

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 10.01.23.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 12.07.24 Bulletin 24/28.

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 Société anonyme — FR.

72 Inventeur(s) : CHANG Hyung-jun et VIGUIER Chris-
tophe Ludovic Jean-Claude.

73 Titulaire(s) : SAFRAN Société anonyme.

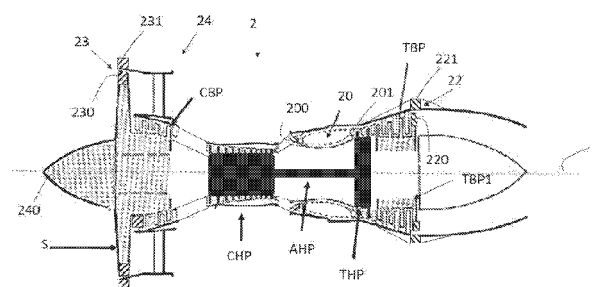
74 Mandataire(s) : Cabine CAMUS LEBKIRI.

54 Turbomachine à transmission électrique.

57 Turbomachine

Un aspect de l'invention concerne une turbomachine 2 comprenant une chambre de combustion 20, une turbine génératrice TBP en aval de la chambre de combustion 20, comprenant une roue de turbine TBP1 tournante autour d'un axe de rotation X et une première machine électrique 22 comprenant un rotor 220 couplé solidairement avec la roue de turbine TBP1, un induit produisant de l'électricité lorsque le rotor 220 est entraîné en rotation par la roue de turbine TBP1. La turbomachine 2 comprend en outre une roue mobile 240 comprenant des pales pour un apport d'air dans la chambre de combustion 20 et une deuxième machine électrique 23 comprenant un rotor 230 couplé solidairement avec la roue mobile 240, la turbine génératrice TBP transmettant l'énergie à la roue mobile 240 d'apport d'air par le biais uniquement de la première machine électrique 22 alimentant électriquement la deuxième machine électrique 23.

Figure à publier avec l'abrégé : Figure 2



Description

Titre de l'invention : Turbomachine à transmission électrique

DOMAINE TECHNIQUE DE L'INVENTION

[0001] Le domaine technique de l'invention est celui des systèmes de propulsion d'aéronefs électriques hybrides et plus particulièrement un canal de propulsion hybride pour aéronef et concerne plus particulièrement l'électrification de la propulsion qui vise à assurer tout ou partie de la propulsion par des propulseurs électriques afin de diminuer les émissions produites et les pollutions sonores.

ARRIERE-PLAN TECHNOLOGIQUE DE L'INVENTION

[0002] Généralement, les aéronefs sont propulsés par des turbomachines du type turbo-propulseur, turboréacteur ou turbine.

[0003] Cependant, l'utilisation de turbomachines s'accompagne d'émissions de bruit importantes et d'une consommation élevée de combustible fossile, notamment de kérosène, engendrant des émissions polluantes également importantes.

[0004] Les dispositifs d'alimentation et de motorisation 100% électrique actuel avec un système de batterie ne fournit pas encore une densité de puissance suffisante pour plusieurs topologies d'aéronefs tel que l'avion commercial.

[0005] Afin de réduire les émissions de polluant et de bruit, la propulsion des aéronefs peut être hybridée, notamment en couplant des turbomachines avec des moteurs électriques entraînant des hélices de propulsion, pour diminuer les émissions de polluant et de bruit pendant certaines phases, notamment des phases de roulage des aéronefs.

[0006] Lesdits aéronefs hybride comportent classiquement au moins un canal de propulsion comportant généralement une génératrice électrique et une machine électrique de propulsion alimentée par la génératrice, la machine électrique de propulsion entraînant une hélice de propulsion.

[0007] La génératrice électrique est entraînée généralement par une turbomachine.

