 mai 2021 (27.05.2021)

(51) Classification internationale des brevets :  
B64D 13/06 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :  
PCT/FR2020/052104

(22) Date de dépôt international :  
18 novembre 2020 (18.11.2020)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :  
FR1912897 19 novembre 2019 (19.11.2019) FR

(71) Déposant : **LIEBHERR-AEROSPACE TOULOUSE SAS** [FR/FR] ; 408 Avenue des Etats-Unis, 31200 TOULOUSE (FR).

(72) Inventeurs : **GALZIN, Guillaume** ; c/o LIEBHERR-AEROSPACE TOULOUSE SAS, 408 avenue des Etats-Unis, BP 52010, 31016 TOULOUSE Cedex 2 (FR). **BONHOMME, Adrien** ; c/o LIEBHERR-AEROSPACE TOULOUSE SAS, 408 avenue des Etats-Unis, BP 52010, 31016 TOULOUSE Cedex 2 (FR). **SANCHEZ, Frédéric** ; c/o LIEBHERR-AEROSPACE TOULOUSE SAS, 408 avenue des Etats-Unis, BP 52010, 31016 TOULOUSE Cedex 2 (FR).

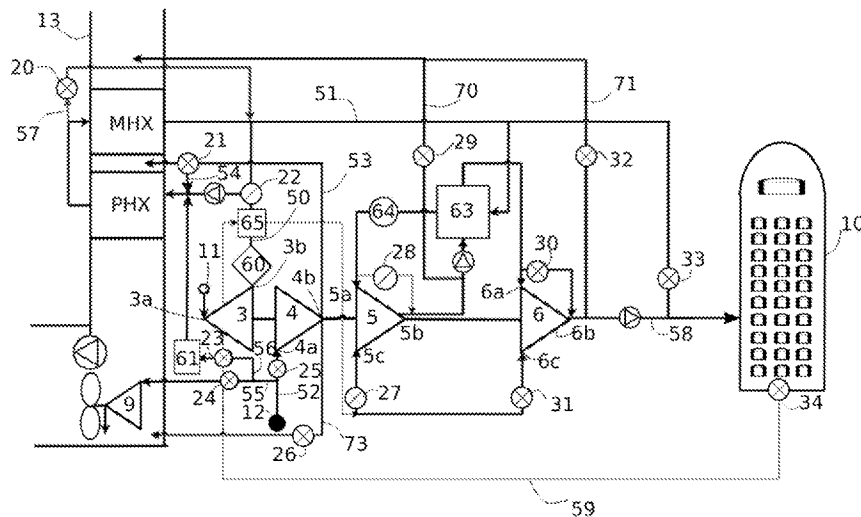
(74) Mandataire : **BRINGER IP** ; 1 Place du Président Thomas Wilson, 31000 TOULOUSE (FR).

(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,

(54) Title: AIR-CONDITIONING SYSTEM FOR A CABIN OF AN AIR OR RAIL TRANSPORT VEHICLE USING A PNEUMATIC AND THERMAL AIR SOURCE SEPARATE FROM THE AIR-CONDITIONING SOURCE

(54) Titre : SYSTÈME DE CONDITIONNEMENT D'AIR D'UNE CABINE D'UN VÉHICULE DE TRANSPORT AÉRIEN OU FERROVIAIRE UTILISANT UNE SOURCE D'AIR PNEUMATIQUE ET THERMIQUE DISTINCTE DE LA SOURCE D'AIR DE CONDITIONNEMENT

[Fig. 1]



(57) Abstract: The invention relates to an air-conditioning system for a cabin (10) of an aircraft (80) comprising a bleed air source (12); a dynamic air circulation channel (13); a network of ducts and control valves; an air-cycle turbomachine comprising at least one compressor (3) and a power turbine (4) mechanically connected to one another; at least one primary heat exchanger (PHX) housed in said channel (13), characterised in that said network of ducts comprises a thermal power duct (53) suitable for being able to fluidly connect, upon operating at least one control valve (25, 21), said air outlet (4b) of said power turbine (4) and said dynamic air circulation channel (13) upstream of said primary exchanger (PHX) so that said bleed air expanded by said power turbine (4) can form a source of thermal energy for said dynamic air feeding said primary circuit of said primary exchanger (PHX).

(57) Abrégé : L'invention concerne un système de conditionnement d'air d'une cabine (10) d'un aéronef (80) comprenant une source d'air bleed (12); un canal (13) de circulation d'un air dynamique; un réseau de conduites et vannes de régulation; une turbomachine à cycle à air comprenant au moins un compresseur (3) et une turbine de puissance (4) reliés mécaniquement l'un à l'autre.; au moins un

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, 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))

---

échangeur primaire de refroidissement (PHX) logé dans ledit canal (13), caractérisé en ce que ledit réseau de conduites comprend une conduite de puissance thermique (53) adaptée pour pouvoir relier fluidiquement, sur commande d'au moins une vanne de régulation (25, 21), ladite sortie d'air (4b) de ladite turbine de puissance (4) et ledit canal (13) de circulation d'air dynamique en amont dudit échangeur primaire (PHX) de manière à ce que ledit air bleed détendu par ladite turbine de puissance (4) puisse former une source d'énergie thermique dudit air dynamique alimentant ledit circuit primaire dudit échangeur primaire (PHX).

**SYSTÈME DE CONDITIONNEMENT D'AIR D'UNE CABINE D'UN  
VÉHICULE DE TRANSPORT AÉRIEN OU FERROVIAIRE UTILISANT  
UNE SOURCE D'AIR PNEUMATIQUE ET THERMIQUE DISTINCTE  
DE LA SOURCE D'AIR DE CONDITIONNEMENT**

5 **Domaine technique de l'invention**

L'invention concerne un système de conditionnement d'air d'une cabine d'un véhicule de transport aérien ou ferroviaire. L'invention concerne plus particulièrement un système de conditionnement d'air d'une cabine d'un véhicule de transport aérien ou ferroviaire utilisant une source d'air chaud et pressurisé  
10 comme source d'énergies pneumatique et thermique et utilisant principalement l'air extérieur comme source d'air de conditionnement, c'est-à-dire comme source d'air destiné à alimenter la cabine.

**Arrière-plan technologique**

Dans tout le texte, le terme « cabine » désigne tout espace intérieur d'un  
15 véhicule de transport aérien ou ferroviaire dont la pression et/ou la température de l'air doit être contrôlée. Il peut s'agir d'une cabine pour passagers, du cockpit de pilotage, d'une soute, et de manière générale de toute zone du véhicule de transport qui nécessite un air à une pression et/ou une température contrôlée. Cet air à une pression et/ou une température contrôlée est fourni par un système de  
20 conditionnement d'air.

Habituellement, un système de conditionnement d'air d'une cabine d'un véhicule de transport tel qu'un aéronef (aussi désigné dans tout le texte par les termes de pack de conditionnement d'air) comprend un dispositif de prélèvement d'un air comprimé, plus connu sous la dénomination d'air bleed, sur au moins un  
25 compresseur d'un moteur de l'aéronef (tel que par exemple un moteur propulsif ou un moteur auxiliaire de l'aéronef), une turbomachine à cycle à air comprenant au moins un compresseur et une turbine couplés mécaniquement l'un à l'autre, ledit compresseur comprenant une entrée d'air reliée audit dispositif de prélèvement d'air comprimé et une sortie d'air, et ladite turbine comprenant une entrée d'air et  
30 une sortie d'air reliée à ladite cabine, pour pouvoir l'alimenter en air à pression et

température contrôlées.

Un système de conditionnement d'air classique comprend également des échangeurs de chaleur logés dans un canal de circulation d'un air dynamique prélevé à l'extérieur de l'aéronef, plus connu sous la dénomination d'air RAM.

