



(51) Classification internationale des brevets :  
**B64D 13/06** (2006.01) **B01D 53/86** (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :  
PCT/EP2014/072046

(22) Date de dépôt international :  
14 octobre 2014 (14.10.2014)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :  
1359958 14 octobre 2013 (14.10.2013) FR

(71) Déposants : **LIEBHERR-AEROSPACE TOULOUSE SAS** [FR/FR]; 408 avenue Des Etats Unis, F-31200 Toulouse (FR). **CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE (C.N.R.S)** [FR/FR]; 3, rue Michel Ange, F-75016 Paris (FR). **UNIVERSITE PAUL SABATIER TOULOUSE III** [FR/FR]; 118, route de Narbonne, F-31062 Toulouse Cedex 9 (FR). **UNIVERSITE DE POITIERS** [FR/FR]; 15, rue de l'Hôtel-Dieu, F-86034 Poitiers Cedex (FR).

(72) Inventeurs : **ALPHONSE, Pierre**; 170 avenue de Castres, F-31500 Toulouse (FR). **BLETA, Rudina**; 32 rue Eugène

Bar, F-62300 Lens (FR). **LAVERGNE, David**; 382 chemin des bocages, F-31620 Bouloc (FR). **BARRAULT, Joel**; 29, La Brassaise, F-86240 Ligué (FR). **MACIUCA, Alina**; 1, rue Victor Schoelcher, F-86000 Poitiers (FR). **TATIBOUËT, Jean-Michel**; 31, rue des Genêts, F-86000 Poitiers (FR). **ROSSIGNOL, Claude**; 210 Chemin du Parquet, F-82710 Bressols (FR).

(74) Mandataires : **BLOT, Philippe** et al.; Lavoix, 2, place d'Estienne d'Orves, F-75009 Paris (FR).

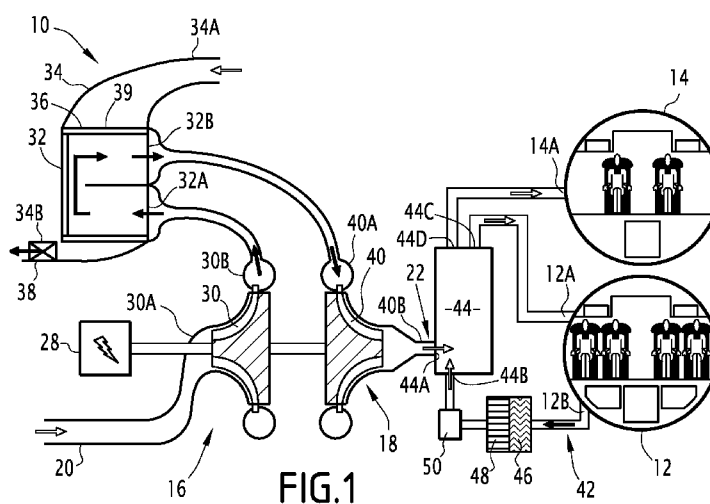
(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasién (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU,

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : SYSTEM FOR TREATING AIR, IN PARTICULAR AT A LOW TEMPERATURE, FOR AN AIRCRAFT

(54) Titre : SYSTÈME DE TRAITEMENT D'AIR, NOTAMMENT À BASSE TEMPÉRATURE, POUR UN AÉRONEF



(57) Abstract : The invention relates to a system (10) for treating air, comprising a first circuit (18) of air collected directly outside the aircraft, including: upstream, an inlet (20) for the intake of outside air; downstream, an outlet (22) for the flow of conditioned air toward a cabin (12); a compressor (30), including a compressor inlet (30A) connected downstream of the inlet for the intake of outside air (20), and a compressor outlet (30B); a cooling heat exchanger (32), including an exchanger inlet (32A) connected downstream of the compressor outlet (30B) and an exchanger outlet (32B); and a pressure release turbine (40) including a turbine inlet (40A) connected downstream of the exchanger outlet (32B), and a turbine outlet (40B) connected upstream of the outlet (22) for the flow of conditioned air. The heat exchanger (32) comprises a surface covered with a catalytic coating (39) suitable for reacting with the ozone of the collected air, in order to promote the removal of said ozone.

(57) Abrégé :

[Suite sur la page suivante]



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))

Système de traitement d'air, notamment à basse température, pour un aéronef Le système (10) de traitement d'air comportant un premier circuit (18) d'air prélevé directement à l'extérieur de l'aéronef, comprenant : - en amont, une entrée (20) d'admission d'air extérieur, - en aval, une sortie (22) d'un flux d'air conditionné vers une cabine (12), - un compresseur (30), comprenant une entrée de compresseur (30A) connectée en aval de l'entrée d'admission d'air extérieur (20), et une sortie de compresseur (30B), - un échangeur thermique de refroidissement (32), comprenant une entrée d'échangeur (32A) connectée en aval de la sortie de compresseur (30B), et une sortie d'échangeur (32B), et - une turbine de détente (40), comprenant une entrée de turbine (40A) connectée en aval de la sortie d'échangeur (32B), et une sortie de turbine (40B) connectée en amont de la sortie de flux d'air conditionné (22). L'échangeur thermique (32) comporte une surface recouverte d'un revêtement catalytique (39) propre à réagir avec l'ozone de l'air prélevé, pour favoriser l'élimination de cet ozone.

**Système de traitement d'air, notamment à basse température, pour un aéronef**

La présente invention concerne un système de traitement d'air à bord d'un aéronef. Un tel système a notamment pour but d'éliminer, au moins en partie, les agents contaminants susceptibles d'être présents dans l'air.

En particulier, dans un aéronef pressurisé, il est non seulement nécessaire de contrôler la température, la pression et l'humidité de l'air présent dans la cabine de passagers, mais également de s'assurer que cet air ne contient pas d'agents contaminants susceptibles de nuire à la sécurité et/ou à la santé des passagers, ou tout du moins que cet air n'en contient que dans des concentrations très faibles, c'est-à-dire inférieures à des seuils de tolérance prédéterminés. Ces agents contaminants sont par exemple l'ozone, ainsi que des composés organiques volatils (COV).

Il est à noter que l'ozone est un polluant extérieur à la cabine, présent notamment à de très hautes altitudes, plus particulièrement durant l'hiver et aux fortes latitudes.

Les COV quant à eux sont par exemple des polluants extérieurs, présents au sol et à très basses altitudes (notamment des gaz émis par les réacteurs et les groupes auxiliaires de puissance), ou des polluants internes à la cabine (par exemple provenant de matériaux présents dans la cabine, ou étant lié à la présence de passagers).

L'air présent dans ladite cabine de l'aéronef doit donc être traité, et au moins en partie renouvelé.

Habituellement, l'air introduit dans une cabine provient, d'une part, d'un recyclage de l'air de cette cabine, et d'autre part, d'un air prélevé provenant d'une source externe à la cabine, notamment de l'extérieur de l'aéronef.

De manière classique, l'air extérieur est prélevé au niveau des étages haute-pression des compresseurs des moteurs thermiques de propulsion de l'aéronef. Un tel système de prélèvement est dénommé en anglais "bleed system". Dans ce cas, la température élevée de l'air prélevé facilite l'élimination des agents contaminants tels que l'ozone et les COV.

Toutefois, dans certains aéronefs, on cherche à remplacer les systèmes de traitement d'air utilisant de l'air prélevé au niveau des moteurs de propulsion par des systèmes de traitement d'air sans prélèvement d'air sur les moteurs de propulsion. Un tel système de traitement d'air, dénommé en anglais "bleedless system" est doté d'un dispositif de conditionnement d'air et d'un moteur électrique dédié, permettant de comprimer de l'air provenant directement de l'extérieur de l'aéronef.

