

①2 DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 14.03.16.

③0 Priorité :

⑦1 Demandeur(s) : SNECMA Société anonyme — FR.

⑦2 Inventeur(s) : RICORDEAU JULIEN, ALEXIS, LOUIS
et MISSOUT MARC.

④3 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 15.09.17 Bulletin 17/37.

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 :

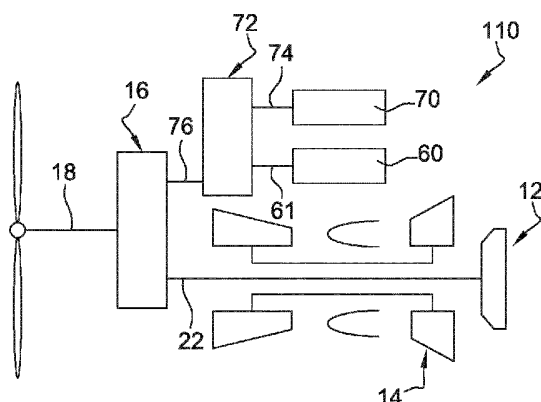
⑦3 Titulaire(s) : SNECMA Société anonyme.

○ Demande(s) d'extension :

⑦4 Mandataire(s) : GEVERS & ORES Société anonyme.

⑤4 ALIMENTATION EN AIR D'UN CIRCUIT DE CONDITIONNEMENT D'AIR D'UNE CABINE D'UN AERONEF.

⑤7 Turbopropulseur (110) d'aéronef, comportant au moins un corps basse pression (12) et un corps haute pression (14), le corps basse pression entraînant une hélice de propulsion par l'intermédiaire d'une boîte d'engrenages (16), le turbopropulseur comportant en outre des moyens d'alimentation en air d'un circuit (36) de conditionnement d'air d'une cabine de l'aéronef, lesdits moyens d'alimentation comportant un compresseur de charge (60) dont un rotor (61) est accouplé audit corps basse pression par l'intermédiaire de ladite boîte d'engrenages, caractérisé en ce que lesdits moyens d'alimentation comprennent en outre des moyens de régulation de la vitesse de rotation du rotor (61) dudit compresseur (60), qui comprennent un moteur électrique (70), et un différentiel mécanique (72) d'accouplement d'un premier arbre de sortie (74) dudit moteur électrique, avec un second arbre de sortie (76) de ladite boîte d'engrenages, et avec ledit rotor (61) du compresseur, de façon à ce que la vitesse de rotation (V3) dudit rotor soit fonction des vitesses de rotation (V1, V2) respectives desdits premier et second arbres de sortie.



**Alimentation en air d'un circuit de conditionnement d'air
d'une cabine d'un aéronef**

DOMAINE TECHNIQUE

5 La présente invention concerne l'alimentation en air d'un circuit de conditionnement d'air d'une cabine d'un aéronef qui est équipé d'au moins un turbopropulseur.

ETAT DE L'ART

10 A bord d'un aéronef, il est nécessaire d'avoir à disposition de l'air afin de pouvoir réaliser certaines fonctions, telles que le conditionnement d'air de la cabine de pilotage et de la cabine des passagers ou le dégivrage de certains organes de l'aéronef. A hautes altitudes, l'oxygène se raréfie et la pression de l'air baisse. Ceci implique, pour assurer le confort et la survie des passagers lors d'un vol, de pressuriser les cabines de l'aéronef. Pour
15 cela, de l'air avec un niveau minimum de pression (en général entre 0,8 et 1 bar) et une température maîtrisée (exigence réglementaire) doit être fourni au circuit de conditionnement d'air. Un aéronef est ainsi équipé d'un circuit de conditionnement d'air qui est alimenté par le ou les moteurs de l'aéronef, qui sont des turbopropulseurs dans le cadre de l'invention.

20 Typiquement, un turbopropulseur comprend au moins un corps basse pression et un corps haute pression, le corps basse pression entraînant une hélice de propulsion par l'intermédiaire d'une boîte d'engrenages ou boîte de réduction, appelée couramment PGB (pour *Power Gear Box*). Le corps basse pression comprend un rotor de turbine
25 relié par un arbre à l'hélice et éventuellement à un compresseur. Chaque autre corps comprend un rotor de compresseur relié par un arbre à un rotor de turbine.

 Dans la technique actuelle, le circuit de conditionnement d'air est alimenté par de l'air prélevé sur un des compresseurs du turbopropulseur.
30 Ceci présente toutefois des inconvénients parmi lesquels les plus importants sont :

- la pression de l'air fourni à l'aéronef dépasse largement le besoin, notamment lors de la phase de montée de l'aéronef, ce qui nécessite des dispositifs de protection en cas de surpression et un dimensionnement des canalisations d'air en conséquence,
- 5 - la température de l'air prélevé, au niveau du compresseur, dépasse largement la contrainte réglementaire (température maximale au passage dans les zones carburant), ce qui nécessite un dispositif de refroidissement difficile à intégrer dans la nacelle (généralement appelé pré-refroidisseur - de l'anglais *precooler*) avant envoi de l'air dans le circuit de l'aéronef,
- 10 - une énergie importante est perdue ce qui pénalise la consommation et le rendement du turbopropulseur,
 - la pression dans le compresseur baisse au ralenti ce qui nécessite soit de relever le niveau de ralenti du turbopropulseur pour avoir suffisamment de pression dans le circuit, soit de prélever l'air à deux endroits sur le
 - 15 compresseur, ce qui nécessite deux ports de prélèvement et autant de vannes pour basculer le prélèvement d'air d'un port à l'autre, ce qui est relativement complexe. Dans les deux cas cela entraîne une surconsommation de carburant au ralenti,
 - lorsque le débit d'air prélevé est trop important, ce qui arrive pour certains
 - 20 régimes de fonctionnement du turbopropulseur, de l'air prélevé est déchargé c'est-à-dire qu'il est évacué et rejeté en général dans la nacelle du turbopropulseur, pour diminuer le débit d'air prélevé, ce qui est particulièrement bruyant.