5 Dans tout le texte qui suit, la notion d'air dynamique fait référence à un air prélevé à l'extérieur de l'aéronef par tous types de moyens connus, tel qu'une écope ou une entrée pariétale, aussi connue sous la dénomination anglaise d'entrée « flush/NACA ».

10 Il est également fréquent que la turbomachine à cycle à air porte sur son arbre un ventilateur qui s'étend dans le canal de circulation d'air dynamique pour y assurer la circulation d'air en vue du refroidissement de l'air bleed et de l'air comprimé par le compresseur de la turbomachine.

15 En d'autres termes, un système de conditionnement d'air classique utilise l'air bleed comme source d'énergie thermique, pneumatique et de conditionnement, c'est-à-dire d'air frais destiné à alimenter la cabine.

20 Le problème général qui se pose de longue date avec ce type de système de conditionnement d'air est de minimiser le prélèvement d'air sur les compresseurs des moteurs, de façon à minimiser l'impact de ce prélèvement d'air sur la consommation de kérosène et sur les performances des moteurs. Un autre problème consiste à pouvoir assurer le contrôle de la température et de la pression en cabine dans toutes les phases de fonctionnement de l'aéronef, y compris dans les phases de décollage, de descente, et au sol.

25 Enfin, un autre problème réside dans le fait que l'air bleed, prélevé sur un compresseur d'un moteur propulsif de l'aéronef, forme la source d'air de conditionnement de sorte qu'une contamination de l'air prélevé sur les moteurs est transmise à la cabine, ce qui peut être dangereux pour la santé des passagers notamment.

30 Il a déjà été proposé une solution plus électrique pour pallier cet inconvénient de risque de contamination de l'air de conditionnement qui consiste à utiliser comme source d'air de conditionnement, un air dynamique prélevé à l'extérieur de l'aéronef. En d'autres termes, selon cette solution, le compresseur de

la turbomachine à cycle à air est entraîné en rotation par un moteur électrique et est directement alimenté par de l'air ambiant prélevé à l'extérieur de l'aéronef. Cet air comprimé est ensuite refroidi par les échangeurs de chaleur et détendu par la turbine de la turbomachine avant d'alimenter la cabine. Cette solution est intéressante mais  
5 nécessite une forte puissance électrique pour entraîner le compresseur en rotation.

Les inventeurs ont donc cherché à proposer une nouvelle architecture d'un système de conditionnement d'air d'une cabine d'un véhicule de transport ferroviaire ou aérien qui permet de pallier les différents inconvénients des différentes solutions actuellement connues.

10

### **Objectifs de l'invention**

L'invention vise à fournir un système de conditionnement d'air d'une cabine d'un véhicule de transport, tel qu'un aéronef, qui permet de limiter les risques de contamination de l'air de conditionnement qui alimente la cabine tout en supprimant la nécessité de recourir à un entraînement électrique du compresseur de  
15 la turbomachine.

L'invention vise également à fournir, dans au moins un mode de réalisation de l'invention, un système de conditionnement d'air d'une cabine d'un aéronef qui présente différents modes de fonctionnement dépendant des conditions de vol de l'aéronef.

20

### **Exposé de l'invention**

Pour ce faire, l'invention concerne un système de conditionnement d'air d'une cabine d'un véhicule de transport aérien ou ferroviaire comprenant :

25

- une source d'air chaud et pressurisé, dite source d'air bleed,
- un canal de circulation d'un air dynamique prélevé à l'extérieur du  
véhicule de transport,
- un réseau de conduites et vannes de régulation configurées pour pouvoir réguler le débit d'air circulant à travers lesdites conduites en fonction de conditions d'utilisation du véhicule de transport,
- une turbomachine à cycle à air comprenant au moins un compresseur  
30 et une turbine, dite turbine de puissance, reliés mécaniquement l'un

5 à l'autre, ledit compresseur comprenant une entrée d'air reliée fluidiquement à une bouche de prélèvement d'air extérieur et une sortie d'air adaptée pour pouvoir être reliée fluidiquement par ledit réseau de conduites, sur commande d'au moins une vanne de régulation, à ladite cabine pour pouvoir l'alimenter en air à pression et température contrôlées, et ladite turbine de puissance comprenant une entrée d'air adaptée pour pouvoir être reliée fluidiquement par ledit réseau de conduites, sur commande d'au moins une vanne de régulation, à ladite source d'air bleed et une sortie d'air,

10 – au moins un échangeur de chaleur, dit échangeur primaire de refroidissement, logé dans ledit canal de circulation d'air dynamique et comprenant un circuit primaire alimenté par le flux d'air issu dudit compresseur en interaction thermique avec un circuit secondaire alimenté par ledit air dynamique.

15 Le système de conditionnement d'air selon l'invention est caractérisé en ce que ledit réseau de conduites comprend en outre une conduite, dite conduite de puissance thermique, adaptée pour pouvoir relier fluidiquement, sur commande d'au moins une vanne de régulation, ladite sortie de ladite turbine de puissance et ledit canal de circulation d'air dynamique en amont dudit échangeur primaire de  
20 manière à ce que ledit air bleed détendu par ladite turbine de puissance puisse former une source d'énergie thermique dudit air dynamique alimentant ledit circuit primaire dudit échangeur primaire.

25 Un système de conditionnement d'air selon l'invention permet de manière inédite d'utiliser une source d'air bleed, qui est par exemple un air prélevé sur un moteur propulsif du véhicule de transport tel qu'un aéronef, à la fois comme une source d'énergie pneumatique permettant d'entraîner en rotation la turbomachine à cycle à air, et comme source d'énergie thermique permettant de modifier la température de l'air du canal de circulation d'air dynamique, en amont de l'échangeur primaire de refroidissement, aussi désigné par l'acronyme anglais PHX  
30 dans la suite de la demande pour *Primary Heat Exchanger*.

Un système de prélèvement d'air selon l'invention permet ainsi de conférer

à l'échangeur primaire de refroidissement une fonctionnalité d'échangeur de chaleur, plus connu sous la dénomination anglaise d'*intercooler*, qui permet de diminuer la température de l'air comprimé pour augmenter sa densité.

En outre, selon les conditions d'utilisation du véhicule de transport (c'est-à-dire selon les conditions de vol lorsque le véhicule de transport est un aéronef), l'apport de puissance froide en amont de la passe froide de l'échangeur primaire qui résulte de la détente de l'air bleed par la turbine de puissance, permet de réduire le débit d'air dynamique (plus connu sous la dénomination anglaise de *ram air*) nécessaire au refroidissement du pack de conditionnement d'air, et donc de réduire la trainée du véhicule de transport.

En d'autres termes, et dans le cas où le système selon l'invention équipe un aéronef, ce dernier contribue à réduire la trainée de l'aéronef en limitant les besoins de prélèvement d'air dynamique à l'extérieur de l'aéronef.

Selon une variante de réalisation de l'invention, la conduite thermique débouche vers la sortie du circuit primaire de l'échangeur primaire, c'est-à-dire en sortie de la passe chaude de l'échangeur thermique. Cette variante permet d'optimiser les échanges thermiques entre les circuits primaire et secondaire de l'échangeur et d'optimiser la stratification, thermique. En d'autres termes, cela permet d'abaisser la température de l'air en sortie de passe chaude lorsque le pack de conditionnement d'air fait du froid (c'est-à-dire qu'il est en mode refroidissement) et d'élever la température de l'air en sortie de passe chaude lorsque le pack fait du chaud (c'est-à-dire qu'il est en mode chauffage).

Avantageusement et selon l'invention, le système de conditionnement d'air comprend en outre au moins un deuxième échangeur de chaleur, dit échangeur principal de refroidissement, agencé dans ledit canal de circulation d'air dynamique en amont de ladite conduite de puissance thermique, et comprenant un circuit primaire alimenté par ledit flux d'air issu dudit circuit primaire dudit échangeur primaire en interaction thermique avec un circuit secondaire alimenté par ledit air dynamique.