Un tel système de traitement d'air ne permet pas de bénéficier d'une température élevée de l'air prélevé, si bien que l'élimination des agents contaminants tels que l'ozone

et les COV doit être réalisée à des températures relativement basses, notamment plus basses que la température d'un air prélevé au niveau des moteurs de propulsion d'un aéronef.

Il est à noter que ces températures relativement basses peuvent varier en fonction des conditions de pression et de température extérieures associées aux différentes phases du vol.

Ainsi, on cherche à disposer d'un système de traitement d'air à bord d'un aéronef, pour lequel on n'effectue pas de prélèvement d'air sur les moteurs de propulsion de l'aéronef, et pour lequel le traitement des agents contaminants présents dans l'air à introduire en cabine est efficace.

La présente invention a notamment pour but de résoudre ce problème, en proposant un système de traitement d'air prélevé directement à l'extérieur de l'aéronef pour lequel l'élimination de l'ozone présent dans l'air prélevé est efficace, sans nécessiter d'air prélevé au niveau des moteurs de propulsion de l'aéronef.

A cet effet, l'invention a notamment pour objet un système de traitement d'air à bord d'un aéronef comprenant une cabine, notamment une cabine de passagers, ledit système étant du type « bleedless », c'est-à-dire qu'il est dépourvu de moyens prélèvement d'air sur des moteurs de propulsion de l'aéronef, et ledit système comportant un dispositif de conditionnement d'air destiné à fournir un flux d'air conditionné à la cabine, comportant un premier circuit d'air prélevé directement à l'extérieur de l'aéronef, ledit premier circuit d'air prélevé comprenant :

- le plus en amont, au moins une entrée d'admission d'air extérieur, provenant de l'extérieur de l'aéronef,

- le plus en aval, au moins une sortie d'un flux d'air conditionné, connectée de manière fluïdique à au moins une entrée d'alimentation en air de la cabine,

- un compresseur, comprenant une entrée de compresseur connectée de manière fluïdique en aval de l'entrée d'admission d'air extérieur, et une sortie de compresseur,

- un échangeur thermique de refroidissement, comprenant au moins une entrée d'échangeur connectée de manière fluïdique en aval de la sortie de compresseur, et une sortie d'échangeur,

- une turbine de détente, comprenant une entrée de turbine connectée de manière fluïdique en aval de la sortie d'échangeur, et une sortie de turbine connectée de manière fluïdique en amont de la sortie de flux d'air conditionné,

caractérisé en ce que l'échangeur thermique comporte une surface, comprise entre le compresseur et la turbine, recouverte d'un revêtement catalytique propre à réagir avec l'ozone de l'air prélevé, pour favoriser l'élimination de cet ozone.

Un agencement du revêtement catalytique dans l'échangeur thermique permet de traiter efficacement l'air prélevé, sans nécessiter de dispositif d'élimination d'ozone supplémentaire. Le revêtement catalytique est par exemple choisi pour réagir efficacement avec l'ozone de l'air prélevé à une température comprise entre 15 et 40°C.

5 Un système de traitement d'air selon l'invention peut comporter en outre une ou plusieurs caractéristiques suivantes, prises seule ou en combinaison uniquement envisageable.

- Le système de traitement d'air comprend des moyens pour réguler la température dans l'échangeur thermique, notamment pour l'amener à une température optimale d'efficacité du revêtement catalytique.

10 - L'échangeur thermique comporte un circuit de circulation d'air extérieur, s'étendant entre une entrée et une sortie d'air extérieur, et comprenant au moins une paroi d'échange thermique séparant de manière fluidique le circuit de circulation d'air extérieur et ledit premier circuit d'air prélevé, chaque paroi étant conductrice de chaleur  
15 pour assurer un bon échange thermique entre l'air prélevé et l'air extérieur, les moyens pour réguler la température dans l'échangeur thermique comportant de préférence une vanne, agencée dans le circuit de circulation d'air extérieur, pour la régulation du débit d'air extérieur circulant dans ce circuit de circulation.

- Le revêtement catalytique est mésoporeux, de surface spécifique supérieure à  
20 300 m<sup>2</sup>/g, de préférence supérieure à 400 m<sup>2</sup>/g.

- Le revêtement catalytique comprend un oxyde support de type Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ou TiO<sub>2</sub> sur lequel sont déposés un ou plusieurs éléments actifs choisis parmi Mn, Pd, Pt, Au, Cu, Rh, Ag, et leurs mélanges.

- Le dispositif de conditionnement d'air comporte un deuxième circuit d'air recyclé  
25 provenant d'une sortie d'évacuation de l'air de la cabine, et une chambre de mélange, comprenant une première entrée connectée de manière fluidique à ladite sortie d'air conditionné, une seconde entrée connectée de manière fluidique au deuxième circuit d'air, et une sortie connectée de manière fluidique à l'entrée d'alimentation de la cabine.

- Le second circuit comporte un filtre à air, agencé entre la sortie d'évacuation de  
30 la cabine et la seconde entrée de la chambre de mélange.

- Le second circuit comporte un dispositif de traitement catalytique pour l'élimination de composants organiques volatils, agencé entre la sortie d'évacuation de la cabine et la seconde entrée de la chambre de mélange, comprenant de préférence un ozoneur.

35 - Le premier circuit d'air prélevé comporte une branche de déviation, s'étendant en parallèle de l'échangeur thermique, depuis l'amont de l'entrée d'échangeur jusqu'à l'aval

de la sortie d'échangeur, de manière à court-circuiter l'échangeur thermique, et une vanne à trois voies, dont une première voie est connectée de manière fluide à l'aval de la sortie de compresseur, une deuxième voie est connectée de manière fluide à l'entrée de l'échangeur, et une troisième voie est connectée de manière fluide à ladite branche de déviation.

- Le premier circuit d'air prélevé comporte un circuit de refroidissement, comprenant la turbine de détente, et s'étendant entre l'aval de la sortie d'échangeur et la sortie de flux d'air conditionné, et une branche de court-circuit du circuit de refroidissement, s'étendant en parallèle de ce circuit de refroidissement entre l'aval de la sortie d'échangeur et la sortie de flux d'air conditionné, ladite branche de court-circuit comportant une vanne destinée à réguler le passage d'air prélevé à travers cette branche de court-circuit.

- Ladite vanne est propre à s'ouvrir lorsque l'altitude du système dépasse une valeur prédéterminée.

- Le revêtement catalytique recouvrant la surface de l'échangeur thermique est propre à réagir avec l'ozone de l'air prélevé sous une température comprise entre 10°C et 250°C, de préférence entre 10°C et 100°C, notamment entre 20°C et 60°C, et par exemple entre 15°C et 40°C.

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui va suivre, donnée uniquement à titre d'exemple et faite en se référant aux figures annexées parmi lesquelles :

- la figure 1 représente schématiquement un système de traitement d'air selon un premier exemple de mode de réalisation de l'invention ;

- la figure 2 représente schématiquement un système de traitement d'air selon un deuxième exemple de mode de réalisation de l'invention.

On a représenté, sur la figure 1, un système 10 de traitement d'air à bord d'un aéronef, destiné à équiper un aéronef comprenant au moins une cabine, notamment une cabine de passagers 12 et une cabine de pilotage 14.

Le système de traitement d'air 10 comporte un dispositif 16 de conditionnement d'air destiné à fournir un flux d'air conditionné, à la cabine de passagers 12 et à la cabine de pilotage 14. Ce dispositif de conditionnement d'air 16 est destiné à conditionner l'air en termes de température, de pression et de concentration maximale d'ozone et de composants organiques volatils, pour le maintien de la sécurité et du confort des passagers.

Le dispositif de conditionnement d'air 16 comporte un premier circuit 18 d'air prélevé directement à l'extérieur de l'aéronef.