On a déjà proposé des solutions à ce problème. On a notamment

25 proposé d'alimenter un circuit de conditionnement avec de l'air prélevé sur un moteur thermique auxiliaire du type APU (acronyme de *Auxiliary Power Unit*) monté dans l'aéronef. Cependant, le fonctionnement de ce moteur est optimisé au sol et n'est donc pas performant en altitude. Son utilisation, hors cas de panne moteur, implique une consommation supplémentaire de

30 carburant par rapport à la technique précédente. Par ailleurs, tous les aéronefs ne sont pas équipés d'un moteur du type APU.

On a également proposé d'équiper l'aéronef d'un compresseur dédié (à l'alimentation en air de la cabine) entraîné par le boîtier d'entraînement des équipements accessoires du moteur, appelé généralement boîtier d'engrenages d'accessoires ou AGB (acronyme de *Accessory Gear Box*).

- 5 Ce boîtier d'accessoires est accouplé au corps haute pression de la turbomachine. L'air est fourni par un compresseur dédié à l'alimentation en air de la cabine, et non plus prélevé sur un compresseur du turbopropulseur, ce qui pénalise moins les performances. Cependant, cette solution n'est pas satisfaisante car la vitesse de rotation du corps haute
- 10 pression varie trop en fonction des conditions de fonctionnement si bien que la vitesse de rotation du rotor du compresseur dédié serait trop faible au ralenti pour que ce compresseur soit capable de fournir un débit d'air à la pression minimum requise au circuit de conditionnement.

- Une autre solution consiste à entraîner le compresseur dédié par un
- 15 moteur électrique. Cependant, cette solution n'est pas non plus satisfaisante car elle implique une perte de rendement du fait de la conversion d'énergie mécanique en énergie électrique par le générateur électrique destiné à être entraîné par la PGB ou l'AGB et à alimenter le moteur électrique, et à la conversion d'énergie électrique en énergie
- 20 mécanique par le compresseur dédié.

- Dans le document FR-A1-3 017 159, la Demanderesse a proposé une autre solution consistant à accoupler le compresseur dédié au corps basse pression par l'intermédiaire de la boîte d'engrenages de puissance (PGB). Le compresseur est accouplé à la boîte d'engrenages avec un
- 25 rapport de réduction fixe. Ceci est particulièrement avantageux en termes de consommation spécifique. Par ailleurs, lorsque le turbopropulseur est configuré pour que la vitesse de rotation de son corps basse pression obéisse à une loi de régimes discrets, c'est-à-dire que chaque régime est constant par palier. Le régime de l'hélice peut être compris dans une plage
- 30 assez restreinte car elle peut ne plus être fonctionnelle si elle ralentit trop. La vitesse de rotation du corps basse pression est notamment constante au

cours d'une même phase de vol. On entend par phase de vol une phase durant laquelle l'aéronef opère un seul type de manœuvre. Ainsi, la vitesse de rotation du rotor du compresseur dédié ne dépendra pas des conditions de fonctionnement, et le compresseur dédié pourra fournir un débit d'air à la pression minimum requise au circuit de conditionnement, même au ralenti. Par ailleurs, il n'est plus nécessaire de prévoir au moins deux ports de prélèvement d'air sur le compresseur, ainsi que les vannes associées, ce qui est plus simple.

La présente invention propose un perfectionnement à cette dernière technologie, qui est simple, efficace et économique.

EXPOSE DE L'INVENTION

L'invention propose un turbopropulseur d'aéronef, comportant au moins un corps basse pression et un corps haute pression, le corps basse pression entraînant une hélice de propulsion par l'intermédiaire d'une boîte d'engrenages, le turbopropulseur comportant en outre des moyens d'alimentation en air d'un circuit de conditionnement d'air d'une cabine de l'aéronef, lesdits moyens d'alimentation comportant un compresseur de charge dont un rotor est accouplé audit corps basse pression par l'intermédiaire de ladite boîte d'engrenages, caractérisé en ce que lesdits moyens d'alimentation comprennent en outre des moyens de régulation de la vitesse de rotation du rotor dudit compresseur, qui comprennent :

- un moteur électrique, et
- un différentiel mécanique d'accouplement d'un premier arbre de sortie dudit moteur électrique, avec un second arbre de sortie de ladite boîte d'engrenages, et avec ledit rotor du compresseur, de façon à ce que la vitesse de rotation dudit rotor soit fonction des vitesses de rotation respectives desdits premier et second arbres de sortie.

L'invention propose ainsi une solution hybride d'entraînement du rotor du compresseur de charge, à savoir par la boîte d'engrenages et par le moteur électrique.

Un premier avantage de l'invention est que le circuit de conditionnement d'air peut être alimenté en air lorsque le corps basse pression ne tourne pas ou peu, par exemple à l'arrêt. Il suffit alors de commander le moteur électrique de façon à ce que la vitesse de rotation de son arbre de sortie impose une vitesse de rotation au rotor du compresseur de charge, en fonction du débit d'air souhaité d'alimentation du circuit.

Un autre avantage de l'invention est la possibilité de réguler ce débit d'air. Le besoin en débit d'air n'est en effet pas linéaire avec l'évolution du régime moteur. Le compresseur de charge est en général dimensionné pour un point de fonctionnement particulier, ce qui revient à le surdimensionner pour la plupart des autres points de fonctionnement. Il en résulte un prélèvement mécanique par le compresseur de charge, qui est supérieure au besoin réel et qui entraîne une consommation en carburant importante et non maîtrisée.

L'invention permet en outre de ne pas surdimensionner le compresseur de façon à limiter le débit d'air prélevé au seul besoin et de ne pas avoir à décharger de l'air prélevé en cas de débit d'air trop important. Cela est particulièrement avantageux car cela permet de supprimer les vannes de décharge de la technique antérieure, qui sont lourdes et encombrantes, et d'éviter ainsi le rejet d'air chaud déchargé dans la nacelle du turbopropulseur.

