

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 21.12.22.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la  
demande : 28.06.24 Bulletin 24/26.

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

60 Références à d'autres documents nationaux  
apparentés :

Demande(s) d'extension :

71 Demandeur(s) : Safran Aircraft Engines Société par  
actions simplifiée (SAS) — FR.

72 Inventeur(s) : ROUFFET Jonathan Jean-Pierre et  
NEUROUTH Adrien Georges Marius.

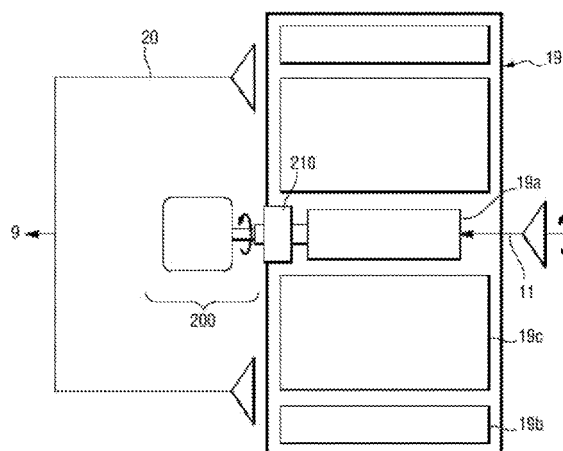
73 Titulaire(s) : Safran Aircraft Engines Société par  
actions simplifiée (SAS).

74 Mandataire(s) : REGIMBEAU.

54 Système propulsif aéronautique.

57 Système propulsif aéronautique (1) comprenant: un  
arbre d'entraînement (11); un rotor de soufflante (9); un  
arbre de soufflante (20) propre à entraîner en rotation le ro-  
tor de soufflante (9); un réducteur de vitesse (19)  
comprenant: un pignon solaire (19a), un satellite (19c) et  
une couronne (19b); un dispositif de lubrification (100) com-  
prenant une pompe (104), la pompe (104) comprenant un  
rotor de pompe et étant configurée pour alimenter en huile  
le réducteur de vitesse (19) lorsque le rotor de pompe est en  
rotation, dans lequel le rotor de pompe est couplé en rota-  
tion avec le pignon solaire (19a), le satellite, la couronne  
(19b), l'arbre de soufflante (20) ou l'arbre d'entraînement  
(11); et un frein (200) configuré pour freiner une rotation du  
rotor de pompe lorsque la vitesse de rotation de l'arbre d'en-  
traînement (11) est inférieure à une vitesse seuil de freinage  
(NR).

Figure pour l'abrégé : figure 9



## **Description**

### **Titre de l'invention : Système propulsif aéronautique**

#### **Domaine technique**

[0001] La présente divulgation concerne de manière générale le domaine des systèmes propulsifs, et plus particulièrement des systèmes propulsifs aéronautiques comprenant une soufflante carénée ou non carénée.

#### **ETAT DE LA TECHNIQUE**

[0002] Un système propulsif comporte généralement, d'amont en aval dans le sens de l'écoulement des gaz, une section de soufflante, une section de compresseur pouvant comprendre un compresseur basse pression et un compresseur haute pression, une chambre de combustion et une section de turbine pouvant comprendre notamment une turbine haute pression et une turbine basse pression. Le compresseur haute pression est entraîné en rotation par la turbine haute pression par l'intermédiaire d'un arbre haute pression. La soufflante et le cas échéant le compresseur basse pression sont entraînés en rotation par la turbine basse pression par l'intermédiaire d'un arbre basse pression.

[0003] Les efforts de recherche technologique ont déjà permis d'améliorer de manière très significative les performances environnementales des avions. La Déposante prend en considération les facteurs dans toutes les phases de conception et de développement pour obtenir des composants et des produits aéronautiques moins énergivores, plus respectueux de l'environnement et dont l'intégration et l'utilisation dans l'aviation civile ont des conséquences environnementales modérées dans un but d'amélioration de l'efficacité énergétique des avions.

[0004] Afin d'améliorer le rendement propulsif d'un système propulsif aéronautique et de réduire sa consommation spécifique, il a été constaté qu'il est avantageux d'augmenter la vitesse de rotation de la turbine basse pression et du compresseur basse pression, et de diminuer la vitesse de rotation de la soufflante, au moyen d'un réducteur de vitesse.

[0005] Il a été proposé des dispositifs de lubrification pour lubrifier un tel réducteur de vitesse, afin d'éviter que le réducteur de vitesse ne se dégrade. Toutefois, ces dispositifs de lubrification sont encombrants.

#### **Exposé de l'invention**

[0006] Un but de la présente divulgation est de proposer un dispositif permettant d'éviter une dégradation du réducteur de vitesse et qui présente un encombrement réduit.

[0007] Il est à cet effet proposé un système propulsif aéronautique comprenant :

- un arbre d'entraînement ;
- un rotor de soufflante ;
- un arbre de soufflante propre à entraîner en rotation le rotor de soufflante ;

- un réducteur de vitesse couplant en rotation l'arbre d'entraînement et l'arbre de soufflante, et configuré pour entraîner l'arbre de soufflante à une vitesse de rotation inférieure à une vitesse de rotation de l'arbre d'entraînement, le réducteur de vitesse comprenant :
  - un pignon solaire présentant un diamètre et couplé en rotation avec l'arbre d'entraînement,
  - un satellite qui engrène avec le pignon solaire,
  - une couronne présentant un diamètre et qui engrène avec le satellite, le diamètre de la couronne étant supérieur au diamètre du pignon solaire ;
- un dispositif de lubrification comprenant une pompe, la pompe comprenant un rotor de pompe et étant configurée pour alimenter en huile le réducteur de vitesse lorsque le rotor de pompe est en rotation, dans lequel le rotor de pompe est couplé en rotation avec le pignon solaire, le satellite, la couronne, l'arbre de soufflante ou l'arbre d'entraînement ; et
- un frein configuré pour freiner une rotation du rotor de pompe lorsque la vitesse de rotation de l'arbre d'entraînement est inférieure à une vitesse seuil de freinage.

[0008] Le frein permet de limiter, voire bloquer, les mouvements du rotor de pompe, et réduit par conséquent les besoins de lubrification, ce qui permet d'adapter et d'optimiser l'encombrement et la masse de la pompe et globalement du dispositif de lubrification dans son ensemble.

[0009] Le système propulsif aéronautique peut également comprendre les caractéristiques optionnelles suivantes, prises seules ou combinées entre elles à chaque fois que cela est techniquement possible.

[0010] Optionnellement, la vitesse seuil de freinage est comprise entre 30 tours par minute et 500 tours par minute, par exemple entre 50 tours par minute et 300 tours par minute, par exemple entre 80 tours par minute et 180 tours par minute.

[0011] Optionnellement, le frein est configuré pour bloquer la rotation du rotor de pompe lorsque la vitesse rotation de l'arbre d'entraînement est inférieure à une vitesse seuil de blocage inférieure à la vitesse seuil de freinage.

[0012] Optionnellement, la vitesse seuil de blocage est comprise entre 0 tour par minute et 200 tours par minute, par exemple entre 0 tour par minute et 50 tours par minute, par exemple entre 0 tour par minute et 20 tours par minute.

[0013] Optionnellement, le système propulsif aéronautique comprend un embrayage configuré pour découpler en rotation le rotor de pompe du pignon solaire, du satellite, de la couronne, de l'arbre de soufflante ou de l'arbre d'entraînement lorsque la vitesse de rotation de l'arbre d'entraînement est supérieure ou égale à une vitesse seuil

d'embrayage, et pour coupler en rotation le rotor de pompe avec le pignon solaire, le satellite, la couronne, l'arbre de soufflante ou l'arbre d'entraînement lorsque la vitesse de rotation de l'arbre d'entraînement est inférieure à la vitesse seuil d'embrayage.

- [0014] Optionnellement, le dispositif de lubrification comprend une deuxième pompe distincte de la pompe comprenant le rotor de pompe, la deuxième pompe étant configurée pour alimenter en huile le réducteur de vitesse lorsque la vitesse de rotation de l'arbre d'entraînement est supérieure ou égale à la vitesse seuil d'embrayage.
- [0015] Optionnellement, la vitesse seuil d'embrayage comprise entre 50 tours par minute et 800 tours par minute, par exemple entre 50 tours par minute et 500 tours par minute, par exemple entre 100 tours par minute et 300 tours par minute.
- [0016] Optionnellement, le frein comprend uniquement un système de vannes, le système de vannes comprenant une première vanne commandée en aval de la pompe et une deuxième vanne commandée en amont de la pompe.
- [0017] Optionnellement, le frein comprend un frein mécanique.
- [0018] Optionnellement, le frein comprend en outre un système de vannes, le système de vannes comprenant une première vanne commandée en aval de la pompe et une deuxième vanne commandée en amont de la pompe.
- [0019] Optionnellement, le frein est à commande hydraulique, la commande hydraulique étant reliée fluidiquement au dispositif de lubrification.
- [0020] Optionnellement, le rotor de soufflante comprend des aubes à calage variable, et dans lequel le frein est configuré pour être actionné par une énergie permettant par ailleurs d'actionner une variation du calage des aubes.
- [0021] Optionnellement, le rotor de pompe est couplé en rotation avec le pignon solaire ou avec le satellite.
- [0022] Optionnellement, le réducteur de vitesse comprend un porte satellites sur lequel le satellite est monté à rotation, le porte satellite étant fixe par rapport à un stator du système propulsif.
- [0023] Optionnellement, le système propulsif aéronautique s'étend selon une direction axiale, et le réducteur de vitesse, considéré selon la direction axiale, est situé entre la pompe et l'arbre d'entraînement.
- [0024] Optionnellement, le système propulsif aéronautique s'étend selon une direction axiale et comprend par ailleurs un conduit d'alimentation pour fournir de l'huile à la pompe, dans lequel le conduit d'alimentation traverse axialement le réducteur de vitesse.
- [0025] Optionnellement, le réducteur de vitesse comprend une pluralité de satellites, et le dispositif de lubrification comprend une pluralité de pompes comprenant chacune un rotor de pompe, la pluralité de pompes comprenant au moins deux pompes et au plus autant de pompes que de satellites, chaque rotor de pompe étant couplé en rotation

avec un satellite distinct, le dispositif de lubrification étant configuré pour lubrifier le réducteur de vitesse avec de l'huile lorsque les rotors de pompe sont en rotation.

## **DESCRIPTION DES FIGURES**

- [0026] D'autres caractéristiques, buts et avantages ressortiront de la description qui suit, qui est purement illustrative et non limitative, et qui doit être lue en regard des dessins annexés.
- [0027] - la [Fig.1] représente de manière schématique un aéronef comprenant des systèmes propulsifs,
- [0028] - la [Fig.2] représente de manière schématique, en vue partielle et en coupe, un exemple de système propulsif dans lequel la section de soufflante est carénée,
- [0029] - la [Fig.3] représente de manière schématique, en vue partielle et en coupe, un exemple de système propulsif dans lequel la section de soufflante est non-carénée,
- [0030] - la [Fig.4] représente de manière schématique un exemple de mécanisme de réduction selon une première variante,
- [0031] - la [Fig.5] représente de manière schématique un exemple de mécanisme de réduction selon une deuxième variante,
- [0032] - la [Fig.6] représente de manière schématique un exemple de mécanisme de réduction et un dispositif de lubrification selon un premier mode de réalisation,
- [0033] - la [Fig.7] représente de manière schématique un exemple de mécanisme de réduction et un dispositif de lubrification selon un deuxième mode de réalisation,
- [0034] - la [Fig.8] représente de manière schématique un exemple de mécanisme de réduction et un dispositif de lubrification selon un troisième mode de réalisation,
- [0035] - la [Fig.9] représente de manière schématique un exemple de mécanisme de réduction et un frein selon un premier mode de réalisation,
- [0036] - la [Fig.10] représente de manière schématique un exemple de mécanisme de réduction et un frein selon un deuxième mode de réalisation,
- [0037] - la [Fig.11] représente de manière schématique un frein selon un mode de réalisation et certaines parties d'un dispositif de lubrification selon un mode de réalisation,
- [0038] - la [Fig.12] est un diagramme représentant des zones de fonctionnement de pompes en fonction d'une vitesse de rotation d'un arbre d'entraînement,
- [0039] - la [Fig.13] représente de manière schématique un exemple de mécanisme de réduction, un frein, et un système de commande selon un mode de réalisation,
- [0040] - la [Fig.14] est un organigramme d'étapes d'un procédé de freinage,
- [0041] - la [Fig.15] comprend un organigrammes représentant des modes de réalisation d'étapes du procédé de la [Fig.14],
- [0042] - la [Fig.16] comprend un organigrammes représentant des modes de réalisation d'autres étapes du procédé de la [Fig.14],

[0043] Sur l'ensemble des figures, les éléments similaires portent des références identiques.

## **DESCRIPTION DETAILLEE**

[0044] On a représenté en [Fig.1] un exemple d'aéronef 100. L'aéronef 100 est un avion comprenant un fuselage 101 et deux ailes 102. Dans cet exemple, l'aéronef comprend deux systèmes propulsifs 1, chaque système propulsif 1 étant fixé à une aile 102 respective de l'avion 100 par l'intermédiaire d'un pylône. Dans un autre mode de réalisation, l'aéronef pourrait comprendre un ou plusieurs système propulsif(s) fixé au fuselage 101.

[0045] La [Fig.2] représente de manière schématique, en vue partielle et en coupe, un premier exemple d'un système propulsif 1.

[0046] Dans cet exemple, le système propulsif 1 est un moteur à turbine à gaz à double corps et à soufflante carénée.

[0047] Sur la [Fig.2], le système propulsif 1 présente une direction principale (ou direction axiale) s'étendant selon un axe longitudinal X. Le système propulsif 1 comprend une section de soufflante 2 et un corps primaire 3, souvent appelé « générateur de gaz ».

[0048] La section de soufflante 2 comprend une soufflante 22 et un carter de soufflante 12. La soufflante 22 comprend un rotor de soufflante 9. Le carter de soufflante 12 entoure le rotor de soufflante 9. Le rotor de soufflante 9 est monté rotatif par rapport au carter de soufflante 12.

[0049] Le rotor de soufflante 9 comprend un moyeu de soufflante 13 et des aubes de soufflante 14 s'étendant radialement à partir du moyeu 13. Les aubes de soufflante 14 peuvent être fixes par rapport au moyeu de soufflante 13 ou présenter un calage variable. Dans ce dernier cas, chacune des aubes de soufflante 14 est montée pivotante par rapport au moyeu de soufflante 13 suivant un axe de calage et est reliée à un mécanisme de changement de pas 15 monté dans le système propulsif 1. Le mécanisme de changement de pas 15 permet d'ajuster l'angle de calage des aubes de soufflante 14 en fonction des phases de vol.

[0050] Le mécanisme de changement de pas 15 est en particulier capable de mettre les aubes de soufflante 14 « en drapeau ». De façon connue en soi, lorsque les aubes de soufflantes sont en drapeau, la traînée générée par le rotor de soufflante 9 est minimale. En d'autres termes, la position en drapeau des aubes de soufflante est la position qui minimise le maitre couple de la soufflante ou qui minimise la traînée de soufflante par rapport au flux d'air qui traverse la soufflante. En pratique, l'angle de calage des aubes de soufflante 14 est d'environ 90° lorsque les aubes de soufflante 14 sont en drapeau.

[0051] Par exemple, le mécanisme de changement de pas 15 est configuré pour maintenir les aubes de soufflante en drapeau, lorsque le mécanisme de changement de pas n'est pas commandé, par exemple lorsque le système propulsif est éteint. Une telle position par

défaut peut être obtenue par des moyens de rappel adéquats, tels qu'un ressort.