Ce premier circuit d'air prélevé s'étend entre, le plus en amont, au moins une entrée 20 d'admission d'air extérieur, provenant de l'extérieur de l'aéronef, jusqu'à, le plus en aval, au moins une sortie d'un flux d'air conditionné 22. Cette sortie de flux d'air conditionné 22 est destinée à être connectée de manière fluidique à au moins une entrée 12A d'alimentation de la cabine de passagers 12 et avantageusement également à une entrée 14A d'alimentation en air de la cabine de pilotage 14.

Le premier circuit d'air prélevé 18 comporte par ailleurs un moteur électrique 28, et un compresseur 30 couplé à ce moteur électrique 28. Ce compresseur 30 comprend une entrée 30A de compresseur, connectée de manière fluidique en aval de ladite entrée d'admission d'air extérieur 20, et une sortie de compresseur 30B. Ainsi, lorsque le compresseur 30 est entraîné par le moteur électrique 28, il aspire de l'air extérieur à travers l'entrée d'admission 20, puis propulse cet air à travers sa sortie de compresseur 30B.

Le premier circuit d'air prélevé 18 comporte ensuite un échangeur thermique 32 de refroidissement, comprenant au moins une entrée d'échangeur 32A connectée de manière fluidique en aval de la sortie de compresseur 30B, et une sortie d'échangeur 32B. Ainsi, l'air prélevé qui est propulsé par le compresseur 30 circule dans cet échangeur thermique 32 depuis l'entrée d'échangeur 32A jusqu'à la sortie d'échangeur 32B.

L'échangeur thermique 32 comporte par ailleurs un circuit de circulation d'air extérieur 34, s'étendant entre une entrée 34A et une sortie 34B d'air extérieur. L'échangeur thermique 32 comporte en outre au moins une paroi d'échange thermique 36 séparant le circuit de circulation d'air extérieur 34 et le premier circuit d'air prélevé 18. Chaque paroi d'échange thermique 36 est conductrice de chaleur, afin d'assurer un bon échange thermique entre l'air prélevé circulant entre l'entrée 32A et la sortie 32B de l'échangeur 32, et l'air extérieur circulant dans le circuit de circulation 34. L'air extérieur étant généralement relativement froid, notamment à haute altitude, l'échangeur thermique 32 permet de refroidir l'air prélevé qui a été réchauffé dans le compresseur 30.

Avantageusement, le circuit de circulation d'air extérieur 34 comporte au moins une vanne 38 de régulation du débit d'air extérieur circulant dans ce circuit de circulation 34. La régulation du débit d'air extérieur, grâce à cette vanne de régulation 38, permet de réguler la quantité et la vitesse d'air frais venant en contact des parois d'échange thermique 36, pour amener la température de l'air prélevé circulant dans l'échangeur thermique 32 à une température optimale, par exemple comprise entre 10 et 250°C, plus particulièrement entre 10°C et 100°C, notamment entre 20 et 60°C, ou entre 15 et 40°C.

Afin d'éliminer l'ozone de l'air prélevé circulant dans le premier circuit 18, l'échangeur thermique 32 comporte au moins une surface, notamment la surface de l'une

des parois d'échange thermique 36, recouverte d'un revêtement catalytique 39 propre à réagir avec l'ozone de l'air prélevé, notamment sous une température comprise entre 15 et 40°C, pour favoriser l'élimination de cet ozone. Le choix d'un revêtement catalytique optimisé pour des températures comprises entre 15 et 40°C permet d'éliminer de manière efficace l'ozone à basse température, notamment à haute altitude, et plus particulièrement les jours froids.

Le revêtement catalytique 39 est mésoporeux, et présente une surface spécifique supérieure à 300 m<sup>2</sup>/g, de préférence supérieure à 400 m<sup>2</sup>/g. Ce revêtement catalytique 39 sera décrit ultérieurement plus en détail, notamment le choix et la réalisation du revêtement catalytique optimal.

Le premier circuit d'air prélevé 18 comporte par ailleurs une turbine de détente 40, comprenant une entrée de turbine 40A, connectée de manière fluide en aval de la sortie 32B d'échangeur, et une sortie de turbine 40B, connectée de manière fluide en amont de la sortie de flux d'air conditionné 22, ou formant la sortie de flux d'air conditionné 22.

La turbine 40 permet de détendre l'air prélevé, pour ainsi réduire sa température, et l'amener à une pression adaptée pour l'introduction de cet air en cabine.

Avantageusement, le dispositif de conditionnement d'air 16 comporte par ailleurs un deuxième circuit 42 d'air recyclé provenant d'une sortie 12B d'évacuation de l'air de la cabine de passagers 12.

Ce deuxième circuit d'air recyclé 42, ainsi que la sortie de flux d'air conditionné 22, débouchent sur une chambre de mélange 44. Plus particulièrement, la chambre de mélange 44 comprend une première entrée 44A connectée de manière fluide à la sortie d'air conditionné 22, une seconde entrée 44B connectée de manière fluide en aval de la sortie d'évacuation d'air 12B, et une première sortie 44C connectée de manière fluide à l'entrée d'alimentation 12A de la cabine de passagers 12. Avantageusement, la chambre de mélange 44 comporte également une seconde sortie 44D connectée de manière fluide à l'entrée d'alimentation 14A de la cabine de pilotage 14.

L'air provenant du premier circuit d'air prélevé 18 est ainsi mélangé à l'air issu du deuxième circuit d'air recyclé 42 dans cette chambre de mélange 44, avant d'être réinjecté dans les cabines 12, 14.

On notera que chacune des entrées 44A, 44B et sorties 44C, 44D de la chambre de mélange 44 est optionnellement pourvue d'une vanne de régulation, permettant d'une part de réguler la proportion d'air provenant du premier circuit 18 et la proportion d'air provenant du second circuit 42, et d'autre part de réguler la proportion d'air fourni à la cabine de passagers 12 et la proportion d'air fourni à la cabine de pilotage 14.

Avantageusement, le second circuit 42 comporte un filtre à air 46, par exemple de type HEPA (acronyme anglais pour "High Efficiency Particulate Air"), de type classique, permettant de filtrer les particules comprises dans l'air provenant de la cabine 12.

Le second circuit 42 comporte également de préférence un dispositif de traitement catalytique 48 pour le traitement de composants organiques volatils et de l'ozone, agencé entre la sortie d'évacuation 12B de la cabine de passagers et la seconde entrée 44B de la chambre de mélange 44. Ce dispositif de traitement catalytique 48 comporte de préférence un ozoneur, permettant d'établir une concentration d'ozone à un niveau optimal pour l'élimination des composants organiques volatils.

Par ailleurs, le dispositif de traitement catalytique 48 comporte également avantageusement des moyens de traitement catalytique des agents contaminants éventuellement présents dans le flux d'air provenant de la cabine de passagers 12. Ce dispositif de traitement catalytique 48 comprend par exemple un catalyseur du même type que celui déposé dans l'échangeur thermique 32, destiné à éliminer les COV et l'ozone.

Le second circuit 42 comporte enfin un dispositif de ventilation 50, permettant la circulation de l'air recyclé dans ce second circuit 42.

On a représenté, sur la figure 2, un système de traitement d'air selon un deuxième exemple de mode de réalisation de l'invention. Sur cette figure, les éléments analogues à ceux de la figure précédente sont désignés par des références identiques.

Sur cette figure 2, on n'a représenté que le premier circuit 18, le second circuit 42 étant identique à celui décrit précédemment.

Conformément à ce deuxième mode de réalisation, l'entrée d'air extérieur 20 et l'entrée d'air extérieur 34A sont alimentées par une entrée d'air commune 52, avantageusement munie d'un filtre 54 empêchant l'admission de débris dans le système.