Selon cette variante, le système de conditionnement d'air peut présenter un mode de refroidissement au cours duquel l'air chaud fourni par le compresseur est

refroidi successivement par le PHX et le MHX, puis est véhiculé vers la cabine (après un éventuel passage par une boucle d'extraction d'eau et d'autres équipements du système de conditionnement d'air).

Avantageusement et selon cette variante, ledit réseau de conduites  
5 comprend en outre une conduite de dérivation adaptée pour pouvoir relier fluidiquement, sur commande d'au moins une vanne de régulation, la sortie du circuit primaire dudit échangeur primaire de refroidissement et le réseau de conduites, en aval dudit échangeur principal de refroidissement, de manière à contourner ledit échangeur principal de refroidissement.

10 Selon cette variante, le système de conditionnement d'air peut présenter un mode de chauffage au cours duquel l'air fourni par le compresseur se réchauffe au travers du PHX (la passe froide étant alimentée par de l'air chaud issu de la turbine de puissance). Cet air est ensuite dirigé en sortie chaude du MHX en empruntant la  
15 conduite de dérivation de sorte que l'air contourne (ou *by-pass* selon la terminologie anglaise) l'échangeur MHX pour rejoindre la sortie du pack de conditionnement d'air sans subir un refroidissement par l'échangeur MHX. Cela permet donc d'injecter un air chaud conditionné dans la cabine.

Avantageusement et selon l'invention, lesdites vannes de régulation sont pilotées pour permettre au moins les modes de fonctionnement suivants :

- 20 – un mode de fonctionnement, dit mode de routine, dans lequel ladite entrée de ladite turbine de puissance est alimentée par ladite source d'air bleed pour pouvoir entraîner en rotation ledit compresseur alimenté par un air prélevé à l'extérieur du véhicule de transport, et ladite sortie d'air de ladite turbine de puissance alimente ledit canal  
25 d'air dynamique par un air bleed détendu,
- un mode de fonctionnement, dit mode de secours, dans lequel ladite source d'air bleed alimente directement ladite cabine après refroidissement par lesdits échangeurs de chaleur logés dans le canal de circulation d'air dynamique, sans passer par la turbomachine à  
30 cycle à air,
- un mode de fonctionnement, dit mode intermédiaire, dans lequel



ladite entrée de ladite turbine de puissance est alimentée par ladite source d'air bleed pour pouvoir entraîner en rotation ledit compresseur alimenté par un air prélevé à l'extérieur du véhicule de transport, et ledit air comprimé par ledit compresseur est mélangé avec l'air bleed détendu par ladite turbine de puissance en amont du circuit primaire de l'échangeur primaire de refroidissement ou avec l'air bleed issu directement de ladite source d'air bleed.

Un système de conditionnement d'air selon cette variante avantageuse permet ainsi de présenter au moins trois modes de fonctionnement – routine, secours et intermédiaire – en fonction des conditions d'utilisation du véhicule de transport aérien ou ferroviaire.

En particulier, dans le mode routine, l'air fourni à la cabine est exclusivement un air frais prélevé à l'extérieur du véhicule de transport et l'air bleed est utilisé uniquement comme source d'énergie pneumatique d'entraînement du compresseur de la turbomachine et comme source d'énergie thermique (de refroidissement ou de chauffage) selon les besoins.

Dans le mode secours, l'air bleed est utilisé comme source d'air de conditionnement, comme source d'énergie pneumatique et comme source d'énergie thermique. Ce mode permet de pallier une éventuelle défaillance de la turbomachine à cycle à air en permettant de contourner la turbomachine et d'alimenter directement la cabine par l'air bleed refroidi par les échangeurs PHX et MHX logés dans le canal de circulation d'air dynamique.

Enfin, dans le mode intermédiaire, l'air bleed peut être mélangé avec l'air extérieur comprimé par le compresseur de la turbomachine. Ce mode intermédiaire permet notamment de réduire la consommation énergétique du pack de conditionnement d'air. Dans ce mode de fonctionnement intermédiaire, l'air bleed mélangé avec l'air comprimé par le compresseur peut être soit l'air bleed issu directement de la source d'air bleed, soit l'air bleed détendu par la turbine de puissance, soit un mélange des deux.

Avantageusement et selon l'invention, le système comprend en outre un turboventilateur agencé dans ledit canal de circulation d'air dynamique en aval

dudit échangeur primaire et adapté pouvoir être relié par ledit réseau de conduites, sur commande d'au moins une vanne de régulation, à ladite source d'air bleed.

Selon cette variante, la circulation d'air dans le canal de circulation d'air dynamique est assurée par un turboventilateur alimenté par l'air bleed. Selon une  
5 autre variante, la turbomachine peut comprendre un ventilateur monté sur l'arbre qui relie mécaniquement la turbomachine de puissance et le compresseur.

Avantageusement et selon l'invention, ladite turbomachine à cycle à air comprend en outre :

- 10 – au moins une deuxième turbine reliée mécaniquement audit compresseur et à ladite turbine de puissance, ladite deuxième turbine de détente comprenant au moins une première entrée d'air adaptée pour pouvoir être reliée fluidiquement par ledit réseau de conduites, sur commande d'au moins une vanne de régulation, audit échangeur principal de refroidissement et une sortie d'air adaptée pour pouvoir  
15 être reliée fluidiquement par ledit réseau de conduites, sur commande d'au moins une vanne de régulation, à ladite cabine,
- une boucle d'extraction d'eau agencée entre ledit échangeur principal de refroidissement et ladite deuxième turbine, de manière à pouvoir extraire l'eau présente dans l'air délivré par ledit échangeur de  
20 refroidissement principal avant d'être délivré à cette deuxième turbine de détente.

Selon cette variante avantageuse, le système comprend une boucle d'extraction d'eau et au moins une deuxième turbine montée sur l'arbre de la turbomachine.

25 Avantageusement et selon l'invention, ladite deuxième turbine de détente comprend au moins une deuxième entrée d'air adaptée pour pouvoir être reliée fluidiquement par ledit réseau de conduites, sur commande d'au moins une vanne de régulation, à une sortie d'air de ladite cabine, dite sortie d'air de récupération, de manière à ce que cet air de récupération évacué de ladite cabine (10) puisse  
30 former une source d'énergie pneumatique d'entraînement de ladite deuxième turbine.

Cette variante avantageuse permet de récupérer l'air évacué de la cabine pour fournir une source d'énergie pneumatique additionnelle, permettant ainsi de limiter le besoin en air bleed pour assurer l'entraînement du compresseur par l'intermédiaire de la turbine de puissance. En d'autres termes, la deuxième turbine  
5 participe à l'entraînement du compresseur en utilisant l'air de récupération comme une source d'énergie pneumatique additionnelle.

Avantageusement et selon l'invention, le système comprend en outre au moins un échangeur thermique, dit intercooler, comprenant un circuit primaire adapté pour pouvoir être relié fluidiquement par ledit réseau de conduites, sur  
10 commande d'au moins une vanne de régulation d'une part à ladite sortie d'air de récupération de ladite cabine et d'autre part à ladite deuxième entrée de ladite deuxième turbine de détente, en interaction thermique avec un circuit secondaire adapté pour pouvoir être relié fluidiquement par ledit réseau de conduites d'une part à ladite sortie d'air dudit compresseur et d'autre part audit échangeur primaire de  
15 refroidissement ou audit réseau de conduites, en aval dudit échangeur principal de refroidissement.

