

12)

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22) Date de dépôt : 10.09.01.

30) Priorité :

43) Date de mise à la disposition du public de la demande : 14.03.03 Bulletin 03/11.

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

60) Références à d'autres documents nationaux apparentés :

71) Demandeur(s) : *LIEBHERR AEROSPACE TOULOUSE SA Société anonyme — FR.*

72) Inventeur(s) : HARTENSTEIN LAURENT, BOLAM ROBERT et LE VU GUILLAUME.

73) Titulaire(s) :

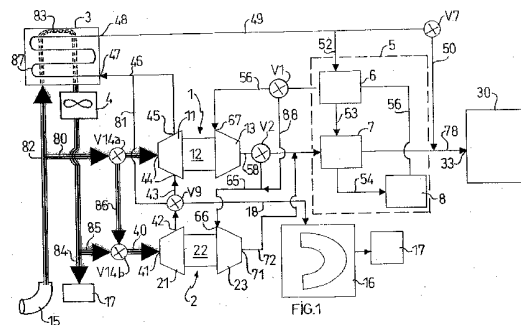
74) Mandataire(s) : BARRE LAFORGUE ET ASSOCIES.

54) PROCÉDE ET DISPOSITIF DE CONDITIONNEMENT D'AIR A ENERGIE NON PNEUMATIQUE POUR AERONEF.

57) L'invention concerne un procédé et un dispositif de conditionnement d'air pour cabine (30) d'aéronef.

Dans au moins un mode froid, on relie une sortie d'air (42) d'au moins un deuxième étage de compression (21), aux moyens de refroidissement d'air, et dans au moins un mode économique, on isole ladite sortie d'air (42) du deuxième étage de compression (21) par rapport aux moyens de refroidissement d'air.

On sélectionne un mode froid au moins lorsque la pression atmosphérique extérieure mesurée est inférieure à un seuil inférieur de pression atmosphérique.



PROCEDE ET DISPOSITIF DE CONDITIONNEMENT  
D'AIR A ENERGIE NON PNEUMATIQUE POUR AERONEF

5 L'invention concerne un procédé et un  
dispositif de conditionnement d'air pour contrôler la  
température et la pression de l'air dans une cabine  
d'aéronef à partir d'une source d'air extérieur,  
notamment l'air sous pression dynamique prélevé par au  
10 moins une bouche d'entrée d'air ménagée dans la paroi  
extérieure de l'aéronef.

Jusqu'à présent, les systèmes de  
conditionnement d'air utilisés pour les cabines  
d'avions sont du type dit à énergie pneumatique,  
15 c'est-à-dire sont alimentés par de l'air sous pression  
prélevé sur les étages de compression des  
turboréacteurs principaux de motorisation de l'avion.  
Cet air comprimé est refroidi par au moins un étage de  
turbine. De très nombreux systèmes différents de ce  
20 type ont été proposés jusqu'à maintenant. Par exemple,  
CA-687 482 décrit un dispositif comprenant deux  
ensembles comprenant chacun un étage de turbine et un  
étage de compression accouplés par un arbre l'un à  
l'autre. Dans de nombreux systèmes connus, un  
25 échangeur de chaleur est interposé entre un étage de  
compression et l'étage de turbine pour former une  
unité de type dite "boot-strap".

Néanmoins, ces systèmes de  
conditionnement d'air connus à énergie pneumatique  
30 sont conçus et optimisés essentiellement pour  
présenter les meilleurs rendements dans les conditions  
de refroidissement maximal, de sorte qu'ils sont  
relativement complexes, lourds, et coûteux en énergie

pour permettre d'obtenir, lorsque cela est nécessaire, ce refroidissement maximal. Or, ce refroidissement maximal ne doit être réalisé que pour une faible fraction de la durée d'utilisation, en général  
5 uniquement lorsque l'aéronef est au sol ou à faible altitude.

En outre, il est souvent prévu un système de dégivrage d'éléments de l'aéronef -notamment des ailes- au contact de l'atmosphère extérieur. Ce  
10 système de dégivrage est aussi alimenté par un prélèvement d'air sur les étages de compression des turboréacteurs de motorisation de l'aéronef.

Du point de vue de la conception des turboréacteurs de motorisation de l'aéronef, ces  
15 systèmes d'air connus affectent considérablement le fonctionnement et le rendement global des turboréacteurs, et pénalisent leur consommation en carburant et leur dimensionnement. Pour la plus grande partie des plages de fonctionnement de l'aéronef, le  
20 prélèvement d'air réalisé en un point permettant d'obtenir le refroidissement maximum (conditionnement d'air), et/ou le dégivrage maximum entraîne un gaspillage énergétique.

Par ailleurs, les systèmes de  
25 conditionnement d'air en eux-mêmes, doivent être surdimensionnés et présentent, pour la plus grande part de leur plage de fonctionnement, un rendement dégradé.

On a déjà pensé à proposer des systèmes  
30 de conditionnement d'air à énergie non pneumatique, c'est-à-dire dont les moyens de compression d'air sont entraînés par des moyens moteurs à énergie non pneumatique, et notamment à énergie électrique,

hydraulique, ou à combustion interne. Mais, ces systèmes se heurtent aux mêmes problèmes que celui mentionné ci-dessus, c'est-à-dire que les moteurs doivent être conçus et optimisés pour pouvoir  
5 fournir le refroidissement maximum, et ont leurs performances et leur rendement dégradés dans la plage de fonctionnement la plus courante de l'aéronef. De surcroît, la jonction de moyens moteurs spécifiques comparée à la puissance que ceux-ci doivent délivrer  
10 en régime maximum, représentent une charge pondérale importante, de sorte que jusqu'à maintenant, les systèmes de conditionnement d'air à énergie non pneumatique sont considérés comme étant non compétitifs par rapport à ceux à énergie pneumatique,  
15 et ne font donc pas l'objet d'une exploitation pratique courante.

Ainsi, FR-2 609 686 ou US-4 419 926 décrivent des systèmes de conditionnement d'air à moteur permettant de récupérer de l'énergie issue de  
20 la pressurisation de la cabine. US- 2 479 991 décrit un système similaire avec utilisation d'un moteur à combustion interne. Ces systèmes présentent néanmoins un unique point de fonctionnement optimisé, et la seule récupération d'énergie pneumatique, qui  
25 nécessite la mise en œuvre d'un ensemble turbocompresseur spécifique dédié à cette récupération d'énergie, n'est pas réaliste, compte tenu des augmentations de poids et de coût induits par cet ensemble turbocompresseur spécifique, et, en tout état  
30 de cause, du faible gain énergétique qui ne compense pas la surcharge pondérale représentée par les moteurs spécifiques nécessaires au fonctionnement.

L'invention vise de façon générale à pallier ces inconvénients en proposant un procédé et un dispositif de conditionnement d'air à énergie non pneumatique qui soient compétitifs par rapport aux systèmes de conditionnement d'air à énergie pneumatique connus.

Plus particulièrement, l'invention vise à proposer un procédé et un dispositif de conditionnement d'air qui présentent plusieurs points de fonctionnement optimisés du point de vue de la consommation énergétique et qui correspondent à différentes conditions de fonctionnement de l'aéronef, notamment un fonctionnement au sol et un fonctionnement en vol.

Pour ce faire, l'invention concerne un procédé de conditionnement d'air pour contrôler la température et la pression de l'air dans une cabine d'aéronef à partir d'au moins une source d'air atmosphérique extérieur, mis en œuvre dans un dispositif de conditionnement d'air comprenant :

- des moyens de compression d'air mécaniques comprenant au moins deux étages distincts de compression comprenant chacun au moins une entrée d'air et au moins une sortie d'air,

- des moyens moteurs à alimentation en énergie non pneumatique adaptés pour entraîner les moyens de compression d'air, et comprenant au moins deux moteurs distincts, chacun de ces moteurs étant accouplé à l'un des étages de compression et chaque étage de compression étant accouplé à l'un de ces moteurs, et

- un circuit pneumatique d'alimentation de la cabine comprenant des moyens de

refroidissement d'air alimentés par au moins une fraction du débit d'air issu des moyens de compression, et reliés à au moins une entrée d'air de la cabine pour pouvoir, dans au moins un mode de fonctionnement, délivrer de l'air réfrigéré à la cabine, caractérisé en ce que :

10 . dans au moins un mode de fonctionnement, dit mode froid, on relie une sortie d'air d'au moins un étage de compression, dit deuxième étage de compression, aux moyens de refroidissement d'air,

15 . dans au moins un autre mode de fonctionnement, dit mode économique, on isole ladite sortie d'air du deuxième étage de compression par rapport aux moyens de refroidissement d'air,

20 - on mesure au moins un paramètre représentatif de la pression atmosphérique extérieure, et on sélectionne un mode froid au moins lorsque la pression atmosphérique extérieure mesurée est inférieure à un seuil inférieur de pression atmosphérique,

25 - lorsque la pression atmosphérique mesurée est supérieure à un seuil supérieur de pression atmosphérique, on sélectionne un mode froid ou un mode économique.

30 Ainsi, dans un procédé selon l'invention, on peut coupler ou non au moins un étage de compression aux moyens de refroidissement d'air, selon les besoins en pression et/ou en refroidissement. En particulier, en vol, à partir d'une certaine altitude

où la pression atmosphérique devient inférieure au seuil inférieur de pression atmosphérique, on exploite la totalité des étages de compression en série pour fournir la pressurisation nécessaire de la cabine. Par  
5 contre, lorsque l'altitude devient suffisamment faible, on peut isoler l'un des étages de compression afin de réaliser une économie, soit en arrêtant cet étage de compression, soit en exploitant l'air comprimé qu'il délivre à d'autres fins que le  
10 conditionnement d'air, par exemple dans un système de dégivrage.

Il est à noter à cet égard que la terminologie "mode froid" désigne donc un mode où non seulement on peut réaliser un refroidissement  
15 important, mais aussi et surtout dans lequel le taux de compression de l'air par les moyens de compression est important, afin d'assurer une pressurisation optimale de la cabine.