- [0052] Le rotor de soufflante 9 comprend au moins quatorze aubes de soufflante 14 et au plus vingt-quatre aubes de soufflante 14, par exemple au moins seize aubes de soufflante 14 et au plus vingt-deux aubes de soufflante 14.
- [0053] De plus, dans cet exemple, la section de soufflante 2 comprend également un stator de soufflante 16 monté fixe sur le carter de soufflante 12. Le stator de soufflante 16 comprend des aubes fixes 17 généralement dénommées « aubes de sortie » (ou « OGV », pour « Outlet Guide Vane » en anglais). Cet ensemble d'aubes fixes a pour fonction de redresser et de réguler le flux d'air qui s'écoule en aval du rotor de soufflante 9 pour optimiser la poussée du moteur. Cet ensemble d'aubes fixes joue aussi un rôle de réducteur 19 de bruit.
- [0054] Alternativement, les aubes de sortie 17 pourraient présenter un calage variable. Le cas échéant, et de manière similaire aux aubes de soufflante 14 du rotor de soufflante 9, le pied des aubes de sortie 17 est monté pivotant suivant un axe de calage et est relié à un mécanisme de changement de pas (non-représenté), le calage étant ajusté en fonction des phases de vol par le mécanisme de changement de pas.
- [0055] Le nombre d'aubes de sortie 17 dépend des critères acoustiques définis pour le système propulsif 1 et est au moins égal au nombre d'aubes de soufflante 14.
- [0056] Le corps primaire 3 comprend une section de compresseur 29, une chambre de combustion 6 et une section de turbine 30.
- [0057] La section de compresseur 29 comprend un compresseur basse pression 4 et un compresseur haute pression 5.
- [0058] Le compresseur basse pression 4 comprend un rotor 41 propre à être entraîné en rotation par rapport au carter 31 du système propulsif 1 et un stator 42 monté fixe sur le carter 31.
- [0059] Le rotor 41 du compresseur basse pression 4 comprend des roues mobiles 4a et le stator 42 du compresseur basse pression 4 comprend des roues fixes 4b. Les roues mobiles 4a sont disposées en alternance avec les roues fixes 4b, formant ainsi une succession d'étages de compresseur basse pression.
- [0060] De même, le compresseur haute pression 5 comprend un rotor 51 propre à être entraîné en rotation par rapport au carter 31 du système propulsif 1 et un stator 52 monté fixe sur le carter 31.
- [0061] Le rotor 51 du compresseur haute pression 5 comprend des roues mobiles 5a et le stator 52 du compresseur haute pression 5 comprend des roues fixes 5b. Les roues mobiles 5a sont disposées en alternance avec les roues fixes 5b, formant ainsi une succession d'étages de compresseur haute pression.
- [0062] La section de turbine 30 comprend une turbine haute pression 7 et une turbine basse pression 8.

- [0063] Le turbine haute pression 7 comprend un rotor 71 propre à être entraîné en rotation par rapport au carter 31 du système propulsif 1 et un stator 72 monté fixe sur le carter 31.
- [0064] Le rotor 71 de la turbine haute pression 7 comprend des roues mobiles 7a et le stator 72 de la turbine haute pression 7 comprend des roues fixes 7b. Les roues mobiles 7a sont disposées en alternance avec les roues fixes 7b, formant ainsi une succession d'étages de turbine haute pression.
- [0065] De même, la turbine basse pression 8 comprend un rotor 81 propre à être entraîné en rotation par rapport au carter 31 du système propulsif 1 et un stator 82 monté fixe sur le carter 31.
- [0066] Le rotor 81 de la turbine basse pression 8 comprend des roues mobiles 8a et le stator 82 de la turbine basse pression 8 comprend des roues fixes 8b. Les roues mobiles 8a sont disposées en alternance avec les roues fixes 8b, formant ainsi une succession d'étages de turbine basse pression.
- [0067] Le système propulsif 1 comprend un arbre basse pression 11 reliant le rotor 81 de la turbine basse pression 8 au rotor 41 du compresseur basse pression 4, l'arbre basse pression 11 étant monté rotatif par rapport au carter 31 autour de l'axe longitudinal X.
- [0068] Lorsque le système propulsif 1 est en fonctionnement, le rotor 81 de la turbine basse pression 8 entraîne en rotation le rotor 41 du compresseur basse pression 4 par le biais de l'arbre basse pression 11.
- [0069] Le système propulsif 1 comprend en outre un arbre de soufflante 20 et un mécanisme de réduction 19. Le rotor de soufflante 9 est monté fixe sur l'arbre de soufflante 20. Le mécanisme de réduction 19 présente une entrée et une sortie. L'entrée du mécanisme de réduction 19 est raccordée à l'arbre basse pression 11 et la sortie du mécanisme de réduction 19 est raccordée à l'arbre de soufflante 20. Ainsi, lorsque le système propulsif 1 est en fonctionnement, le rotor 81 de la turbine basse pression 8 entraîne en rotation non seulement le rotor 41 du compresseur basse pression 4, mais également le rotor de soufflante 9, par le biais de l'arbre basse pression 11, du mécanisme de réduction 19 et de l'arbre de soufflante 20.
- [0070] Grâce au mécanisme de réduction 19, le rotor de soufflante 9 est entraîné en rotation à une vitesse inférieure à la vitesse de rotation du rotor 41 de la turbine basse pression 4.
- [0071] Le mécanisme de réduction 19 permet ainsi d'optimiser de manière indépendante la vitesse de rotation de la soufflante 22 et la vitesse de rotation de la turbine basse pression 8 et du compresseur basse pression 4.
- [0072] La turbine basse pression 8, l'arbre basse pression 11, le compresseur basse pression 4, l'arbre de soufflante 20, le mécanisme de réduction 19 et la soufflante 22 forment ensemble le « corps basse pression » du système propulsif 1.



- [0073] Le système propulsif 1 comprend en outre un arbre haute pression 10 reliant le rotor 71 de la turbine haute pression 7 au rotor 51 du compresseur haute pression 5, l'arbre haute pression 10 étant monté rotatif par rapport au carter 31 autour de l'axe longitudinal X. L'arbre haute pression 10 est coaxial avec l'arbre basse pression 11 et s'étend autour de l'arbre basse pression 11.
- [0074] Lorsque le système propulsif 1 est en fonctionnement, le rotor 71 de la turbine haute pression 7 entraîne en rotation le rotor 51 du compresseur basse pression 5 par le biais de l'arbre basse pression 11.
- [0075] La turbine haute pression 7, l'arbre haute pression 10 et le compresseur haute pression 4 forment ensemble le « corps haute pression » du système propulsif 1.
- [0076] L'arbre basse pression 11 et l'arbre haute pression 10 peuvent être corotatifs, c'est-à-dire être entraînés dans le même sens de rotation autour de l'axe longitudinal X. En variante, l'arbre basse pression 11 et l'arbre haute-pression 10 peuvent être contra-rotatifs, c'est-à-dire être entraînés dans des sens de rotation opposés autour de l'axe longitudinal X.
- [0077] Le système propulsif 1 à double corps peut notamment comprendre une turbine haute pression 7 monoétage, c'est-à-dire comprenant exactement un étage, ou une turbine haute pression 7 biétage, c'est-à-dire comprenant exactement deux étages (comme illustré dans l'exemple de la [Fig.2]).
- [0078] Le compresseur haute pression 5 comprend au moins huit étages (comme illustré dans l'exemple de la [Fig.2]) et au plus onze étages.
- [0079] La turbine basse pression 8 comprend au moins trois étages (comme illustré dans l'exemple de la [Fig.2]) et au plus cinq étages.
- [0080] Le compresseur basse pression 4 comprend au moins deux étages et au plus quatre étages.
- [0081] Lorsque le système propulsif est en fonctionnement, un flux d'air F entrant dans le système propulsif 1 traverse la soufflante 22 puis est divisé entre un flux d'air primaire F1 et un flux d'air secondaire F2, qui circulent d'amont en aval dans le système propulsif 1.
- [0082] Le flux d'air secondaire F2, appelé également « flux d'air de dérivation », s'écoule dans la veine secondaire, autour du corps primaire 3. Le flux d'air secondaire F2 permet de refroidir la périphérie du corps primaire 3 et sert à générer la majeure partie de la poussée fournie par le système propulsif 1.
- [0083] Le flux d'air primaire F1 s'écoule dans une veine primaire à l'intérieur du corps primaire 3, en passant successivement à travers la section de compresseur 29 (compresseur basse pression 4 et compresseur haute pression 5), la chambre de combustion 6 où il est mélangé avec du carburant pour servir de comburant, et la section de turbine 30 (turbine haute pression 7 et turbine basse pression 8). Le passage

du flux d'air primaire F1 à travers la section de turbine 30 recevant de l'énergie de la chambre de combustion 6 provoque une rotation des roues mobiles 7a, 8a de la section de turbine 30, qui entraînent à leur tour en rotation les roues mobiles 4a, 5a de la section de compresseur 29 ainsi que le rotor de soufflante 9.

- [0084] Afin d'améliorer le rendement propulsif du système propulsif 1 et de réduire sa consommation spécifique ainsi que le bruit émis par la section de soufflante 2, le système propulsif 1 présente un taux de dilution (ou « bypass ratio » en anglais) élevé. Par taux de dilution « élevé », il est signifié un taux de dilution supérieur ou égal à 10, par exemple compris entre 10 et 80 inclus, par exemple compris entre 10 et 35 inclus, par exemple entre 10 et 18 inclus. Le taux de dilution est défini comme un rapport entre le débit massique du flux d'air secondaire F2 et le débit massique du flux d'air primaire F1, ces débits massiques en étant mesurés lorsque le système propulsif 1 est stationnaire, non-installé, en régime de décollage dans une atmosphère standard (telle que définie par le manuel de l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI), Doc 7488/3, 3e édition) et au niveau de la mer. Par « non installé », il est signifié que les mesures sont effectuées lorsque le système propulsif 1 est sur un banc d'essai (et non installé sur un aéronef), les mesures étant alors plus simples à réaliser.
- [0085] Dans un système propulsif, l'introduction d'un mécanisme de réduction 19 tel qu'illustré sur la [Fig.2] entre la soufflante 22 et la turbine basse pression 8 permet de réduire la vitesse de rotation et le rapport de pression du rotor de soufflante 9 tout en augmentant la puissance extraite par la turbine basse pression 8. En effet, l'efficacité globale du système propulsif 1 est conditionnée au premier ordre par le rendement propulsif, qui est favorablement influencé par une minimisation de la variation d'énergie cinétique de l'air à la traversée du système propulsif 1. Dans un système propulsif à taux de dilution élevé, l'essentiel du débit générant l'effort propulsif est constitué par le flux d'air secondaire F2 du système propulsif 1, l'énergie cinétique du flux d'air secondaire F2 étant majoritairement affectée par la compression que subit le flux d'air secondaire F2 lors de la traversée de la section de soufflante 2. Le rendement propulsif et le rapport de pression de la section de soufflante 2 sont donc liés : plus le rapport de pression de la section de soufflante 2 est faible, meilleur sera le rendement propulsif. Afin d'optimiser le rendement propulsif du système propulsif 1, le rapport de pression de la soufflante, qui correspond au rapport entre la pression moyenne en sortie du stator de soufflante 16 (ou, en l'absence de stator 16, du rotor de soufflante 9) et la pression moyenne en entrée du rotor de soufflante 9, est inférieur ou égal à 1,70, par exemple inférieur ou égal à 1,50, par exemple compris entre 0,90 et 1,45. Les pressions moyennes sont mesurées ici sur la hauteur d'au moins une des aubes de soufflante 14, c'est-à-dire de la surface qui délimite radialement à l'intérieur la veine d'écoulement d'air en entrée du rotor de soufflante 9 au sommet 21 d'aube de soufflante 14.

- [0086] La vitesse périphérique au sommet 21 des aubes de soufflante 14 peut par ailleurs être comprise entre 260 mètres par seconde (m.s-1) et 400 mètres par seconde (m.s-1) inclus. Le rapport de pression de soufflante peut alors être compris entre 1,20 et 1,45.
- [0087] Dans un système propulsif à entraînement direct (ou « direct-drive » en anglais), le rotor de soufflante 9 peut, alternativement, être directement couplé à l'arbre basse pression 11, c'est-à-dire sans mécanisme de réduction. L'arbre basse pression 11 est alors confondu avec l'arbre de soufflante 20 de sorte à ce que le rotor de soufflante 9 est entraîné par l'arbre basse pression 11 à la même vitesse de rotation que le rotor 81 de la turbine basse pression 8.
- [0088] Le système propulsif 1 est configuré pour fournir une poussée comprise entre 18 000 lbf (80 068 N) et 51 000 lbf (226 859 N), par exemple entre 20 000 lbf (88 964 N) et 35 000 lbf (155 688 N).
- [0089] Le diamètre D du rotor de soufflante 9 peut être compris entre 80 pouces (203,2 cm) et 185 pouces (469,9 cm) inclus. Lorsque le rotor de soufflante 9 est caréné, le diamètre D est par exemple compris entre 85 pouces (215,9 cm) et 120 pouces (304,8 cm) inclus, par exemple de l'ordre de 90 pouces (228,6 cm), ce qui permet l'intégration le système propulsif 1 de manière conventionnelle, en particulier sous une aile de l'aéronef 1.
- [0090] La [Fig.3] représente de manière schématique, en vue partielle et en coupe, un deuxième exemple de système propulsif 1.
- [0091] Sur la [Fig.3], les composants identiques ou similaires à ceux du système propulsif de la [Fig.2] sont désignés par des références identiques.
- [0092] Dans l'exemple illustré sur la [Fig.3], le système propulsif 1 est un moteur à turbine à gaz à double corps et à soufflante non-carénée. Il peut s'agir d'un moteur à turbine à gaz de type « Open Rotor » ou « Unducted Single Fan ».
- [0093] Contrairement au premier exemple de la [Fig.2], le rotor de soufflante 9, qui peut également être désignée par le terme « hélice », n'est pas entouré par un carter de soufflante.
- [0094] La section de soufflante 2 étant non carénée, les aubes de soufflante 14 présentent un calage variable.
- [0095] Alternativement, le système propulsif 1 pourrait comprendre deux rotors de soufflante 9 non carénés et contrarotatifs. Un tel système propulsif 1 est connu, dans la terminologie anglo-saxonne, sous l'acronyme « CROR » pour « Contra-Rotating Open Rotor » ou « UDF » pour « Unducted Double Fan ». Les rotors de soufflante 9 peuvent être placés à l'arrière du corps primaire 3 de sorte à être du type pousseur (« pusher » en anglais) ou à l'avant du corps primaire 3 de sorte à être du type tracteur (« puller » en anglais).
- [0096] L'absence de carénage autour du rotor de soufflante 9 permet d'augmenter le taux de

dilution de façon très importante sans que le système propulsif 1 ne soit pénalisé par la masse des carters 12 ou nacelles destinés à entourer la section de soufflante 2. Le taux de dilution du système propulsif 1 comprenant une section de soufflante 2 non carénée est ainsi supérieur ou égal à 40, par exemple compris entre 40 et 80 inclus. La vitesse périphérique au sommet 21 des aubes de soufflante 14 du (ou des) rotor(s) de soufflante 9 peut par ailleurs être comprise entre 210 mètres par seconde (m.s-1) et 260 mètres par seconde (m.s-1) inclus. Le rapport de pression de soufflante peut alors être compris par exemple entre 0,90 et 1,20 inclus.