[0008] Le canal de propulsion peut donc inclure la turbomachine, qui constitue une source de puissance mécanique, une génératrice électrique couplée mécaniquement à la turbomachine et délivrant une tension alternative, et un moteur électrique relié électriquement à la génératrice électrique et couplé mécaniquement à un propulseur, par exemple une hélice, générant une poussée.

[0009] Il est connu une turbosoufflante 1 représentée suivant une coupe axiale sur la [Fig.1]. La turbomachine 1 comprend, de manière classique, une partie fixe 12, une veine interne 13 de circulation d'un flux d'air à travers la partie fixe 12, une chambre de combustion 10 logée dans la veine interne 13, un corps moteur 16 et une tuyère d'échappement des gaz 18.

[0010] Dans la suite, les termes « amont » et « aval » s'entendent en référence à un sens

d'écoulement d'un flux d'air à travers la veine 12.

- [0011] Le corps moteur 16 comprend un compresseur 160, une turbine 162 et un arbre de transmission 164 couplant la turbine 162 au compresseur 160 pour l'entraînement du compresseur 160 par la turbine 162. Le compresseur 160 est disposé en amont de la chambre de combustion 164 et alimente la chambre de combustion 164 en air comprimé. La turbine 162 est disposée en aval de la chambre de combustion 164 et reçoit les gaz d'échappement sortant de la chambre de combustion 164.
- [0012] L'arbre de transmission 164 a pour axe de rotation l'axe longitudinal X.
- [0013] L'arbre de transmission 164 est guidé en rotation par rapport à la partie fixe 12 par le biais de paliers (non représentés).
- [0014] Dans l'exemple représenté, la turbomachine 1 est une turbomachine à multiples corps, en particulier à double corps, comprenant un corps basse pression BP 14 en plus du corps moteur 16. Le corps moteur 16 constitue alors un corps haute pression HP, le compresseur 160 étant un compresseur haute pression HP, la turbine 162 étant une turbine haute pression HP et l'arbre de transmission 164 étant un arbre haute pression HP.
- [0015] Le corps basse pression 14 comprend un compresseur basse pression 142, une turbine basse pression 144 et un arbre basse pression 146 couplant la turbine basse pression 144 au compresseur basse pression 142 pour l'entraînement du compresseur basse pression 142 par la turbine basse pression 144.
- [0016] Le compresseur basse pression 142 est disposé en amont du compresseur haute pression 160 et alimente ce dernier en air comprimé. La turbine basse pression 144 est disposée en aval de la turbine haute pression 162 et reçoit les gaz d'échappement sortant de cette dernière.
- [0017] L'arbre basse pression 146 est guidé en rotation par rapport à la partie fixe 12 par le biais de paliers (non représentés).
- [0018] L'arbre basse pression 146 est coaxial à l'arbre haute pression 164. Il a donc également pour axe de rotation l'axe longitudinal X. En particulier, l'arbre basse pression 146 s'étend à l'intérieur de l'arbre haute pression 164.
- [0019] La turbomachine 1 comprend également une soufflante 11 pour entraîner le flux d'air dans une veine de circulation externe 15 entourant la partie fixe 12. On distingue ainsi un flux d'air primaire A (chaud), constitué par la portion du flux d'air entraînée dans la veine de circulation interne 13, et un flux d'air secondaire B (froid), constitué par la portion du flux d'air entraînée dans la veine de circulation externe 15.
- [0020] La soufflante 11 comprend un rotor de soufflante 114. Ce rotor de soufflante 114 est monté rotatif relativement à la partie fixe 12 autour de l'axe longitudinal X. Il comprend un moyeu pourvu d'aubes de soufflante 116 s'étendant sensiblement radialement vers l'extérieur depuis le moyeu. Ces aubes 116, lorsqu'elles sont mises en

rotation, entraînent le flux d'air dans la veine de circulation externe 15.