Ces avantages sont rendus possibles par le fait que la vitesse de rotation du rotor du compresseur de charge est régulée par le moteur. Le rotor du compresseur est entraîné par le différentiel mécanique ayant deux entrées reliées respectivement aux premier et second arbres (du moteur électrique et de la boîte d'engrenages) et une sortie reliée au rotor du compresseur.

Le turbopropulseur selon l'invention peut comprendre une ou plusieurs des caractéristiques suivantes, prises isolément les unes des autres ou en combinaison les unes avec les autres :

- ledit différentiel mécanique est intégré dans ladite boîte d'engrenages ;

- ledit moteur électrique est intégré dans ladite boîte d'engrenages ou monté sur ladite boîte d'engrenages ;
- lesdits moyens de régulation comprennent des moyens de mesure de la vitesse de rotation dudit second arbre de sortie, et des moyens de commande de la vitesse de rotation dudit premier arbre en fonction d'un débit d'air souhaité d'alimentation dudit circuit ;
- lesdits moyens de régulation comprennent des moyens de mesure de la vitesse de rotation dudit premier arbre de sortie ;
- ledit différentiel comprend un planétaire central relié audit second arbre de sortie ou formé par ledit second arbre de sortie, une couronne extérieure s'étendant autour du planétaire central et relié audit premier arbre de sortie ou formé par ledit premier arbre de sortie, et des satellites qui sont engrenés respectivement avec ledit planétaire central et ladite couronne extérieure, et qui sont portés par un porte-satellites relié audit rotor ou formant ledit rotor ;
- les moyens de régulation comprennent un autre moteur électrique formant une redondance.

La présente invention concerne encore un procédé d'alimentation en air d'un circuit de conditionnement d'air d'une cabine d'un aéronef qui est équipé d'au moins un turbopropulseur tel que décrit ci-dessus, comprenant une première étape consistant à :

- faire tourner ledit premier arbre dans un sens opposé à celui dudit second arbre, de façon à ce que la vitesse de rotation dudit rotor (61) soit inférieure à celle dudit second arbre, pendant au moins un régime de fonctionnement du turbopropulseur, tel qu'au décollage de l'aéronef.

Le procédé peut comprendre une étape consistant à :

- faire tourner ledit premier arbre dans un sens, alors que la vitesse de rotation dudit second arbre est sensiblement nulle, pendant au moins un régime de fonctionnement du turbopropulseur, tel qu'à l'arrêt ou en mode hôte de l'aéronef.

Le procédé peut comprendre une étape consistant à :

- ne pas faire tourner ledit premier arbre, la vitesse de rotation dudit second arbre imposant une vitesse de rotation audit rotor, pendant au moins un régime de fonctionnement du turbopropulseur, tel qu'au ralenti.

DESCRIPTION DES FIGURES

L'invention sera mieux comprise et d'autres détails, caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description suivante faite à titre d'exemple non limitatif et en référence aux dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1 est une vue très schématique d'un turbopropulseur d'aéronef et représente des moyens d'alimentation en air d'un circuit de conditionnement d'air d'une cabine de l'aéronef,
- la figure 2 est une vue très schématique d'une boîte d'engrenages pour l'entraînement du compresseur dédié des moyens d'alimentation en air,
- la figure 3 est une vue très schématique d'un turbopropulseur d'aéronef et représente des moyens d'alimentation en air d'un circuit de conditionnement d'air d'une cabine de l'aéronef, selon l'invention,
- la figure 4 est un schéma bloc montrant l'architecture générale des moyens d'alimentation en air, et
- la figure 5 est une vue très schématique montrant des moyens d'accouplement à différentiel mécanique des moyens d'alimentation en air.

DESCRIPTION DETAILLEE

La figure 1 représente un turbopropulseur 10 d'aéronef, qui est ici du type double corps et comprend un corps basse pression 12 et un corps haute pression 14. Le corps basse pression 12 entraîne une hélice de propulsion par l'intermédiaire d'une boîte d'engrenages 16 ou boîte de réduction, appelée couramment PGB (pour *Power Gear Box*). Seul l'arbre 18 de l'hélice de propulsion est représenté en figure 1.

Le corps basse pression 12 comprend ici seulement un rotor de turbine relié par un arbre à la boîte d'engrenages 16. Le corps haute

pression 14 comprend un rotor de compresseur relié par un arbre à un rotor de turbine. L'arbre du corps haute pression 14, appelé arbre HP, est tubulaire et traversé coaxialement par l'arbre du corps basse pression 12, appelé arbre BP ou de puissance. L'arbre BP comprend à une extrémité un
5 pignon (non représenté) accouplé par l'intermédiaire d'une série de pignons de la boîte d'engrenages 16 à l'arbre 18 de l'hélice de propulsion.

Le turbopropulseur 10 comprend un boîtier 24 d'entraînement d'équipements accessoires (appelé boîtier d'accessoires ou AGB pour *Accessory Gear Box*) qui est accouplé au corps haute pression de la
10 turbomachine 14, et en particulier à l'arbre HP, par l'intermédiaire d'un arbre radial 26. Le boîtier d'accessoires 24 est monté dans la nacelle 28 du turbopropulseur 10, qui est schématiquement représentée par un rectangle.

Le boîtier d'accessoires 24 porte et entraîne plusieurs équipements parmi lesquels un démarreur pneumatique 30 qui, comme son nom
15 l'indique, est destiné à démarrer le turbopropulseur 10 en entraînant en rotation son corps haute pression, par l'intermédiaire du boîtier d'accessoires 24 et de l'arbre radial 26.

Le turbopropulseur 10 comprend en outre une entrée d'air 32 pour l'alimentation en air du moteur, et une tuyère 34 d'échappement des gaz de
20 combustion. Le turbopropulseur 10 comprend en outre une chambre de combustion, entre les compresseurs BP et HP, d'une part, et les turbines HP et BP, d'autre part.