Dans un procédé selon l'invention, on  
20 peut mesurer et utiliser pour la sélection du mode froid tout paramètre représentatif de la pression atmosphérique extérieure : cette pression elle-même ; l'altitude de l'aéronef...

Le seuil inférieur de pression  
25 atmosphérique et le seuil supérieur de pression atmosphérique peuvent être égaux, ou au contraire différents, pour réaliser une hystérésis évitant les basculements d'un mode à l'autre pour de faibles variations d'altitude de l'aéronef. Les seuils peuvent  
30 être fixes prédéfinis, ou, au contraire, variables, déterminés et ajustés selon au moins une autre grandeur, par exemple la puissance frigorifique nécessaire en cabine qui peut être représentée,

notamment, dans un mode de réalisation simplifié, par la mesure de la température atmosphérique extérieure : ces seuils de pression sont d'autant plus élevés que la température atmosphérique extérieure est élevée.

5                   En outre, avantageusement et selon l'invention, en mode économique, on délivre le débit d'air issu de ladite sortie d'air du deuxième étage de compression à un dispositif auxiliaire séparé du circuit pneumatique d'alimentation de la cabine.

10 Avantageusement et selon l'invention, le dispositif auxiliaire est un système de dégivrage d'éléments de l'aéronef -notamment des ailes- au contact de l'air atmosphérique extérieur, et on sélectionne un mode économique lorsque des conditions, dites conditions de

15 dégivrage, sont satisfaites. Lesdites conditions de dégivrage peuvent être formées de l'une au moins des conditions suivantes :

- détection de présence de givre sur les éléments de l'aéronef (détecteur de givre),
- 20                   - activation par l'équipage d'un interrupteur permettant d'enclencher le fonctionnement du système de dégivrage (après détection d'une température atmosphérique extérieure inférieure à une valeur (typiquement 5° C) et reconnaissance visuelle
- 25 de la présence de givre sur les éléments de l'aéronef).

Il est à noter à ce titre que les conditions de dégivrage correspondent en fait à une température atmosphérique extérieure faible, pour

30 laquelle le besoin de refroidissement de la cabine est réduit, et ne nécessite par l'utilisation du deuxième étage de compression dans les moyens de refroidissement. On peut donc dans ces conditions



sélectionner le mode économique et utiliser le deuxième étage de compression pour alimenter le système de dégivrage. On réalise ainsi un gain en masse embarquée pour qu'aucun prélèvement d'air sur  
5 les turboréacteurs de motorisation, ni aucun équipement supplémentaire, n'est nécessaire pour alimenter le système de dégivrage. Le dispositif de conditionnement d'air selon l'invention remplit donc une double fonction de refroidissement d'air et  
10 d'alimentation du système de dégivrage.

Dans un procédé selon l'invention, avantageusement on alimente au moins une entrée d'air du deuxième étage de compression par un débit d'air provenant de la source d'air atmosphérique extérieur.  
15 Cette source d'air extérieur est, avantageusement et selon l'invention, au moins une bouche d'entrée d'air ménagée dans la paroi extérieure de l'aéronef pour prélever de l'air atmosphérique extérieur sous pression dynamique (sans compression mécanique  
20 préalable, notamment pour les turboréacteurs de motorisation principaux de l'aéronef).

Avantageusement et selon l'invention, en mode économique, on alimente le deuxième étage de compression par un débit d'air provenant de la source  
25 d'air atmosphérique extérieur via un échangeur thermique où il est préalablement réchauffé. Avantageusement et selon l'invention, l'échangeur thermique, dit échangeur intermédiaire, comprend un circuit de refroidissement relié à la sortie des  
30 moyens de compression, le débit d'air provenant de la source d'air atmosphérique extérieur traversant un circuit de source froide de cet échangeur intermédiaire dans lequel il est préalablement

réchauffé. Ainsi, le dispositif de conditionnement d'air étant de type "boot-strap", on utilise l'échangeur intermédiaire de ce dispositif pour réchauffer l'air fourni au premier étage de compression, en mode économique. On obtient ainsi un gain en calories pour alimenter le système de dégivrage.

Avantageusement et selon l'invention, en mode froid, on relie la sortie d'air du deuxième étage de compression à une entrée d'air d'au moins un autre étage de compression, dit premier étage de compression, qui est ainsi relié en série au deuxième étage de compression, et on délivre aux moyens de refroidissement d'air un débit d'air issu d'une sortie d'air du premier étage de compression.

Dans tout le texte, la terminologie "deuxième étage de compression" doit être comprise comme ne correspondant en aucune manière à l'ordre dans lequel les étages se présentent dans le sens de circulation de l'air, ni à la valeur de la pression d'entrée dans cet étage (le deuxième étage de compression correspondant de préférence à celui le plus en amont dans le sens de circulation de l'air, et donc à un étage de compression basse pression).

Avantageusement et selon l'invention, au moins en mode économique, on alimente au moins une entrée d'air du premier étage de compression par un débit d'air provenant de la source d'air atmosphérique extérieur. Plus particulièrement, avantageusement et selon l'invention, on alimente le premier étage de compression par un débit d'air qui est, aux pertes de circulation près, à la pression et à la température de la source d'air atmosphérique extérieur. Ainsi, en

mode froid, le premier étage de compression est alimenté en série via le deuxième étage de compression à partir de la source d'air atmosphérique extérieur, alors qu'en mode économique le premier étage de compression est directement alimenté à partir de la source d'air atmosphérique extérieure, sans passer par le deuxième étage de compression qui est isolé du circuit pneumatique d'alimentation de la cabine.

Par ailleurs, avantageusement et selon l'invention, on pilote, au moins en mode froid, la vitesse d'entraînement d'au moins un moteur -par exemple en fonction de la température mesurée en cabine et/ou de la température atmosphérique extérieure mesurée- pour ajuster les caractéristiques thermodynamiques de l'air en sortie des étages de compression. De préférence, on pilote le moteur d'entraînement du deuxième étage de compression, et on maintient celui du premier étage de compression à pleine puissance. On peut ainsi faire varier la puissance fournie par le deuxième étage de compression entre 0% et 100% de sa puissance nominale, selon notamment le refroidissement requis pour la cabine. On adapte ainsi très précisément la consommation énergétique du dispositif de conditionnement aux besoins frigorifiques réels.

Les seuils inférieur et supérieur de pression atmosphérique peuvent être égaux ou différents. Lorsqu'ils sont différents, on peut commander la sélection d'un mode à l'autre avec un effet retard (hystérésis) selon que la pression atmosphérique extérieure mesurée augmente ou diminue.

L'invention s'étend à un dispositif de conditionnement d'air adapté pour contrôler la

température et la pression de l'air dans une cabine d'aéronef à partir d'au moins une source d'air atmosphérique extérieur, comprenant :

5 - des moyens de compression d'air mécaniques comprenant au moins deux étages distincts de compression d'air comprenant chacun au moins une entrée d'air et au moins une sortie d'air,

10 - des moyens moteurs à alimentation en énergie non pneumatique adaptés pour entraîner les moyens de compression d'air, et comprenant au moins deux moteurs distincts, chacun de ces moteurs étant accouplé à l'un des étages de compression et chaque étage de compression étant accouplé à l'un de ces moteurs,

15 - et un circuit pneumatique d'alimentation de la cabine comprenant des moyens de refroidissement d'air alimentés par au moins une fraction du débit d'air issu des moyens de compression, et reliés à au moins une entrée d'air de la cabine pour pouvoir, dans au moins un mode de  
20 fonctionnement, délivrer de l'air réfrigéré à la cabine, caractérisé en ce qu'il comprend :

25 - des moyens, dits moyens de connexion sélective, comprenant au moins une vanne commandée, et adaptés pour :

30 . dans au moins un mode de fonctionnement, dit mode froid, relier une sortie d'air d'au moins un étage de compression, dit deuxième étage de compression, aux moyens de refroidissement d'air,

. dans au moins un autre mode de fonctionnement, dit mode économique,

isoler ladite sortie d'air du deuxième étage de compression par rapport aux moyens de refroidissement d'air,

- des moyens de mesure d'au moins un paramètre représentatif de la pression atmosphérique extérieure,

- des moyens de commande automatique des moyens de connexion sélective adaptés pour sélectionner :

10 . un mode froid au moins lorsque la pression atmosphérique extérieure mesurée est inférieure à un seuil inférieur de pression atmosphérique,  
15 . lorsque la pression atmosphérique mesurée est supérieure à un seuil supérieur de pression atmosphérique,  
un mode froid ou un mode économique.

Avantageusement et selon l'invention, en mode économique, les moyens de connexion sélective  
20 sont adaptés pour délivrer le débit d'air issu de ladite sortie d'air du deuxième étage de compression à un dispositif auxiliaire séparé du circuit pneumatique d'alimentation de la cabine. Avantageusement et selon l'invention, le dispositif auxiliaire est un système  
25 de dégivrage d'éléments de l'aéronef -notamment des ailes- au contact de l'air atmosphérique extérieur, et les moyens de commande automatique sont adaptés pour sélectionner un mode économique lorsque des conditions, dites conditions de dégivrage, sont  
30 satisfaites.

Avantageusement un dispositif selon l'invention comprend des moyens, dits deuxièmes moyens d'alimentation, aptes à alimenter le deuxième étage de

compression par un débit d'air provenant de la source d'air atmosphérique extérieur. Avantageusement et selon l'invention, les deuxièmes moyens d'alimentation sont adaptés pour, en mode économique, alimenter le

5 deuxième étage de compression par un débit d'air provenant de la source d'air atmosphérique extérieure via un échangeur thermique où il est préalablement réchauffé. Avantageusement et selon l'invention, l'échangeur thermique, dit échangeur intermédiaire,

10 comprend un circuit de refroidissement relié à la sortie des moyens de compression, le débit d'air provenant de la source d'air atmosphérique extérieur traversant un circuit de source froide de cet échangeur intermédiaire dans lequel il est

15 préalablement réchauffé.