- [0021] Dans l'exemple représenté, la soufflante 11 comprend également un stator de soufflante 118 comprenant des aubes fixes 119 agencées à la périphérie de la partie fixe 12, dans la veine de circulation externe 13, suivant un plan orthogonal à l'axe longitudinal X. Ce stator de soufflante 118 est ici agencé en aval du rotor de soufflante 114. En variante (non représentée), la soufflante 11 comprend, à la place du stator de soufflante 118, un rotor de soufflante contrarotatif.
- [0022] Avantageusement, la soufflante 11 est, comme représenté, non carénée, c'est-à-dire que la veine de circulation externe 15 n'a aucune délimitation périphérique. La turbomachine 1 est alors constituée, comme représenté, par un turboréacteur à soufflante non carénée ou, en variante, par un turbopropulseur. En variante (non représentée), la veine de circulation externe 15 est définie entre la partie fixe 12 et un carter de soufflante entourant la soufflante 11; la turbomachine 1 est alors typiquement constituée par un turboréacteur à fort taux de dilution (en anglais « bypass ratio »), le taux de dilution étant défini comme le rapport du débit du flux secondaire (froid) sur le débit du flux primaire (chaud).
- [0023] Dans l'exemple représenté, la turbomachine 1 est en particulier du type « puller », c'est-à-dire que la soufflante 11 est disposée en amont de la veine de circulation interne 13 et entraîne également le flux d'air dans cette dernière. En variante (non représentée), la turbomachine est du type « pusher », c'est-à-dire que la soufflante 11 est placée autour de la moitié aval de la partie fixe 12. Dans la suite l'abréviation HP est utilisé pour haute pression et BP pour basse pression. L'arbre BP 146 est dans cet exemple solidaire de la soufflante 11, du compresseur BP 142 et de la turbine BP 144 mais la soufflante 11 peut être selon un autre exemple, reliée à une troisième turbine basse pression externe par un troisième arbre coaxiale et traversant l'arbre BP.
- [0024] Il est connu aussi du document FR3109485 un aéronef comprenant une turbomachine, par exemple du type turbopropulseur ou turboréacteur, entraînant un canal de propulsion pour propulser l'aéronef, comprenant :
- au moins une première machine électrique tournante asynchrone polyphasée à double alimentation destinée à être couplée mécaniquement à une turbomachine,
 - au moins une deuxième machine électrique tournante polyphasée couplée électriquement à la première machine électrique tournante asynchrone, et
 - un module de pilotage et de stockage configuré pour piloter la première machine électrique tournante asynchrone polyphasée, ledit module étant relié d'une part à la première machine électrique tournante asynchrone polyphasée à double alimentation et, d'autre part, à ladite au moins deuxième machine électrique tournante polyphasée, ladite au moins deuxième machine électrique

tournante polyphasée comprenant une machine électrique tournante synchrone polyphasée à aimant permanent.

[0025] Cependant l'ajout de telles machines et du module (batterie et électronique) ajoute du poids à l'aéronef, augmentant la consommation de la turbomachine entraînant ces machines électriques.

[0026] Il existe aussi un système de propulsion hybride pour un aéronef comprenant un moteur à turbine à gaz comprenant un arbre de puissance ; un alternateur entraîné par l'arbre de puissance du moteur à turbine à gaz pour produire de l'énergie électrique ; un onduleur bidirectionnel connecté à l'alternateur pour recevoir l'énergie électrique, un redresseur inverseur bidirectionnel, un contrôleur, une batterie et un moteur électrique de propulsion alimenté par l'énergie électrique transformé par le redresseur inverseur ou directement par l'alternateur et qui peut sélectivement entraîner à une vitesse opérationnelle un ventilateur de propulsion indépendamment d'une vitesse de rotation de l'arbre de puissance de la turbomachine.