Le turbopropulseur 10 est en outre équipé de moyens d'alimentation en air d'un circuit 36 de conditionnement d'air d'une cabine de l'aéronef.

25 Dans la technique antérieure, ces moyens d'alimentation en air comprennent des moyens de prélèvement d'air dans le moteur du turbopropulseur 10.

La Demanderesse a déjà proposé d'équiper le turbopropulseur d'un compresseur dédié, appelé compresseur de charge 60, dont le rotor 61 est
30 accouplé au corps basse pression et en particulier à l'arbre BP 22 du moteur par l'intermédiaire de la boîte d'engrenages 16.

Comme cela est schématiquement représenté à la figure 2, l'arbre de rotor 61 du compresseur 60 peut porter un pignon 61a engrené avec un pignon 18a de l'arbre 18 de l'hélice du turbopropulseur 10, cet arbre 18 portant un autre pignon 18b engrené avec un pignon 22a de l'arbre BP 22.

5 Les pignons 18a, 18b, 22a, 61a sont logés dans la boîte d'engrenages 16.

Le compresseur 60 comprend une entrée 62 et une sortie d'air 64. Dans l'exemple représenté, l'entrée d'air 62 est reliée par une conduite 66 à la manche d'entrée d'air 32 du turbopropulseur 10, c'est-à-dire à la section du turbopropulseur 110 s'étendant entre l'entrée d'air 32 et l'entrée
10 de la turbomachine 14. De l'air relativement frais est ainsi prélevé par la conduite 66 pour alimenter le compresseur 60. Il est avantageux de prélever de l'air frais pour ne pas avoir à le refroidir avant de l'envoyer à l'aéronef. Au contraire, de l'air prélevé du compresseur du corps haute ou basse pression, qui a subi plusieurs compressions successives et qui est
15 donc échauffé, serait plus chaud.

La sortie d'air 64 du compresseur 60 est raccordée à la canalisation 44 d'alimentation en air du circuit 36. Cette canalisation 44 comprend une vanne 46 qui régule la pression d'alimentation du circuit 36, et un échangeur de chaleur 47 du type pré-refroidisseur, qui est destiné à
20 abaisser la température de l'air avant son introduction dans le circuit 36. La canalisation 44 est en outre reliée par une conduite 48 équipée d'une vanne 50 à une entrée d'air du démarreur pneumatique 30.

Le compresseur 60 peut être de n'importe quel type et est par exemple un compresseur axial à un ou plusieurs étages ou un
25 compresseur centrifuge à un ou plusieurs étages ou encore un compresseur mixte comportant un ou plusieurs étages axiaux et un ou plusieurs étages centrifuges ou un compresseur spiro-axial. Il est en outre envisageable d'utiliser plus d'un compresseur de charge et par exemple deux compresseurs de charge montés en série.

30 Après démarrage du turbopropulseur 10, le corps basse pression 12 et son arbre 22 tournent en général à une vitesse sensiblement constante.

Le rotor du compresseur 60 est entraîné en rotation à une vitesse sensiblement constante, qui dépend notamment du coefficient de réduction de la boîte d'engrenages 16, 80. La rotation de l'arbre de rotor 61 du compresseur 60 provoque l'aspiration et le prélèvement d'air par la conduite 66 jusqu'à l'entrée d'air 62 du compresseur 60. Cet air est alors comprimé par le compresseur 60 qui fournit à la canalisation 44 de l'air comprimé à une pression prédéterminée. La vanne 46 régule la pression d'alimentation du circuit 36. L'échangeur de chaleur 47 permet d'abaisser la température de l'air avant son introduction dans le circuit 36, avant son entrée dans le compresseur ou entre deux phases de compression. Quelles que soient les conditions de fonctionnement du turbopropulseur 10, l'arbre de rotor 61 du compresseur 60 tourne à vitesse constante dans le cas où la vitesse de rotation du corps basse pression 12 est également constante.

Le turbopropulseur 110 de la figure 3 illustre l'invention. Ce turbopropulseur 110 diffère de celui décrit dans ce qui précède en ce qu'il comprend en outre des moyens de régulation de la vitesse de rotation de l'arbre de rotor 61 du compresseur 60.

Les moyens de régulation comprennent un moteur électrique 70 et un différentiel mécanique 72. Le différentiel mécanique 72 assure l'accouplement d'un arbre de sortie 74 du moteur électrique 70, avec un arbre de sortie 76 de la boîte d'engrenages 16, et avec l'arbre de rotor 61 du compresseur 60, de façon à ce que la vitesse de rotation de l'arbre de rotor 61 soit fonction des vitesses de rotation respectives des arbres de sortie 74, 76.

La figure 4 est un schéma bloc illustrant le principe de fonctionnement des moyens de régulation selon l'invention et la figure 5 illustre un mode de réalisation du différentiel mécanique 72.

Dans l'exemple de réalisation de la figure 5, le différentiel 72 comprend un arbre planétaire 78 présentant une denture externe, une couronne externe 80 s'étendant autour de l'arbre planétaire 78 et

présentant une denture interne 82, et des satellites 84 qui sont disposés entre l'arbre planétaire 78 et la couronne 80 et qui sont engrenés avec les dentures de l'arbre planétaire et de la couronne. L'arbre planétaire et la couronne sont mobiles en rotation autour d'un même axe A. Les satellites
5 sont montés mobiles en rotation autour d'axes B parallèles à l'axe A et sont portés par un porte-satellites 86 qui est lui-même monté mobile en rotation autour de l'axe A.

L'arbre planétaire 78 est ici relié à l'arbre de sortie 76 de la boîte d'engrenages 16, ou est formé d'une seule pièce avec cet arbre. La
10 couronne 80 est reliée à l'arbre 74, ou est formé d'une seule pièce avec cet arbre. Le porte-satellites 86 est relié à l'arbre 61 du compresseur 60.