Cette variante avantageuse combine les différents avantages déjà discutés et permet en outre, par la présence de l'intercooler, de refroidir la sortie d'air comprimé par le compresseur. En particulier, en vol, l'apport de puissance froide  
20 en amont de la passe froide de l'échangeur primaire par la turbine de puissance permet de réduire le débit ram air nécessaire au refroidissement du pack et par voie de conséquence la traînée du véhicule de transport. En outre, l'air cabine, rejeté par le système de pressurisation, est favorablement dirigé au travers de l'intercooler afin de refroidir la sortie du compresseur (récupération thermique de l'énergie  
25 cabine). Cet air réchauffé est ensuite détendu jusqu'à la pression extérieure au travers de la deuxième turbine, l'énergie mécanique produite contribuant favorablement à la motorisation de la turbomachine à cycle à air (récupération de l'énergie pneumatique de la cabine). L'air froid issu de la turbine est favorablement injecté sur la passe froide du MHX afin de contribuer à son refroidissement et  
30 réduire le besoin en ram air (et donc la traînée de l'avion dans le cas où le système équipe un aéronef).

Avantageusement et selon l'invention, la turbomachine à cycle à air comprend en outre au moins une troisième turbine reliée mécaniquement audit compresseur, à ladite turbine de puissance et à ladite deuxième turbine de détente, ladite troisième turbine comprenant une première entrée d'air adaptée pour pouvoir être reliée fluidiquement par ledit réseau de conduites, sur commande d'au moins  
5 une vanne de régulation, à ladite sortie d'air de ladite deuxième turbine et une sortie d'air adaptée pour pouvoir être reliée fluidiquement par ledit réseau de conduites, sur commande d'au moins une vanne de régulation, à ladite cabine.

Selon cette variante avantageuse, la turbomachine à cycle à air est une  
10 machine 4 roues formée d'un compresseur et de trois turbines, dont une turbine de puissance.

Avantageusement et selon cette variante, ladite troisième turbine de détente comprend au moins une deuxième entrée d'air adaptée pour pouvoir être reliée fluidiquement par ledit réseau de conduites, sur commande d'au moins une vanne  
15 de régulation, à ladite sortie d'air de récupération, de manière à ce que cet air de récupération évacué de ladite cabine puisse former une source d'énergie pneumatique d'entraînement de ladite troisième turbine.

En d'autres termes, selon cette variante, lesdites deuxième et troisième turbines de détente comprennent chacune au moins une deuxième entrée d'air adaptée pour pouvoir être reliée fluidiquement par ledit réseau de conduites, sur  
20 commande d'au moins une vanne de régulation, à ladite sortie d'air de récupération de manière à ce que cet air de récupération évacué de ladite cabine puisse former une source d'énergie pneumatique d'entraînement desdites deuxième et troisième turbines. Les deuxième et troisième turbines participent ainsi à l'entraînement du  
25 compresseur en utilisant l'air de récupération comme une source d'énergie pneumatique additionnelle.

Dans le cas où le système comprend deux turbines de détente en plus de la turbine de puissance, ledit intercooler comprend avantageusement un circuit primaire adapté pour pouvoir être relié fluidiquement par ledit réseau de conduites,  
30 sur commande d'au moins une vanne de régulation d'une part à ladite sortie d'air de récupération de ladite cabine et d'autre part auxdites deuxièmes entrées desdites

deuxième et troisième turbines de détente, en interaction thermique avec un circuit secondaire adapté pour pouvoir être relié fluidiquement par ledit réseau de conduites d'une part à ladite sortie d'air dudit compresseur et d'autre part audit échangeur primaire de refroidissement ou audit réseau de conduites, en aval dudit

5 échangeur principal de refroidissement.

Selon cette variante avantageuse, l'apport de puissance froide en amont de la passe froide de l'échangeur primaire par la turbine de puissance permet (selon les conditions d'utilisation du véhicule, c'est-à-dire en vol pour un aéronef) de réduire le débit ram air nécessaire au refroidissement du pack et par voie de

10 conséquence la traînée du véhicule de transport . En outre, l'air cabine, rejeté par le système de pressurisation, est favorablement dirigé au travers de l'intercooler afin de refroidir la sortie du compresseur (récupération thermique de l'énergie cabine). Cet air réchauffé est ensuite détendu jusqu'à la pression extérieure au travers des

15 deuxième et troisième turbines, l'énergie mécanique produite contribuant favorablement à la motorisation de la turbomachine à cycle à air (récupération de l'énergie pneumatique de la cabine). L'air froid issu des turbines est favorablement injecté sur la passe froide du MHX afin de contribuer à son refroidissement et réduire le besoin en ram air (et donc la traînée de l'avion dans le cas où le système équipe un aéronef).

20 L'invention concerne également un aéronef comprenant une cabine, caractérisé en ce qu'il comprend en outre un système de conditionnement d'air selon l'invention alimentant en air conditionné ladite cabine de l'aéronef.

Les avantages et effets techniques d'un système de conditionnement d'air selon l'invention s'appliquent *mutatis mutandis* à un aéronef, selon l'invention.

25 L'invention concerne également un procédé de conditionnement d'air d'une cabine d'un véhicule de transport aérien ou ferroviaire comprenant une source d'air chaud et pressurisé, dite source d'air bleed, une source d'air frais extérieure, un canal de circulation d'un air dynamique prélevé à l'extérieur de l'aéronef, un échangeur de refroidissement, dit échangeur primaire (PHX), logé dans ledit canal

30 de circulation d'air dynamique, un échangeur de refroidissement, dit échangeur principal (MHX), logé dans ledit canal de circulation d'air dynamique, une

turbomachine à cycle à air comprenant au moins un compresseur et une turbine de puissance reliés mécaniquement l'un à l'autre, et un réseau de conduites et de vannes de régulation.

Un procédé selon l'invention est caractérisé en ce qu'il comprend les étapes  
5 suivantes :

- l'air bleed est véhiculé vers ladite turbine de puissance pour permettre l'entraînement dudit compresseur par ladite turbine de puissance,
- l'air frais extérieur alimente ledit compresseur pour être comprimé  
10 par ce dernier,
- l'air comprimé par ledit compresseur est véhiculé par ledit réseau de conduites vers ledit échangeur primaire de refroidissement, puis vers ladite cabine après passage au moins par une boucle d'extraction d'eau si les conditions d'utilisation du véhicule l'exigent,
- 15 – l'air bleed détendu par ladite turbine de puissance est véhiculé, en fonction des conditions d'utilisation, soit vers le canal de circulation d'air dynamique en amont de l'échangeur primaire de refroidissement, soit vers un collecteur de mélange avec l'air issu dudit compresseur, soit directement vers ladite cabine en contournant  
20 ledit échangeur principal de refroidissement.

Les avantages et effets techniques d'un système de conditionnement d'air selon l'invention s'appliquent *mutatis mutandis* à un procédé de conditionnement d'air selon l'invention.

Un procédé selon l'invention est avantageusement mis en œuvre par un  
25 système de conditionnement d'air selon l'invention et un système de conditionnement d'air selon l'invention met avantageusement en œuvre un procédé selon l'invention.

Avantageusement et selon l'invention, le procédé comprend en outre une  
30 étape consistant à véhiculer un air évacué de la cabine, dit air de récupération, vers une entrée d'au moins une turbine reliée mécaniquement audit compresseur et à ladite turbine de puissance de manière à former une source d'énergie pneumatique

d'entraînement de la turbomachine à cycle à air.

L'invention concerne également un système de conditionnement d'air d'une cabine d'un véhicule de transport tel qu'un aéronef, un aéronef et un procédé de conditionnement d'air d'une cabine d'un véhicule de transport tel qu'un aéronef, caractérisés en combinaison par tout ou partie des caractéristiques mentionnées ci-dessus ou ci-après.