[0027] Cependant l'ajout de telles machines électriques (génératrice et moteur électrique du propulseur électrique) nécessitant de tel module complémentaire (batterie et électronique) ajoute du poids à l'aéronef, augmentant la consommation de la turbomachine entraînant ces machines électriques dès que les batteries nécessitent d'être rechargée pendant le vol pour assurer l'alimentation du propulseur électrique. En effet, de nombreuses innovations dans les turbomachines sont réalisées pour diminuer la consommation, en particulier en diminuant le poids des instruments dans l'aéronefs. Il existe donc un besoin d'améliorer un système de propulsion d'aéronefs électriques hybrides, en particulier de diminuer le poids de ces systèmes de propulsion d'aéronefs électriques .

Résumé de l'invention

[0028] L'invention offre une solution aux problèmes évoqués précédemment, en permettant d'avoir une turbomachine ayant un concept d'électrification en remplaçant l'arbre de puissance de basse pression et/ou haute pression pesant un poids très lourd (de l'ordre des centaines kg pour des turbomachines d'avion commercial) par un système électrique comprenant une machine électrique ayant un mode alternateur au niveau de la turbine et une machine électrique entraînant le compresseur et potentiellement une soufflante de la turbomachine reliée électriquement directement à l'alternateur. Autrement dit l'invention permet d'éliminer un arbre de transmission entre une turbine en aval et une roue mobile en amont d'apport d'air dans la chambre de combustion par deux machines électriques transformant l'énergie mécanique de la turbine en énergie électrique retransformée en énergie mécanique transmise à la partie rotative en amont d'apport d'air.

[0029] Un aspect de l'invention concerne une turbomachine comprenant :

- une chambre de combustion comprenant une entrée d'air et une sortie d'air,
- une turbine génératrice en aval de la chambre de combustion comprenant :
 - une roue de turbine entraînée en rotation autour d'un axe de rotation par un flux de gaz sortant de la sortie d'air de la chambre de combustion,
 - une première machine électrique comprenant :
 - un rotor couplé solidairement avec la roue de turbine,
 - un stator,
 - un induit produisant de l'électricité lorsque le rotor est entraîné en rotation par la roue de turbine,
- un ensemble rotatif motorisé électriquement en amont de la chambre de combustion comprenant
 - une roue mobile comprenant des pales pour un apport d'air dans la turbomachine,
 - une deuxième machine électrique comprenant un stator et un rotor couplé solidairement avec la roue mobile,
- la turbine génératrice transmettant l'énergie mécanique de la roue de turbine, à la roue mobile d'apport d'air par le biais uniquement de la première machine électrique transformant l'énergie mécanique en énergie électrique alimentant électriquement la deuxième machine électrique.

[0030] Grâce à l'invention, on diminue le poids de la turbomachine, puisque l'arbre de puissance entre la roue mobile d'apport d'air (pouvant être un compresseur ou une soufflante) et une turbine est plus léger que les deux machines électriques ajoutées. En effet, le diamètre d'un arbre est proportionnel au couple qu'il transmet, plus ce couple est important, plus le diamètre de l'arbre devient encombrant et difficile à intégrer physiquement par rapport aux dimensions des composants de la turbomachine notamment du corps haute pression (notamment au travers de l'alésage du disque turbine haute pression). Ainsi l'arbre de puissance est l'un des composants très lourds pour faire fonctionner un moteur à turbine à gaz, car l'acier en tant que matériau d'arbre typique est un matériau très lourd et la longueur de l'arbre est presque de la même taille que de la turbomachine. Typiquement, le poids de l'arbre est généralement de l'ordre des centaines kg. Certes, l'arbre de puissance permet de restituer l'énergie mécanique de la turbine au compresseur selon un rendement, tandis que les rendements du moteur électrique et du générateur sont généralement d'environ 90 à 95 % (soit la combinaison des deux machines électrique à un rendement pour la transmission de couple mécanique entre 80 à 90 %), mais le ratio densité de puissance en KW/kg ou puissance spécifique en 50N/kg de la turbomachine est nettement amélioré (entre 8% et 25%)

selon le poids de l'arbre mécanique remplacé dans la turbomachine), permettant ainsi à la turbomachine de diminuer la consommation de l'aéronef. Dans l'art antérieur, le ratio densité de puissance ou puissance spécifique environ 50N/kg (100KN / 2 tonnes) de poussée spécifique ou 10KW/kg (20MW / 2 tonnes) de puissance spécifique.