Le différentiel mécanique 72 peut être monté sur la boîte d'engrenages 16. En variante, et comme représenté schématiquement en traits pointillés en figure 5, le différentiel 72 peut être intégré dans la boîte
15 d'engrenages 16'. De la même façon, le moteur électrique 70 peut être est intégré dans la boîte d'engrenages 16 ou monté sur celle-ci.

Les moyens de régulation comprennent en outre des moyens de mesure de la vitesse V1 de rotation de l'arbre de sortie 76, et des moyens 88 de commande de la vitesse V2 de rotation de l'arbre 74 du moteur
20 électrique 70 en fonction d'un débit d'air Q1 souhaité d'alimentation dudit circuit. De préférence, les moyens de régulation comprennent en outre des moyens de mesure des vitesses V2 et V3 de rotation des arbres 74, 61, respectivement. Ces moyens de mesure peuvent être des capteurs ou sondes, par exemple à effet hall. Les moyens de mesure de la vitesse de
25 l'arbre du moteur électrique peuvent être des moyens de calcul de cette vitesse par la fréquence du moteur.

La vitesse V3 de rotation de l'arbre 61 du compresseur est fonction des vitesses V1 et V2. Les moyens de commande 88 sont configurés de sorte à imposer un sens de rotation à l'arbre 74 du moteur électrique 70 et
30 une vitesse de rotation V2 à cet arbre, qui sont déterminés pour que le compresseur fournisse le débit d'air Q1. Les moyens de régulation

comprennent de préférence un débitmètre 90 pour la mesure du débit d'air Q2 réellement injecté dans le circuit de conditionnement d'air. Les moyens de commande 88 sont configurés pour réguler le sens de rotation et la vitesse V2 de l'arbre 74 de façon à ce que $Q2 = Q1$.

5 En variante, on pourrait avoir une régulation faite uniquement avec la vitesse du compresseur déterminée en fonction de la loi de fonctionnement du compresseur sans passer par une mesure des débits.

 Comme exposé dans ce qui précède en relation avec la technique antérieure, la vitesse V1 de rotation de l'arbre 76 est proportionnelle à la
10 vitesse de rotation du corps BP et dépend du régime de la turbomachine. L'invention permet de ne pas faire dépendre la vitesse V3 de l'arbre 61 du compresseur 60 uniquement de la vitesse du corps BP. Au contraire, quelle que soit la vitesse du corps BP et de l'arbre 76 de la boîte d'engrenages 16, le moteur électrique 70 est commandé pour que le débit d'air Q2 délivré
15 soit égal au débit d'air Q1 souhaité.

 En fonctionnement, le moteur électrique peut générer de la chaleur en fonctionnement. Cette chaleur peut être utilisée pour réchauffer l'air prélevé avant son injection dans le circuit de conditionnement. Dans un cas particulier de réalisation de l'invention, le moteur fonctionne à une
20 température de 200°C et l'air prélevé circule autour du moteur à l'intérieur d'un serpentin qui entoure le moteur, de façon à réchauffer l'air prélevé de 30-40°C.

 L'invention concerne également un procédé d'alimentation en air du circuit de conditionnement d'air, qui comprend une ou plusieurs des étapes
25 suivantes :

- faire tourner le premier arbre 74 dans un sens opposé à celui du second arbre 76, de façon à ce que la vitesse de rotation V3 du rotor 61 soit inférieure à celle du second arbre V1, pendant au moins un régime de fonctionnement du turbopropulseur, tel qu'au décollage de l'aéronef (voir
30 régimes 1 et 2 dans le tableau ci-dessous) ;

- faire tourner le premier arbre 74 dans un sens, alors que la vitesse de rotation V1 du second arbre est sensiblement nulle, pendant au moins un régime de fonctionnement du turbopropulseur, tel qu'à l'arrêt ou en mode hôte de l'aéronef (régime 4) ;
- 5 - ne pas faire tourner le premier arbre 74, la vitesse de rotation V1 du second arbre 76 imposant une vitesse de rotation au rotor 61, pendant au moins un régime de fonctionnement du turbopropulseur, tel qu'au ralenti (régime 3).

Le tableau ci-dessous permet d'apprécier les avantages de l'invention par rapport à la technique antérieure. Les deux premières colonnes du tableau concernent les phases considérées de fonctionnement d'un aéronef, et la durée de chacune de ces phases. La troisième colonne concerne la technique antérieure et les trois colonnes suivantes concernent l'invention.

15

Phase de fonctionnement de l'aéronef (la dernière phase de fonctionnement est au sol à l'arrêt)	Durée de la phase de fonctionnement	Art antérieur : Prélèvement du compresseur de charge sur la boîte d'engrenages PGB sans moteur électrique	Invention :		
			Prélèvement du compresseur de charge sur la boîte d'engrenages PGB avec moteur électrique (correspondant au juste besoin)	Prélèvement du moteur électrique sur la boîte d'engrenages AGB par l'intermédiaire d'un générateur électrique	Mode de fonctionnement du moteur électrique
T/O (régime 1)	Moins de 3 minutes	400 kW	50 kW	30 kW*	Rotation en sens inverse de l'arbre du moteur pour

					diminuer la vitesse de rotation du rotor du compresseur
MCL + MCT (régime 2)	En fonction de la mission, de 30 min à plusieurs heures	100 kW	50 kW	5 kW**	Rotation en sens inverse de l'arbre du moteur pour diminuer la vitesse de rotation du rotor du compresseur
FI/GI (régime 3)	En fonction de la mission ; en général moins de 30 min.	40 kW	40 kW	0 kW	Moteur électrique arrêté
OFF (régime 4)	En fonction du besoin.	impossible	0 kW	30kW***	Rotation dans le même sens de l'arbre du moteur pour entraîner le rotor du compresseur

* : cette puissance est à fournir pendant un temps assez court (moins de 3 minutes),

** : uniquement dans ce cas, il faut fournir une puissance électrique en régime continu, mais ça reste une puissance relativement faible, à comparer au 50kW nécessaire,

*** : cette puissance est à fournir quand l'aéronef est arrêté et éventuellement branché à une source d'électricité externe ; c'est un nouveau mode de fonctionnement qui n'était pas possible avec l'art antérieur.