En plus d'un premier compresseur 30, similaire à celui décrit pour le premier mode de réalisation, le premier circuit 18 comporte de manière optionnelle un second compresseur 300, couplé à un second moteur électrique 280. Ce second compresseur 300 comprend une entrée de compresseur connectée de manière fluide en aval de l'entrée d'air commune 52, et une sortie de compresseur raccordée de manière fluide à une branche de sortie 55, à laquelle est également reliée la sortie du premier compresseur 30.

Cette branche de sortie commune 55 comporte, de manière optionnelle, un dispositif d'élimination d'ozone 56, comprenant des ailettes présentant des surfaces d'échanges revêtues d'un revêtement catalytique propre à réagir avec l'ozone pour favoriser l'élimination de cet ozone. Ce revêtement catalytique est par exemple du même type que celui disposé dans l'échangeur thermique 32.

Cette branche de sortie 55 est ensuite connectée de manière fluidique à l'échangeur thermique 32.

Le premier circuit d'air prélevé 18 comporte une branche de déviation 58, s'étendant en parallèle de l'échangeur thermique 32, depuis l'amont de l'entrée d'échangeur 32A jusqu'à l'aval de la sortie d'échangeur 32B, de manière à court-circuiter l'échangeur thermique 32.

Une vanne à trois voies 60 est connectée à cette branche de déviation 58, présentant une première voie connectée de manière fluidique à l'aval de chaque sortie de compresseur 30, 300, notamment à la branche commune 55, une deuxième voie connectée de manière fluidique à l'entrée d'échangeur 32A, et une troisième voie connectée de manière fluidique à ladite branche de déviation 58. Cette vanne à trois voies 60 et cette branche de déviation 58 permettent de gérer le débit d'air prélevé passant par l'échangeur thermique 32, et ainsi maîtriser la température de l'air prélevé. Ainsi, une partie, la totalité, ou aucun air prélevé circule à travers l'échangeur thermique 32.

Par exemple, lorsque l'aéronef est au sol, là où l'air prélevé ne comporte pas d'ozone, on peut choisir de court-circuiter l'échangeur thermique 32.

Le premier circuit d'air prélevé 18 comporte, par ailleurs, un circuit de refroidissement 62, comprenant la turbine de détente 40, s'étendant entre l'aval de la sortie d'échangeur 32B et la sortie de flux d'air conditionné 22.

Ce circuit de refroidissement 62 est destiné à être principalement utilisé au sol ou à basse altitude, pour refroidir l'air circulant dans le premier circuit 18, notamment en détendant cet air à l'aide de la turbine de détente 40. Ce circuit de refroidissement comporte également de préférence un condenseur 64 et un extracteur d'eau 66, permettant d'extraire l'eau de l'air, et ainsi d'injecter de l'air sec à la sortie du flux d'air conditionné 22.

Le premier circuit d'air conditionné 18 comporte enfin une branche 68 de court-circuit du circuit de refroidissement 62, s'étendant en parallèle de ce circuit de refroidissement 62 entre l'aval de la sortie d'échangeur 32B et la sortie de flux d'air conditionné 22. Cette branche de court-circuit 68 comporte une vanne 70 destinée à réguler le passage d'air prélevé à travers cette branche de court-circuit 68. Plus particulièrement, cette vanne 70 est propre à s'ouvrir lorsque l'altitude du système, c'est-à-dire l'altitude de l'aéronef, dépasse une valeur prédéterminée. En effet, à haute altitude, l'air extérieur étant particulièrement froid, il n'est pas utile de passer par le circuit de refroidissement 62 pour refroidir encore l'air prélevé.

Il apparaît que le système de traitement d'air selon le deuxième exemple de mode de réalisation permet de gérer efficacement les flux d'air en fonction de l'altitude de

l'aéronef. Il permet également une gestion efficace de la température de l'air circulant dans le premier circuit 18, notamment à l'aide des vannes 38, 60 et 70.

On décrira maintenant ci-dessous le revêtement catalytique disposé notamment dans l'échangeur thermique 32, et de manière optionnelle dans le dispositif de traitement catalytique 48 ou le dispositif de traitement 56.

Le revêtement catalytique déposé à la surface de l'échangeur thermique de refroidissement permet l'abattement de l'ozone à des températures comprises entre 15° et 40°C.

Ledit revêtement présente une structure mésoporeuse de surface spécifique supérieure à 300 m<sup>2</sup>/g, notamment supérieure à 400 m<sup>2</sup>/g.

Le revêtement comprend un ou plusieurs élément(s) actif(s) déposé(s) sur un oxyde support.

L'oxyde support est généralement constitué de nanoparticules de diamètre moyen compris entre 10 et 100 nm.

Ledit oxyde support est notamment choisi parmi les oxydes d'aluminium et de titane. On peut notamment citer à titre d'oxyde support Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> et TiO<sub>2</sub>, plus particulièrement Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

Les agents actifs peuvent être choisis notamment parmi les éléments suivants : Mn, Pd, Pt, Au, Cu, Rh, Ag, et leurs mélanges. Généralement, pour la phase active, on préfère les éléments choisis parmi Mn, Pd, Cu et leurs mélanges.

Les agents actifs peuvent être notamment présents sous forme de leurs précurseurs, ou hydrates de ces précurseurs, tels que Pd(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O, Mn(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>.4H<sub>2</sub>O, Cu(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>.3H<sub>2</sub>O, HAuCl<sub>4</sub> par exemple.

Généralement, ledit catalyseur présente une porosité supérieure à 60%, notamment 80% avec des mésopores de taille supérieure à 5 nm, voire supérieure à 10 nm.

L'activité catalytique remarquable de ces matériaux résulte de cette très grande surface spécifique d'échange, permettant une bonne dispersion des éléments actifs et un accès aisé aux réactifs polluants, notamment l'ozone.

Ainsi, des taux de conversion de l'ozone supérieurs à 70%, notamment supérieurs à 80%, plus particulièrement proches de 100% sont atteints avec des temps de séjour extrêmement faibles pouvant être inférieurs à 10<sup>-3</sup> secondes, notamment inférieurs à 5.10<sup>-4</sup> seconde.

A titre illustratif, on peut notamment citer les catalyseurs suivants :

Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + 10% massique de Mn

Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + 5% massique de Mn + 1% massique de Pd

$\text{Al}_2\text{O}_3$  + 5% massique de Mn + 1% massique de Cu

$\text{Al}_2\text{O}_3$  + 1% massique de Au

$\text{Al}_2\text{O}_3$  + 5% massique de Mn + 1% massique de Au

$\text{TiO}_2$  + 10% massique de Mn

5  $\text{TiO}_2$  + 2% massique de Mn + 1% massique de Pd

$\text{TiO}_2$  + 2% massique de Mn + 1% massique de Cu

$\text{TiO}_2$  + 5% massique de Mn + 1% massique de Pd

$\text{TiO}_2$  + 5% massique de Mn + 1% massique de Au

10 Les catalyseurs selon l'invention peuvent être déposés sur la surface de l'échangeur par imprégnation, plus particulièrement par voie sol-gel.

Le procédé sol-gel consiste à préparer une solution colloïdale (sol) stable de nanoparticules en milieu aqueux qui est ensuite déposée sur les substrats métalliques constituant les échangeurs thermiques par trempage-retrait (dip-coating).

15 La solution colloïdale contient un précurseur de l'oxyde support et des éléments actifs ; généralement, la solution colloïdale contient en outre un agent structurant.

A titre de précurseur de l'oxyde support, on peut notamment citer pour le précurseur de l'alumine le tri-sec-butoxyde d'aluminium  $\text{Al}[\text{OC}(\text{CH}_3)_3]_3$ . L'alumine peut notamment être obtenue par le procédé Yoldas (Yoldas et al., Journal of Materials Science, 10 (1975) 1856-1860).