Par ailleurs, avantageusement et selon l'invention, les moyens de connexion sélective sont adaptés pour, en mode froid, relier la sortie d'air du deuxième étage de compression à une entrée d'air d'au

20 moins un autre étage de compression, dit premier étage de compression, qui est ainsi relié en série au deuxième étage de compression, le premier étage de compression comprenant au moins une sortie d'air délivrant un débit d'air alimentant les moyens de

25 refroidissement d'air. Avantageusement, un dispositif selon l'invention comprend des moyens, dits premiers moyens d'alimentation, adaptés pour pouvoir alimenter, au moins en mode économique, au moins une entrée d'air du premier étage de compression par un débit d'air

30 provenant de la source d'air atmosphérique extérieur. Avantageusement et selon l'invention, les premiers moyens d'alimentation sont adaptés pour délivrer au premier étage de compression, un débit d'air qui est,

aux pertes de circulation près, à la pression et à la température de la source d'air atmosphérique extérieur.

En outre, avantageusement, un dispositif  
5 selon l'invention comprend des moyens de pilotage automatique, au moins en mode froid, de la vitesse d'entraînement d'au moins un moteur.

Grâce à l'invention, il est possible d'exploiter en pratique un système de conditionnement  
10 d'air comprenant des moyens moteurs à alimentation en énergie non pneumatique, de façon compétitive par rapport aux systèmes antérieurs connus à énergie pneumatique, et avec un gain important du point de vue du fonctionnement des turboréacteurs de motorisation  
15 de l'aéronef.

L'invention concerne en outre un procédé et un dispositif caractérisés en combinaison par tout ou partie des caractéristiques mentionnées ci-dessus ou ci-après.

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

- la figure 1 est un schéma d'un  
25 dispositif de conditionnement d'air selon une première variante de réalisation de l'invention,

- la figure 2 est un schéma du dispositif de la figure 1 illustrant la circulation de l'air en mode froid, dans une première variante d'un procédé  
30 selon l'invention,

- la figure 3 est un schéma du dispositif de la figure 1 illustrant la circulation de l'air en

mode froid, dans une deuxième variante d'un procédé selon l'invention,

- la figure 4 est un schéma du dispositif de la figure 1 illustrant la circulation de l'air en mode économique,

- la figure 5 est un schéma de principe d'un dispositif de conditionnement d'air selon une deuxième variante de réalisation de l'invention,

- la figure 6 est un schéma du dispositif de la figure 5 illustrant la circulation de l'air en mode froid, dans une première variante d'un procédé selon l'invention,

- la figure 7 est un schéma du dispositif de la figure 5 illustrant la circulation de l'air en mode froid, dans une deuxième variante d'un procédé selon l'invention,

- la figure 8 est un schéma du dispositif de la figure 5 illustrant la circulation de l'air en mode économique.

Le dispositif de conditionnement d'air représenté figure 1 constitue un ensemble autonome ("pack") capable de délivrer de l'air dans tous les modes de fonctionnement d'un aéronef (avion civil ou militaire, hélicoptère,...) pour contrôler la température et la pression de l'air dans la cabine close et pressurisée de cet aéronef à partir d'une source d'air extérieur sous pression dynamique. Cette source est en pratique formée d'une bouche de prélèvement d'air ménagée sur la carlingue de l'aéronef, et permet donc de prélever directement de l'air atmosphérique (sans compression mécanique préalable). L'aéronef comprend en général deux dispositifs de conditionnement d'air semblables, afin



d'éviter une panne totale du conditionnement d'air en vol.

Le dispositif de conditionnement d'air comprend essentiellement deux turbomachines 1, 2  
5 motorisées à moteur électrique 12, respectivement 22,  
à savoir une turbomachine haute pression 1 et une  
turbomachine basse pression 2. La première  
turbomachine 1 haute pression comprend un étage de  
compression 11, dit premier étage de compression, et  
10 un étage de turbine 13, dit premier étage de turbine  
13, reliés entre eux par un moteur électrique 12. Ces  
étages 11, 13 de compression et de turbine peuvent  
comprendre un ou plusieurs éléments tournants de  
compression ou de turbine, c'est-à-dire un ou  
15 plusieurs compresseurs et, respectivement, une ou  
plusieurs turbines. Ces étages peuvent être réalisés  
sous forme de turbomachines axiales ou centrifuges, ou  
mixtes.

La deuxième turbomachine 2 peut être  
20 identique à la première, et comprend un étage de  
compression, dit deuxième étage de compression 21, et  
un étage de turbine, dit deuxième étage de turbine 23,  
reliés entre eux par un moteur électrique 22.

Dans chaque turbomachine 1, 2, le moteur  
25 électrique 12, 22 solidarise en rotation l'étage de  
turbine 13, 23 à l'étage de compression 11, 21.  
L'accouplement ainsi réalisé est donc de préférence  
mécanique, l'étage de compression 11, 21, l'étage de  
turbine 13, 23 et le moteur électrique 12, 22 ayant un  
30 rotor commun unique. En variante, cet accouplement  
peut néanmoins être réalisé sous forme électrique,  
l'étage de turbine 13, 23 entraînant un générateur  
électrique qui alimente le moteur électrique

entraînant l'étage de compression 11, 21 sur un rotor différent. L'accouplement peut également être réalisé, en variante, selon tout mode de fonctionnement distinct, par exemple magnétique, hydraulique, ...

5 L'air extérieur sous pression dynamique issu de la source 15 est alimenté par une conduite 80 via une vanne d'alimentation V14a sur une entrée d'air 44 du premier étage de compression 11 reliée à une première sortie de cette vanne 14a. Une conduite 82  
10 est dérivée de la conduite 80 pour alimenter un circuit de source froide 83 d'un échangeur de chaleur 3, dit échangeur intermédiaire 3, permettant de refroidir l'air comprimé issu des étages de compression 11, 21 en série. Le circuit de source  
15 froide 83 de l'échangeur intermédiaire 3 comprend un ventilateur 4 permettant de forcer la circulation de l'air dans ce circuit 83. L'air circulant dans le circuit de source froide 83 de l'échangeur intermédiaire 3 est ensuite rejeté à l'atmosphère 17,  
20 par une conduite 84. Une conduite 85, dérivée de la conduite 84, permet d'alimenter une première entrée d'une vanne V14b d'alimentation du deuxième étage de compression 21, par un débit d'air provenant de la source 15 mais réchauffé par passage dans le circuit  
25 de source froide 83 de l'échangeur intermédiaire 3. La vanne d'alimentation V14a est reliée à une entrée d'air 41 du deuxième étage de compression 21.

En outre, une conduite 86 relie une deuxième sortie de la vanne d'alimentation V14a du  
30 premier étage de compression 11 et une deuxième entrée de la vanne d'alimentation V14b du deuxième étage de compression 21. Les deux vannes V14a, V14b sont des vannes trois voies. Lorsque la vanne V14a et la vanne

V14b sont en communication via la conduite 86, un débit d'air issu directement de la source 15 est alimenté à l'entrée d'air 41 du deuxième étage de compression 21, sans passer par le circuit de source  
5 froide 83 de l'échangeur intermédiaire 3.

L'air comprimé sortant du deuxième étage de compression 21 par une sortie d'air 42 de ce dernier est alimenté par une conduite 43 à une entrée d'air 44 du premier étage de compression 11. Une  
10 conduite 18 est connectée en parallèle à la conduite 43 via une vanne V9 de distribution entre les deux étages de compression 11, 21 pour pouvoir délivrer de l'air comprimé à un dispositif 16 auxiliaire, qui est par exemple un système de dégivrage. Une sortie d'air  
15 45 du premier étage de compression 11 est reliée par une conduite 46 à l'entrée 47 d'un circuit de refroidissement 87 de l'échangeur intermédiaire 3.

La vanne de distribution V9 interposée entre les deux étages de compression 11, 21 permet  
20 aussi d'alimenter une conduite de dérivation 81 par un débit d'air qui arrive directement à l'entrée 47 du circuit de refroidissement 87 de l'échangeur intermédiaire 3, sans passer par le premier étage de compression 11. Cette conduite de dérivation 81  
25 débouche dans la conduite 46 reliant la sortie 45 du premier étage de compression 11 à l'entrée 47 du circuit de refroidissement 87 de l'échangeur intermédiaire 3.

Le débit d'air entrant à l'entrée d'air  
30 47 du circuit de refroidissement 87 de l'échangeur 3 en provenance des étages de compression 11, 21 sort de ce circuit de refroidissement 87 par une sortie d'air

48 de ce dernier, à une température plus faible mais à l'état comprimé.

Une conduite 49 reliée à la sortie d'air 48 du circuit de refroidissement 87 de l'échangeur intermédiaire 3 permet de fournir l'air comprimé par une conduite dérivée 52, à une boucle de condensation 5.

La boucle de condensation 5 comprend un premier échangeur refroidisseur 6 relié par une conduite 53 à un deuxième échangeur refroidisseur 7, lui-même relié par une conduite 54 à un extracteur d'eau liquide 8. L'extracteur 8 fournit l'air froid en tant que source froide au premier échangeur 6 pour le premier refroidissement de l'air arrivant par la conduite dérivée 52 dans la boucle de condensation 5. L'extracteur 8 est donc relié au circuit de source froide du premier échangeur 6 par une conduite 55. La sortie de ce circuit de source froide est reliée à une vanne de distribution V1 dont une première sortie alimente une conduite 56 reliée à une entrée d'air 57 du premier étage de turbine 13. Le deuxième échangeur refroidisseur 7 fonctionne à une température plus basse et est traversé par l'air issu du premier étage de turbine 13 et/ou du deuxième étage de turbine 23, qui fait office de source froide pour ce deuxième échangeur refroidisseur 7. A la sortie de la boucle de condensation 5, l'air comprimé se trouve au moins sensiblement à la même pression et à la même température que celles qu'il avait à l'entrée de la boucle de condensation 5, mais il est débarrassé de toute trace de vapeur d'eau ou d'eau liquide.

Après détente et refroidissement à travers le premier étage de turbine 13 à haute

pression, l'air sort par une sortie d'air 58 de ce premier étage de turbine 13. Une vanne de distribution V2 comporte une première sortie qui permet de fournir tout ou partie du débit d'air issu de la sortie 58 du premier étage de turbine 13 à une conduite 78 d'alimentation en air de la cabine, via le circuit de source froide du deuxième échangeur 7. La conduite d'alimentation de la cabine arrive à une entrée d'air 33 de la cabine 30.