5 Dans un cas particulier, sans moteur électrique, au décollage (T/O pour take-off), le compresseur de charge tourne à 80 000 tours/min. Avec le moteur électrique, 35000 tours/min suffisent pour le compresseur ainsi que pour le moteur. Pour les modes « *Max Climb* » (MCL) et « *Max Continuous* » (MCT), il y a une possibilité de moduler comme on le
10 souhaite. Il peut y avoir des prélèvements mécanique et électrique en faisant tourner le moteur électrique en continu, par rapport au juste besoin, pour se mettre au meilleur rendement énergétique (prélèvement électrique sur le corps HP et mécanique sur le corps BP par exemple). FI et GI correspondent respectivement aux modes ralenti vol (« *Flight Idle* ») et
15 ralenti sol (« *Ground Idle* »).

La conclusion du tableau ci-dessous est que l'on voit que la fourniture d'électricité pour cette invention est limitée et ne nécessite pas un surdimensionnement excessif des capacités de génération électrique de l'aéronef ou du moteur. Le pic de besoin pour le décollage peut être fourni
20 par des batteries. Si on utilise un compresseur entraîné par uniquement un moteur électrique, il faut générer 50kW en continu ce qui nécessite cette fois d'augmenter les capacités de génération électrique de l'aéronef ou des moteurs.

L'invention permet d'envisager un décalage du point de dimensionnement du compresseur de charge de façon à minimiser les
25 prélèvements en vol. Le compresseur de charge est alors plus petit, c'est-à-dire moins encombrant et moins lourd.

Par ailleurs, en cas de défaillance du moteur électrique, le compresseur de charge reste entraîné mécaniquement par la boîte
30 d'engrenages.

REVENDICATIONS

1. Turbopropulseur (110) d'aéronef, comportant au moins un corps basse pression (12) et un corps haute pression (14), le corps basse
5 pression entraînant une hélice de propulsion par l'intermédiaire d'une boîte d'engrenages (16), le turbopropulseur comportant en outre des moyens d'alimentation en air d'un circuit (36) de conditionnement d'air d'une cabine de l'aéronef, lesdits moyens d'alimentation comportant un compresseur de charge (60) dont un rotor (61) est accouplé audit corps
10 basse pression par l'intermédiaire de ladite boîte d'engrenages, caractérisé en ce que lesdits moyens d'alimentation comprennent en outre des moyens de régulation de la vitesse de rotation du rotor (61) dudit compresseur (60), qui comprennent :
 - un moteur électrique (70), et
 - 15 - un différentiel mécanique (72) d'accouplement d'un premier arbre de sortie (74) dudit moteur électrique, avec un second arbre de sortie (76) de ladite boîte d'engrenages, et avec ledit rotor (61) du compresseur, de façon à ce que la vitesse de rotation (V3) dudit rotor soit fonction des vitesses de rotation (V1, V2) respectives desdits premier et second arbres
20 de sortie.
2. Turbopropulseur (10) selon la revendication précédente, dans lequel ledit différentiel mécanique (72) est intégré dans ladite boîte d'engrenages (16).
3. Turbopropulseur (10) selon la revendication précédente, dans lequel
25 ledit moteur électrique (70) est intégré dans ladite boîte d'engrenages ou monté sur ladite boîte d'engrenages (16).
4. Turbopropulseur (10) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel lesdits moyens de régulation comprennent des moyens de mesure de la vitesse de rotation (V1) dudit second arbre de sortie (76), et
30 des moyens de commande de la vitesse de rotation (V2) dudit premier

arbre (74) en fonction d'un débit d'air (Q1) souhaité d'alimentation dudit circuit (36).

5 5. Turbopropulseur (10) selon la revendication précédente, dans lequel lesdits moyens de régulation comprennent des moyens de mesure de la vitesse de rotation (V2) dudit premier arbre de sortie (74).

6. Turbopropulseur (10) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel ledit différentiel (72) comprend un planétaire central (78) relié audit second arbre de sortie (76) ou formé par ledit second arbre de sortie, une couronne extérieure (80) s'étendant autour du planétaire central et relié audit premier arbre de sortie (74) ou formé par ledit premier arbre de sortie, et des satellites (84) qui sont engrenés respectivement avec ledit planétaire central et ladite couronne extérieure, et qui sont portés par un porte-satellites (86) relié audit rotor (61) ou formant ledit rotor.

15 7. Procédé d'alimentation en air d'un circuit (36) de conditionnement d'air d'une cabine d'un aéronef qui est équipé d'au moins un turbopropulseur (110) selon l'une des revendications précédentes, comprenant une première étape consistant à :

20 - faire tourner ledit premier arbre (74) dans un sens opposé à celui dudit second arbre (76), de façon à ce que la vitesse de rotation (V3) dudit rotor (61) soit inférieure à celle dudit second arbre (V1), pendant au moins un régime de fonctionnement du turbopropulseur, tel qu'au décollage de l'aéronef.

25 8. Procédé d'alimentation en air d'un circuit (36) de conditionnement d'air d'une cabine d'un aéronef qui est équipé d'au moins un turbopropulseur (110) selon l'une des revendications 1 à 6, comprenant une étape consistant à :

30 - faire tourner ledit premier arbre (74) dans un sens, alors que la vitesse de rotation (V1) dudit second arbre est sensiblement nulle, pendant au moins un régime de fonctionnement du turbopropulseur, tel qu'à l'arrêt ou en mode hôte de l'aéronef.