### Liste des figures

D'autres buts, caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description suivante donnée à titre uniquement non limitatif et qui se réfère aux figures annexées dans lesquelles :

[Fig. 1] est une vue schématique d'un système de conditionnement d'air selon un mode de réalisation de l'invention,

[Fig. 2] est une vue schématique d'un procédé de conditionnement d'air d'une cabine d'un aéronef selon un mode de réalisation selon l'invention,

[Fig. 3] est une vue schématique en perspective d'un aéronef selon un mode de réalisation selon l'invention.

### Description détaillée d'un mode de réalisation de l'invention

Sur les figures, les échelles et les proportions ne sont pas strictement respectées et ce, à des fins d'illustration et de clarté. En outre, les éléments identiques, similaires ou analogues sont désignés par les mêmes références dans toutes les figures.

La figure 1 décrit un système de conditionnement d'air d'une cabine d'un aéronef comprenant une source 11 d'air frais, une source d'air chaud pressurisé, dit source d'air bleed 12, un canal 13 de circulation d'un air dynamique prélevé à l'extérieur de l'aéronef, et un réseau de conduites et vannes de régulation 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34 configurées pour pouvoir réguler le débit d'air circulant à travers les conduites en fonction des conditions de vol de l'aéronef.

La source d'air bleed 12 est par exemple un air prélevé sur un moteur propulsif de l'aéronef.

Le système de conditionnement d'air selon l'invention comprend également

une turbomachine à cycle à air comprenant un compresseur 3, une turbine de puissance 4, une deuxième turbine 5 et une troisième turbine 6, reliés mécaniquement les uns aux autres par un arbre mécanique.

Le système comprend en outre un échangeur primaire de refroidissement PHX et un échangeur principal de refroidissement MHX logés dans le canal 13 de circulation d'un air dynamique.

Le compresseur 3 comprend une entrée d'air 3a reliée fluidiquement à la source d'air frais 11 et une sortie d'air 3b reliée fluidiquement à un échangeur thermique PHX par une conduite 50 du réseau de conduites. Cette conduite 50 est équipée d'une vanne de régulation 22 permettant de contrôler le débit d'air alimentant l'échangeur PHX. Cette conduite est également équipée selon le mode de réalisation de la figure 1 d'un convertisseur d'ozone 60.

En fonction du contrôle de la vanne de régulation 22, l'air issu du compresseur alimente soit le circuit primaire de l'échangeur PHX, soit rejoint une conduite 51 qui relie fluidiquement l'échangeur principal de refroidissement MHX et la cabine 10 (éventuellement après passage par une boucle d'extraction d'eau décrite ultérieurement). Cette conduite 51 est équipée d'une vanne d'altitude 33 de sorte qu'en vol, au-delà d'une altitude prédéterminée, l'air issu de l'échangeur MHX puisse être directement injecté dans la cabine 10.

La turbine de puissance 4, reliée mécaniquement au compresseur 3, comprend une entrée d'air 4a reliée fluidiquement à la source d'air bleed 12 par l'intermédiaire d'une conduite 52 équipée de la vanne de régulation 25. La turbine de puissance comprend également une sortie d'air 4b reliée fluidiquement au canal 13 par une conduite 53 qui débouche dans le canal entre les échangeurs PHX et MHX. Cette conduite 53 est équipée de la vanne de régulation 21. Cette vanne de régulation 21 permet de moduler la quantité d'air bleed détendu mélangé à l'air comprimé issu du compresseur 3. En effet, en cas d'ouverture partielle de cette vanne de régulation 21, une partie de l'air bleed détendu par la turbine 4 est dirigée par la conduite 54 pour être mélangée avec l'air issu de la conduite 50.

En amont de la vanne de régulation 25, le système comprend en outre une conduite 55 équipée d'une vanne de régulation 24 qui permet d'alimenter un



turboventilateur 9 logé dans le canal 12. Ce turboventilateur a pour fonction d'assurer le déplacement d'air dynamique dans le canal 13.

Cette conduite 55 comprend en outre une dérivation vers une conduite 56 équipée de la vanne de régulation 23 pour pouvoir alimenter directement l'échangeur PHX et ainsi contourner la turbomachine et alimenter, en cas d'urgence, la cabine en air bleed refroidi par les échangeurs PHX et MHX. Cette conduite 56 est en outre équipée d'un convertisseur d'ozone 61.

La sortie de la turbine de puissance peut également être reliée fluidiquement au canal 13 en aval des échangeurs MHX et PHX par la conduite 73 équipée de la vanne de régulation 26.

Le système comprend également une conduite 57 équipée de la vanne de régulation 20 qui permet de relier fluidiquement la sortie de l'échangeur PHX et la sortie d'échangeur MHX en cas d'ouverture de la vanne de régulation 20. Cette caractéristique permet qu'en mode chauffage, l'air issu du compresseur se réchauffe au travers du PHX (la passe froide de l'échangeur étant alimentée par l'air chaud issu de la turbine de puissance 3), court-circuite l'échangeur MHX (pour ne pas être refroidi par cet échangeur) par la conduite 57 pour pouvoir ensuite alimenter directement la cabine (par ouverture de la vanne d'altitude 33).

En cas de fermeture de la vanne de régulation 20, ce qui correspond à un mode de refroidissement, l'air issu du circuit primaire de l'échangeur PHX est dirigé vers le circuit primaire de l'échangeur MHX pour y subir un refroidissement, puis se dirige vers la cabine, après passage par une boucle d'extraction d'eau et les turbines de détente 5 et 6.

La boucle d'extraction d'eau est formée d'un condenseur 63 et d'un séparateur d'eau 64. Le fonctionnement d'une telle boucle d'extraction d'eau est connu et n'est pas détaillé ici en détail. L'air asséché par la boucle d'extraction d'eau est détendu par la turbine 5 qui comprend une première entrée d'air 5a alimentée par l'air asséché issu du séparateur d'eau 64 et une sortie d'air 5b qui est reliée à l'entrée d'air 6a de la troisième turbine 6 de détente. La troisième turbine de détente comprend également une entrée d'air 6a et une sortie d'air 6b reliée fluidiquement à la cabine par une conduite 58.

Le système de conditionnement d'air comprend également un circuit de récupération d'énergie cabine comprenant une conduite 59 qui relie une sortie d'air équipée de la cabine équipée de la vanne de régulation 34 et les entrées 5c et 6c des turbines 5 et 6. Ainsi, l'air récupéré de la cabine est mis à contribution pour fournir un surplus d'énergie pneumatique destinée à entraîner la turbomachine. Ce circuit de recirculation comprend en outre un échangeur thermique 65, du type intercooler, qui assure des échanges thermiques entre l'air de récupération qui circule dans la conduite 59 et l'air comprimé issu du compresseur 3 qui circule dans la conduite 50.

Le système comprend également des conduites 70, 71 équipées chacune d'une vanne de régulation 29, 32 qui permettent de relier fluidiquement la sortie des turbines 5, 6 et le canal 13 de recirculation d'air dynamique. Ainsi, l'air détendu par les turbines 5 et 6 peut être favorablement injecté sur la passe froide des échangeurs MHX et PHX afin de participer au refroidissement de l'air, ce qui contribue à réduire le besoin en air dynamique, et par conséquent à réduire la traînée de l'aéronef.

Un système de conditionnement d'air selon l'invention permet ainsi, par la commande des vannes de régulation 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34 associées aux conduites 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 71, 72 de présenter au moins les modes de fonctionnement suivants :

- un mode de fonctionnement, dit mode de routine, dans lequel ladite entrée de ladite turbine de puissance 4a est alimentée par ladite source d'air bleed 12 pour pouvoir entraîner en rotation ledit compresseur 3 alimenté par la source d'air frais 11, et ladite sortie d'air 4b de ladite turbine de puissance 4 alimente ledit canal 12 d'air dynamique par un air bleed détendu. Dans ce mode de fonctionnement, l'air comprimé par le compresseur 3 est soit directement injecté en cabine 10 en empruntant la conduite 57 (cas où le système est en mode chauffage), soit refroidi par l'échangeur MHX, puis dirigé vers la boucle d'extraction d'eau et les turbines 5 et 6 avant d'être injecté dans la cabine 10 (cas où le système est en mode de refroidissement).