- [0097] Le diamètre D du rotor de soufflante 9 peut être compris entre 80 pouces (203,2 cm) et 185 pouces (469,9 cm) inclus. Lorsque le rotor 9 est non caréné, le diamètre D est par exemple supérieur ou égal à 100 pouces (254 cm), par exemple entre 120 pouces (304,8 cm) et 156 pouces (396,2 cm). Le diamètre du rotor de soufflante 9 est mesuré ici dans un plan normal à l'axe longitudinal X, qui est l'axe de rotation du rotor de soufflante 9, au niveau d'une intersection entre un sommet 21 et un bord d'attaque 22 des aubes de soufflante 14.
- [0098] Il convient de noter que, la [Fig.2] et la [Fig.3] étant des vues partielles, le diamètre D n'est que partiellement visible.
- [0099] Le mécanisme de réduction 19 peut comprendre un mécanisme de réduction, dans cet exemple un mécanisme de réduction à train d'engrenage épicycloïdal, par exemple de type « épicycloïdal » ou de type « planétaire » selon la terminologie parfois rencontrée de l'homme du métier, monoétagé ou biétagé.
- [0100] Par exemple, la [Fig.4] illustre un mécanisme de réduction 19 selon une première variante du type planétaire (ou « star » en anglais). Le mécanisme de réduction 19 comprend un pignon solaire 19a (entrée du mécanisme de réduction 19), centré sur un axe de rotation du mécanisme de réduction 19 généralement confondu avec l'axe longitudinal X et configuré pour être entraîné en rotation par l'arbre basse pression 11, une couronne 19b (sortie du mécanisme de réduction 19) coaxiale avec le pignon solaire 19a et configurée pour entraîner en rotation l'arbre de soufflante 20 autour de son axe X de rotation, et une série de satellites 19c répartis de manière circonférentielle autour de l'axe X de rotation du rotor 9 de la section de soufflante 2, entre le pignon solaire 19a et la couronne 19b, chaque satellite 19c étant engrené intérieurement avec le pignon solaire 19a et extérieurement avec la couronne 19b. La série de satellites 19c est montée sur un porte satellites 19d qui est fixe par rapport à une partie stator 19e du système propulsif 1, par exemple par rapport à un carter de la section de compresseur 4, 5. Dans ces deux variantes, la couronne 19b présente un diamètre supérieur au diamètre du pignon solaire 19a.
- [0101] Dans un autre exemple, la [Fig.5] illustre un mécanisme de réduction 19 selon une deuxième variante de type épicycloïdal (ou « planetary » en anglais), auquel cas la

couronne 19b est montée fixement sur la partie stator 19e du système propulsif 1 et l'arbre de soufflante 20 est entraîné en rotation par le porte satellites 19d (qui est donc mobile en rotation par rapport à une partie stator 19e du système propulsif 1, par exemple par rapport à un carter de la section de compresseur 4, 5).

- [0102] Quelle que soit la configuration du mécanisme de réduction 19, le diamètre de la couronne 19b et du porte satellites 19d sont supérieurs au diamètre du pignon solaire 19a, de sorte que la vitesse de rotation du rotor 9 de la section de soufflante 2 est inférieure à la vitesse de rotation de l'arbre basse pression 11.
- [0103] Le rapport de réduction du mécanisme de réduction 19 est supérieur ou égal à 2,5 et inférieur ou égal à 15. Dans le cas d'un système propulsif 1 à soufflante carénée, le rapport de réduction peut être supérieur ou égal à 2,7 et inférieur ou égal à 3,5, par exemple autour de 3,0. Dans le cas d'un système propulsif 1 à soufflante non caréné, le rapport de réduction peut être compris entre 9,0 et 11,0.
- [0104] Afin d'optimiser les performances du système propulsif 1, le système propulsif 1 comprend toute ou partie des caractéristiques détaillées ci-après.
- [0105] **1) Dispositif de lubrification pour lubrifier le mécanisme de réduction**
- [0106] Le système propulsif 1 peut comprendre un dispositif de lubrification 100 ayant pour fonction de lubrifier toute ou partie du mécanisme de réducteur 19. Dans la suite de la présente divulgation, le mécanisme de réduction 19 sera plus simplement appelé « réducteur 19 ».
- [0107] La [Fig.6] montre un premier mode de réalisation de ce dispositif de lubrification 100, combiné à un réducteur 19 du type « planétaire » tel que décrit précédemment. Ainsi, le porte satellites 19d est fixe par rapport au stator 19e du système propulsif 1, tandis que le pignon solaire 19a, les satellites 19c et la couronne 19b sont mobiles en rotation. En outre, dans cette configuration, le pignon solaire 19a forme l'entrée du réducteur 19, raccordé à un arbre d'entraînement (par exemple l'arbre basse pression discuté précédemment). La couronne 19b est raccordée à l'arbre de soufflante 20. Une telle configuration « planétaire » permet dans cet exemple une simplification de la structure du dispositif de lubrification, et donc un gain en encombrement, lié à une plus grande facilité d'intégration.
- [0108] Le dispositif de lubrification 100 comprend un conduit d'arrivée d'huile 102, une pompe 104, un conduit d'alimentation en huile 106 et un distributeur d'huile 108.
- [0109] Le conduit d'arrivée d'huile 102 relie fluidiquement une source d'huile (non illustrée) et la pompe 104. Le conduit d'arrivée d'huile 102 alimente la pompe 104 en huile émanant de cette source d'huile.
- [0110] Le conduit d'arrivée d'huile 102 traverse axialement le réducteur 19 de vitesse. Plus précisément, le conduit d'arrivée d'huile 102 passe entre deux satellites 19c adjacents du réducteur 19. Cette traversée axiale contribue à réduire l'encombrement général du

dispositif de lubrification 100 en tirant partie de l'espace inoccupé entre les deux satellites 19c voisins. On optimise l'occupation de l'espace au sein du moteur.

- [0111] En utilisation, de l'huile s'écoule dans la conduite d'arrivée 102 vers la pompe. Dit encore d'une autre manière, l'huile s'écoule dans l'arrivée d'huile 102 dans une direction allant vers la section de soufflante.
- [0112] Le conduit d'alimentation en huile 106 relie fluidiquement la pompe 104 et le distributeur d'huile 108.
- [0113] Le distributeur d'huile 108 forme une sortie du dispositif de lubrification 100. Le distributeur d'huile est agencé pour distribuer de l'huile à une partie cible du réducteur 19, de sorte que la ou les parties soient lubrifiées (pignon solaire 19a, satellites 19c, porte-satellite, couronne 19b, un ou plusieurs palier(s)), et ce de manière connue par ailleurs.
- [0114] La pompe 104 a pour fonction d'alimenter en huile le réducteur 19 de vitesse. Lorsque la pompe 104 est active, la pompe 104 pompe de l'huile en provenance du conduit d'arrivée 102 et transmet de l'huile au distributeur d'huile 108 via le conduit d'alimentation 106. Lorsque la pompe 104 est inactive, le distributeur 108 n'est pas alimenté en huile par la pompe 104.
- [0115] Considéré selon la direction axiale X, le réducteur 19 est agencé entre la pompe 104 et l'arbre d'entraînement 11. Dit autrement, la pompe 104 est en amont du réducteur 19 (s'il l'on se réfère au sens d'écoulement du flux d'air F lorsque le système propulsif 1 est en fonctionnement). La pompe 104 est entourée par l'arbre de soufflante 20. Une telle configuration permet un gain en encombrement car on utilise un espace généralement laissé inoccupé dans l'état de la technique, car cet espace est confiné entre le réducteur et le l'arbre de soufflante. Le positionnement relatif de cet espace par rapport au réducteur rend assez contre-intuitif son exploitation, notamment vis-à-vis des alimentations.
- [0116] La pompe 104 comprend un rotor de pompe mobile en rotation autour de son propre axe, cet axe étant par exemple parallèle à l'axe X, dans le présent exemple confondu avec l'axe X. Lorsque le rotor de pompe mis en rotation, la pompe 104 s'active. Lorsque le rotor de pompe cesse de tourner, la pompe 104 devient inactive.
- [0117] Le rotor de pompe est couplé en rotation avec un élément tournant du réducteur 19. Ceci signifie que l'élément tournant en question est relié au rotor de pompe par une liaison mécanique adaptée pour qu'une rotation de cet élément entraîne une rotation du rotor de pompe. La chaîne de transmission de couple entre l'élément tournant et rotor de pompe est distincte de la chaîne de transmission de couple entre l'arbre basse pression 11 et l'arbre de soufflante 20 via le réducteur 19. Dans le présent exemple, l'élément tournant est le pignon solaire 19a ; en d'autres termes, le rotor de pompe est couplé en rotation avec le pignon solaire 19a. La liaison mécanique reliant le pignon

solaire 19a au rotor de pompe ne comprend pas les satellites 19c ni la couronne 19b. Cet agencement est peu encombrant, et permet notamment d'exploiter un espace inoccupé dans l'état de la technique.

- [0118] La pompe 104 est par exemple une pompe 104 double sens, c'est-à-dire que la pompe 104 est configurée pour alimenter en huile le réducteur 19 de vitesse lorsque le rotor de pompe est en rotation dans un premier sens de rotation ou dans un second autre sens de rotation opposé au premier sens de rotation. Ceci permet une lubrification du réducteur par la pompe 104 quel que soit le sens de rotation du rotor de soufflante (qui entraîne ainsi le rotor de pompe) par une sollicitation extérieure lorsque le moteur est à l'arrêt (par exemple par le vent au sol ou en situation de « windmilling »). Ceci permet en outre de s'affranchir d'un système antiretour pour bloquer une rotation du rotor de soufflante 9 dans un sens opposé au sens imparti par les turbines, ce qui permet d'alléger le système et réduire l'encombrement global.
- [0119] La pompe 104 peut être de n'importe quel type : pompe 104 à piston, pompe 104 à plateau, pompe 104 centrifuge, etc.
- [0120] Par exemple, le système propulsif comprend un embrayage 110. L'embrayage 110 fait partie de la liaison mécanique précitée entre l'élément tournant du réducteur 19 couplé au rotor de pompe, dans cet exemple le pignon solaire 19a, et le rotor de pompe.
- [0121] L'embrayage 110 est configurable dans deux positions : une position embrayée et une position débrayée.
- [0122] Dans la position embrayée, l'embrayage 110 couple en rotation le rotor de pompe et l'élément tournant considéré (ici le pignon solaire 19a). Autrement dit, le rotor de pompe tourne si et seulement si l'élément tournant (ici le pignon solaire 19a) tourne lorsque l'embrayage est dans la position embrayée. Lorsque l'embrayage est dans la position embrayée, on dit alors que la pompe 104 est embrayée.
- [0123] Dans la position débrayée, l'embrayage 110 découple en rotation le rotor de pompe de l'élément tournant considéré (ici le pignon solaire 19a). Autrement dit, le rotor de pompe n'est plus lié mécaniquement à l'élément tournant, si bien que le rotor de pompe peut rester immobile en rotation tandis que l'élément tournant tourne, et vice-versa. Lorsque l'embrayage est dans la position débrayée, on dit alors que la pompe 104 est débrayée.
- [0124] L'embrayage 110 est configuré pour passer de la position embrayée à la position débrayée lorsque la vitesse de rotation de l'arbre d'entraînement 11 augmente et dépasse une vitesse seuil de débrayage.
- [0125] Par exemple, la vitesse seuil de débrayage est comprise entre 50 tours par minute et 800 tours par minute, ou par exemple entre 50 tours par minute et 400 tours par minute, ou par exemple entre 100 tours par minute et 300 tours par minute. Lorsque la

pompe 104 est une pompe auxiliaire venant en sus d'une pompe principale, ces vitesses fournissent un équilibre entre taille de la pompe 104 et la capacité de la pompe principale.

[0126] Par ailleurs, l'embrayage est configuré pour passer de la position débrayée à la position embrayée lorsque la vitesse de rotation de l'arbre d'entraînement 11 diminue et devient inférieure à une vitesse seuil d'embrayage  $N_D$ .

[0127] Par exemple, la vitesse seuil d'embrayage  $N_D$  est comprise entre 50 tours par minute et 800 tours par minute, ou par exemple entre 50 tours par minute et 400 tours par minute, ou par exemple entre 100 tours par minute et 300 tours par minute. Lorsque la pompe 104 est une pompe auxiliaire venant en sus d'une pompe principale, ces vitesses fournissent un équilibre entre taille de la pompe 104 et la capacité de la pompe principale.

[0128] La vitesse seuil de débrayage peut être identique à la vitesse seuil d'embrayage  $N_D$  (ce qui rend l'embrayage 110 plus simple) ou bien être différente de celle-ci.

[0129] Dans le cas où ces deux vitesses seuil sont identiques, alors l'embrayage est configuré pour :

- découpler en rotation l'élément tournant (ici le pignon solaire 19a) si la vitesse de rotation de l'arbre d'entraînement 11 est supérieure ou égale la vitesse seuil d'embrayage  $N_D$ , et pour
- coupler en rotation le rotor de pompe avec l'élément tournant (ici le pignon si la vitesse de rotation de l'arbre d'entraînement 11 est inférieure à la vitesse seuil d'embrayage  $N_D$ .

[0130] L'embrayage 110 permet ainsi de faire en sorte que la pompe 104 soit active seulement dans les cas de basses vitesses (démarrages, dysfonctionnements, maintenance, etc.). Un tel embrayage 110 permet de dimensionner au plus juste la pompe 104 en vue de gagner de l'espace. En effet, à vitesse réduite, on peut se permettre d'utiliser une pompe 104 de plus faible encombrement.

[0131] En variante ou en complément, l'embrayage 110 peut être configuré pour passer de la position débrayée à la position embrayée lorsqu'une pression d'huile dans le conduit d'arrivée diminue et devient inférieure à une première pression seuil, et/ou pour passer de la position embrayée à la position débrayée lorsqu'une pression d'huile dans le conduit d'arrivée augmente et dépasse une deuxième pression seuil.

[0132] Dans certains modes de réalisation, le dispositif de lubrification 100 comprend une deuxième pompe (non illustrée) distincte de la pompe 104 comprenant le rotor de pompe, la deuxième pompe étant configurée pour alimenter en huile le réducteur de vitesse 19 lorsque la vitesse de rotation de l'arbre d'entraînement 11 est supérieure ou égale à la vitesse seuil d'embrayage  $N_D$ .

[0133] Par exemple, la pompe 104 peut former une pompe dite auxiliaire fonctionnant en



complément ou en remplacement de la deuxième pompe qui peut former une pompe dite principale également configurée pour lubrifier le réducteur 19.

- [0134] La pompe principale est configurée pour lubrifier le réducteur 19 lorsque la vitesse de rotation de l'arbre d'entraînement est supérieure à une vitesse seuil d'amorçage  $N_A$ .
- [0135] La vitesse seuil d'amorçage  $N_A$  est inférieure ou égale à la vitesse seuil d'embrayage  $N_D$ .
- [0136] Lorsqu'on choisit  $N_A = N_D$ , alors la pompe 104 auxiliaire est débrayée via l'embrayage 110, lorsque la pompe principale est utilisée. Ainsi, la pompe 104 auxiliaire et la pompe principale sont utilisées dans des plages de vitesses de rotation de l'arbre d'entraînement qui sont différentes.
- [0137] Lorsqu'on choisit  $N_A < N_D$ , la pompe principale et la pompe 104 auxiliaire sont simultanément actives dans la plages de vitesses  $[N_A N_D]$ . Par exemple, la pompe auxiliaire 104 peut être active dans une phase d'amorçage de la pompe principale.
- [0138] La vitesse seuil d'embrayage  $N_D$  peut permettre un équilibre entre l'optimisation de l'occupation d'espace au sein du moteur pour la pompe principale et du réducteur pour la pompe auxiliaire (la taille de la pompe étant fonction de sa capacité) et la lubrification (débit d'huile) sur toute la plage des vitesses. Par exemple, la vitesse seuil d'embrayage  $N_D$  peut être la vitesse à partir de laquelle la pompe principale est amorcée et débite à son débit nominal. Les plages de vitesses seuil d'embrayage  $N_D$  ci-dessus peuvent être un équilibre entre taille de la pompe auxiliaire et la capacité de la pompe principale.
- [0139] Lorsqu'on choisit  $N_A = 0$ , la pompe principale est utilisée à toutes les vitesses de rotation de l'arbre d'entraînement.
- [0140] Le dispositif de lubrification 100 peut comprendre un clapet anti-retour (non illustré) pour empêcher un reflux d'huile dans la pompe 104. Un tel clapet permet lorsque la pompe 104 est une pompe 104 auxiliaire d'éviter que de l'huile pompée par la pompe 104 principale ne reflue vers la pompe 104 auxiliaire.
- [0141] On a représenté sur la [Fig.7] un deuxième mode de réalisation du dispositif de lubrification 100, qui diffère du premier mode de réalisation notamment par le fait que l'élément tournant auquel le rotor de pompe est couplé en rotation est un des satellites 19c du réducteur 19, et non le pignon solaire 19a. Ainsi, le satellite en question est relié au rotor de pompe par une liaison mécanique adaptée pour qu'une rotation du satellite entraîne une rotation du rotor de pompe. Cet agencement est peu encombrant, et permet notamment d'exploiter un espace inoccupé dans l'état de la technique.
- [0142] Par ailleurs, dans ce deuxième mode de réalisation, le réducteur 19 est axialement situé entre la pompe 104 et l'arbre d'entraînement (cette configuration se retrouve également dans le premier mode de réalisation de la [Fig.6]).
- [0143] Dans le cas où il est choisi dans ce deuxième mode de réalisation une vitesse seuil de

débrayage égale à la vitesse seuil d'embrayage  $N_D$ , alors l'embrayage 110 est configuré pour :

- découpler en rotation le satellite 19c auquel il est relié, si la vitesse de rotation de l'arbre d'entraînement 11 est supérieure ou égale la vitesse seuil d'embrayage  $N_D$ , et pour
- coupler en rotation le rotor de pompe avec le satellite 19c si la vitesse de rotation de l'arbre d'entraînement 11 est inférieure à la vitesse seuil d'embrayage  $N_D$ .