20 L'agent structurant permet d'augmenter la surface spécifique et la porosité des matériaux. La présence d'un agent structurant est recommandée pour obtenir un matériau mésoporeux structuré (Alexandridis et al., Current opinion in colloid and interface science 1996, 1 :490-501).

25 Selon un mode de réalisation, l'agent structurant est un tensioactif non ionique, notamment un copolymère tribloc, tel qu'un poloxamer, notamment de formule  $\text{PEO}_n\text{-PPO}_m\text{-PEO}_n$ , où PEO représente un bloc polyéthylèneoxyde, PPO représente un bloc polypropylèneoxyde, et m et n sont 2 entiers identiques ou différents représentant le nombre d'unités PO et EO.

30 Les chaînes PEO constituent les parties hydrophiles et la chaîne PPO la partie hydrophobe. Les composés de type poloxamer sont capables de s'auto-organiser à partir d'une certaine concentration, appelée « concentration micellaire critique » (CMC) pour former des micelles. Les nombreux groupements hydroxyles présents à la surface des nanoparticules de la solution colloïdale vont créer des liaisons hydrogène avec les atomes d'oxygène du copolymère. Lors de la formation du gel (séchage), les nanoparticules vont  
35 donc être structurées par le copolymère (Bleta et al., Journal of Colloid and Interface Science, 367 (2012) 120-128). Un traitement thermique approprié permet d'éliminer le

copolymère sans détruire la structure des nanoparticules et conduit à l'obtention d'un matériau fortement mésoporeux, dont la surface spécifique, le volume poreux et le diamètre des pores peuvent être contrôlés par le rapport molaire EO/Al.

A titre de poloxamer, on peut notamment citer le Pluronic F127 (aussi dénommé poloxamer 47 tel que  $n=100$  et  $m=69$ , Alexandridis et al., *Macromolecules*, 27 (1994) 2414-2425)) ou encore le Pluronic P123 ( $n=19$  et  $m=69$ ).

Ces composés sont commercialisés par BASF.

Généralement, l'agent structurant induit par auto-organisation des nanoparticules lors de la transformation en gel, la création d'un réseau mésoporeux conférant au revêtement une très grande surface spécifique.

La capacité des catalyseurs à décomposer l'ozone permet également d'améliorer l'élimination des COV à basse température.

Ainsi, avantageusement, lesdits catalyseurs peuvent également être intégrés dans un dispositif de traitement catalytique incluant un ozoneur qui permet d'éliminer à la fois l'ozone et les composés organiques de l'air.

Ainsi, selon un mode de réalisation, le traitement catalytique des COV dans le dispositif de traitement catalytique 48 peut être réalisé en présence d'une concentration d'ozone pour favoriser l'élimination des COV. Ledit procédé de traitement permet donc par le traitement catalytique de l'air en présence d'une telle concentration d'ozone d'éliminer, notamment à basse température, les COV, notamment à des températures correspondant aux températures de l'air pouvant être introduit dans la cabine. Il est à noter que le catalyseur présent dans le dispositif de traitement catalytique 48 peut permettre, suite à l'élimination des COV, de réduire le taux d'ozone à un niveau inférieur à la limite tolérée en cabine.

Les catalyseurs selon l'invention peuvent être préparés par le procédé suivant. Généralement, ledit procédé comprend la préparation de revêtements catalytiques par le procédé sol-gel. Ledit procédé comprend la préparation d'une solution colloïdale comprenant des nanoparticules d'oxyde support, le ou les éléments actifs et un agent structurant.

La solution colloïdale de nanoparticules d'oxyde support peut être préparée comme suit.

Pour l'alumine, des sols de boehmite  $\text{AlO}(\text{OH})$  sont préparés. Ces sols de boehmite peuvent être préparés par la méthode Yoldas à partir de tri-sec-butoxyde d'aluminium (ABS) ou à partir de la Disperal P2® fabriquée par la société Sasol. Bien entendu, tout autre type d'alumine adaptée est envisageable.

Le procédé comprend l'étape d'addition de l'agent structurant dans le sol de boehmite ainsi préparé. Le procédé comprend également l'addition des éléments actifs, par ajout de précurseurs desdits éléments, notamment sous la forme de nitrates.

Les ajouts sont effectués sous agitation.

5 Le dépôt des revêtements catalytiques selon l'invention sur le substrat métallique constituant l'échangeur thermique est ensuite réalisé par dip-coating (trempage-retrait) dudit substrat dans la solution colloïdale ainsi formée.

Pour obtenir un bon accrochage du revêtement, la surface du substrat est préalablement traitée. Ladite étape de traitement comporte notamment une étape de  
10 nettoyage pour enlever les contaminants (graisse, huile, etc.) suivie d'une étape de décapage dont l'objectif est de rendre la surface hydrophile et éventuellement d'accroître la rugosité. En effet, le mécanisme principal d'adhésion est l'accrochage mécanique des particules en suspension dans le liquide au sommet des irrégularités de la surface du substrat. Il est donc préférable que la surface soit suffisamment rugueuse. La rugosité du  
15 substrat peut aussi être augmentée en appliquant un traitement thermique d'oxydation.

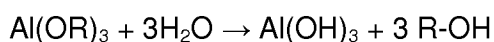
Un exemple illustratif et non limitatif de préparation de revêtements catalytiques selon l'invention est décrit ci-après.

## 20 Mode opératoire

### 1. Préparation des sols de boehmite $\text{AlO}(\text{OH})$

#### *1.1 Synthèse par voie sol-gel selon le procédé Yoldas*

25 La synthèse des sols selon le procédé Yoldas [Yoldas et al., Journal of Materials Science, 10 (1975) 1856-1860] consiste à réaliser une hydrolyse totale et très rapide d'un alcoxyde d'aluminium. Pour cela l'hydrolyse est effectuée à chaud ( $85^\circ\text{C}$ ) et dans un grand excès d'eau :



30 Le pH étant proche de la neutralité, à  $85^\circ\text{C}$ ,  $\text{Al}(\text{OH})_3$  amorphe cristallise progressivement pour donner  $\text{AlO}(\text{OH})$  :



L'hydrolyse est suivie par une peptisation par un acide réalisant une protonation des particules colloïdales, induisant leur dispersion (phénomène de répulsion dû aux  
35 charges de surface) et la formation d'un sol clair et très stable.

L'alcoxyde d'aluminium utilisé est le tri-sec-butoxyde d'aluminium  $\text{Al}[\text{OC}(\text{CH}_3)_3]_3$  (MM=246,33 g/mol; d=0,96 g/mL). L'acide nitrique ( $\text{HNO}_3$  68% ; MM=63,01 g/mol d=1,4 g/mL) a été choisi pour la peptisation.

Dans un erlenmeyer de 250 mL, 185 mL d'eau chaude à 85°C sont mélangés avec 25,3 g de ASB (0,1 mole) ( $\text{H}_2\text{O}/\text{Al}=100$ ). Le mélange est maintenu sous agitation à 85°C pendant 15 min.

L'hydroxyde précipité est ensuite peptisé par addition goutte à goutte de 0,474 mL (0,007 mole) d'acide nitrique ( $\text{HNO}_3/\text{Al}=0,07$ ). Le mélange réactionnel est maintenu sous agitation à 85°C pendant 24 heures jusqu'à la formation d'un sol transparent stable.

### **1.2 Préparation d'une dispersion aqueuse de boehmite à partir de la Disperal P2**

Alternativement à la méthode Yoldas ci-dessus, il est possible de préparer un sol de boehmite à partir d'une poudre commerciale, dispersable en milieu aqueux, à température ambiante, par exemple la Disperal P2® fabriquée par la société Sasol (<http://www.sasolgermany.de/49.html>).