- [0031] En effet le ratio densité de puissance ou puissance spécifique en KW/kg de la turbomachine n'est pas amélioré uniquement par la diminution du poids engendré par le retrait de l'arbre de puissance entre le compresseur et la turbine mais aussi par les dimensions des autres organes de la turbomachine qui peuvent être modifiées pour améliorer le rendement et/ou le poids de la machine électrique du fait de la place disponible à la place de l'encombrement de cet arbre de puissance.
- [0032] Outre les caractéristiques qui viennent d'être évoquées dans le paragraphe précédent, la turbomachine selon un aspect de l'invention peut présenter une ou plusieurs caractéristiques complémentaires parmi celles des paragraphes suivants, considérées individuellement ou selon toutes les combinaisons techniquement possibles :
- [0033] Selon un mode de réalisation, laquelle la première machine électrique comprend un même nombre N de sorties de phases que la deuxième machine électrique chaque sortie de phase de la première machine électrique étant reliée électriquement directement par un conducteur à une sortie de phase correspondante de la deuxième machine électrique. Le fait de relier directement les phases de la première et de la deuxième machine, permet d'une part de synchroniser les stators et surtout d'éviter d'ajouter de l'électronique entre les deux machines électriques.
- [0034] Selon un exemple de ce mode de réalisation, la turbomachine comprend des conducteurs connectant électriquement directement les N sorties de phase de la première et deuxième machine les unes aux autres par pair formant chacun une paire de sortie de phases connectées, chaque conducteur comprenant une première extrémité reliée à une sortie de phase correspondante de la première machine et à l'opposée une deuxième extrémité reliée à une sortie de phase correspondante de la deuxième machine. Un tel mode de réalisation, permet d'avoir un concept électrique sans batterie et électronique en reliant directement les sorties de phases des deux stators les synchronisant l'un à l'autre. Cela permet de réduire le poids mais en outre d'avoir un système fiable du fait de ne pas avoir d'électronique, mais seulement deux machines et des conducteurs entre eux. Les conducteurs peuvent être au nombre de N ou plus par exemple un multiple de N pour assurer une redondance des conducteurs.
- [0035] Selon un mode de réalisation, la première et deuxième machine électrique sont des machines synchrones et dans lequel le stator de la première machine est synchronisé avec le stator de la deuxième machine lorsque la première machine transmet l'énergie électrique à la deuxième machine électrique. Cela permet d'avoir que les rotors des deux machines qui tournent à la même vitesse et donc de fonctionner comme la tur-

bomachine de l'art antérieure comprenant un arbre mécanique de puissance entre la turbine et la roue mobile d'apport d'air.

[0036] Selon un mode de réalisation, la turbomachine comprend un compresseur motorisé basse pression comprenant un rotor formant au moins une partie de la roue mobile de l'ensemble rotatif motorisé électriquement et la turbine génératrice est une turbine basse pression.

[0037] La suppression de l'arbre basse pression permet de simplifier la turbomachine, et donc le poids, le volume, la maintenance de la turbomachine, puisqu'il permet de se dispenser des contraintes de dynamique d'ensemble des rotors/arbre basse pression (modes propres) conduisant parfois à des situations nécessitant des palliatifs (dispositifs amortisseurs type squeeze films) ou un changement d'architecture (déplacement / ajout de paliers pour déplacer les modes propres en dehors de la plage de régimes opérationnels de l'arbre) entraînant un volume, du poids, de la maintenance supplémentaire à ce mode de réalisation dépourvue d'arbre basse pression.

[0038] Selon un exemple de ce mode de réalisation, la turbomachine comprend un arbre de transmission haute pression solidaire d'un rotor du compresseur haute pression et d'un rotor de la turbine haute pression.