[0144] Dans ce deuxième mode de réalisation, le dispositif de lubrification 100 peut comprendre plusieurs pompes 104 conformes à la description qui précède, les pompes 104 étant respectivement couplées avec différents satellites 19c du réducteur 19. Il est ainsi possible d'avoir dans le dispositif de lubrification 100 autant de pompes 104 que de satellites 19c présents. Autrement dit, le dispositif de lubrification comprend une pluralité de pompes comprenant chacune un rotor de pompe, la pluralité de pompes comprenant au moins deux pompes et au plus autant de pompes que de satellites, chaque rotor de pompe étant couplé en rotation avec un satellite 19c distinct, le dispositif de lubrification étant configuré pour lubrifier le réducteur de vitesse 19 avec de l'huile lorsque les rotors de pompe sont en rotation. Une telle configuration permet d'utiliser des petites pompes, et donc d'optimiser l'encombrement. L'ensemble des pompes peut être dimensionné pour alimenter en huile sur toute la plage des vitesses, de sorte qu'il est possible de s'affranchir d'une éventuelle pompe principale, ce qui génère un gain d'espace au sein du moteur. En outre, une telle pluralité de pompe assure une certaine redondance, et donc améliore la fiabilité du dispositif de lubrification.

[0145] Dans un troisième mode de réalisation représenté sur la [Fig.8], la liaison mécanique reliant l'élément tournant du réducteur 19 (pignon solaire 19a ou satellite 19c) au rotor de pompe comprend un pignon intermédiaire 111 ne faisant pas partie du réducteur 19. L'élément tournant du réducteur 19 engrène avec ce pignon intermédiaire 111, et le pignon intermédiaire 111 est agencé pour entraîner le rotor de pompe en rotation, le cas échéant par l'intermédiaire de l'embrayage 110. Passer par un tel pignon intermédiaire 111 peut permettre de déporter la pompe 104 pour optimiser son emplacement et l'encombrement du système.

[0146] Par ailleurs, dans ce troisième mode de réalisation, le réducteur 19 est axialement situé entre la pompe 104 et l'arbre de soufflante 20.

[0147] Dans un quatrième mode de réalisation (non-illustré), l'élément tournant est la couronne 19b du réducteur 19. Ainsi, la couronne 19b est reliée au rotor de pompe par une liaison mécanique adaptée pour qu'une rotation de la couronne 19b entraîne une rotation du rotor de pompe, cette liaison mécanique ne passant pas par l'arbre de

soufflante 20.

[0148] Dans un cinquième mode de réalisation (non-illustré), l'élément tournant est l'arbre de soufflante 20.

[0149] **2) Frein pour freiner/bloquer le rotor de soufflante**

[0150] En référence à la [Fig.9], le système propulsif 1 peut comprendre un frein 200 configuré pour freiner une rotation du rotor de soufflante 9 ou de bloquer une telle rotation.

[0151] Dans la présente divulgation, « freiner » ou le « freinage » d'un élément est à interpréter comme l'application d'une force qui s'oppose au mouvement de rotation de cet élément, sans pour autant bloquer ce mouvement de rotation. Un « freinage » a donc pour effet de ralentir la vitesse de rotation de l'élément freiné. Par contraste, « bloquer » ou un « blocage » d'un élément a pour effet de réduire la vitesse de rotation de cet élément à zéro et donc d'empêcher la rotation de l'élément en question.

[0152] De manière générale, le frein 200 est configuré pour coopérer avec un élément du système propulsif 1 dont la rotation est dépendante de la rotation du rotor de soufflante. 9 Ainsi, l'élément avec lequel le frein 200 coopère reçoit la force générée par le frein 200, et cette force est ensuite transmise directement ou indirectement au rotor de soufflante 9 via cet élément. Dans ce qui suit, l'élément avec lequel le frein 200 coopère est appelé « élément à freiner », étant entendu que l'élément à freiner peut également être bloqué par le frein 200.

[0153] Pour générer une force de blocage ou de freinage, le frein 200 est alimenté en énergie par une source d'énergie. Plus la quantité d'énergie que le frein 200 reçoit de la source d'énergie est élevée, plus la force générée est élevée. Ainsi, la force que le frein applique pour bloquer l'élément à freiner (et par conséquent le rotor de soufflante 9) requiert une énergie en quantité supérieure à la quantité d'énergie requise pour permettre au frein 200 d'appliquer un freinage sans blocage. La source d'énergie utilisée peut être de tout type. Par exemple, la source d'énergie est une batterie (auquel cas l'énergie que le frein reçoit est une énergie électrique).

[0154] Par exemple, la position par défaut du frein 200 est une position dans laquelle le frein assure un blocage du rotor de soufflante 9. Par « position par défaut », on entend la position que prend le frein 200 lorsque le frein 200 n'est pas alimenté en énergie, en particulier lorsque le système propulsif 1 est éteint. Une telle position par défaut peut être obtenu par des moyens de rappel adéquats, tels qu'un ressort.

[0155] Par ailleurs, le frein 200 peut être configuré pour autoriser les mouvements de rotation du rotor de soufflante 9 via une commande manuelle (i.e. pour être relâché manuellement), lorsque le système propulsif 1 est éteint, c'est-à-dire lorsque la chambre de combustion est éteinte. Ceci facilite la maintenance du système.

[0156] Le frein 200 peut être de tout type (à disque, à crabots, etc.). Tout type

d'actionnement du frein 200 peut être envisagé (électrique, pneumatique, hydraulique).

[0157] Le système propulsif 1 peut comprendre un embrayage 210.

[0158] Le frein 200 est configuré pour être débrayé par l'embrayage 210 lorsqu'une vitesse de rotation de l'arbre d'entraînement 11 augmente et dépasse une première vitesse seuil. On peut également désigner cette première vitesse seuil comme une deuxième vitesse seuil de débrayage (pour ne pas la confondre avec la vitesse seuil de débrayage utilisée par l'embrayage 110 déjà décrit en section 1). Grâce à cela, la sécurité et la fiabilité du système propulsif 1 est accrue car on évite d'avoir un frein activable en vol.

[0159] Par exemple, la première vitesse seuil (ou deuxième vitesse seuil de débrayage) est comprise par exemple entre 50 tours par minute et 800 tours par minute, par exemple entre 50 tours par minute et 400 tours par minute, par exemple entre 100 tours par minute et 300 tours par minute.

[0160] Par ailleurs, le frein 200 est configuré pour être embrayé par l'embrayage 210 lorsqu'une vitesse de rotation de l'arbre d'entraînement 11 diminue et devient inférieure à une deuxième vitesse seuil (ou deuxième vitesse seuil d'embrayage, à ne pas confondre avec la vitesse seuil d'embrayage de l'embrayage 110 décrit en section 1). Les plages opérationnelles sont ainsi optimisées et la sécurité accrue : on débraye en effet au plus vite le frein en cas d'accélération, mais on rend le frein opérationnel au plus vite en cas de ralentissement.

[0161] La deuxième vitesse seuil (ou deuxième vitesse seuil d'embrayage) est par exemple comprise entre 50 tours par minute et 800 tours par minute, par exemple entre 50 tours par minute et 400 tours par minute, par exemple entre 100 tours par minute et 300 tours par minute.

[0162] La première vitesse seuil et la deuxième vitesse seuil utilisées par l'embrayage 210 peuvent être égales (ce qui permet de simplifier le système) ou différentes.

[0163] Lorsque la première vitesse seuil et la deuxième vitesse seuil utilisées par l'embrayage 210 sont égales, alors l'embrayage 210 peut être configuré pour :

- découpler en rotation le rotor de pompe du pignon solaire 19a, du pignon de satellite 19c, de la couronne 19d, de l'arbre de soufflante 20 ou de l'arbre d'entraînement 11 si la vitesse de rotation de l'arbre d'entraînement 11 est supérieure ou égale la première vitesse seuil, et pour
- coupler en rotation le rotor de pompe avec le pignon solaire 19a, le pignon de satellite 19c, la couronne 19d, l'arbre de soufflante 20 ou l'arbre d'entraînement 11 si la vitesse de rotation de l'arbre d'entraînement 11 est inférieure à la première vitesse seuil.

[0164] La première vitesse seuil utilisée par l'embrayage 210 peut être identique ou différente de la vitesse seuil de débrayage utilisée par l'embrayage 110 définie en section 1. La deuxième vitesse seuil utilisée par l'embrayage 210 peut être identique ou

différente de la vitesse seuil d'embrayage  $N_D$  utilisée par l'embrayage 110 définie en section 1.

- [0165] Le frein 200 peut par ailleurs comprendre un fusible (ou section de sécurité), configurée pour découpler mécaniquement le frein 200 du reste du système propulsif 1. Par exemple, le fusible comprend une portion mécanique configurée pour se rompre dès un effort seuil est atteint au sein du mécanisme. Ceci permet d'accroître la sécurité en cas d'actionnement intempestif et accidentel du frein 200 en vol. Dans ce cas, la section fusible peut en effet rompre et le rotor de soufflante 9 peut alors continuer à tourner.
- [0166] La [Fig.9] représente un premier mode de réalisation du frein 200 dans lequel l'embrayage 210 est différent de l'embrayage 110. Dans ce premier mode de réalisation, l'embrayage 210 est agencé pour réaliser un couplage ou un découplage entre le pignon solaire 19a et le frein 200.
- [0167] La [Fig.10] représente un deuxième mode de réalisation du frein 200 dans lequel l'embrayage 210 est différent de l'embrayage 110. Dans ce mode de réalisation, l'embrayage 210 est agencé pour réaliser un couplage ou un découplage entre un des satellites 19c et le frein 200.
- [0168] La [Fig.11] représente un troisième mode de réalisation du frein 200 dans lequel l'embrayage 210 et l'embrayage 110 sont en réalité un seul et même embrayage.
- [0169] Dans ce troisième mode de réalisation, la deuxième vitesse seuil d'embrayage est la vitesse seuil d'embrayage  $N_D$  définie en section 1, et la deuxième vitesse seuil de débrayage est la vitesse seuil de débrayage définie en section 1 (pouvant être égale à  $N_D$ ). L'élément à freiner est, dans ce mode de réalisation, le rotor de la pompe 104. Ainsi, le même embrayage 110 est utilisé pour contrôler l'activation de la pompe 104, et donc la lubrification du réducteur 19, et par ailleurs pour s'assurer que le frein 200 est bien découplé du réducteur 19, afin de garantir qu'un éventuel actionnement inopiné du frein 200 n'a aucune incidence sur le réducteur 19, notamment en plein vol.
- [0170] Le frein 200 est configuré pour freiner une rotation du rotor de pompe lorsque la vitesse de rotation de l'arbre d'entraînement 11 est inférieure à une vitesse seuil de freinage  $N_R$ . Ceci permet de limiter les mouvements du rotor de soufflante, et réduit le besoin en huile pour lubrifier le réducteur 19. En effet, la vitesse étant réduite, on peut se permettre d'utiliser un plus petit réservoir d'huile, une plus petite pompe, etc. En outre, en choisissant le rotor de la pompe 104 comme élément à freiner, on obtient ainsi un système tout intégré de lubrification et de frein (au moins à faible vitesse), d'encombrement réduit et de masse réduite. En outre, la phase de freinage peut permettre un éventuel blocage en douceur le cas échéant et éviter d'endommager le système propulsif 1.
- [0171] Par exemple, la vitesse seuil de freinage  $N_R$  est comprise entre 30 tours par minute et

500 tours par minute, par exemple entre 50 tours par minute et 300 tours par minute, par exemple entre 80 tours par minute et 180 tours par minute. Freiner à partir d'une telle vitesse permet de dimensionner la pompe avec un équilibre satisfaisant entre l'encombrement, la capacité-débit et la capacité de freinage (un petit débit permet d'utiliser une pompe de petite taille).

- [0172] Par ailleurs, le frein 200 est configuré pour bloquer la rotation de l'élément à freiner lorsque la vitesse rotation de l'arbre d'entraînement 11 est inférieure à une vitesse seuil de blocage  $N_F$ . La vitesse seuil de blocage  $N_F$  est inférieure à la vitesse seuil de freinage  $N_R$ . Avec un tel blocage, il n'est pas nécessaire de lubrifier le réducteur sur la plage de freinage, le dimensionnement de la pompe 104 peut être optimisé, l'intégration des systèmes est améliorée, de même que la sécurité au sol (le fait que le rotor de soufflante soit bloqué évite des accidents).
- [0173] Par exemple, la vitesse seuil de blocage  $N_F$  est comprise entre 0 tour par minute et 200 tours par minute, par exemple entre 0 tour par minute et 50 tours par minute, par exemple entre 0 tour par minute et 20 tours par minute. Bloquer à partir d'une telle vitesse permet de dimensionner la pompe 104 avec un équilibre satisfaisant entre l'encombrement, la capacité-débit et la capacité de freinage.
- [0174] Dans le mode de réalisation du frein représenté en [Fig.11], le frein 200 comprend un frein mécanique 202 et un système de vannes 204.
- [0175] Le frein mécanique 202 est par exemple un frein à friction adapté pour exercer une friction sur le rotor de pompe, par exemple un frein à disque. Un tel frein est relativement compact.
- [0176] Par ailleurs, le système de vannes 204 comprend une première vanne commandée 206 en aval de la pompe 104 et une deuxième vanne commandée 208 en amont de la pompe 104.
- [0177] La première vanne 206 est agencée dans le conduit d'alimentation 106. La deuxième vanne 208 est agencée dans le conduit d'arrivée 102. Chacune des deux vannes 206, 208 peut être ouverte, afin de laisser passer de l'huile, et fermée, afin d'empêcher le passage d'huile. Lorsque la première vanne 206 est fermée, elle empêche l'huile en provenance de la pompe 104 d'être acheminée jusqu'au distributeur de fluide 110. Lorsque la deuxième vanne 208 est fermée, elle empêche l'huile en provenance de la source d'huile d'être acheminée jusqu'à la pompe 104 via le conduit d'arrivée d'huile 102.
- [0178] Pour réaliser un blocage, le système de vannes 204 peut être actionné comme suit. La première vanne 206 en aval est fermée, puis la deuxième vanne 208 en amont est fermée. Ceci a pour effet de mettre la pompe 104 en surpression et de bloquer tout flux d'huile en entrée/sortie de pompe 104, ce qui a pour conséquence de bloquer le rotor de pompe en rotation. Pour relâcher le frein hydraulique 204, il suffit d'ouvrir d'abord

la vanne en aval puis la vanne en amont. La rotation du rotor de pompe est de nouveau autorisée après relâchement du frein.