Une masse de poudre, calculée en fonction de la concentration en aluminium visée, est introduite dans de l'eau acidifiée de préférence à un pH 4 (selon la fiche technique diffusée par le fabricant la dispersion est maximale et la viscosité minimale pour ce pH) et laissée sous agitation durant 12 h. Ensuite, cette dispersion est filtrée pour éliminer les particules non dispersées. Ce procédé permet de maîtriser aisément la concentration, de synthétiser très rapidement de grosses quantités de sol.

## **2 Addition de l'agent structurant**

L'agent structurant est ajouté directement dans le sol, lequel est ensuite placé sous agitation modérée jusqu'à dissolution totale. Pour atteindre l'équilibre d'adsorption/désorption de l'agent structurant à la surface des particules de boehmite le sol est ensuite maintenu encore sous agitation lente pendant 24h.

## **3 Addition des éléments actifs (Mn, Cu, Pd)**

Les précurseurs du Mn, du Cu et du Pd sont les nitrates, respectivement  $\text{Mn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  et  $\text{Pd}(\text{NO}_3)_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ . On introduit d'abord le nitrate de Mn dans le sol, lequel est placé sous agitation modérée jusqu'à dissolution totale. On introduit ensuite le nitrate de Cu et/ou le nitrate de Pd et on agite de nouveau jusqu'à dissolution complète.

#### 4. Procédé de dépôt

Généralement, la surface du substrat est préalablement activée. L'activation de la surface a été effectuée en trois étapes :

- dégraissage à l'acétone
- décapage de la couche d'oxyde superficiel
- traitement thermique d'oxydation sous air pour faire croître une nouvelle couche d'oxyde

Le traitement thermique a été effectué selon le programme suivant: 20-400°C à 5°C/min suivi d'un palier de 1h à 400°C.

Le substrat ayant subi le traitement d'activation de la surface est plongé dans les suspensions colloïdales et laissé immergé pendant 1 min. Puis il est retourné et immergé de nouveau. Ensuite il est retiré puis l'excès de sol restant piégé dans les canaux par capillarité est éliminé en soufflant avec un flux d'air comprimé. Puis il est laissé sécher à température ambiante, à l'abri de la poussière. Finalement on applique un traitement thermique (à 500°C pendant 4h) pour détruire le copolymère et transformer la boehmite en alumine. Un gradient de 1°C/min est appliqué pour la montée en température tandis que le retour à la température ambiante se fait naturellement.

On notera que la présente invention n'est pas limitée aux modes de réalisation précédemment décrits, mais pourrait présenter diverses variantes sans sortir du cadre des revendications.

REVENDICATIONS

1. Système (10) de traitement d'air à bord d'un aéronef comprenant une cabine, notamment une cabine de passagers (12), ledit système (10) étant dépourvu de moyens  
5 prélèvement d'air sur des moteurs de propulsion de l'aéronef, et ledit système (10) comportant un dispositif de conditionnement d'air (16) destiné à fournir un flux d'air conditionné à la cabine (12), comportant un premier circuit (18) d'air prélevé directement à l'extérieur de l'aéronef, ledit premier circuit d'air prélevé (18) comprenant :

- le plus en amont, au moins une entrée (20) d'admission d'air extérieur, provenant  
10 de l'extérieur de l'aéronef,

- le plus en aval, au moins une sortie (22) d'un flux d'air conditionné, connectée de manière fluïdique à au moins une entrée (12A) d'alimentation en air de la cabine (12),

- un compresseur (30), comprenant une entrée de compresseur (30A) connectée de manière fluïdique en aval de l'entrée d'admission d'air extérieur (20), et une sortie de  
15 compresseur (30B),

- un échangeur thermique de refroidissement (32), comprenant au moins une entrée d'échangeur (32A) connectée de manière fluïdique en aval de la sortie de compresseur (30B), et une sortie d'échangeur (32B),

- une turbine de détente (40), comprenant une entrée de turbine (40A) connectée  
20 de manière fluïdique en aval de la sortie d'échangeur (32B), et une sortie de turbine (40B) connectée de manière fluïdique en amont de la sortie de flux d'air conditionné (22), caractérisé en ce que l'échangeur thermique (32) comporte une surface, comprise entre le compresseur et la turbine, recouverte d'un revêtement catalytique (39) propre à réagir avec l'ozone de l'air prélevé, pour favoriser l'élimination de cet ozone.

2. Système de traitement d'air (10) selon la revendication 1, comprenant des  
25 moyens pour réguler la température dans l'échangeur thermique (32), notamment pour l'amener à une température optimale d'efficacité du revêtement catalytique.

3. Système de traitement d'air (10) selon la revendication 2, dans lequel l'échangeur thermique (32) comporte un circuit de circulation d'air extérieur (34),  
30 s'étendant entre une entrée (34A) et une sortie (34B) d'air extérieur, et comprenant au moins une paroi d'échange thermique (36) séparant de manière fluïdique le circuit de circulation d'air extérieur (34) et ledit premier circuit d'air prélevé (18), chaque paroi (36) étant conductrice de chaleur pour assurer un bon échange thermique entre l'air prélevé et l'air extérieur, les moyens pour réguler la température dans l'échangeur thermique (32)  
35 comportant de préférence une vanne (38), agencée dans le circuit de circulation d'air

extérieur (34), pour la régulation du débit d'air extérieur circulant dans ce circuit de circulation (34).

4. Système de traitement d'air (10) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le revêtement catalytique (39) est mésoporeux, de surface  
5 spécifique supérieure à 300 m<sup>2</sup>/g, de préférence supérieure à 400 m<sup>2</sup>/g.

5. Système de traitement d'air (10) selon la revendication 4, dans lequel le revêtement catalytique (39) comprend un oxyde support de type Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ou TiO<sub>2</sub> sur lequel sont déposés un ou plusieurs éléments actifs choisis parmi Mn, Pd, Pt, Au, Cu, Rh, Ag, et leurs mélanges.

10 6. Système de traitement d'air (10) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le dispositif de conditionnement d'air (16) comporte un deuxième circuit (42) d'air recyclé provenant d'une sortie (12B) d'évacuation de l'air de la cabine (12), et une chambre de mélange (44), comprenant une première entrée (44A) connectée de manière fluidique à ladite sortie d'air conditionné (22), une seconde entrée  
15 (44B) connectée de manière fluidique au deuxième circuit d'air (42), et une sortie (44C) connectée de manière fluidique à l'entrée d'alimentation (12A) de la cabine (12).

7. Système de traitement d'air (10) selon la revendication 6, dans lequel le second circuit (42) comporte un filtre à air (46), agencé entre la sortie d'évacuation (12B) de la cabine (12) et la seconde entrée (44B) de la chambre de mélange (44).

20 8. Système de traitement d'air (10) selon la revendication 6 ou 7, dans lequel le second circuit (42) comporte un dispositif de traitement catalytique (48) pour l'élimination de composants organiques volatils et d'ozone, agencé entre la sortie d'évacuation (12B) de la cabine (12) et la seconde entrée (44B) de la chambre de mélange (44), comprenant de préférence un ozoneur.