10 La vanne de distribution V2 comporte une deuxième sortie reliée par une conduite 65 à une entrée d'air 66 du deuxième étage de turbine 23.

La vanne de distribution V1 recevant le débit d'air issu de la boucle de condensation 5, comprend une deuxième sortie alimentant une conduite de dérivation 88 qui débouche sur la conduite 65 reliant la vanne de distribution V2 à l'entrée d'air 66 du deuxième étage de turbine 23. En variante, la conduite de dérivation 88 peut déboucher sur l'entrée d'air 66 ou sur une autre entrée d'air du deuxième étage de turbine 23.

Le deuxième étage de turbine 23 comprend une sortie d'air 71 reliée par une conduite 72 à l'entrée du circuit de source froide du deuxième échangeur refroidisseur 7, à l'aval de la vanne de distribution V2. De la sorte, le débit d'air issu du deuxième étage de turbine 23 peut faire office de source froide dans le deuxième échangeur refroidisseur 7, puis est alimenté dans la conduite 78 d'alimentation de la cabine après passage dans ce circuit de source froide.

La conduite 49 reliée à la sortie d'air 48 de l'échangeur intermédiaire 3 peut être

directement reliée à la conduite 78 d'alimentation via une vanne V7 et une conduite dérivée 50 qui aboutit directement sur la conduite 78 d'alimentation de façon à permettre l'alimentation de la cabine 30 par de  
5 l'air comprimé issu du circuit de refroidissement 87 de l'échangeur intermédiaire 3 sans passer par les étages de turbine 13, 23, c'est-à-dire sans passer par le groupe froid du dispositif de conditionnement d'air. Cette vanne V7 est ouverte lorsqu'un incident  
10 se produit sur les étages de turbine 13, 23.

Sur les figures 1 et 5 de principe, les flèches représentent les circulations possibles de l'air, alors que sur les figures 2 à 4 et 6 à 8, les flèches représentent la circulation réelle de l'air,  
15 selon les modes de fonctionnement, l'absence de flèche illustrant une absence de circulation.

La figure 2 représente la circulation de l'air dans le dispositif de la figure 1 lors d'un mode de fonctionnement, dit mode froid qui permet d'obtenir  
20 le refroidissement maximum en cabine. Dans ce mode froid, dit mode froid série, les étages de compression 11, 21 sont reliés en série via la vanne V9 et la conduite 43. De même, les étages de turbine 13, 23 sont reliés en série via la vanne V2 et la conduite  
25 65. L'air provenant de la source 15 est alimenté à l'entrée d'air 41 du deuxième étage de compression 21, via la conduite 80, la vanne d'alimentation V14a, la conduite 86, la vanne d'alimentation V14b et la conduite 40. Par contre, la vanne d'alimentation V14a  
30 n'alimente pas l'entrée d'air 44 du premier étage de compression 11.

La figure 3 représente une variante de réalisation d'un fonctionnement en mode froid, dit

mode froid parallèle. Dans cette variante, les deux turbomachines 1, 2 fonctionnent entièrement en parallèle et non en série comme dans la première variante de la figure 2. Pour ce faire, la vanne d'alimentation V14a distribue la moitié de son débit d'entrée sur l'entrée d'air 44 du premier étage de compression 11, et l'autre moitié de son débit d'air sur la conduite 86 alimentant l'entrée d'air 41 du deuxième étage de compression 21 via la vanne d'alimentation V14b. La vanne V9 fournit le débit issu de la sortie 42 du deuxième étage de compression 21 directement au circuit de refroidissement 87 de l'échangeur intermédiaire 3 via la conduite 81, sans passer par l'étage de compression 11. La vanne V1 de distribution fournit la moitié du débit d'air sec qu'elle reçoit de la boucle de condensation 5 sur la conduite 56 alimentant l'entrée d'air 57 du premier étage de turbine 13, et l'autre moitié de ce débit d'air à la conduite 88 de dérivation qui alimente directement, via la conduite 65, l'entrée d'air 66 du deuxième étage de turbine 23. La vanne de distribution V2 reliée à la sortie d'air 58 du premier étage de turbine 13 délivre entièrement le débit d'air qu'elle reçoit à l'entrée du circuit de source froide du deuxième échangeur refroidisseur 7, où il se mélange au débit d'air froid issu de la sortie d'air 71 du deuxième étage de turbine 23. Le mélange alimente la cabine 30 via la conduite 78 d'alimentation.

Dans le mode froid série de la figure 2, on maintient de préférence la vitesse de rotation du moteur 12 de la première turbomachine 1 à plein régime, et on fait varier la vitesse de rotation du moteur 22 entraînant le deuxième étage de compression

21 entre 0% et 100% de son régime, en fonction de la charge frigorifique requise dans la cabine 30. On sait en effet que le taux de compression fourni par un étage de compression varie selon sa vitesse de rotation. En outre, le débit total arrivant à la cabine 30 dépend du taux de compression des étages de compression successifs et de la résistance pneumatique du circuit, notamment déterminée par les vannes de pressurisation de la cabine 30. En faisant varier la vitesse de rotation du deuxième étage de compression 21, on fait donc varier le débit fourni et également la température de refroidissement obtenue par les étages de turbine 13, 23 qui dépend, elle, de la pression de l'air à l'entrée de ces étages de turbine. Dès lors, on fait varier la puissance fournie et la puissance consommée pour l'adapter exactement à la charge frigorifique requise, cette puissance consommée étant proportionnelle au produit du taux de compression fourni par les étages de compression 11, 21 et du débit d'air fourni en cabine.

Cette charge frigorifique dépend de la différence entre la température de l'air mesurée en cabine et une température de consigne, réglée par l'équipage, à atteindre, et du débit d'air à renouveler. La puissance fournie est :  $CxQx(TE-Tc)$ , où C est la capacité calorifique de l'air, Q le débit de l'air à l'entrée de la cabine, TE la température de l'air fournie à l'entrée de la cabine et Tc la température de l'air mesurée dans la cabine 30.

Ce mode froid série est utilisé pour le vol à partir d'une certaine altitude, c'est-à-dire lorsque la pression atmosphérique extérieure mesurée est inférieure à un seuil inférieur de pression, de



façon à obtenir une pressurisation suffisante grâce à un taux de compression suffisant, et ce quels que soient les besoins frigorifiques.

Dans le mode froid parallèle de la figure 3, on peut faire varier les vitesses de rotation de chacune des turbomachines 1, 2, c'est-à-dire de chacun des étages de compression 11, 21, en faisant varier la vitesse des moteurs 12, 22. Le taux de compression obtenu sera néanmoins plus faible que celui du mode froid série. Mais, le débit pourra être augmenté, si la résistance pneumatique du circuit l'autorise par ailleurs.

La figure 4 représente un autre mode de fonctionnement, dit mode économique, dans lequel la deuxième turbomachine 2 est déconnectée du circuit pneumatique de refroidissement de la cabine. En effet, à basse altitude ou au sol, si les besoins en frigories sont faibles, une seule turbomachine 1 peut suffire à la pressurisation de la cabine 30 et à la fourniture de ces frigories. La deuxième turbomachine 2 peut alors être utilisée pour alimenter un dispositif auxiliaire 16, et notamment un système de dégivrage 16 des ailes lorsque la température extérieure est inférieure à un seuil inférieur de dégivrage prédéterminé.

Ainsi, le deuxième étage de compression 21 est alimenté à partir de la source 15 via la conduite 82, le circuit de source froide 83 de l'échangeur intermédiaire 3, où il circule grâce au ventilateur 4 qui est mis en fonctionnement, et via la conduite dérivée 85 et la vanne d'alimentation V14b. La sortie d'air 44 du deuxième étage de compression 21 est mise en communication par la vanne V9 avec la

conduite 18 qui alimente le système de dégivrage 16. Après passage dans ce système de dégivrage 16, l'air est rejeté dans l'atmosphère 17. Par contre, le premier étage de compression 11 est alimenté  
5 directement à partir de la source 15 via la conduite 80 et la vanne d'alimentation V14a. Aucun débit d'air ne circule dans la conduite 86 reliant les deux vannes d'alimentation V14a et V14b. La vanne de distribution V1 fournit l'intégralité du débit d'air à l'entrée 57  
10 du premier étage de turbine 13 et la vanne de distribution V2 fournit l'intégralité du débit issu de la sortie d'air 58 de ce premier étage de turbine 13 au circuit de source froide du deuxième échangeur refroidisseur 7 et à la conduite 78 d'alimentation de  
15 la cabine. Le deuxième étage de turbine 23 n'est pas alimenté et peut être placé en roue libre.

Comme on le voit, le dispositif de conditionnement d'air selon l'invention permet d'obtenir une grande flexibilité au niveau de la  
20 puissance consommée, et d'utiliser l'une des turbomachines 2 pour récupérer de l'énergie pour l'alimentation d'un dispositif auxiliaire tel qu'un système de dégivrage. La première turbomachine 1 peut être maintenue à vitesse constante tant que la  
25 deuxième turbomachine 2 est en fonctionnement et est connectée au circuit de refroidissement alimentant la cabine 30.

La deuxième variante de réalisation représentée figure 5 ne diffère de la première que par  
30 le fait que le deuxième étage de turbine 23 est supprimé, ainsi que les vannes de distribution V1, V2, et les conduites 88, 65 et 72 permettant la connexion de ce deuxième étage de turbine 23 au circuit de

refroidissement. Il s'agit donc d'un mode de réalisation simplifié où un seul étage de turbine 13 est utilisé pour refroidir l'air.

Dans le mode de fonctionnement, dit mode froid série, représenté figure 6, les deux étages de compression 11, 21 sont en série, comme décrit précédemment. Par contre, l'air issu du premier étage de turbine 13 est directement délivré dans la conduite 78 d'alimentation.

Il en va de même dans le mode de fonctionnement, dit mode froid parallèle, représenté figure 7 où les deux étages de compression 11, 21 sont alimentés en parallèle à partir de la source 15 comme décrit précédemment, mais seul l'étage de turbine 13 délivre de l'air froid alimentant la conduite 78 d'alimentation de la cabine.