- un mode de fonctionnement, dit mode de secours, dans lequel ladite entrée 4a de ladite turbine de puissance 4 est alimentée par ladite source d'air bleed 12 et l'air bleed détendu par ladite turbine de puissance 4 est refroidi par les échangeurs MHX et PHX pour alimenter ensuite directement ladite cabine 10 sans passer par la turbomachine à cycle à air.
- un mode de fonctionnement, dit mode intermédiaire, dans lequel ladite entrée 4a de ladite turbine de puissance est alimentée par ladite source d'air bleed 12 pour pouvoir entraîner en rotation ledit compresseur 3 alimenté par un air frais 11 prélevé à l'extérieur de l'aéronef, et ledit air comprimé par ledit compresseur 3 est mélangé avec l'air bleed détendu par ladite turbine de puissance 4 en amont du circuit primaire de l'échangeur primaire de refroidissement. Cet air mélangé est ensuite soit directement injecté dans la cabine, soit asséché après passage par la boucle d'extraction d'eau et les turbines de détente.

Il convient de noter que d'autres modes de fonctionnement sont possibles par la commande des différentes vannes de régulation. Ces vannes de régulation sont de préférence pilotées par une unité de commande en fonction des conditions de vol (altitude, température extérieure, état du vol – sol, montée, descente, vol de croisière – etc.) de l'aéronef.

La figure 2 illustre schématiquement un procédé de conditionnement d'air d'une cabine 10 d'un aéronef comprenant une source d'air bleed 12, une source d'air frais extérieur 11, un canal 13 de circulation d'un air dynamique prélevé à l'extérieur de l'aéronef, un échangeur primaire de refroidissement PHX, logé dans ledit canal 13 de circulation d'air dynamique, un échangeur principal de refroidissement MHX, logé dans ledit canal 13 de circulation d'air dynamique, une turbomachine à cycle à air comprenant au moins un compresseur 3, une turbine de puissance 4, une deuxième turbine 5 et une troisième turbine 6 reliés mécaniquement les uns aux autres par un arbre mécanique, et un réseau de conduites et de vannes de régulation comprenant les étapes suivantes :

- une étape E1 dans laquelle l'air bleed est véhiculé vers ladite turbine de puissance pour permettre l'entraînement dudit compresseur par ladite turbine de puissance,
- 5 – une étape E2 dans laquelle l'air frais extérieur alimente ledit compresseur pour être comprimé par ce dernier,
- une étape E3 dans laquelle l'air comprimé par ledit compresseur est véhiculé par ledit réseau de conduites vers ledit échangeur primaire de refroidissement PHX, puis vers ladite cabine après passage au moins par une boucle d'extraction d'eau si les conditions de vol  
10 l'exigent,
- une étape E4 dans laquelle l'air bleed détendu par ladite turbine de puissance est véhiculé, en fonction des conditions de vol, soit vers le canal de circulation d'air dynamique en amont de l'échangeur primaire de refroidissement, soit vers un collecteur de mélange avec l'air issu dudit compresseur, soit directement vers ladite cabine en  
15 contournant ledit échangeur principal de refroidissement.
- une étape E5 dans laquelle l'air évacué de la cabine, dit air de récupération, est dirigé vers une entrée d'au moins une turbine reliée mécaniquement audit compresseur et à ladite turbine de puissance de  
20 manière à former une source d'énergie pneumatique d'entraînement de la turbomachine à cycle à air.

La figure 3 illustre schématiquement un aéronef 80 équipé d'un système de conditionnement d'air 81 selon l'invention.

L'invention pourrait également s'appliquer à un système de  
25 conditionnement d'air d'un véhicule de transport ferroviaire, auquel cas les conditions d'ouverture/fermeture des vannes de régulation (et notamment de la vanne d'altitude) doivent être adaptées aux conditions de fonctionnement du véhicule de transport ferroviaire.

30

## REVENDICATIONS

1. Système de conditionnement d'air d'une cabine (10) d'un véhicule (80) de transport aérien ou ferroviaire comprenant :
- une source d'air chaud et pressurisé, dite source d'air bleed (12),
  - 5 - un canal (13) de circulation d'un air dynamique prélevé à l'extérieur du véhicule de transport,
  - un réseau de conduites (50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59 ; 70, 71) et vannes de régulation (20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34) configurées pour pouvoir réguler le débit d'air circulant à travers lesdites
  - 10 conduites en fonction de conditions d'utilisation du véhicule de transport,
  - une turbomachine à cycle à air comprenant au moins un compresseur (3) et une turbine, dite turbine de puissance (4), reliés mécaniquement l'un à l'autre, ledit compresseur (3) comprenant une entrée d'air (3a) reliée fluidiquement à une bouche de prélèvement d'air extérieur (11) et une sortie d'air (3b) adaptée
  - 15 pour pouvoir être reliée fluidiquement par ledit réseau de conduites, sur commande d'au moins une vanne de régulation (22), à ladite cabine (10) pour pouvoir l'alimenter en air à pression et température contrôlées, et ladite turbine de puissance (4) comprenant une entrée d'air (4a) adaptée pour pouvoir être reliée fluidiquement par ledit réseau de conduites, sur commande d'au moins
  - 20 une vanne de régulation (25), à ladite source d'air bleed (12) et une sortie d'air (4b),
  - au moins un échangeur de chaleur, dit échangeur primaire de refroidissement (PHX), logé dans ledit canal (13) de circulation d'air dynamique et comprenant un circuit primaire alimenté par le flux d'air issu dudit compresseur (3) en
  - 25 interaction thermique avec un circuit secondaire alimenté par ledit air dynamique,
  - caractérisé en ce que ledit réseau de conduites comprend en outre une conduite, dite conduite de puissance thermique (53), adaptée pour pouvoir relier fluidiquement, sur commande d'au moins une vanne de régulation (25, 21),
  - 30 ladite sortie d'air (4b) de ladite turbine de puissance (4) et ledit canal (13) de circulation d'air dynamique en amont dudit échangeur primaire (PHX) de

manière à ce que ledit air bleed détendu par ladite turbine de puissance (4) puisse former une source d'énergie thermique dudit air dynamique alimentant ledit circuit primaire dudit échangeur primaire (PHX).

2. Système de conditionnement d'air selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comprend en outre au moins un deuxième échangeur de chaleur, dit échangeur principal de refroidissement (MHX), agencé dans ledit canal (13) de circulation d'air dynamique en amont de ladite conduite de puissance thermique (53), et comprenant un circuit primaire alimenté par ledit flux d'air issu dudit circuit primaire dudit échangeur primaire (PHX) en interaction thermique avec un circuit secondaire alimenté par ledit air dynamique.
3. Système de conditionnement d'air selon la revendication 2, caractérisé en ce que ledit réseau de conduites comprend en outre une conduite de dérivation (57) adaptée pour pouvoir relier fluidiquement, sur commande d'au moins une vanne de régulation (20), la sortie du circuit primaire dudit échangeur primaire (PHX) de refroidissement et le réseau de conduites, en aval dudit échangeur principal de refroidissement (MHX), de manière à contourner ledit échangeur principal de refroidissement.
4. Système de conditionnement d'air selon la revendication 3, caractérisé en ce que lesdites vannes de régulation (20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34) sont pilotées pour permettre au moins les modes de fonctionnement suivants :
  - un mode de fonctionnement, dit mode de routine, dans lequel ladite entrée (4a) de ladite turbine de puissance (4) est alimentée par ladite source d'air bleed (12) pour pouvoir entraîner en rotation ledit compresseur (3) alimenté par un air prélevé à l'extérieur (11) du véhicule de transport, et ladite sortie d'air (4b) de ladite turbine de puissance (4) alimente ledit canal (13) d'air dynamique par un air bleed détendu,
  - un mode de fonctionnement, dit mode de secours, dans lequel ladite source d'air bleed (12) alimente directement ladite cabine (12) après refroidissement par lesdits échangeurs (MHX, PHX) de chaleur logés dans le canal (13) de circulation d'air dynamique, sans passer par la turbomachine à cycle à air,