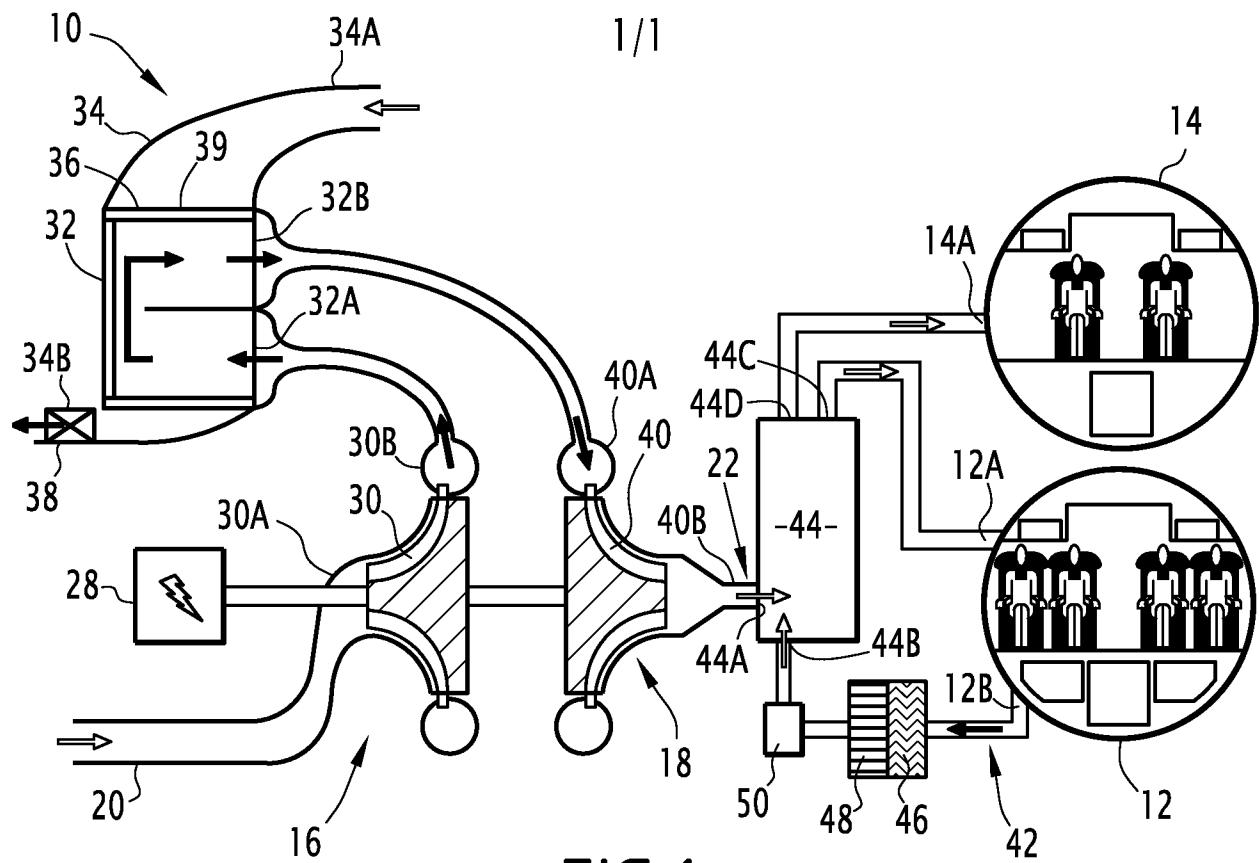
25 9. Système de traitement d'air (10) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le premier circuit d'air prélevé (18) comporte une branche de déviation (58), s'étendant en parallèle de l'échangeur thermique (32), depuis l'amont de l'entrée d'échangeur (32A) jusqu'à l'aval de la sortie d'échangeur (32B), de manière à court-circuiter l'échangeur thermique (32), et une vanne à trois voies (60), dont une  
30 première voie est connectée de manière fluidique à l'aval de la sortie de compresseur (30B), une deuxième voie est connectée de manière fluidique à l'entrée de l'échangeur (32A), et une troisième voie est connectée de manière fluidique à ladite branche de déviation (58).

10. Système de traitement d'air (10) selon l'une quelconque des revendications  
35 précédentes, dans lequel le premier circuit d'air prélevé (18) comporte un circuit de refroidissement (62), comprenant la turbine de détente (40), et s'étendant entre l'aval de

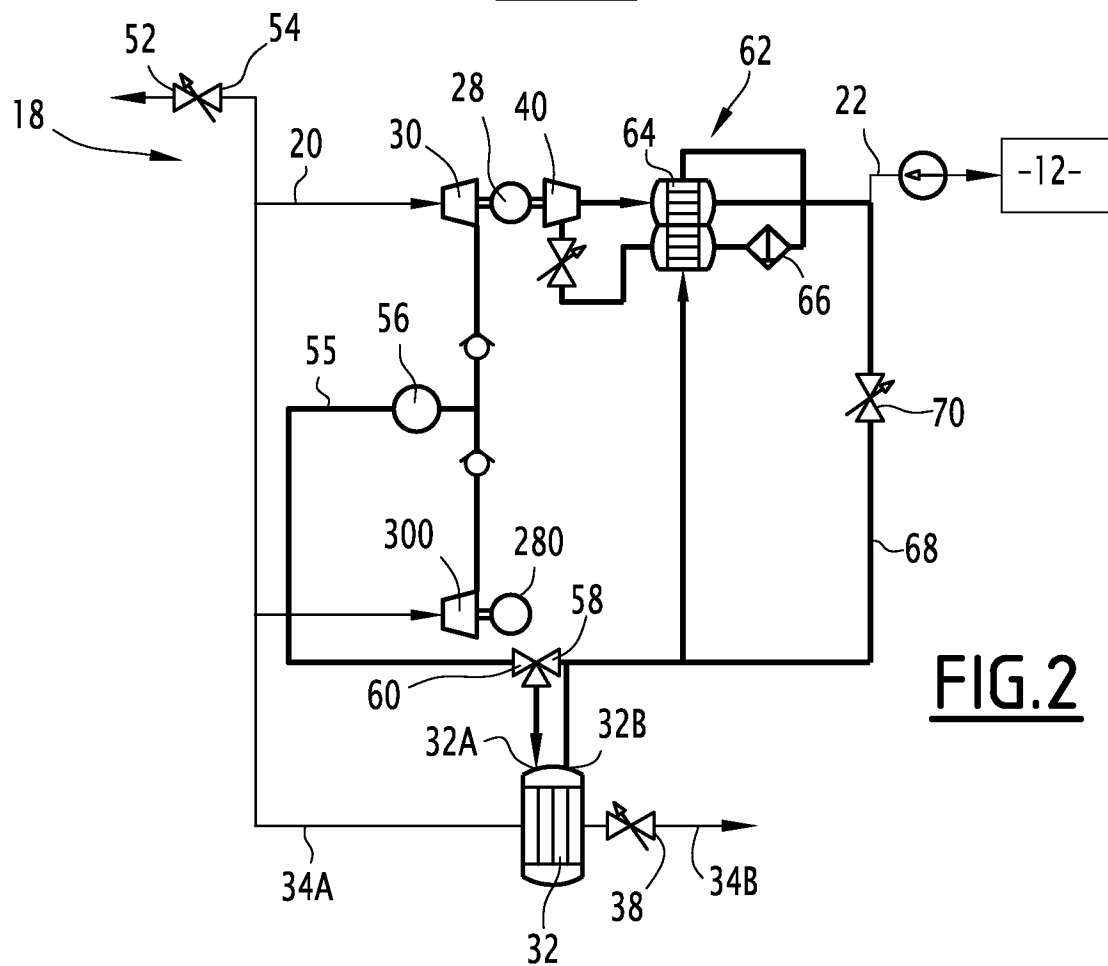
la sortie d'échangeur (32B) et la sortie de flux d'air conditionné (22), et une branche (68) de court-circuit du circuit de refroidissement (62), s'étendant en parallèle de ce circuit de refroidissement (62) entre l'aval de la sortie d'échangeur (32B) et la sortie de flux d'air conditionné (22), ladite branche de court-circuit (68) comportant une vanne (70) destinée à réguler le passage d'air prélevé à travers cette branche de court-circuit (68).

11. Système de traitement d'air (10) selon la revendication 10, dans lequel ladite vanne (70) est propre à s'ouvrir lorsque l'altitude du système dépasse une valeur prédéterminée.

12. Système de traitement d'air (10) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le revêtement catalytique (39) recouvrant la surface de l'échangeur thermique (32) est propre à réagir avec l'ozone de l'air prélevé sous une température comprise entre 10°C et 250°C, de préférence entre 10°C et 100°C, notamment entre 20°C et 60°C, et par exemple entre 15°C et 40°C.