- [0179] Le système de vannes 204 peut également comprendre un clapet anti-retour 208 adapté pour augmenter progressivement la pression au sein de la pompe 104 et ainsi réaliser un freinage sans blocage.
- [0180] Le système de vannes 204 décrit ci-dessus est particulièrement compact et léger (notamment par rapport à un système de blocage/déblocage mécanique).
- [0181] Par exemple, le système de vannes 204 peut être dédié au blocage du rotor de pompe, tandis que le frein mécanique 202 peut être dédié au freinage (ralentissement sans blocage). En variante, le frein mécanique peut être utilisé pour participer au freinage et pour participer au blocage.
- [0182] Combiner le système de vannes 204 et le frein mécanique 202 au sein du frein 200 permet d'optimiser les performances de lubrification d'un côté et de freinage de l'autre. Toutefois, le frein 200 peut comprendre seulement le système de vannes 204 discuté précédemment (le frein 200 ne comprend alors pas de frein mécanique). Le frein 200 est alors encore plus compact et léger. Alternativement, le frein 200 peut être constitué du frein mécanique 202 discuté précédemment (le frein 200 ne comprend alors pas de système de vannes).
- [0183] La commande du frein 200 peut être est fonction d'au moins un état de fonctionnement du dispositif de lubrification 100.
- [0184] Le frein 200 peut être à commande hydraulique, la commande hydraulique étant reliée fluidiquement au dispositif de lubrification 100. Ceci permet de rendre le frein plus compact, et offre l'opportunité d'utiliser une source d'énergie à proximité.
- [0185] Pour mettre en œuvre cette commande hydraulique, le frein 200 peut comprendre un interrupteur permettant d'activer et de désactiver le frein. Lorsque le frein est désactivé, le frein ne peut pas générer une force de freinage, et ce même si par ailleurs il lui parvient une certaine quantité d'énergie par la source d'énergie discutée précédemment. Ce n'est que lorsque le frein est activé qu'une telle énergie peut être convertie par le frein en une force de freinage/blocage. L'activation du frein 200 peut alors être conditionnée à l'activation de la pompe 104. Par exemple, l'interrupteur peut être sollicité par l'huile circulant dans le dispositif de lubrification 100 vers une position qui active le frein 200. En l'absence de circulation d'un tel fluide, l'interrupteur est ramené dans une autre position qui désactive le frein, par exemple à l'aide de moyens de rappel, tels qu'un ressort.
- [0186] Bien entendu le frein 200 est compatible avec tous les modes de réalisation du dispositif de lubrification 100 décrits en section 1). En particulier, le frein 200 est combinable avec les modes de réalisation du dispositif de lubrification 100 dans lesquels le rotor de pompe est couplé en rotation avec le pignon solaire 19a ([Fig.6]) ou

avec un satellite 19c (figures 7 et 8). On obtient alors un effet de synergie, puisque l'on freine sur des pignons "rapides" en rotation et transmettant moins de couple. On bénéficie alors du rapport de réduction du réducteur 19 en termes de couple à appliquer, réduisant l'effort de freinage et donc la taille du frein 200.

[0187] **3) Zones de fonctionnement du dispositif de lubrification et du frein**

[0188] Dans les sections 1 et 2 qui précède, on a défini les vitesses seuil suivantes :

- $N_D$  : vitesse seuil d'embrayage utilisée par l'embrayage 110 associé à la pompe 104 (pompe auxiliaire) du dispositif de lubrification 100
- $N_A$  : vitesse seuil d'amorçage de la deuxième pompe (pompe principale) du dispositif de lubrification 100
- $N_R$  : vitesse seuil de freinage utilisée par le frein 200
- $N_F$  : vitesse seuil de blocage utilisée par le frein 200

[0189] Par exemple, ces vitesses seuil définies dans les sections qui précèdent respectent la relation suivante :

[0190]  $0 < N_F < N_R < N_A \leq N_D$

[0191] On a représenté sur la [Fig.13] des zones de fonctionnement de la pompe 104, lorsque celle-ci est une pompe 104 auxiliaire combinée à une pompe principale. Dans ce mode de réalisation, on a  $N_A < N_D$ .

[0192] La lubrification auxiliaire (c'est-à-dire assurée par la pompe 104 auxiliaire) intervient sur la plage de vitesses  $[0, N_D]$ . La pompe 104 auxiliaire peut être amorcée par exemple à partir de 2 tr/min. La lubrification principale intervient sur la plage de vitesses  $[N_A, N_{MAX}]$ .  $N_{MAX}$  est une vitesse de rotation maximale de l'arbre d'entraînement (non illustrée). Par exemple,  $N_{MAX}$  est égale à 12.000 tr/min.

[0193] Le blocage réalisé par le frein 200 intervient sur la plage  $[0, N_F]$ .

[0194] Le freinage (causant un ralentissement sans blocage) intervient sur la plage  $[N_F, N_R]$  (ou éventuellement sur la plage  $[0, N_R]$  si on ne souhaite pas faire de blocage).

[0195] Alternativement, la lubrification assurée par la pompe 104 décrite précédemment assure une lubrification dans toute la plage de vitesses possibles pour l'arbre d'entraînement, c'est-à-dire dans la plage allant de 0 à  $N_{MAX}$ .

[0196] **4) Mutualisation de moyens pour commander le calage des aubes et commander le frein**

[0197] En référence à la [Fig.13], le système propulsif comprend un système de commande 300 pour commander le calage des aubes 19 du rotor de soufflante, en particulier pour commander une mise en drapeau des aubes 19.

[0198] Le système de commande 300 comprend le mécanisme de changement de pas 15 décrit plus haut, un circuit hydraulique de commande 302 et une source de fluide hydraulique 304.

[0199] Le circuit hydraulique 302 relie fluidiquement la source 304 au mécanisme de



changement de pas 15. Le circuit hydraulique 302 est configuré pour acheminer un fluide depuis la source 302 jusqu'au mécanisme 15 pour l'actionner. Ainsi, le fluide acheminé par le circuit hydraulique transporte une énergie hydraulique qui sollicite un déplacement du mécanisme de changement de pas 15, modifiant ainsi l'orientation des aubes 19 par rapport au moyeu, et donc leur calage. Dit autrement, le mécanisme de changement de pas 15 est à actionnement hydraulique.

- [0200] Le frein 200 peut en outre être configuré pour bloquer une rotation du rotor de soufflante en fonction d'une commande de mise en drapeau des aubes. Dit autrement, toute mise en drapeau des aubes 19 s'accompagne d'un blocage du rotor de soufflante 9 par le frein 200. Le système de commande 300 est ainsi rendu polyvalent, et il n'y a pas besoin d'utiliser un système de commande dédié au frein 200, ce qui entraîne un gain d'espace et de masse. Le système de commande est plus simple que les systèmes de l'état de la technique, et il n'y a plus besoin de lubrifier à basse vitesse de rotation (par exemple via une pompe auxiliaire), car le moteur ne tourne plus.
- [0201] Par ailleurs, le frein 200 peut être configuré pour débloquer une rotation du rotor de soufflante 9 en fonction d'une commande de sortie de drapeau des aubes 19 par le système de commande 300. Cette commande est simple et efficace.
- [0202] Le frein 200 peut être configuré pour être actionné par une énergie permettant par ailleurs d'actionner la variation du calage des aubes. Ceci permet de rendre le système 1 plus compact, car le frein 200 profite d'une source d'énergie déjà disponible à proximité pour générer une force de freinage/blocage, et permet une synchronisation plus aisée du pilotage. Dit autrement, le frein 200 prélève une partie de l'énergie consacré à la variation du calage des aubes du rotor de soufflante 9, afin d'exercer sa fonction de freinage/blocage.
- [0203] Par exemple, l'énergie utilisée par le frein est une énergie hydraulique transportée par le circuit hydraulique. Dans un tel mode de réalisation, le frein 200 est à actionnement hydraulique, tout comme le mécanisme de changement de pas 15. Ceci est plus facile à réaliser qu'un système mettant en jeu une énergie électrique ou mécanique, et le système est rendu plus compact, avec une masse réduite.
- [0204] Lorsque le frein 200 est à actionnement hydraulique, cet actionnement hydraulique peut être relié au système de commande 300. Plus précisément, le frein 200 est relié fluidiquement au circuit hydraulique de commande 302. L'actionnement hydraulique du frein 200 peut être direct ou indirect. L'actionnement hydraulique peut être réalisé par exemple même si le système de commande 300 est passif au repos (i.e. en position drapeau ou frein bloqué), par ex via un contrepoids, la commande reste hydraulique pour à un moment donné annuler l'action du contrepoids.
- [0205] Le système de commande 300 peut en outre comprendre un premier retardateur configuré pour retarder le blocage en rotation par rapport à la mise en drapeau des

- aubes. On peut ainsi attendre que la mise en drapeau soit effective avant de bloquer.
- [0206] Le système de commande 300 peut en outre comprendre par exemple un deuxième retardateur configuré pour retarder une sortie de drapeau des aubes par rapport au déblocage de la rotation du rotor de soufflante.
- [0207] L'utilisation du premier retardateur et/ou du deuxième retardateur permet de réduire des contraintes et dimensionner certains éléments au plus juste d'où un gain d'espace et une réduction de masse.
- [0208] Le premier retardateur ou le deuxième retardateur comprend par exemple un compteur de temps, et le blocage peut être déclenché lorsque ce compteur de temps atteint un délai prédéfini. Le premier retardateur et le deuxième retardateur peuvent être un même retardateur, ou bien être des retardateurs différents.
- [0209] Sur la [Fig.13], les premiers retardateurs sont représentés par un bloc 308 au niveau du circuit hydraulique 302, étant entendu que ces retardateurs peuvent être intégrés au frein 200.
- [0210] La [Fig.13] représente le système de commande 300 combiné à un frein 200 conforme au mode de réalisation de la [Fig.10], dans lequel l'élément freiné par le frein est un satellite 19c du réducteur 19. Bien entendu, le système de commande 300 tel que décrit ci-dessus peut en variante être combiné aux autres modes de réalisation du frein 200 présentés précédemment en section 2, en particulier celui de la [Fig.9], dans lequel l'élément freiné est le pignon solaire 19a, et celui de la [Fig.11], dans lequel l'élément freiné est le rotor de la pompe 104.
- [0211] En référence à la [Fig.14], un procédé de freinage mis en œuvre à l'aide du système de commande 300 comprend les étapes suivantes.
- [0212] Le système de commande 300 détecte qu'une mise en drapeau des aubes de soufflante doit être déclenchée.
- [0213] En réponse cette détection, le système de commande 300 commande une mise en drapeau des aubes de soufflante (étape S1). Pour cela, le circuit hydraulique 302 achemine un fluide depuis la source 304 vers le mécanisme de changement de pas 19. Ce fluide transporte une énergie hydraulique qui sollicite le mécanisme de changement de pas 15 de telle sorte que ce mécanisme 15 déplace les aubes de soufflante 19 dans leur position en drapeau.
- [0214] Comme le circuit hydraulique 302 est en outre relié hydrauliquement au frein 200, une partie de cette énergie hydraulique actionne le frein 200 de telle sorte que le frein 200 bloque le rotor de soufflante. Lorsque le premier retardateur est utilisé, ce blocage survient postérieurement à la mise en drapeau des aubes de soufflante.
- [0215] Comme on l'a vu précédemment, le rotor de la pompe 104 peut participer, dans certains modes de réalisation, à la transmission de la force de blocage générée par le frein 200 au réducteur 19, qui est ensuite répercutée sur le rotor de soufflante 9. Dans

les modes de réalisation où le frein 200 comprend les vannes 206 et 208, l'étape S2 de blocage comprend les étapes suivantes représentées en [Fig.15]: le système de commande 300 commande, via le fluide transitant dans le circuit hydraulique 302, une fermeture de la vanne aval 206 (étape S20), puis une fermeture de la vanne amont 208 (étape S21). Ceci entraîne une surpression d'huile dans la pompe 104, laquelle cause un blocage du rotor de pompe.

[0216] Ultérieurement, le système de commande 300 détecte qu'une mise hors drapeau des aubes de soufflante doit être déclenchée.

[0217] En réponse cette détection, le système de commande 300 commande une mise hors drapeau des aubes de soufflante (étape S3). Pour cela, le dispositif 304 cause l'acheminement du fluide dans le circuit hydraulique 302. Ce fluide transporte une énergie hydraulique qui sollicite le mécanisme de changement de pas 15 de telle sorte que ce mécanisme 15 déplace les aubes de soufflante 19 hors de leur position en drapeau.

[0218] Comme le circuit hydraulique 302 est en outre relié au frein 200, une partie de cette énergie hydraulique relâche le frein 200 de telle sorte que le frein 200 cesse de bloquer le rotor de soufflante (étape S4). Lorsque le deuxième retardateur est utilisé, ce relâchement survient avant la sortie de drapeau des aubes de soufflante. Dans les modes de réalisation où le frein 200 comprend les vannes 206 et 208, l'étape de déblocage S3 comprend les étapes suivantes représentées en [Fig.16] : le système de commande 300 commande, via le fluide transitant dans le circuit hydraulique 302, une ouverture de la première vanne aval 206 (étape S30), puis une ouverture de la vanne amont 208 (étape S31). Le rotor de pompe est alors débloqué, ce qui autorise une rotation des éléments tournant du réducteur 19 et en conséquence du rotor de soufflante 19. Concomitamment, la pompe 104 se remet à alimenter en huile le réducteur 19, qui est ainsi lubrifié.

[0219] Jusqu'ici, il a été présenté des modes de réalisation dans lesquels le frein 200 utilise comme source d'énergie le système de commande 300 qui sert à faire varier le calage des aubes de soufflante 19. Dans d'autres modes de réalisations, des sources d'énergies complémentaire ou alternatives peuvent être utilisées pour le frein 200, notamment : un démarreur à air, une batterie, etc.

### **5) Autres modes de réalisation**

[0220] D'autres modes de réalisation du dispositif de lubrification 100, du frein 200 et/ou du système de commande 300 peut être envisagés pour le système propulsif 1.

[0221] En particulier :

- Bien que la [Fig.11] ne représente qu'un seul frein 200 couplé à un satellite 19c, le système propulsif 1 peut comprendre plusieurs freins 200 couplés respectivement à différents satellites 19c du réducteur 19. Utiliser plusieurs

freins permet d'améliorer l'efficacité et sa compacité : en effet, plusieurs petits freins utilisés conjointement peuvent fournir un freinage similaire à celui d'un gros frein, mais optimisent l'encombrement ; par ailleurs, leur redondance améliore la sécurité du système.

- Comme déjà rappelé auparavant, le frein 200 peut être indépendant de la pompe 104, et plus généralement du dispositif de lubrification 100. L'élément freiné par le frein 200 n'est pas obligatoirement une partie du réducteur 19 : cet élément freiné peut en effet être l'arbre de soufflante 20 ou l'arbre d'entraînement 11. Toutes ces alternatives permettent un gain de place dans le moteur.
- Le frein 200 n'est pas obligatoirement à actionnement hydraulique. En variante, le frein 200 peut être actionné à l'aide d'une vis sans fin, par exemple une vis à billes, etc.
- Le frein 200 peut utiliser une ou plusieurs sources d'énergie indépendantes du système de commande 300 pour faire varier le calage des aubes 19, parmi lesquelles : un démarreur à air, une batterie, etc.
- Le dispositif de lubrification 100 et/ou le frein 200 se combinent avantageusement avec un réducteur 19 du type planétaire (ou « star » en anglais), car cette combinaison induit une simplification de la structure, et donc un gain en encombrement, lié à une plus grande facilité d'intégration. Il reste toutefois possible de combiner le dispositif de lubrification 100 et/ou le frein 200 avec un réducteur du type épicycloïdal (ou « planetary » en anglais).
- Différentes stratégies de freinage peuvent être envisagées : le frein 200 peut être embrayé par défaut par l'embrayage 210, et peut le cas échéant être utilisé en coordination avec un autre frein (par exemple un frein électro-magnétique pour récupérer de l'énergie).