[0039] Le fait de supprimer l'arbre basse pression traversant l'arbre de transmission haute pression, dans une architecture de turbomachine permet de diminuer le diamètre de l'arbre de transmission haute pression.

[0040] Selon un autre exemple de ce mode de réalisation, la turbomachine comprend une troisième machine électrique comprenant un rotor solidaire d'un rotor du compresseur haute pression et une quatrième machine électrique comprenant un rotor solidaire d'un rotor de la turbine haute pression. L'avantage d'une telle turbomachine est de supprimer les arbres de transmission de la machine, permettant ainsi d'avoir moins d'encombrement central (au niveau de l'axe de rotation) et donc plus de liberté de fabrication de la chambre de combustion et des compresseurs et turbines.

[0041] Selon un mode de réalisation :

- la roue mobile de l'ensemble rotatif motorisé électriquement comprend une soufflante,
- la turbine génératrice est une turbine basse pression externe,

[0042] Selon un exemple de ce mode de réalisation, la turbomachine comprend en outre :

- un compresseur basse pression situé en aval de la soufflante,
- compresseur haute pression entre le compresseur basse pression et la chambre de combustion,
- une turbine haute pression entre la chambre de combustion et la turbine basse pression, comprenant un rotor transmettant l'énergie au compresseur basse pression,

- une turbine basse pression interne comprenant un rotor transmettant l'énergie au compresseur basse pression.

[0043] Le fait de ne pas avoir d'arbre de transmission de puissance de la turbine basse pression externe à la soufflante permet d'avoir des corps haute pression de plus petits en diamètre, et donc un ensemble mécanique tournant plus compact et léger du fait de l'allègement/suppression des contraintes de dynamique d'ensemble.

[0044] Selon une mise en œuvre de cet exemple de ce mode de réalisation, la turbomachine comprend un arbre de transmission transmettant l'énergie de la turbine basse pression interne au compresseur basse pression. Ainsi la turbine haute pression transmet l'énergie au compresseur haute pression directement mécaniquement (sans transformation d'énergie).

[0045] Selon un autre exemple de ce mode de réalisation, le compresseur basse pression comprend un rotor solidaire en rotation avec la soufflante et est entraîné en rotation par la turbine génératrice basse pression externe. Cela permet d'avoir uniquement un arbre de transmission de puissance entre le compresseur haute pression et la turbine haute pression.

[0046] Selon encore un autre mode de réalisation, l'ensemble rotatif motorisé est un compresseur haute pression motorisé et la turbine est une turbine haute pression.

[0047] Selon un exemple de ce mode de réalisation, la turbomachine comprend en outre une turbine basse pression motorisée et un compresseur ou/et soufflante motorisé comme ceux des modes de réalisation décrits précédemment.

[0048] Selon un mode de réalisation :

- la roue de turbine de la turbine génératrice comprend des aubes comprenant chacune une extrémité radialement externe opposée à un axe de rotation de la roue de turbine,
- le rotor de la première machine est un inducteur comprenant des aimants montés en étant réparties régulièrement sur différentes extrémités radialement externes des aubes de la roue de turbine et
- le stator de la première machine comprend des parties actives formant des pôles de l'induit, les parties actives étant régulièrement positionnées autour du rotor faisant chacune face à un pôle externe selon des positions angulaires différentes du rotor par rapport au stator.

[0049] Selon un mode de réalisation, le stator de la première machine et le stator de la deuxième machine sont chacun un induit à bobinage concentrique ou à bobinage imbriqué ou encore à bobinage ondulé.

[0050] Selon un mode de réalisation :

- les pales de la roue mobile pour un apport d'air comprennent chacune une extrémité radialement externe opposée à un axe de rotation de la roue mobile,

- le rotor de la deuxième machine est un inducteur comprenant des aimants montés en étant réparties régulièrement sur des extrémités radiales externes de la roue mobile pour l'apport d'air dans la chambre de combustion et
- le stator de la deuxième machine comprend des parties actives formant des pôles de l'induit, les parties actives étant régulièrement positionnés autour du rotor faisant chacune face à un pôle inducteur selon des positions angulaires différentes du rotor par rapport au stator.