9. Procédé d'alimentation en air d'un circuit (36) de conditionnement d'air d'une cabine d'un aéronef qui est équipé d'au moins un turbopropulseur (110) selon l'une des revendications 1 à 6, comprenant une étape consistant à :

- 5 - ne pas faire tourner ledit premier arbre (74), la vitesse de rotation (V_1) dudit second arbre (76) imposant une vitesse de rotation audit rotor, pendant au moins un régime de fonctionnement du turbopropulseur, tel qu'au ralenti.

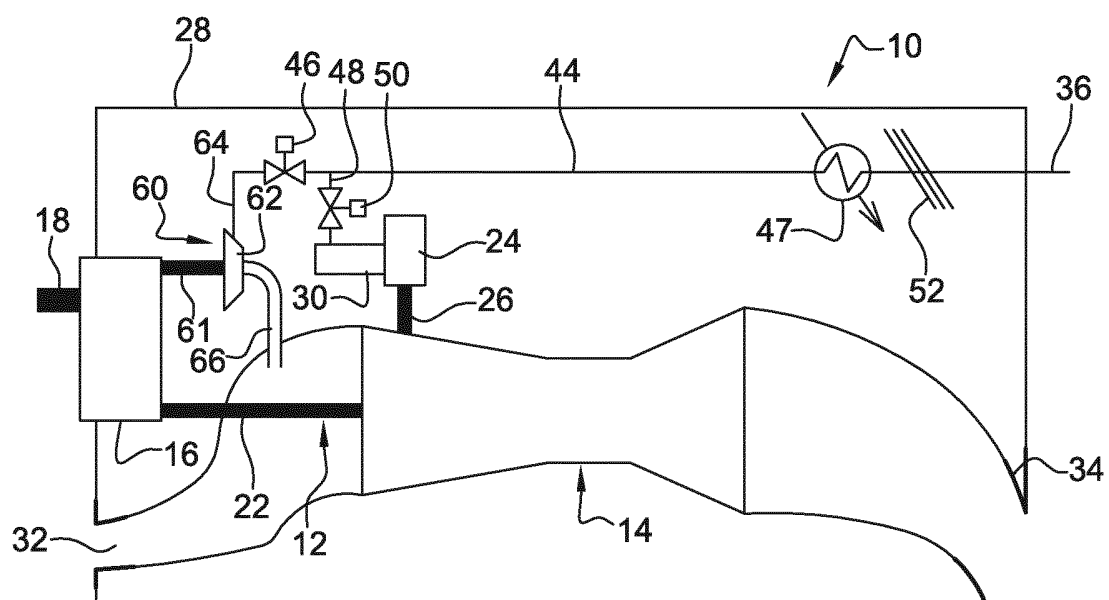
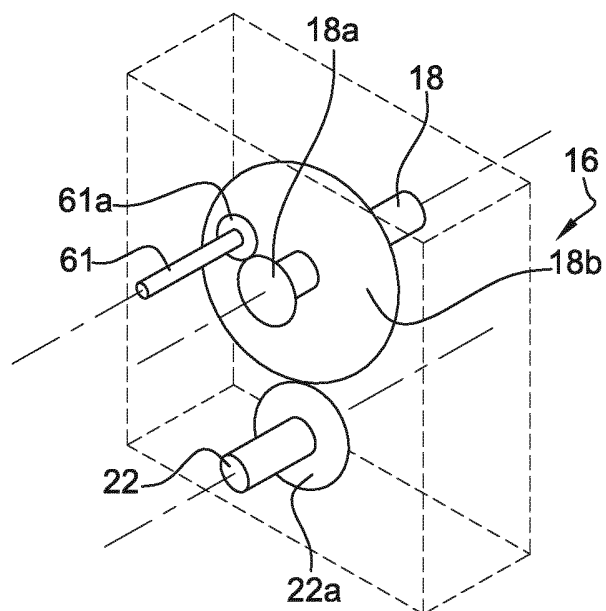
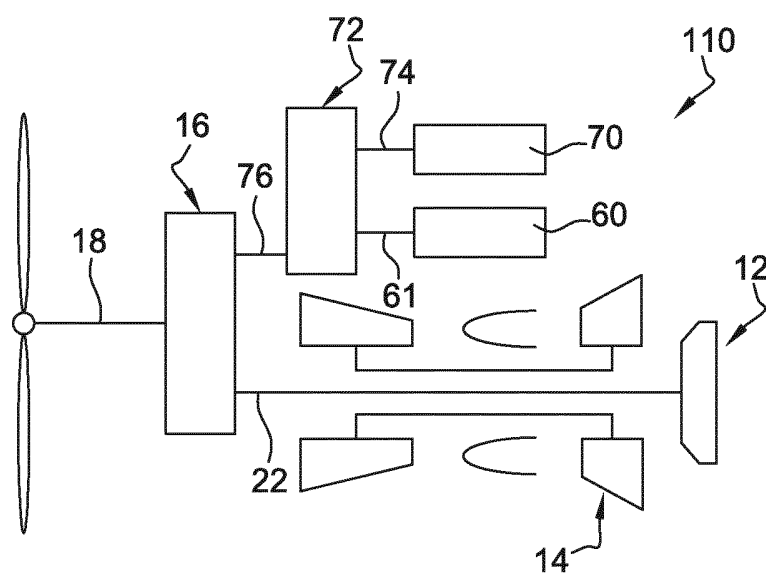
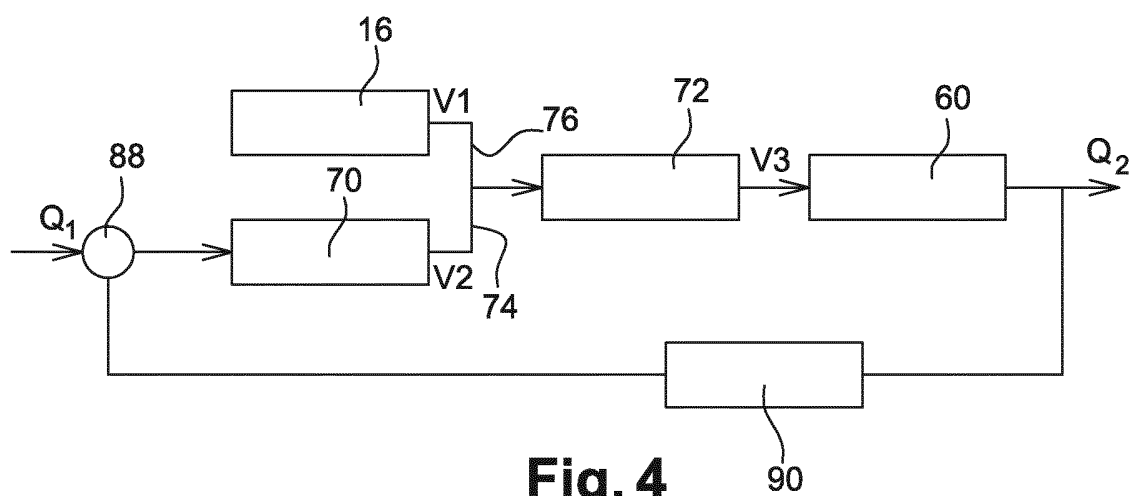
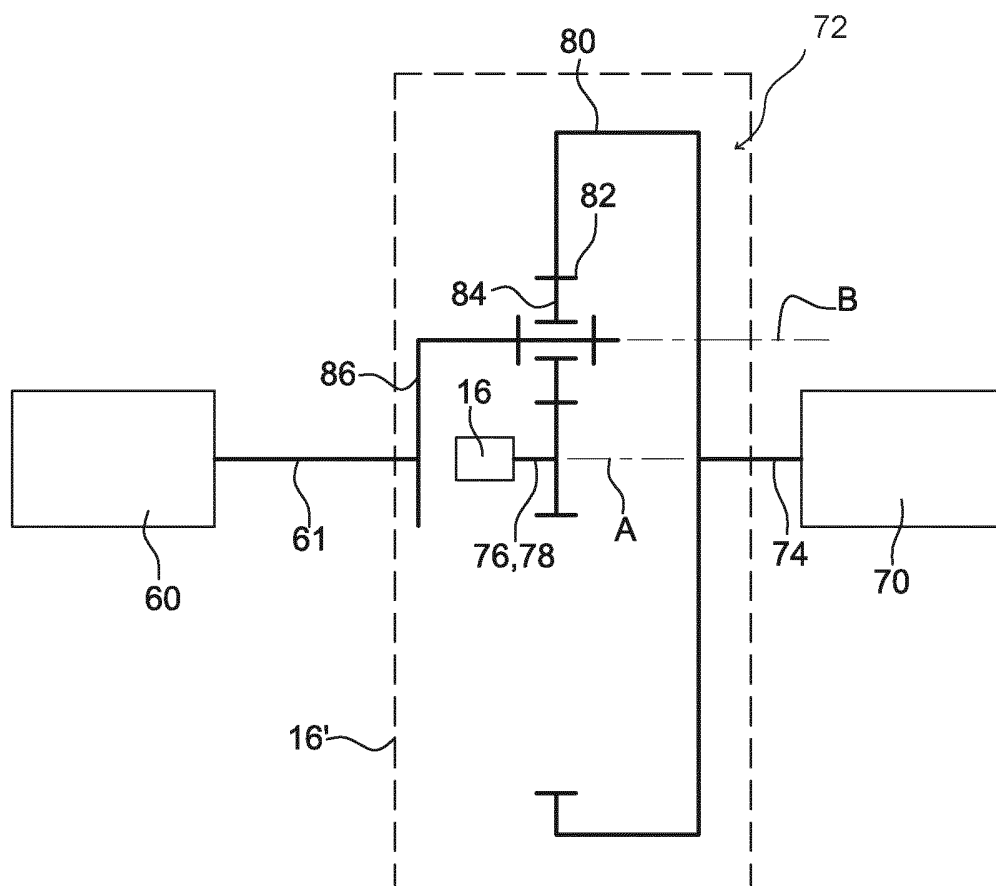