## Revendications

[Revendication 1]

Système propulsif aéronautique (1) comprenant :

- un arbre d'entraînement (11) ;
- un rotor de soufflante (9) ;
- un arbre de soufflante (20) propre à entraîner en rotation le rotor de soufflante (9) ;
- un réducteur de vitesse (19) couplant en rotation l'arbre d'entraînement (11) et l'arbre de soufflante (20), et configuré pour entraîner l'arbre de soufflante (20) à une vitesse de rotation inférieure à une vitesse de rotation de l'arbre d'entraînement (11), le réducteur de vitesse (19) comprenant :
  - un pignon solaire (19a) présentant un diamètre et couplé en rotation avec l'arbre d'entraînement (11),
  - un satellite (19c) qui engrène avec le pignon solaire (19a),
  - une couronne (19b) présentant un diamètre et qui engrène avec le satellite (19c), le diamètre de la couronne (19b) étant supérieur au diamètre du pignon solaire (19a) ;
- un dispositif de lubrification (100) comprenant une pompe (104), la pompe (104) comprenant un rotor de pompe et étant configurée pour alimenter en huile le réducteur de vitesse (19) lorsque le rotor de pompe est en rotation, dans lequel le rotor de pompe est couplé en rotation avec le pignon solaire (19a), le satellite, la couronne (19b), l'arbre de soufflante (20) ou l'arbre d'entraînement (11) ; et
- un frein (200) configuré pour freiner une rotation du rotor de pompe lorsque la vitesse de rotation de l'arbre d'entraînement (11) est inférieure à une vitesse seuil de freinage ( $N_R$ ).

[Revendication 2]

Système propulsif aéronautique (1) selon la revendication 1, dans lequel la vitesse seuil de freinage ( $N_R$ ) est comprise entre 30 tours par minute et 500 tours par minute, par exemple entre 50 tours par minute et 300 tours par minute, par exemple entre 80 tours par minute et 180 tours par minute.

[Revendication 3]

Système propulsif aéronautique (1) selon l'une quelconque des reven-

dications 1 et 2, dans lequel le frein (200) est configuré pour bloquer la rotation du rotor de pompe lorsque la vitesse rotation de l'arbre d'entraînement (11) est inférieure à une vitesse seuil de blocage ( $N_F$ ) inférieure à la vitesse seuil de freinage ( $N_R$ ).

[Revendication 4] Système propulsif aéronautique (1) selon la revendication 3, dans lequel la vitesse seuil de blocage ( $N_F$ ) est comprise entre 0 tour par minute et 200 tours par minute, par exemple entre 0 tour par minute et 50 tours par minute, par exemple entre 0 tour par minute et 20 tours par minute.

[Revendication 5] Système propulsif aéronautique (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, comprenant un embrayage (110) configuré pour :

- découpler en rotation le rotor de pompe du pignon solaire (19a), du satellite, de la couronne (19b), de l'arbre de soufflante (20) ou de l'arbre d'entraînement (11) lorsque la vitesse de rotation de l'arbre d'entraînement (11) est supérieure ou égale à une vitesse seuil d'embrayage ( $N_D$ ), et pour
- coupler en rotation le rotor de pompe avec le pignon solaire (19a), le satellite, la couronne (19b), l'arbre de soufflante (20) ou l'arbre d'entraînement (11) lorsque la vitesse de rotation de l'arbre d'entraînement (11) est inférieure à la vitesse seuil d'embrayage ( $N_D$ ).

[Revendication 6] Système propulsif aéronautique (1) selon la revendication 5, dans lequel le dispositif de lubrification (100) comprend une deuxième pompe distincte de la pompe (104) comprenant le rotor de pompe, la deuxième pompe étant configurée pour alimenter en huile le réducteur de vitesse (19) lorsque la vitesse de rotation de l'arbre d'entraînement (11) est supérieure ou égale à la vitesse seuil d'embrayage ( $N_D$ ).

[Revendication 7] Système propulsif aéronautique (1) selon l'une quelconque des revendications 5 et 6, dans lequel la vitesse seuil d'embrayage ( $N_D$ ) comprise entre 50 tours par minute et 800 tours par minute, par exemple entre 50 tours par minute et 500 tours par minute, par exemple entre 100 tours par minute et 300 tours par minute.

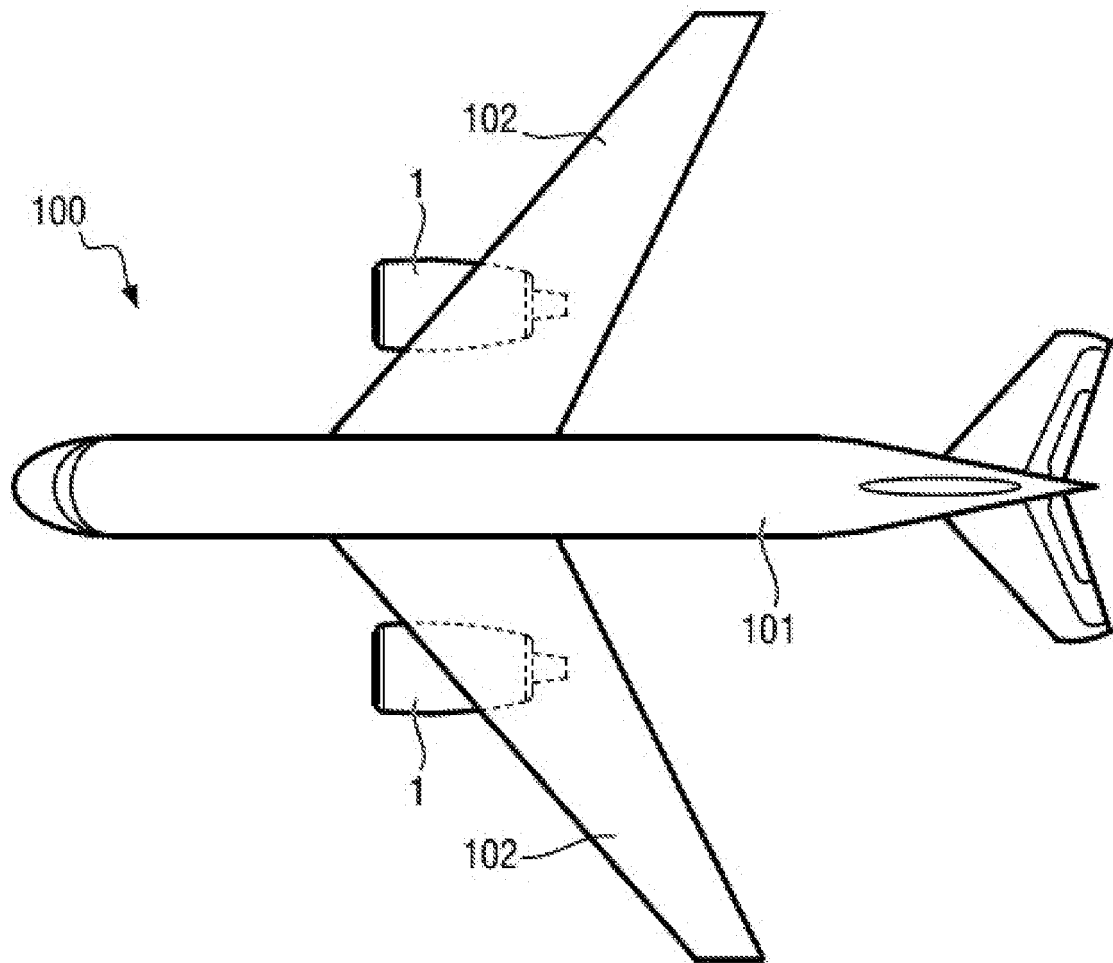
[Revendication 8] Système propulsif aéronautique (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, dans lequel le frein comprend uniquement un système de vannes, le système de vannes comprenant une première vanne commandée en aval de la pompe et une deuxième vanne commandée en amont de la pompe.

- [Revendication 9] Système propulsif aéronautique (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, dans lequel le frein (200) comprend un frein mécanique.
- [Revendication 10] Système propulsif aéronautique (1) selon la revendication 9, dans lequel le frein (200) comprend en outre un système de vannes, le système de vannes comprenant une première vanne commandée en aval de la pompe et une deuxième vanne commandée en amont de la pompe.
- [Revendication 11] Système propulsif aéronautique (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, le frein (200) est à commande hydraulique, la commande hydraulique étant reliée fluidiquement au dispositif de lubrification (100).
- [Revendication 12] Système propulsif aéronautique (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, dans lequel le rotor de soufflante (9) comprend des aubes à calage variable, et dans lequel le frein (200) est configuré pour être actionné par une énergie permettant par ailleurs d'actionner une variation du calage des aubes.
- [Revendication 13] Système propulsif aéronautique (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, dans lequel le rotor de pompe est couplé en rotation avec le pignon solaire (19a) ou avec le satellite (19c).
- [Revendication 14] Système propulsif aéronautique (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 13, dans lequel le réducteur de vitesse (19) comprend un porte satellites (19d) sur lequel le satellite (19c) est monté à rotation, le porte satellite (19d) étant fixe par rapport à un stator du système propulsif.
- [Revendication 15] Système propulsif aéronautique (1) selon la revendication 14, s'étendant selon une direction axiale (X), dans lequel, considéré selon la direction axiale, le réducteur de vitesse (19) est situé entre la pompe (104) et l'arbre d'entraînement (11).
- [Revendication 16] Système propulsif aéronautique (1) selon l'une quelconque des revendications 14 et 15, s'étendant selon une direction axiale (X) et comprenant par ailleurs un conduit d'alimentation (102) pour fournir de l'huile à la pompe (104), dans lequel le conduit d'alimentation (102) traverse axialement le réducteur de vitesse (19).
- [Revendication 17] Système propulsif aéronautique (1) selon l'une quelconque des revendications 14 à 16, dans lequel :
- le réducteur de vitesse (19) comprend une pluralité de satellites (19c),
  - le dispositif de lubrification (100) comprend une pluralité de

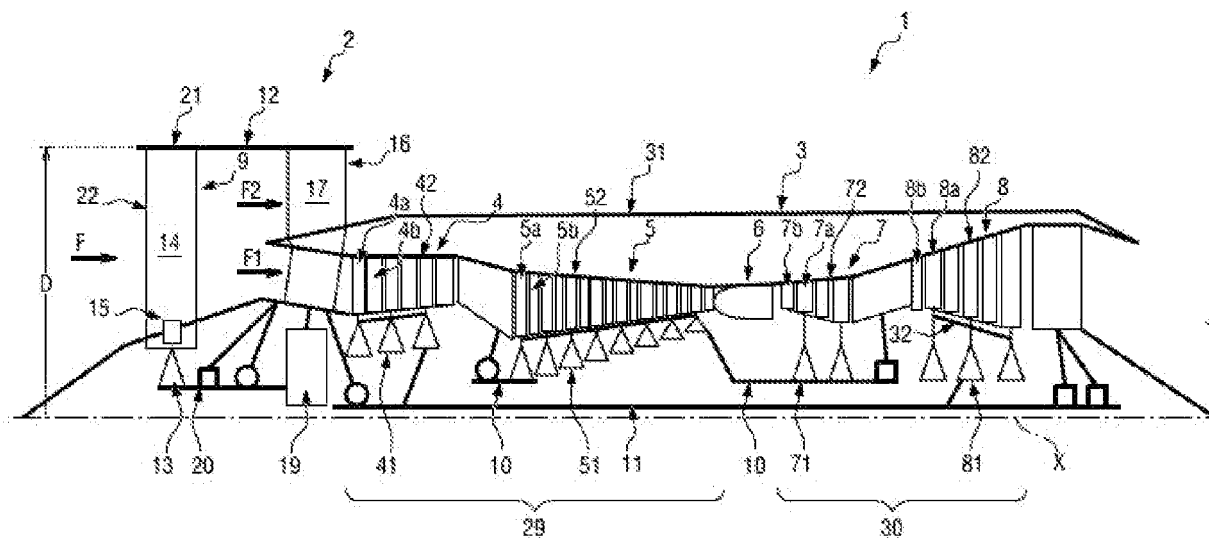
pompes comprenant chacune un rotor de pompe, la pluralité de pompes comprenant au moins deux pompes et au plus autant de pompes que de satellites, chaque rotor de pompe étant couplé en rotation avec un satellite (19c) distinct, le dispositif de lubrification (100) étant configuré pour lubrifier le réducteur de vitesse (19) avec de l'huile lorsque les rotors de pompe sont en rotation.



[Fig. 1]

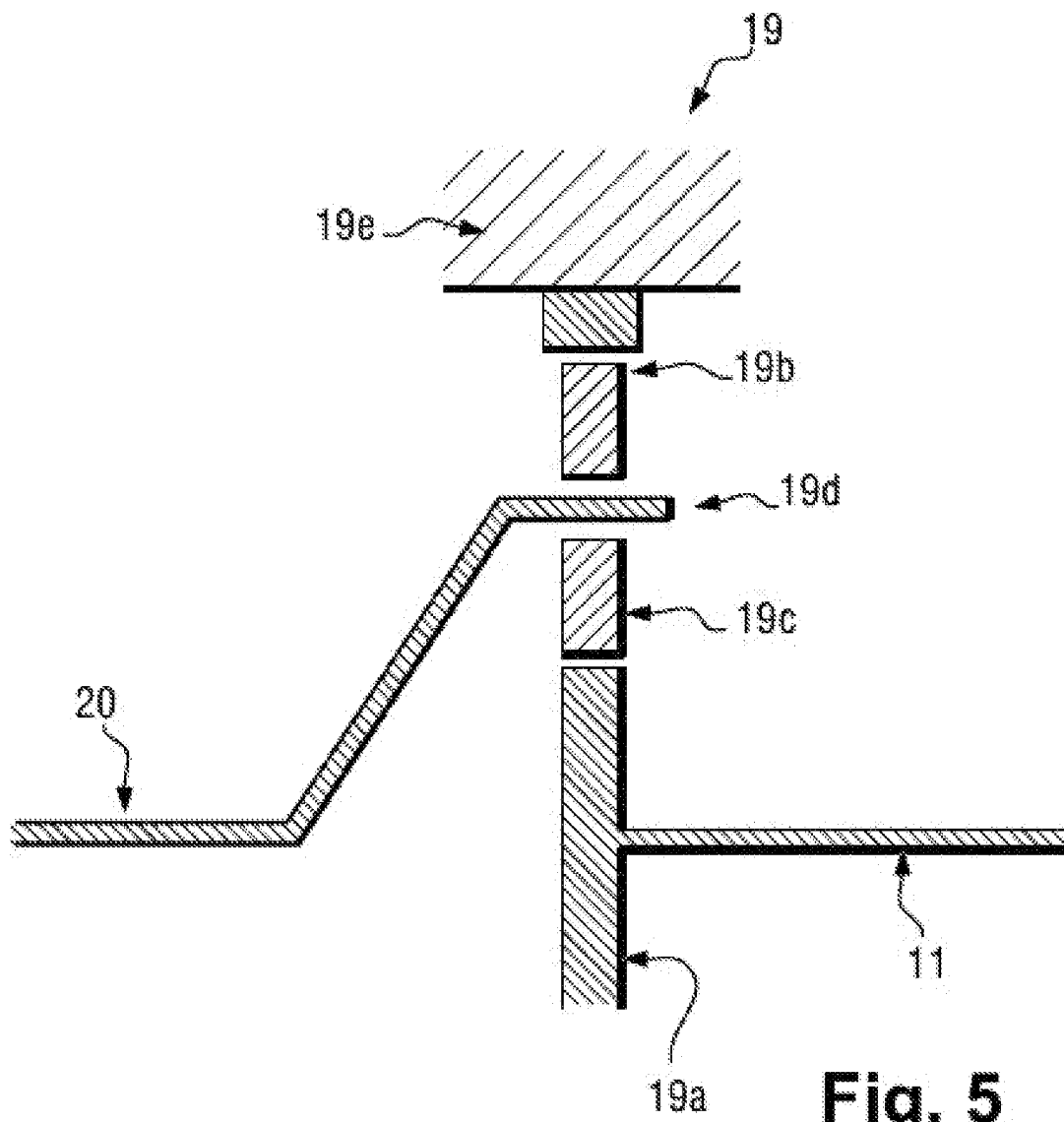


[Fig. 2]