- un mode de fonctionnement, dit mode intermédiaire, dans lequel ladite entrée (4a) de ladite turbine de puissance (4) est alimentée par ladite source d'air bleed (12) pour pouvoir entraîner en rotation ledit compresseur (3) alimenté par un air prélevé à l'extérieur (11) du véhicule de transport, et ledit air compressé par ledit compresseur (3) est mélangé avec l'air bleed détendu par ladite turbine de puissance (4) en amont du circuit primaire de l'échangeur primaire de refroidissement (PHX) ou avec l'air bleed issu directement de ladite source d'air bleed (12).
- 5
5. Système de conditionnement d'air selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce qu'il comprend en outre un turboventilateur (9) agencé dans ledit canal (13) de circulation d'air dynamique en aval dudit échangeur primaire (PHX) et adapté pouvoir être relié par ledit réseau de conduites, sur commande d'au moins une vanne de régulation (24), à ladite source d'air bleed (12).
- 10
6. Système de conditionnement d'air selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que ladite turbomachine à cycle à air comprend en outre :
- 15
- au moins une deuxième turbine (5) reliée mécaniquement audit compresseur (3) et à ladite turbine de puissance (4), ladite deuxième turbine de détente (5) comprenant au moins une première entrée d'air (5a) adaptée pour pouvoir être reliée fluidiquement par ledit réseau de conduites, sur commande d'au moins
- 20
- une vanne de régulation (32) , audit échangeur principal de refroidissement (MHx) et une sortie d'air (5b) adaptée pour pouvoir être reliée fluidiquement par ledit réseau de conduites, sur commande d'au moins une vanne de régulation (29), à ladite cabine (10),
  - une boucle d'extraction d'eau (63, 64) agencée entre ledit échangeur principal de refroidissement (MHX) et ladite deuxième turbine (5), de manière à pouvoir extraire l'eau présente dans l'air délivré par ledit échangeur de refroidissement principal avant d'être délivré à cette deuxième turbine de détente.
- 25
7. Système de conditionnement d'air selon la revendication 6, caractérisé en ce que ladite deuxième turbine de détente (5) comprend au moins une deuxième
- 30
- entrée (5c) d'air adaptée pour pouvoir être reliée fluidiquement par ledit réseau de conduites, sur commande d'au moins une vanne de régulation (27), à une

sortie d'air de ladite cabine, dite sortie d'air de récupération, de manière à ce que cet air de récupération évacué de ladite cabine (10) puisse former une source d'énergie pneumatique d'entraînement de ladite deuxième turbine (5).

- 5 **8.** Système de conditionnement d'air selon la revendication 7, caractérisé en ce qu'il comprend en outre au moins un échangeur thermique, dit intercooler (65), comprenant un circuit primaire adapté pour pouvoir être relié fluidiquement par ledit réseau de conduites, sur commande d'au moins une vanne de régulation (34) d'une part à ladite sortie d'air de récupération de ladite cabine et d'autre part à ladite deuxième entrée (5c) de ladite deuxième turbine de détente (5), en
- 10 interaction thermique avec un circuit secondaire adapté pour pouvoir être relié fluidiquement par ledit réseau de conduites d'une part à ladite sortie d'air dudit compresseur (3) et d'autre part audit échangeur primaire de refroidissement (PHX) ou audit réseau de conduites, en aval dudit échangeur principal de refroidissement (MHX).
- 15 **9.** Système de conditionnement d'air selon l'une des revendications 6 à 8, caractérisé en ce que ladite turbomachine à cycle à air comprend en outre au moins une troisième turbine (6) reliée mécaniquement audit compresseur (3), à ladite turbine de puissance (4) et à ladite deuxième turbine de détente (5), ladite
- 20 troisième turbine (6) comprenant une première entrée d'air (6a) adaptée pour pouvoir être reliée fluidiquement par ledit réseau de conduites, sur commande d'au moins une vanne de régulation (29, 28, 30), à ladite sortie d'air (5b) de ladite deuxième turbine (5) et une sortie d'air (6b) adaptée pour pouvoir être reliée fluidiquement par ledit réseau de conduites, sur commande d'au moins une vanne de régulation (32), à ladite cabine (10).
- 25 **10.** Système de conditionnement d'air selon la revendication 9, caractérisé en ce que ladite troisième turbine de détente (6) comprend au moins une deuxième entrée (6c) d'air adaptée pour pouvoir être reliée fluidiquement par ledit réseau de conduites, sur commande d'au moins une vanne de régulation (31), à ladite
- 30 sortie d'air de récupération, de manière à ce que cet air de récupération évacué de ladite cabine (10) puisse former une source d'énergie pneumatique d'entraînement de ladite troisième turbine (6).



11. Système de conditionnement d'air selon les revendications 8 et 10 prises ensemble, caractérisé en ce que ledit intercooler (65) comprend un circuit primaire adapté pour pouvoir être relié fluidiquement par ledit réseau de conduites, sur commande d'au moins une vanne de régulation (34) d'une part à ladite sortie d'air de récupération de ladite cabine et d'autre part auxdites deuxièmes entrées (5c, 6c) desdites deuxième et troisième turbines de détente (5, 6), en interaction thermique avec un circuit secondaire adapté pour pouvoir être relié fluidiquement par ledit réseau de conduites d'une part à ladite sortie d'air dudit compresseur (3) et d'autre part audit échangeur primaire de refroidissement (PHX) ou audit réseau de conduites, en aval dudit échangeur principal de refroidissement (MHX).
12. Aéronef comprenant une cabine, caractérisé en ce qu'il comprend en outre un système de conditionnement (81) d'air selon l'une des revendications 1 à 11 alimentant en air conditionné ladite cabine (10) de l'aéronef (80).
13. Procédé de conditionnement d'air d'une cabine d'un aéronef comprenant une source d'air chaud et pressurisé, dite source d'air bleed, une source d'air frais extérieure, un canal de circulation d'un air dynamique prélevé à l'extérieur de l'aéronef, un échangeur de refroidissement, dit échangeur primaire (PHX), logé dans ledit canal de circulation d'air dynamique, un échangeur de refroidissement, dit échangeur principal (MHX), logé dans ledit canal de circulation d'air dynamique, une turbomachine à cycle à air comprenant au moins un compresseur et une turbine de puissance reliés mécaniquement l'un à l'autre, et un réseau de conduites et de vannes de régulation, caractérisé en ce qu'il comprend les étapes suivantes :
- (E1) l'air bleed est véhiculé vers ladite turbine de puissance pour permettre l'entraînement dudit compresseur par ladite turbine de puissance,
  - (E2) l'air frais extérieur alimente ledit compresseur pour être comprimé par ce dernier,
  - (E3) l'air comprimé par ledit compresseur est véhiculé par ledit réseau de conduites vers ledit échangeur primaire de refroidissement (PHx), puis vers ladite cabine après passage au moins par une boucle d'extraction d'eau si les