En mode économique représenté figure 8, la deuxième turbine 23 étant inutile, la circulation de l'air est en fait identique à celle du mode économique de la première variante décrite ci-dessus.

Les différents modes de fonctionnement sont sélectionnés par un automatisme de commande qui contrôle les différentes vannes du circuit afin d'obtenir les performances souhaitées. Lorsque la pression atmosphérique extérieure mesurée est supérieure à un seuil supérieur de pression, c'est-à-dire lorsque l'altitude est inférieure à un seuil inférieur d'altitude, l'automatisme de commande peut être programmé pour calculer un signal électrique de consigne du deuxième moteur électrique 22 afin d'obtenir le taux de compression nécessaire. Lorsque la température extérieure diminue, le besoin en frigories devient faible ou quasiment nul, et il est

alors possible, lorsque les conditions de dégivrage sont satisfaites, d'enclencher le mode de dégivrage dans lequel le système de dégivrage 16 est alimenté.

L'automatisme de commande peut  
5 fonctionner avec une certaine hystérésis vis-à-vis de chacun des paramètres qui permettent le pilotage des vannes, et ce de façon bien connue en soi. Cette hystérésis est obtenue par le fait que le seuil déclenchant un changement de sélection de mode de  
10 fonctionnement lorsqu'un paramètre croît est supérieur à la valeur de seuil qui permet un changement de sélection de mode de fonctionnement lorsque le paramètre décroît.

Les différentes vannes sont soit des  
15 vannes tout ou rien, soit des vannes proportionnelles, régulées ou non, selon les fonctions décrites ci-dessus qu'elles doivent réaliser. De préférence, il s'agit d'électrovannes commandées par l'automatisme de commande.

20 Un tel automatisme de commande peut être réalisé de façon traditionnellement bien connue pour réaliser les fonctions sus-décrites et n'a pas à être décrit plus en détail.

L'invention peut faire l'objet de très  
25 nombreuses variantes de réalisations par rapport aux exemples non limitatifs décrits ci-dessus et représentés sur les figures. Par exemple, la boucle de condensation 5 peut être réalisée de façon très différente, ou voire même être supprimée si cela est  
30 utile.

L'invention permet d'obtenir un dispositif et un procédé de conditionnement d'air extrêmement flexibles, économiques, et qui n'affectent

en aucune manière le fonctionnement des turboréacteurs  
principaux de motorisation de l'aéronef. Les moteurs  
12, 22 peuvent être des moteurs électriques alimentés  
à partir de l'énergie électrique du bord. L'invention  
5 pourrait aussi être appliquée avec des moteurs  
hydrauliques, voire même avec des moteurs à combustion  
interne dans certaines applications particulières.  
Elle permet également le conditionnement d'air  
économique d'une cabine d'aéronef exempt de  
10 turboréacteur de motorisation, de façon simple, légère  
et économique.

## REVENDEICATIONS

1 - Procédé de conditionnement d'air pour contrôler la température et la pression de l'air dans une cabine (30) d'aéronef à partir d'au moins une source d'air (15) atmosphérique extérieur, mis en œuvre dans un dispositif de conditionnement d'air comprenant :

- des moyens de compression d'air mécaniques comprenant au moins deux étages distincts de compression (11, 21) comprenant chacun au moins une entrée d'air (41, 44) et au moins une sortie d'air (42, 45),

- des moyens (12, 22) moteurs à alimentation en énergie non pneumatique adaptés pour entraîner les moyens (11, 21) de compression d'air, et comprenant au moins deux moteurs (12, 22) distincts, chacun de ces moteurs (12, 22) étant accouplé à l'un des étages (11, 21) de compression et chaque étage (11, 21) de compression étant accouplé à l'un de ces moteurs (12, 22), et

- un circuit pneumatique d'alimentation de la cabine (30) comprenant des moyens de refroidissement d'air alimentés par au moins une fraction du débit d'air issu des moyens (11, 21) de compression, et reliés à au moins une entrée d'air (33) de la cabine (30) pour pouvoir, dans au moins un mode de fonctionnement, délivrer de l'air réfrigéré à la cabine (30), caractérisé en ce que :

- dans au moins un mode de fonctionnement, dit mode froid, on relie une sortie d'air (42) d'au moins un étage de compression, dit

deuxième étage de compression (21), aux moyens de refroidissement d'air,

- dans au moins un autre mode de fonctionnement, dit mode économique, on isole ladite  
5 sortie d'air (42) du deuxième étage de compression (21) par rapport aux moyens de refroidissement d'air,

- on mesure au moins un paramètre représentatif de la pression atmosphérique extérieure, et on sélectionne un mode froid au moins lorsque la  
10 pression atmosphérique extérieure mesurée est inférieure à un seuil inférieur de pression atmosphérique,

- lorsque la pression atmosphérique mesurée est supérieure à un seuil supérieur de  
15 pression atmosphérique, on sélectionne un mode froid ou un mode économique.

2 - Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'en mode économique, on délivre le débit d'air issu de ladite sortie d'air (42) du  
20 deuxième étage de compression (21) à un dispositif auxiliaire (16) séparé du circuit pneumatique d'alimentation de la cabine (30).

3 - Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que le dispositif auxiliaire (16)  
25 est un système de dégivrage d'éléments de l'aéronef -notamment des ailes- au contact de l'air atmosphérique extérieur, et en ce qu'on sélectionne un mode économique lorsque les conditions, dites conditions de dégivrage, sont satisfaites.

4 - Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'on alimente au moins une entrée d'air (41) du deuxième  
30 étage de compression (21) par un débit d'air

provenant de la source d'air (15) atmosphérique extérieur.

5 - Procédé selon la revendication 4, caractérisé en ce qu'en mode économique, on alimente le deuxième étage de compression (21) par un débit d'air provenant de la source d'air (15) atmosphérique extérieur via un échangeur thermique (3) où il est préalablement réchauffé.

6 - Procédé selon la revendication 5, caractérisé en ce que l'échangeur thermique (3), dit échangeur intermédiaire (3), comprend un circuit de refroidissement (87) relié à la sortie (45) des moyens (11, 21) de compression, le débit d'air provenant de la source d'air (15) atmosphérique extérieur traversant un circuit de source froide (83) de cet échangeur intermédiaire (3) dans lequel il est préalablement réchauffé.

7 - Procédé selon l'une des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que, en mode froid, on relie la sortie d'air (42) du deuxième étage de compression (21) à une entrée d'air (44) d'au moins un autre étage de compression, dit premier étage de compression (11), qui est ainsi relié en série au deuxième étage de compression (21), et on délivre aux moyens de refroidissement d'air un débit d'air issu d'une sortie d'air (45) du premier étage de compression (11).

8 - Procédé selon la revendication 7, caractérisé en ce que, au moins en mode économique, on alimente au moins une entrée d'air (44) du premier étage de compression (11) par un débit d'air provenant de la source d'air (15) atmosphérique extérieur.



9 - Procédé selon la revendication 8, caractérisé en ce qu'on alimente le premier étage de compression (11) par un débit d'air qui est, aux pertes de circulation près, à la pression et à la température de la source d'air (15) atmosphérique extérieur.

10 - Dispositif de conditionnement d'air adapté pour contrôler la température et la pression de l'air dans une cabine (30) d'aéronef à partir d'au moins une source d'air (15) atmosphérique extérieur, comprenant :

- des moyens (11, 21) de compression d'air mécaniques comprenant au moins deux étages (11, 21) distincts de compression d'air comprenant chacun au moins une entrée d'air (41, 44) et au moins une sortie d'air (42, 45),

- des moyens (12, 22) moteurs à alimentation en énergie non pneumatique adaptés pour entraîner les moyens (11, 21) de compression d'air, et comprenant au moins deux moteurs (12, 22) distincts, chacun de ces moteurs (12, 22) étant accouplé à l'un des étages (11, 21) de compression et chaque étage (11, 21) de compression étant accouplé à l'un de ces moteurs (12, 22),

- et un circuit pneumatique d'alimentation de la cabine (30) comprenant des moyens de refroidissement d'air alimentés par au moins une fraction du débit d'air issu des moyens (11, 21) de compression, et reliés à au moins une entrée d'air (33) de la cabine (30) pour pouvoir, dans au moins un mode de fonctionnement, délivrer de l'air réfrigéré à la cabine (30), caractérisé en ce qu'il comprend :

- des moyens, dits moyens de connexion sélective, comprenant au moins une vanne commandée, et adaptés pour :

5 . dans au moins un mode de fonctionnement, dit mode froid, relier une sortie d'air (42) d'au moins un étage de compression, dit deuxième étage de compression (22), aux moyens de refroidissement d'air,

10 . dans au moins un autre mode de fonctionnement, dit mode économique, isoler ladite sortie d'air (42) du deuxième étage de compression (21) par rapport aux moyens de refroidissement d'air,

15 - des moyens de mesure d'au moins un paramètre représentatif de la pression atmosphérique extérieure,

20 - des moyens de commande automatique des moyens de connexion sélective adaptés pour sélectionner :

25 . un mode froid au moins lorsque la pression atmosphérique extérieure mesurée est inférieure à un seuil inférieur de pression atmosphérique,  
. lorsque la pression atmosphérique mesurée est supérieure à un seuil supérieur de pression atmosphérique, un mode froid ou un mode économique.

30 11 - Dispositif selon la revendication 10, caractérisé en ce que, en mode économique, les moyens de connexion sélective sont adaptés pour délivrer le débit d'air issu de ladite

sortie d'air (42) du deuxième étage de compression (21) à un dispositif auxiliaire (16) séparé du circuit pneumatique d'alimentation de la cabine (30).

12 - Dispositif selon la  
5 revendication 11, caractérisé en ce que le dispositif auxiliaire (16) est un système de dégivrage d'éléments de l'aéronef -notamment des ailes- au contact de l'air atmosphérique extérieur, et en ce que les moyens de commande automatique sont adaptés  
10 pour sélectionner un mode économique lorsque des conditions, dites conditions de dégivrage, sont satisfaites.