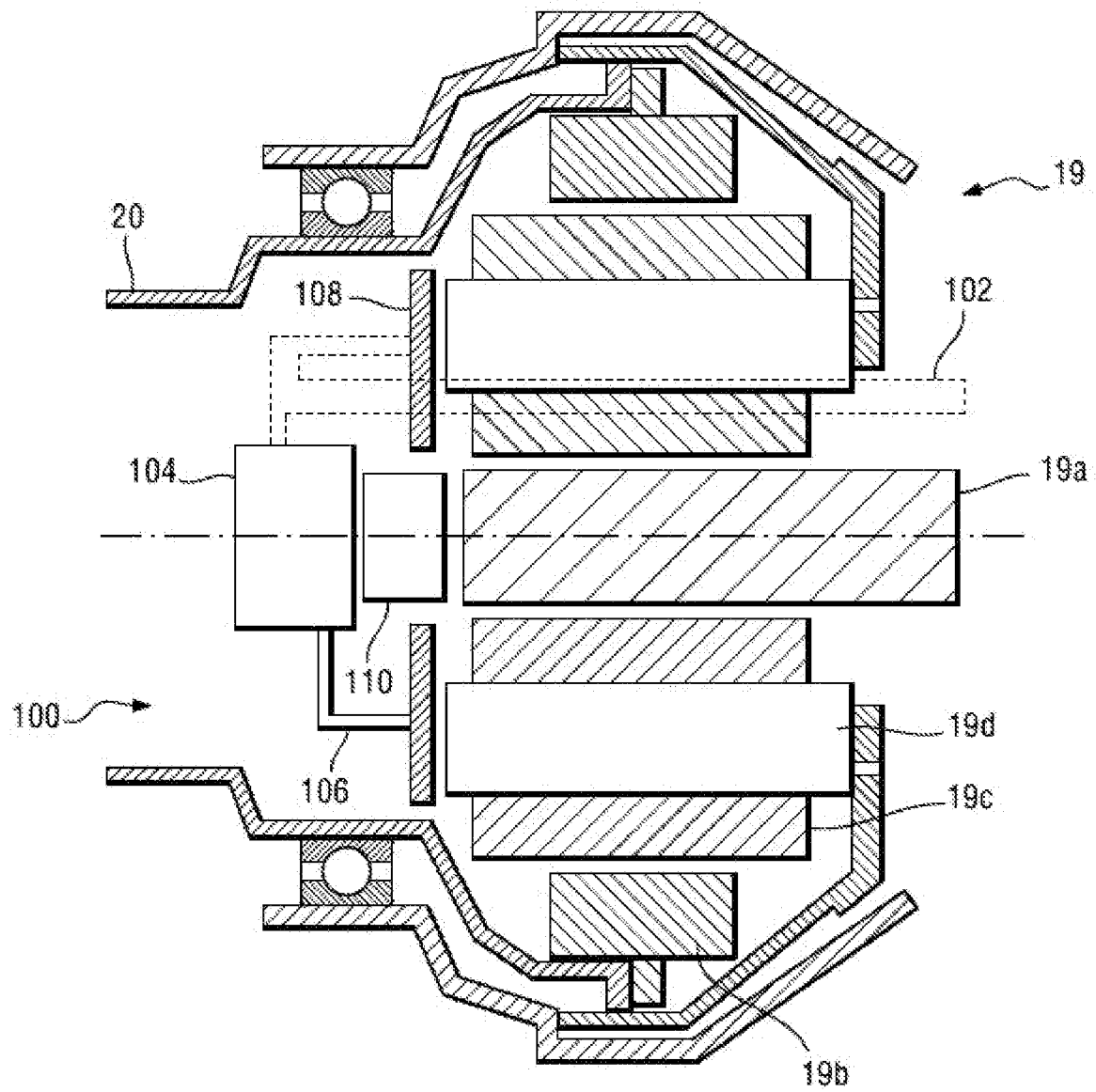




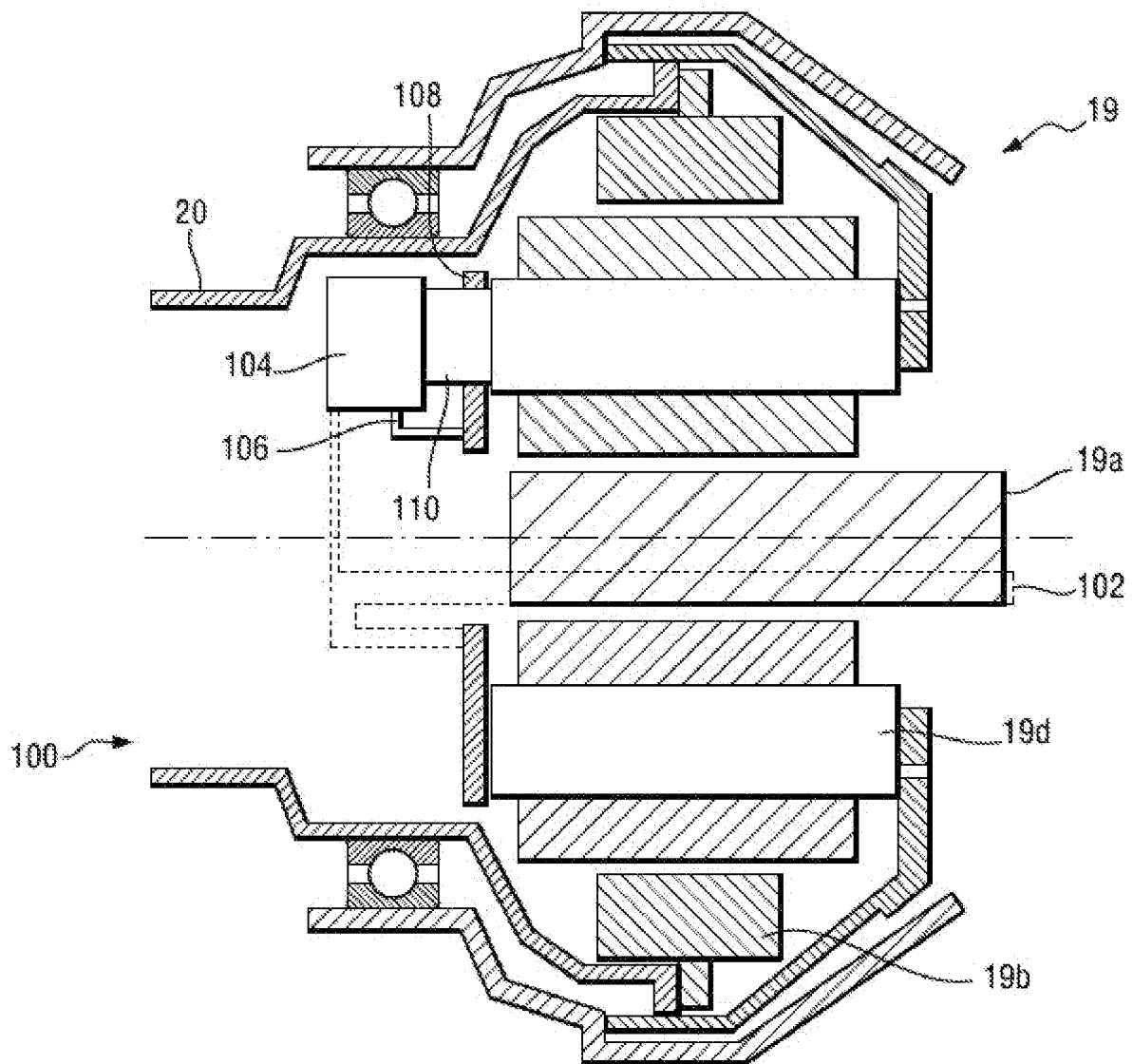
[Fig. 5]

**Fig. 5**

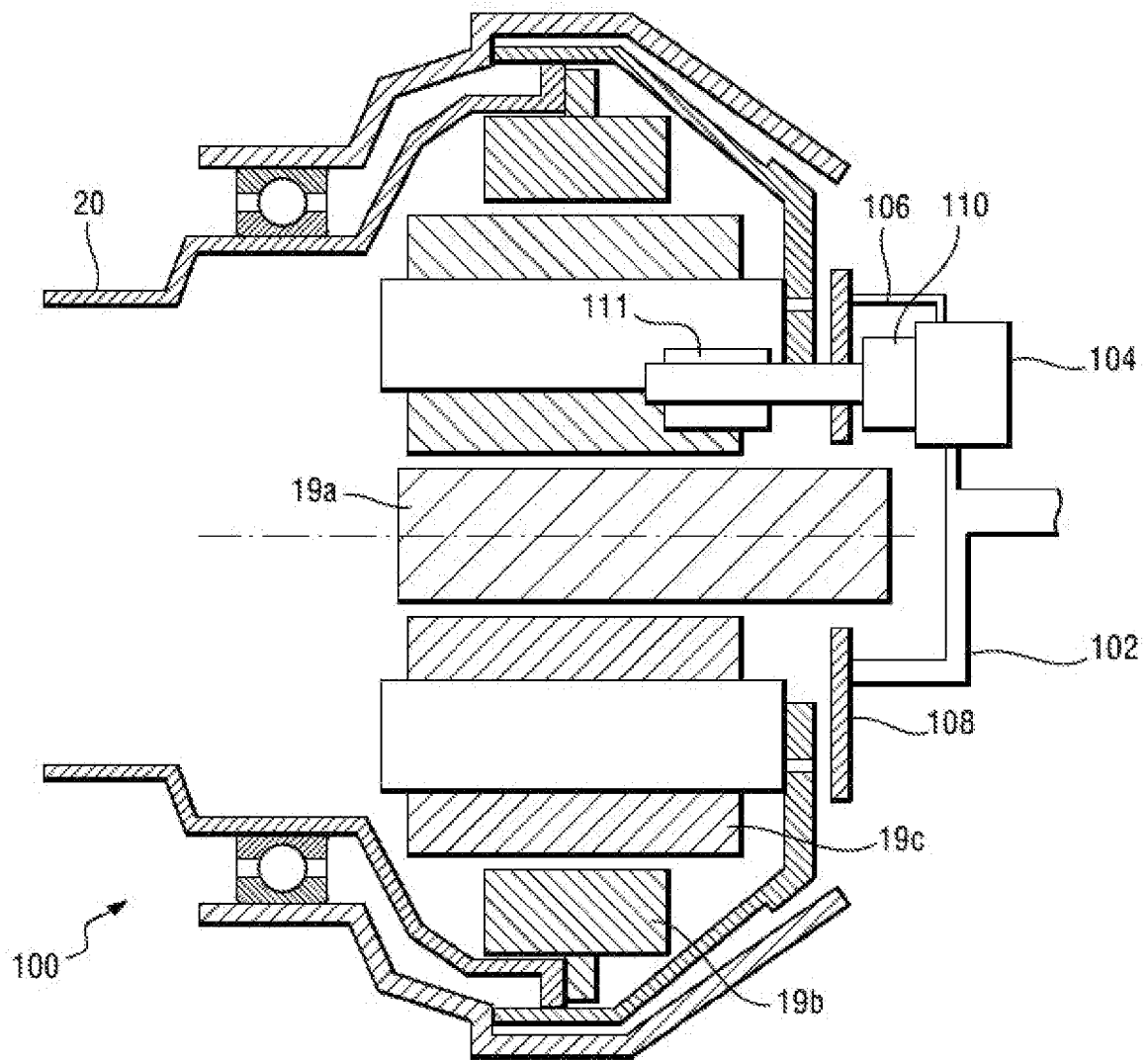
[Fig. 6]



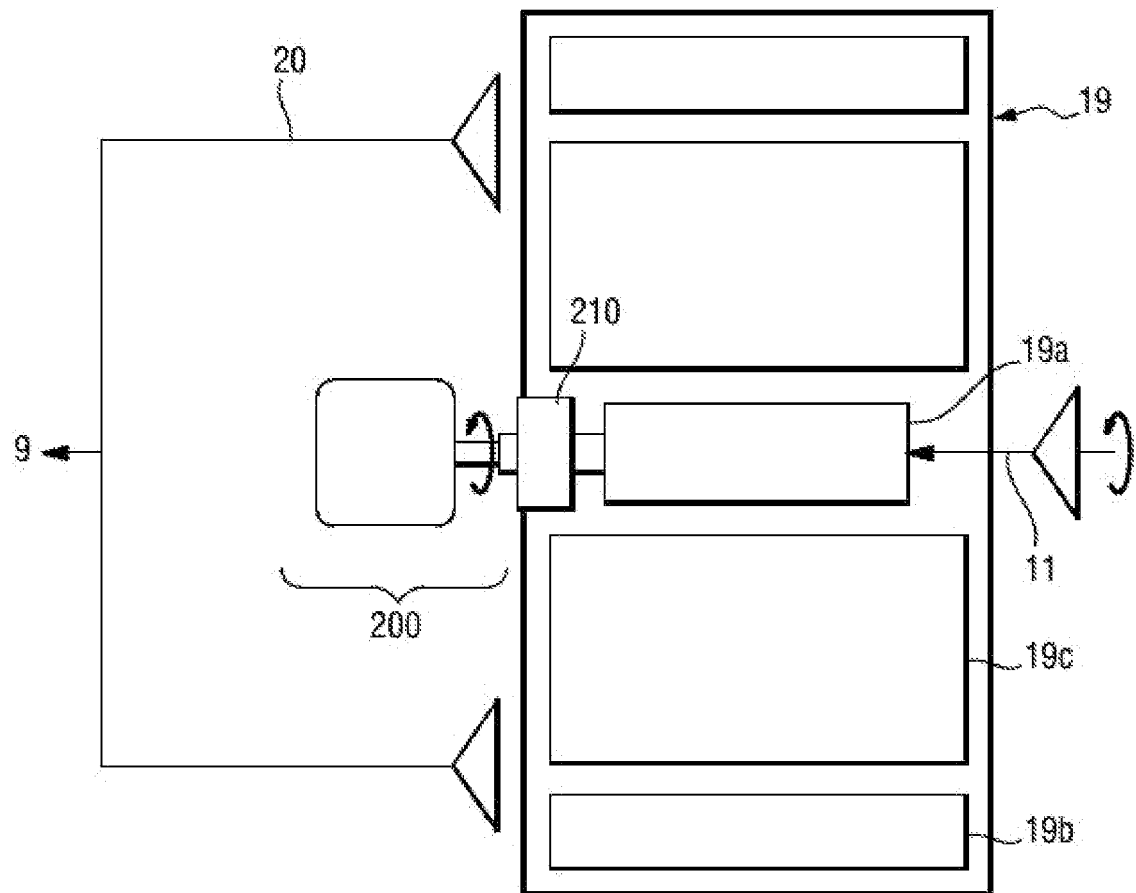
[Fig. 7]