conditions de vol l'exigent,

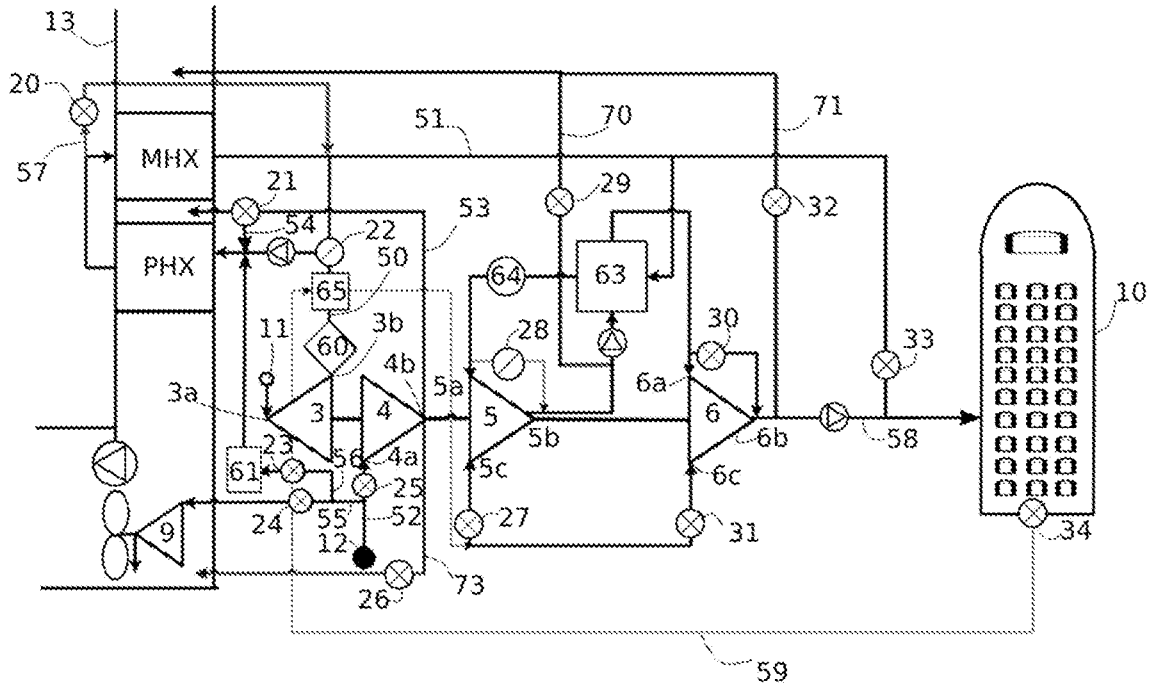
- (E4) l'air bleed détendu par ladite turbine de puissance est véhiculé, en fonction des conditions de vol, soit vers le canal de circulation d'air dynamique en amont de l'échangeur primaire de refroidissement, soit vers un collecteur de mélange avec l'air issu dudit compresseur, soit directement vers ladite cabine en contournant ledit échangeur principal de refroidissement.

5

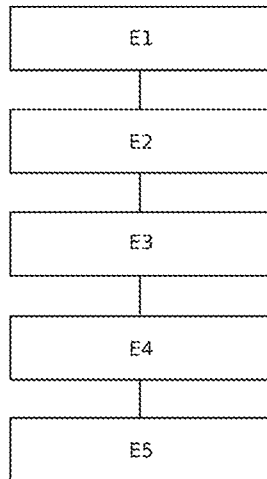
**14.** Procédé de conditionnement d'air d'une cabine d'un aéronef selon la revendication 13, caractérisé en ce qu'il comprend en outre une étape (E5) consistant à véhiculer un air évacué de la cabine, dit air de récupération, vers une entrée d'au moins une turbine reliée mécaniquement audit compresseur et à ladite turbine de puissance de manière à former une source d'énergie pneumatique d'entraînement de la turbomachine à cycle à air.

10

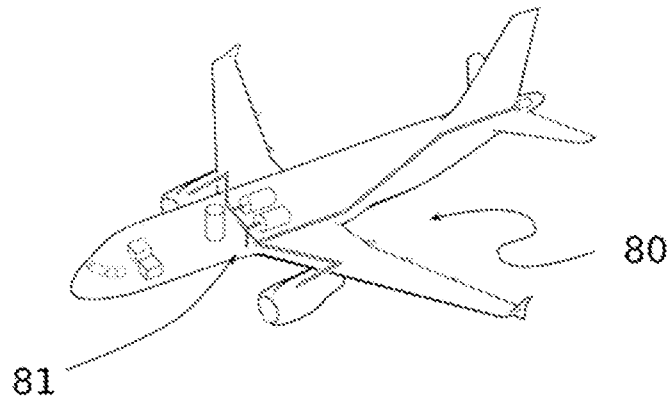
[Fig. 1]



[Fig. 2]



[Fig. 3]



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

**PCT/FR2020/052104**

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> <i>B64D 13/06</i> (2006.01)i		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b>		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) B64D		
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		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 2998223 A1 (AIRBUS OPERATIONS GMBH [DE]) 23 March 2016 (2016-03-23) paragraphs [0040] - [0062]; figures	1-14
A	EP 3480113 A1 (HAMILTON SUNDSTRAND CORP [US]) 08 May 2019 (2019-05-08) paragraphs [0025] - [0055]; figures	1-14
A	EP 3312091 A1 (HAMILTON SUNDSTRAND CORP [US]) 25 April 2018 (2018-04-25) abstract; figures	1,13
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> <p>“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</p> <p>“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</p> <p>“&amp;” document member of the same patent family</p>		
Date of the actual completion of the international search <b>05 February 2021</b>		Date of mailing of the international search report <b>23 February 2021</b>
Name and mailing address of the ISA/EP <b>European Patent Office p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk Netherlands</b> Telephone No. (+31-70)340-2040 Facsimile No. (+31-70)340-3016		Authorized officer <b>Salentiny, Gérard</b>  Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No.

**PCT/FR2020/052104**

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
EP	2998223	A1	23 March 2016	CA	2904475	A1	19 March 2016
				CN	105438481	A	30 March 2016
				EP	2998223	A1	23 March 2016
				EP	2998224	A1	23 March 2016
				EP	3444189	A1	20 February 2019
				US	2016083100	A1	24 March 2016
				US	2020010202	A1	09 January 2020
				US	2020070984	A1	05 March 2020
EP	3480113	A1	08 May 2019	EP	3480113	A1	08 May 2019
				US	2019135441	A1	09 May 2019
EP	3312091	A1	25 April 2018	EP	3312091	A1	25 April 2018
				US	2018111693	A1	26 April 2018

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2020/052104

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. B64D13/06 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) B64D		
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		
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	EP 2 998 223 A1 (AIRBUS OPERATIONS GMBH [DE]) 23 mars 2016 (2016-03-23) alinéas [0040] - [0062]; figures -----	1-14
A	EP 3 480 113 A1 (HAMILTON SUNDSTRAND CORP [US]) 8 mai 2019 (2019-05-08) alinéas [0025] - [0055]; figures -----	1-14
A	EP 3 312 091 A1 (HAMILTON SUNDSTRAND CORP [US]) 25 avril 2018 (2018-04-25) abrégé; figures -----	1,13
<input type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents <input checked="" type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe		
* 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  5 février 2021		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale  23/02/2021
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  Salentiny, Gérard

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2020/052104

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 2998223	A1	23-03-2016	CA 2904475 A1	19-03-2016
			CN 105438481 A	30-03-2016
			EP 2998223 A1	23-03-2016
			EP 2998224 A1	23-03-2016
			EP 3444189 A1	20-02-2019
			US 2016083100 A1	24-03-2016
			US 2020010202 A1	09-01-2020
			US 2020070984 A1	05-03-2020
-----				
EP 3480113	A1	08-05-2019	EP 3480113 A1	08-05-2019
			US 2019135441 A1	09-05-2019
-----				
EP 3312091	A1	25-04-2018	EP 3312091 A1	25-04-2018
			US 2018111693 A1	26-04-2018
-----				