13 - Dispositif selon l'une des revendications 10 à 12, caractérisé en ce qu'il  
15 comprend des moyens, dits deuxièmes moyens d'alimentation, aptes à alimenter le deuxième étage de compression (21) par un débit d'air provenant de la source d'air (15) atmosphérique extérieur.

14 - Dispositif selon la  
20 revendication 13, caractérisé en ce que les deuxièmes moyens d'alimentation sont adaptés pour, en mode économique, alimenter le deuxième étage de compression (21) par un débit d'air provenant de la source d'air (15) atmosphérique extérieur via un  
25 échangeur thermique (3) où il est préalablement réchauffé.

15 - Dispositif selon la revendication 14, caractérisé en ce que l'échangeur de chaleur, dit échangeur intermédiaire (3), comprend  
30 un circuit de refroidissement (87) relié à la sortie (45) des moyens (11, 21) de compression, le débit d'air provenant de la source d'air (15) atmosphérique extérieur traversant un circuit de source froide (83)

de cet échangeur intermédiaire (3) dans lequel il est préalablement réchauffé.

16 - Dispositif selon l'une des revendications 10 à 15, caractérisé en ce que les  
5 moyens de connexion sélective sont adaptés pour, en mode froid, relier la sortie d'air (42) du deuxième étage de compression (21) à une entrée d'air (44) d'au moins un autre étage de compression, dit premier  
10 étage de compression (11), qui est ainsi relié en série au deuxième étage de compression (21), le premier étage de compression (11) comprenant au moins une sortie d'air (45) délivrant un débit d'air alimentant les moyens de refroidissement d'air.

17 - Dispositif selon la  
15 revendication 16, caractérisé en ce qu'il comprend des moyens, dits premiers moyens d'alimentation, adaptés pour pouvoir alimenter, au moins en mode économique, au moins une entrée d'air (44) du premier étage de compression (11) par un débit d'air provenant de la  
20 source d'air (15) atmosphérique extérieur.

18 - Dispositif selon la  
revendication 17, caractérisé en ce que les premiers  
moyens d'alimentation sont adaptés pour délivrer au  
premier étage de compression (11), un débit d'air qui  
25 est, aux pertes de circulation près, à la pression et à la température de la source d'air (15) atmosphérique extérieur.

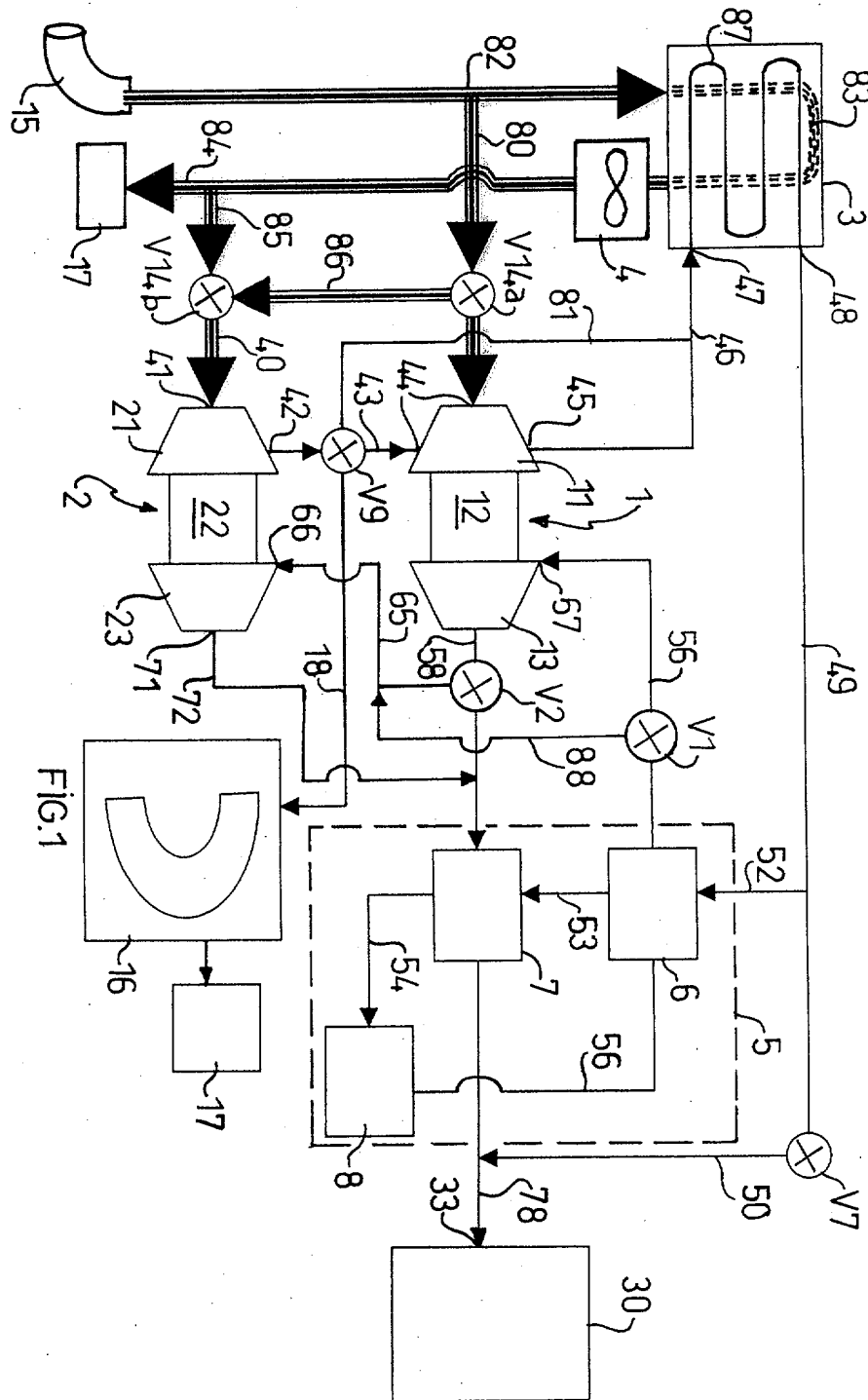
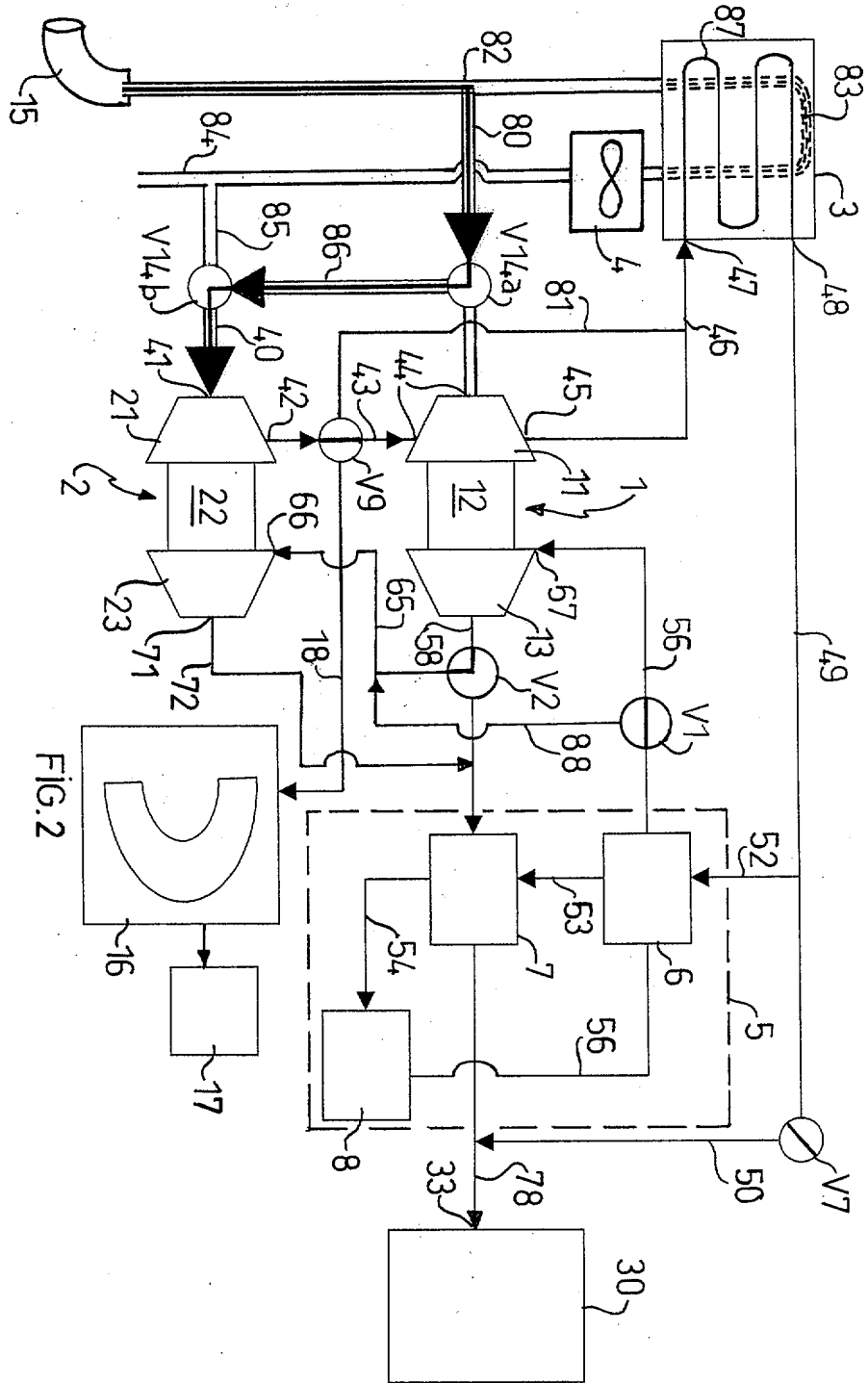
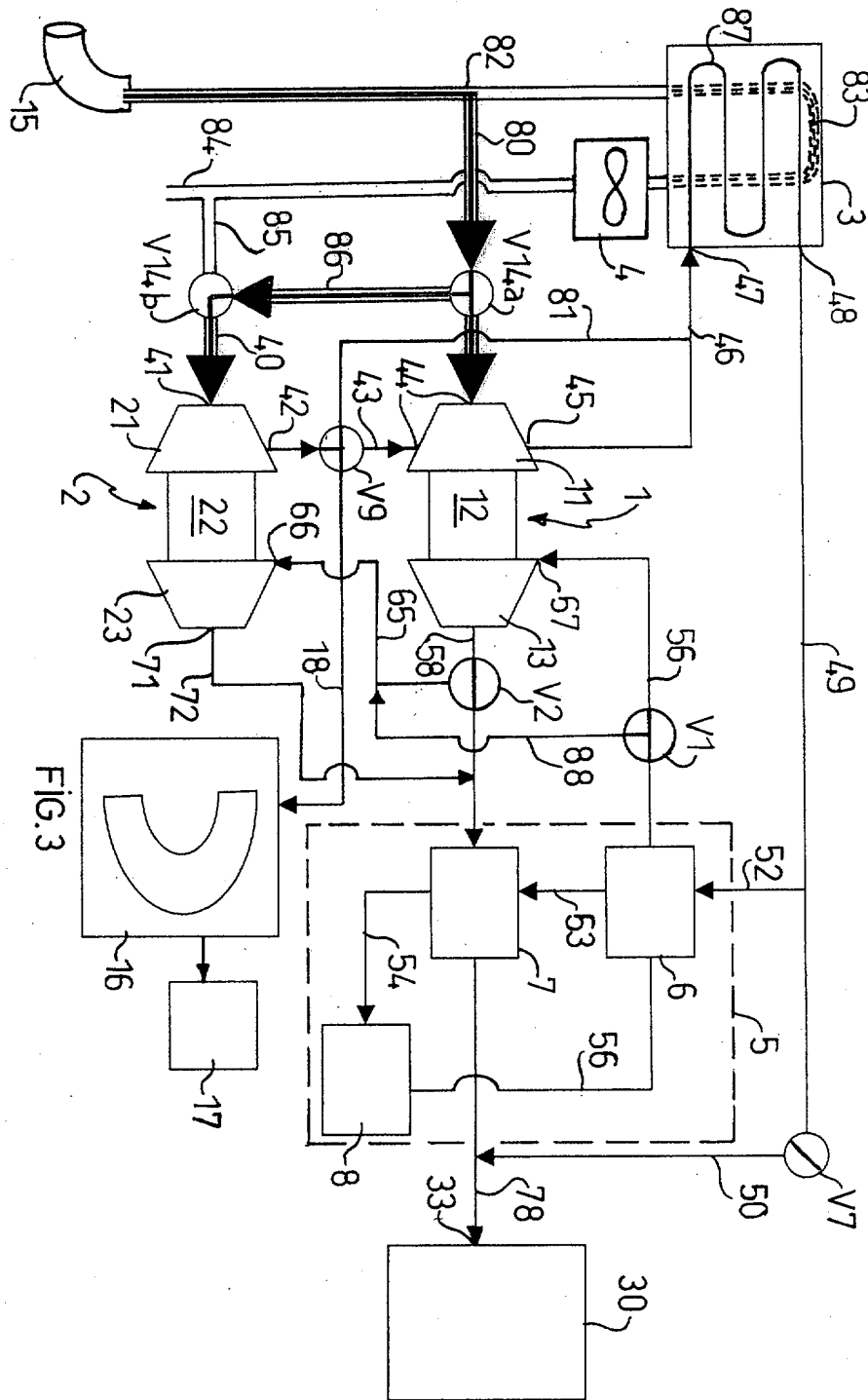
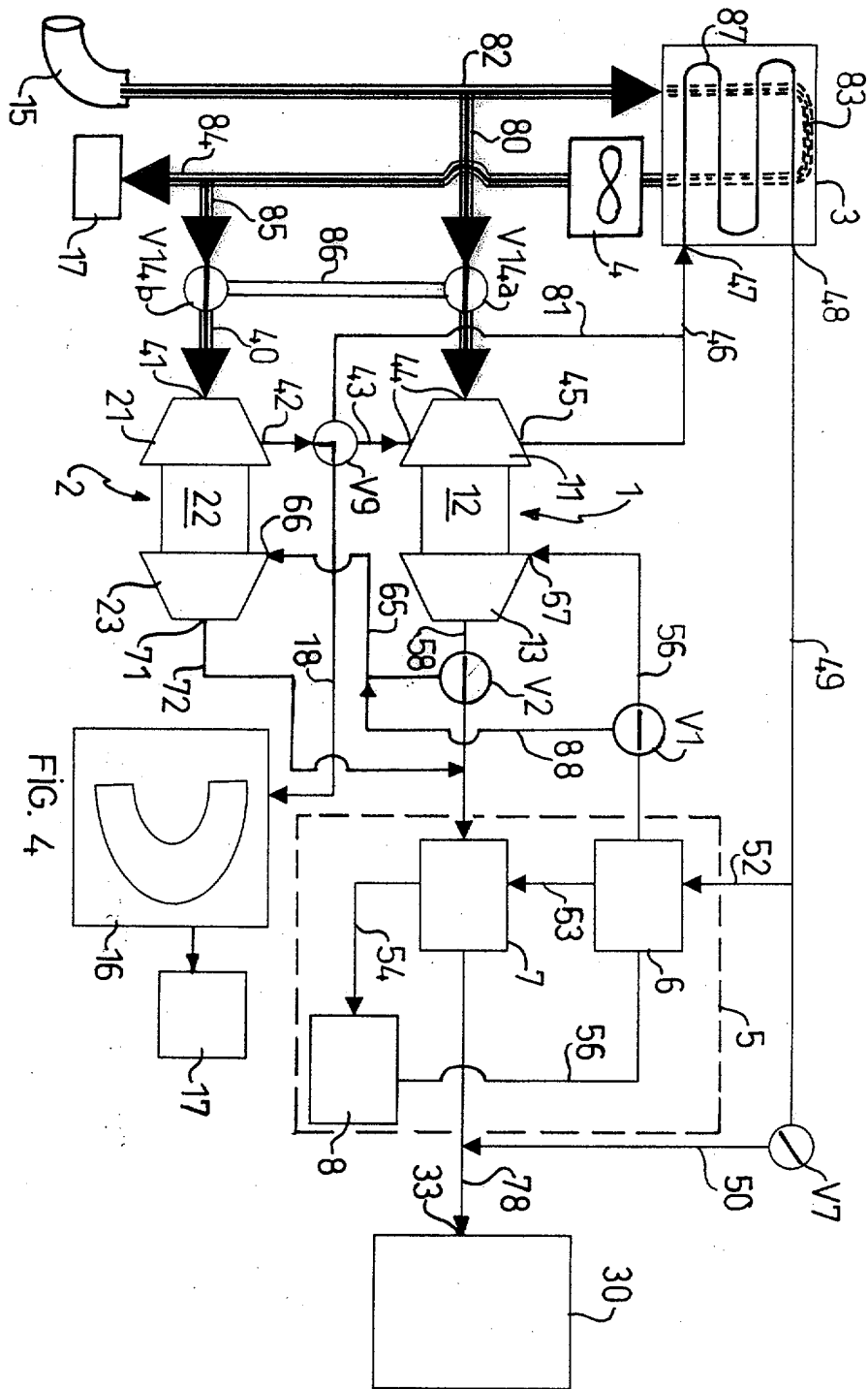