**FIG.1**



**FIG.2**

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2014/072046

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
INV. B64D13/06 B01D53/86  
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
B64D B01D B01J

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                                         | Relevant to claim No. |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Y         | US 4 523 517 A (CRONIN MICHAEL J [US])<br>18 June 1985 (1985-06-18)<br>column 4, line 53 - column 5, line 56;<br>figures                                   | 1-12                  |
| Y         | -----<br>EP 0 186 477 A2 (GARRETT CORP [US])<br>2 July 1986 (1986-07-02)<br>page 5, lines 9-25                                                             | 1-12                  |
| Y         | -----<br>US 2005/191223 A1 (COLLINS PETER C [US] ET<br>AL) 1 September 2005 (2005-09-01)<br>paragraphs [0038], [0059] - [0061],<br>[0069]<br>-----<br>-/-- | 1-12                  |



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

\* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

23 January 2015

Date of mailing of the international search report

03/02/2015

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Vermeulen, Tom

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2014/072046

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                                                            | Relevant to claim No. |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Y         | WO 2004/096435 A1 (JOHNSON MATTHEY PLC [GB]; FISHER JANET MARY [GB]; HUNTER HAZEL MARGARE) 11 November 2004 (2004-11-11)<br>page 5, lines 5-31<br>page 6, lines 5-10<br>----- | 4,5                   |
| Y         | US 2010/158775 A1 (GALLIGAN MICHAEL P [US] ET AL) 24 June 2010 (2010-06-24)                                                                                                   | 6-8                   |
| A         | paragraphs [0004], [0005], [0028], [0029], [0037]; figure 1<br>-----                                                                                                          | 1-5                   |

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2014/072046

| Patent document<br>cited in search report | Publication<br>date | Patent family<br>member(s) | Publication<br>date                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-------------------------------------------|---------------------|----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| US 4523517                                | A                   | 18-06-1985                 | NONE                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| EP 0186477                                | A2                  | 02-07-1986                 | DE 3580462 D1 13-12-1990<br>EP 0186477 A2 02-07-1986<br>JP S61153428 A 12-07-1986<br>US 4665973 A 19-05-1987                                                                                                                                                                                         |
| US 2005191223                             | A1                  | 01-09-2005                 | US 2005191223 A1 01-09-2005<br>US 2007196247 A1 23-08-2007<br>WO 2005085066 A1 15-09-2005                                                                                                                                                                                                            |
| WO 2004096435                             | A1                  | 11-11-2004                 | CN 1812835 A 02-08-2006<br>EP 1617947 A1 25-01-2006<br>JP 2006525112 A 09-11-2006<br>KR 20050123176 A 29-12-2005<br>MX PA05011649 A 15-12-2005<br>US 2007060472 A1 15-03-2007<br>WO 2004096435 A1 11-11-2004                                                                                         |
| US 2010158775                             | A1                  | 24-06-2010                 | CA 2758027 A1 15-07-2010<br>CN 102317159 A 11-01-2012<br>EP 2379408 A2 26-10-2011<br>JP 2012512787 A 07-06-2012<br>KR 20110120873 A 04-11-2011<br>RU 2011129226 A 27-01-2013<br>SG 172236 A1 28-07-2011<br>US 2010158775 A1 24-06-2010<br>US 2013156670 A1 20-06-2013<br>WO 2010080483 A2 15-07-2010 |

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2014/072046

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE  
INV. B64D13/06 B01D53/86  
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 B01D B01J

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés)  
EPO-Internal, WPI Data

## C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

| Catégorie* | Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents                                                                             | no. des revendications visées |
|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| Y          | US 4 523 517 A (CRONIN MICHAEL J [US])<br>18 juin 1985 (1985-06-18)<br>colonne 4, ligne 53 - colonne 5, ligne 56;<br>figures                                               | 1-12                          |
| Y          | EP 0 186 477 A2 (GARRETT CORP [US])<br>2 juillet 1986 (1986-07-02)<br>page 5, ligne 9-25                                                                                   | 1-12                          |
| Y          | US 2005/191223 A1 (COLLINS PETER C [US] ET<br>AL) 1 septembre 2005 (2005-09-01)<br>alinéas [0038], [0059] - [0061], [0069]                                                 | 1-12                          |
| Y          | WO 2004/096435 A1 (JOHNSON MATTHEY PLC<br>[GB]; FISHER JANET MARY [GB]; HUNTER HAZEL<br>MARGARE) 11 novembre 2004 (2004-11-11)<br>page 5, ligne 5-31<br>page 6, ligne 5-10 | 4,5                           |
|            | - / - -                                                                                                                                                                    |                               |



Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents



Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

\* Catégories spéciales de documents cités:

"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent

"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date

"L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)

"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens

"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

"X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

"Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

"&" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

23 janvier 2015

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

03/02/2015

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

Vermeulen, Tom

| C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS |                                                                                                          |                               |
|-------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| Catégorie*                                      | Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents           | no. des revendications visées |
| Y                                               | US 2010/158775 A1 (GALLIGAN MICHAEL P [US]                                                               | 6-8                           |
| A                                               | ET AL) 24 juin 2010 (2010-06-24)<br>alinéas [0004], [0005], [0028], [0029],<br>[0037]; figure 1<br>----- | 1-5                           |

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/EP2014/072046

| Document brevet cité<br>au rapport de recherche |    | Date de<br>publication | Membre(s) de la<br>famille de brevet(s) | Date de<br>publication |
|-------------------------------------------------|----|------------------------|-----------------------------------------|------------------------|
| US 4523517                                      | A  | 18-06-1985             | AUCUN                                   |                        |
| EP 0186477                                      | A2 | 02-07-1986             | DE 3580462 D1                           | 13-12-1990             |
|                                                 |    |                        | EP 0186477 A2                           | 02-07-1986             |
|                                                 |    |                        | JP S61153428 A                          | 12-07-1986             |
|                                                 |    |                        | US 4665973 A                            | 19-05-1987             |
| US 2005191223                                   | A1 | 01-09-2005             | US 2005191223 A1                        | 01-09-2005             |
|                                                 |    |                        | US 2007196247 A1                        | 23-08-2007             |
|                                                 |    |                        | WO 2005085066 A1                        | 15-09-2005             |
| WO 2004096435                                   | A1 | 11-11-2004             | CN 1812835 A                            | 02-08-2006             |
|                                                 |    |                        | EP 1617947 A1                           | 25-01-2006             |
|                                                 |    |                        | JP 2006525112 A                         | 09-11-2006             |
|                                                 |    |                        | KR 20050123176 A                        | 29-12-2005             |
|                                                 |    |                        | MX PA05011649 A                         | 15-12-2005             |
|                                                 |    |                        | US 2007060472 A1                        | 15-03-2007             |
|                                                 |    |                        | WO 2004096435 A1                        | 11-11-2004             |
| US 2010158775                                   | A1 | 24-06-2010             | CA 2758027 A1                           | 15-07-2010             |
|                                                 |    |                        | CN 102317159 A                          | 11-01-2012             |
|                                                 |    |                        | EP 2379408 A2                           | 26-10-2011             |
|                                                 |    |                        | JP 2012512787 A                         | 07-06-2012             |
|                                                 |    |                        | KR 20110120873 A                        | 04-11-2011             |
|                                                 |    |                        | RU 2011129226 A                         | 27-01-2013             |
|                                                 |    |                        | SG 172236 A1                            | 28-07-2011             |
|                                                 |    |                        | US 2010158775 A1                        | 24-06-2010             |
|                                                 |    |                        | US 2013156670 A1                        | 20-06-2013             |
|                                                 |    |                        | WO 2010080483 A2                        | 15-07-2010             |