Fig. 1

2 / 3

**Fig. 2****Fig. 3**

3 / 3

**Fig. 4****Fig. 5**



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

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

N° d'enregistrement
national

FA 822918
FR 1652122

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		
Y,D	WO 2015/114265 A1 (SNECMA [FR]; SAFRAN [FR]; MICROTURBO [FR]) 6 août 2015 (2015-08-06) * figure 2 *	1-9	B64D13/00 F02C6/04
Y	FR 2 934 321 A1 (HISPANO SUIZA SA [FR]) 29 janvier 2010 (2010-01-29) * figures 1-3 *	1-9	
A	EP 1 541 834 A1 (SNECMA MOTEURS [FR]) 15 juin 2005 (2005-06-15) * abrégé; figures 1-3 *	1-9	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			B64D F02C
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
21 octobre 2016		Wojski, Guadalupe	

CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS

X : particulièrement pertinent à lui seul

Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie

A : arrière-plan technologique

O : divulgation non-écrite

P : document intercalaire

T : théorie ou principe à la base de l'invention

E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure.

D : cité dans la demande

L : cité pour d'autres raisons

& : membre de la même famille, document correspondant

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE**RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1652122 FA 822918**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **21-10-2016**

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 2015114265 A1	06-08-2015	FR 3017159 A1	07-08-2015
		GB 2536847 A	28-09-2016
		GB 2536848 A	28-09-2016
		GB 2538018 A	02-11-2016
		WO 2015114265 A1	06-08-2015
		WO 2015114266 A1	06-08-2015
		WO 2015114267 A1	06-08-2015

FR 2934321 A1	29-01-2010	DE 102009034600 A1	25-02-2010
		FR 2934321 A1	29-01-2010
		GB 2461973 A	27-01-2010
		US 2010018182 A1	28-01-2010

EP 1541834 A1	15-06-2005	EP 1541834 A1	15-06-2005
		FR 2863312 A1	10-06-2005
		US 2006034693 A1	16-02-2006