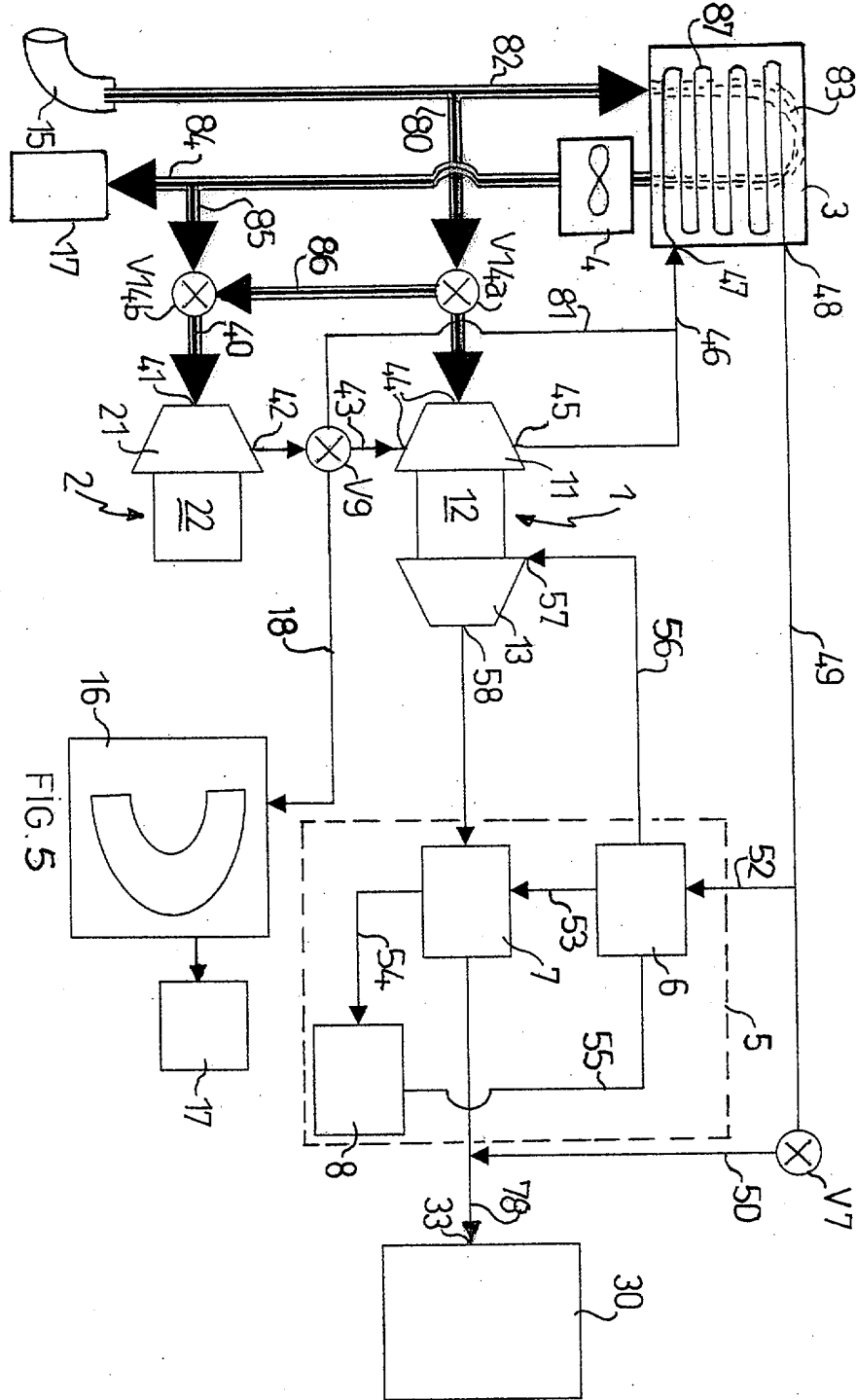
FIG.1

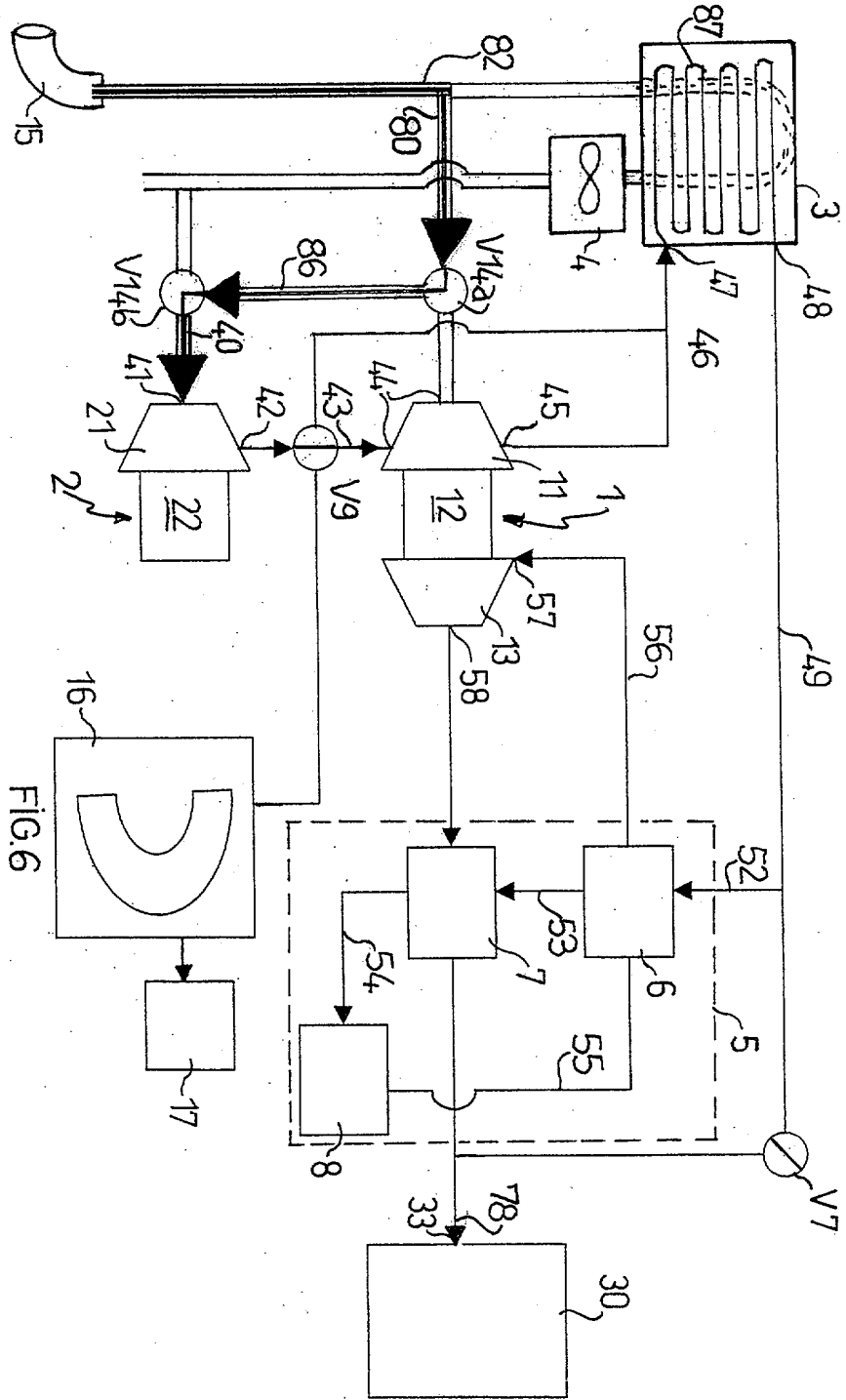




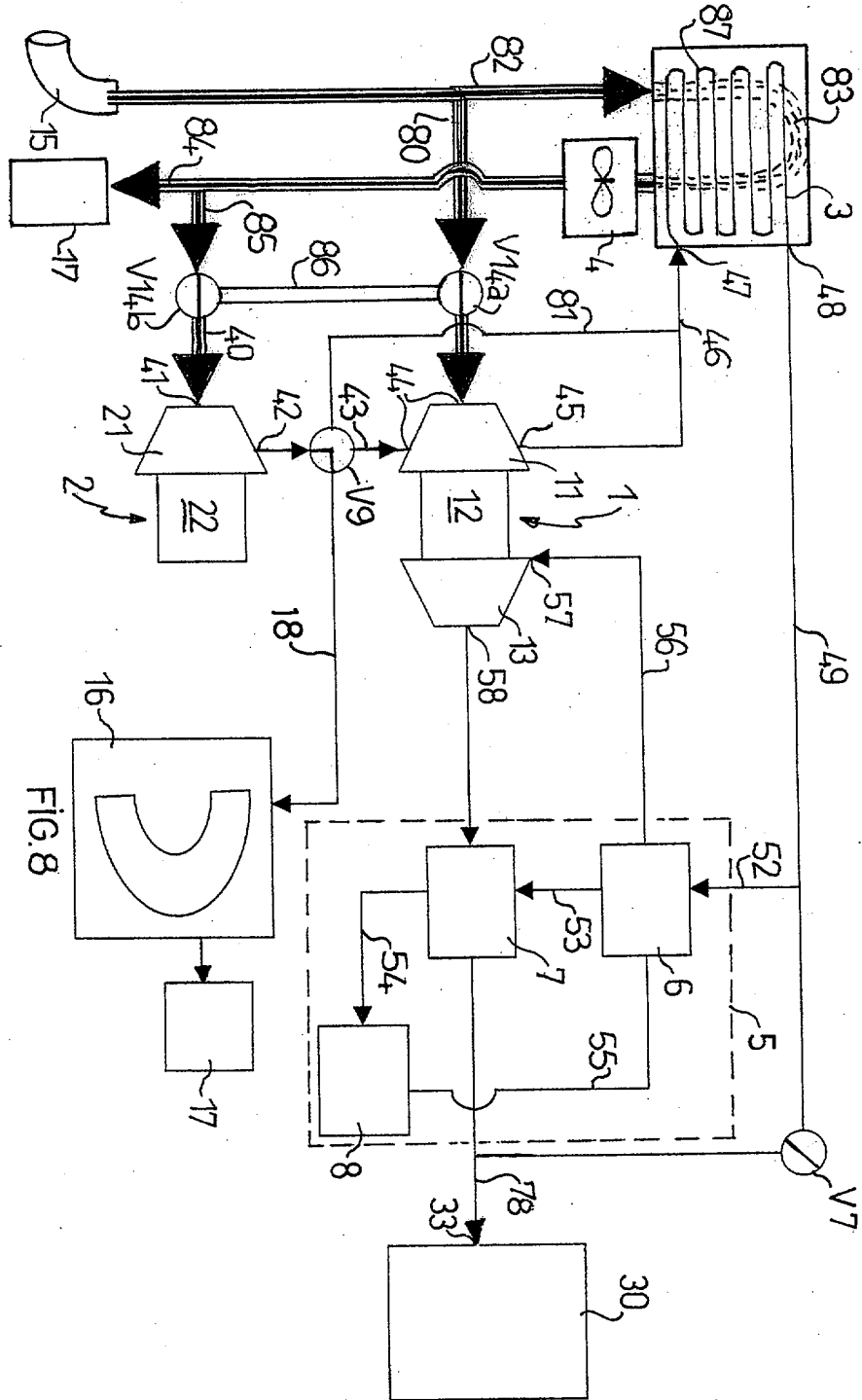












**RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE**

établi sur la base des dernières revendications déposées avant le commencement de la recherche

FA 607715  
FR 0111686

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
A	US 4 546 939 A (CRONIN MICHAEL J) 15 octobre 1985 (1985-10-15) * colonne 5, ligne 30-41 * * colonne 7, ligne 7-17; figures * ---	1,10	B64D13/06
A	US 4 419 926 A (SEID GORDON ET AL) 13 décembre 1983 (1983-12-13) * abrégé; figures * ---	1,10	
A	EP 0 940 336 A (ROLLS ROYCE PLC) 8 septembre 1999 (1999-09-08) * abrégé * -----	1,10	
			<b>DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (Int.CL.7)</b>
			B64D
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
5 mars 2002		Salentiny, G	
<b>CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS</b> X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons ..... & : membre de la même famille, document correspondant			

1  
EPO FORM 1503 12.99 (P/4C14)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE  
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0111686 FA 607715**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.  
Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date 05-03-2002  
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 4546939	A	15-10-1985	US 4462561 A	31-07-1984
US 4419926	A	13-12-1983	AUCUN	
EP 0940336	A	08-09-1999	EP 0940336 A2 US 6216981 B1	08-09-1999 17-04-2001

EPO FORM P0465