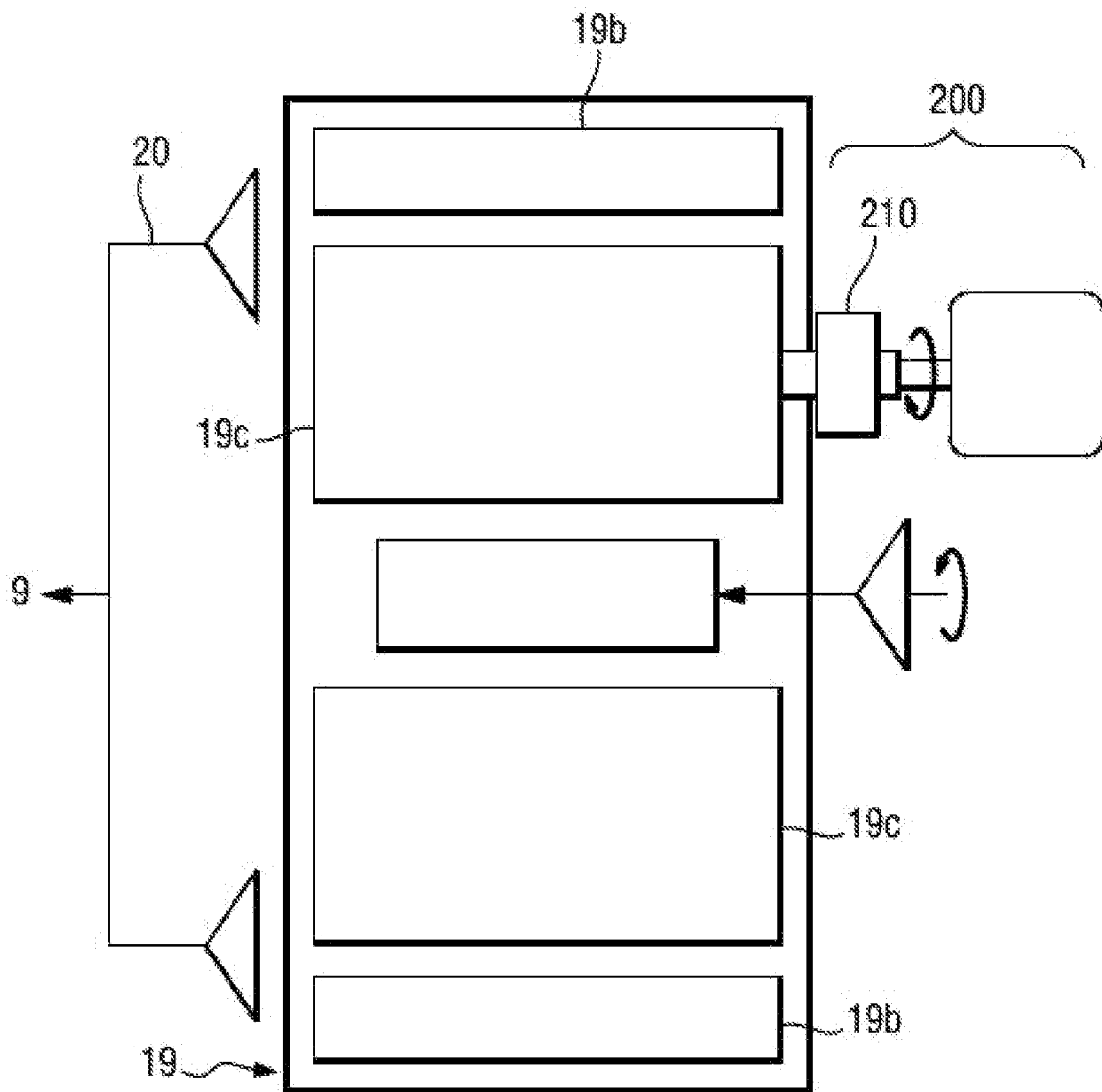
[Fig. 8]



[Fig. 9]

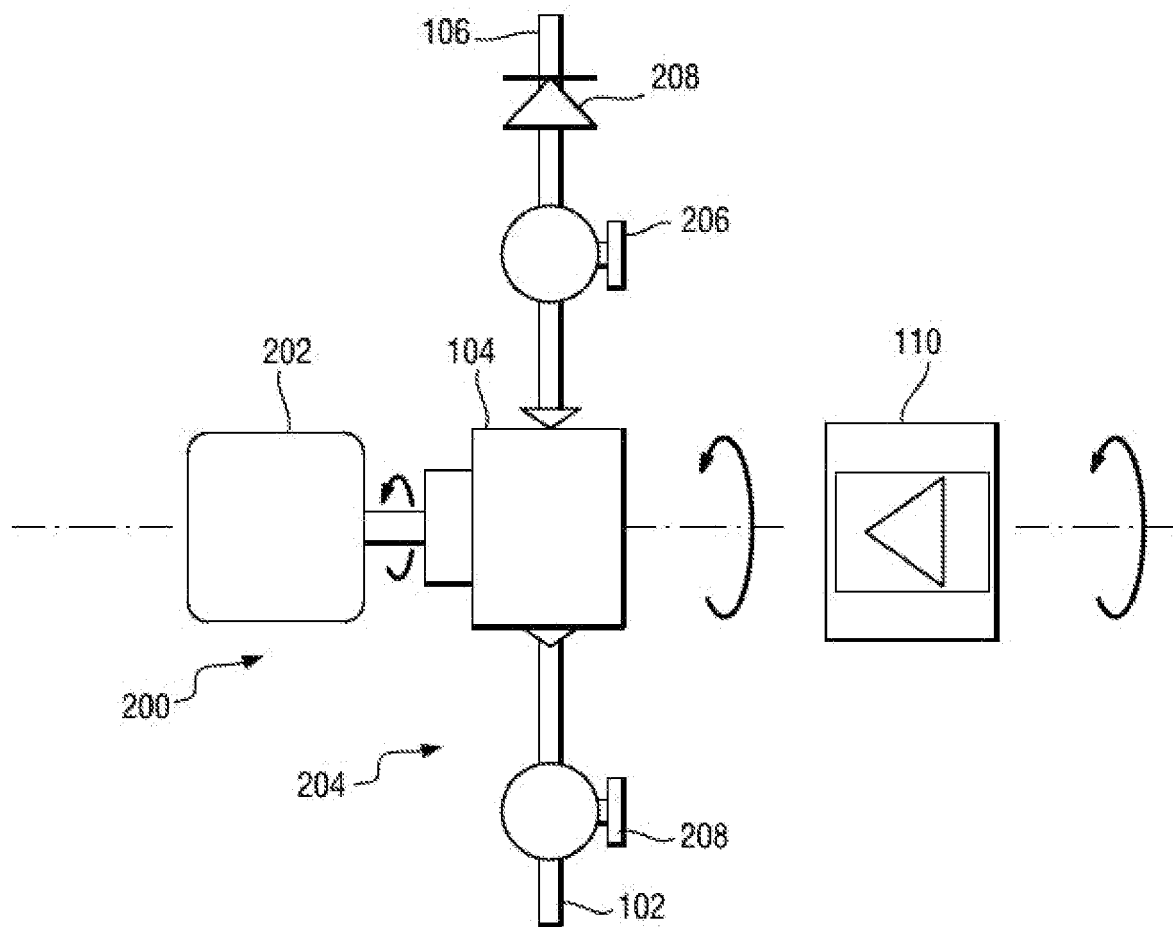


[Fig. 10]

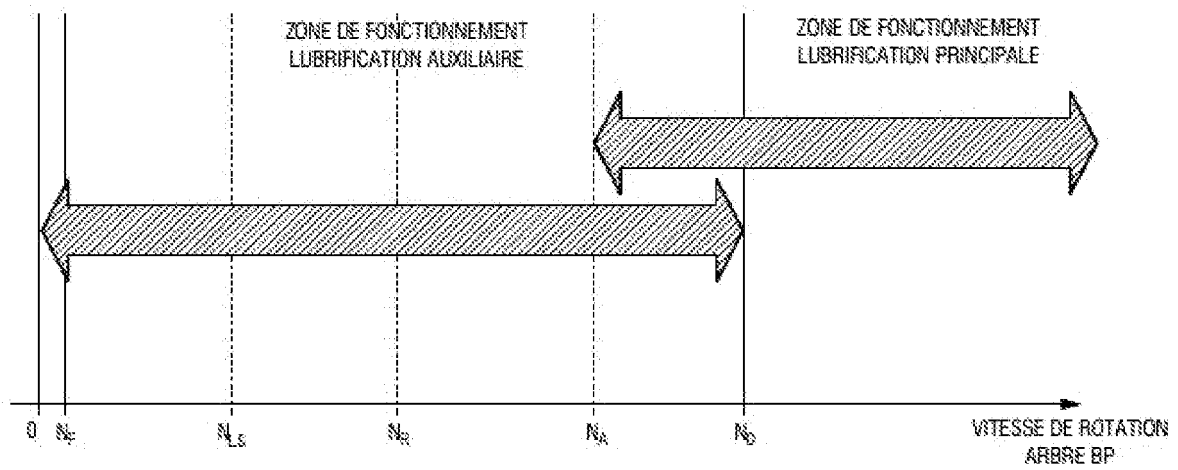




[Fig. 11]

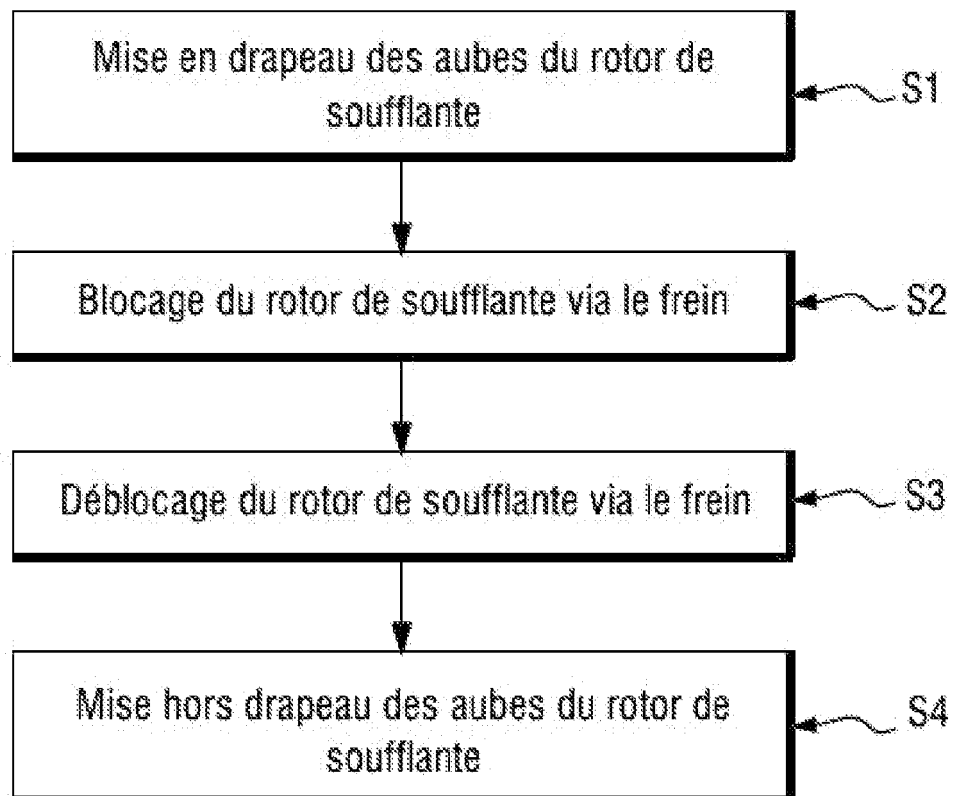


[Fig. 12]

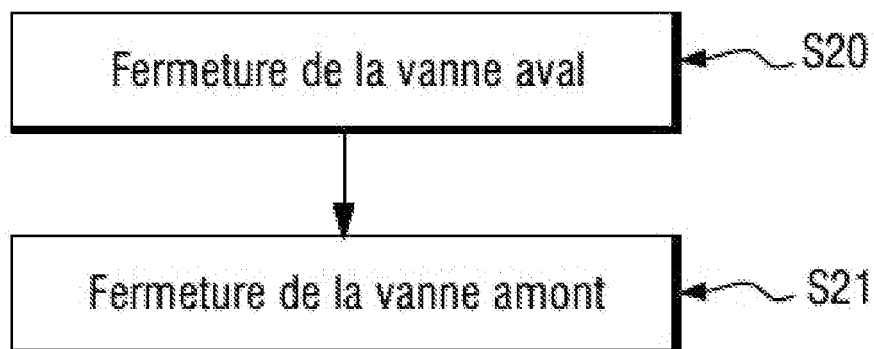




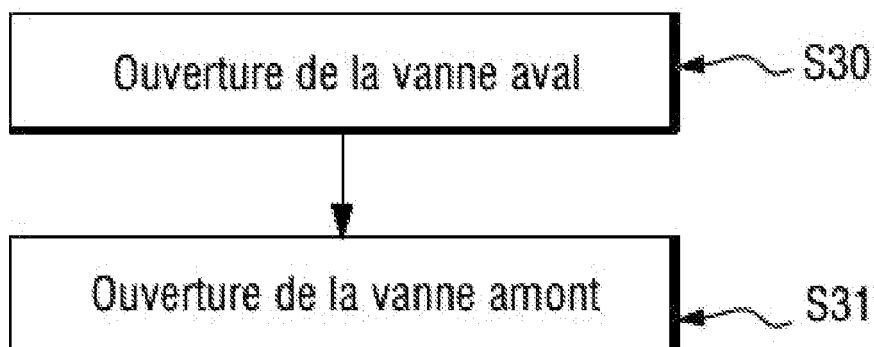
[Fig. 14]



[Fig. 15]



[Fig. 16]



## RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

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

N° d'enregistrement  
national

**FA 914066**  
**FR 2214133**

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		
<b>X</b>	<b>FR 3 111 671 A1 (SAFRAN AIRCRAFT ENGINES [FR]) 24 décembre 2021 (2021-12-24)</b>	<b>1-4,</b> <b>8-11,</b> <b>14-16</b> <b>12,17</b>  <b>1,5-9,</b> <b>11,13-16</b> <b>12,17</b>  <b>1-4,8,</b> <b>10,11</b>  <b>1-4,9</b>  <b>1-4,9</b>	<b>F02C7/06</b> <b>F01D25/20</b> <b>F16H57/04</b> <b>F02C7/32</b> <b>F02C7/36</b>
<b>A</b>	<b>* figures 1,2,5 *</b> <b>* alinéas [0021], [0023], [0029] *</b> -----		
<b>X</b>	<b>FR 3 096 742 A1 (SAFRAN AIRCRAFT ENGINES [FR]) 4 décembre 2020 (2020-12-04)</b>		
<b>A</b>	<b>* figures 66, 67 *</b> <b>* figure 7 *</b> -----		
<b>A</b>	<b>US 11 441 490 B2 (ROLLS ROYCE CORP [US]) 13 septembre 2022 (2022-09-13)</b> <b>* colonne 4, ligne 63 - ligne 64 *</b> <b>* figure 2 *</b> -----		
<b>A</b>	<b>FR 3 075 862 A1 (SAFRAN AIRCRAFT ENGINES [FR]) 28 juin 2019 (2019-06-28)</b> <b>* page 12, ligne 1 - ligne 21 *</b> <b>* figure 2 *</b> -----	<b>1-4,9</b>	<b>DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)</b>
<b>A</b>	<b>US 2017/284220 A1 (ROBERGE GARY D [US]) 5 octobre 2017 (2017-10-05)</b> <b>* alinéas [0039], [0049] *</b> -----		<b>F02C</b> <b>F01D</b> <b>F02K</b>
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
<b>22 juin 2023</b>		<b>Mihé, Julian</b>	
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p style="text-align: center;">CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS</p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul</p> <p>Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie</p> <p>A : arrière-plan technologique</p> <p>O : divulgation non-écrite</p> <p>P : document intercalaire</p> </div> <div style="width: 50%;"> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention</p> <p>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.</p> <p>D : cité dans la demande</p> <p>L : cité pour d'autres raisons</p> <p>.....</p> <p>&amp; : membre de la même famille, document correspondant</p> </div> </div>			

# **ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE** **RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2214133 FA 914066**

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 **22-06-2023**  
 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
<b>FR 3111671</b>	<b>A1</b>	<b>24-12-2021</b>	<b>AUCUN</b>	
<b>FR 3096742</b>	<b>A1</b>	<b>04-12-2020</b>	<b>AUCUN</b>	
<b>US 11441490</b>	<b>B2</b>	<b>13-09-2022</b>	<b>AUCUN</b>	
<b>FR 3075862</b>	<b>A1</b>	<b>28-06-2019</b>	<b>AUCUN</b>	
<b>US 2017284220</b>	<b>A1</b>	<b>05-10-2017</b>	<b>EP 3228855 A1</b>	<b>11-10-2017</b>
			<b>US 2017284220 A1</b>	<b>05-10-2017</b>