[0051] Selon un mode de réalisation, le stator de la première machine électrique et le stator de la deuxième machine électrique comprennent un même nombre de parties actives et le rotor de la première machine électrique et le rotor de la deuxième machine électrique comprennent un même nombre d'aimants.

[0052] Selon un exemple de ce mode de réalisation, la turbomachine comprend des barres actives conductrices circonférentiellement autour de l'axe de rotation des deux machines électriques comprenant chacune d'une part une portion formant un conducteur et d'autre part une partie active du stator de la première machine et une partie active de la deuxième machine électrique reliées l'une à l'autre par la portion formant le conducteur.

[0053] Selon un mode de réalisation, la turbomachine comprend en outre une troisième machine électrique reliée directement électriquement à la première machine électrique, en parallèle de la deuxième machine électrique, pour entraîner en rotation un propulseur mécanique.

[0054] L'invention et ses différentes applications seront mieux comprises à la lecture de la description qui suit et à l'examen des figures qui l'accompagnent.

BREVE DESCRIPTION DES FIGURES

[0055] Les figures sont présentées à titre indicatif et nullement limitatif de l'invention.

[0056] [Fig.1] représente une coupe axiale d'une turbomachine selon l'art antérieur.

[0057] [Fig.2] représente une coupe axiale d'une turbomachine selon un premier mode de réalisation.

[0058] [Fig.3a] représente un schéma de principe d'une turbine génératrice de la turbomachine selon un exemple de ce premier mode de réalisation.

[0059] [Fig.3b] représente un schéma de principe de la turbine motorisée par une deuxième machine électrique de la turbomachine selon cet exemple de ce premier mode de réalisation.

[0060] [Fig.4a] représente un schéma de principe d'une soufflante d'un ensemble rotatif motorisé de la turbomachine selon le premier mode de réalisation.

[0061] [Fig.4b] représente un schéma de principe d'une soufflante d'un ensemble rotatif motorisé de la turbomachine selon le premier mode de réalisation.

[0062] [Fig.5] représente un schéma de principe de la turbomachine selon un exemple de ce premier mode de réalisation.

[0063] [Fig.6] représente un schéma de principe d'une turbomachine selon un deuxième mode de réalisation.

[0064] [Fig.7] représente un schéma de principe d'une turbomachine selon un troisième mode de réalisation.

[0065] [Fig.8] représente un exemple d'une partie motorisée d'une turbomachine selon un autre exemple d'un des modes de réalisation des figures précédentes.

DESCRIPTION DETAILLEE

[0066] Les figures sont présentées à titre indicatif et nullement limitatif de l'invention.

[0067] [Fig.2] montre une représentation schématique d'une coupe axiale d'une turbomachine 2 selon un premier mode de réalisation.

[0068] La turbomachine 2 comprend une chambre de combustion 20 fixe comprenant une entrée d'air 200 et une sortie d'air 201. La turbomachine 2 comprend une partie fixe 21, une turbine haute pression THP en aval de la chambre de combustion 20 et un compresseur haute pression CHP en amont de la chambre de combustion 20.

[0069] Dans ce mode de réalisation, la turbine haute pression THP comprend une partie rotative solidaire en rotation par un arbre mécanique AHP à une partie rotative du compresseur haute pression CHP et sont rotatifs ensemble selon un axe de rotation X de la turbomachine 2.

[0070] La turbomachine 2 comprend au moins une turbine génératrice qui est dans ce mode de réalisation une turbine génératrice basse pression TBP en aval de la turbine haute pression THP rotatif selon l'axe de rotation X.

[0071] La turbomachine 2 comprend au moins un ensemble rotatif selon l'axe de rotation X motorisé électriquement 24 en amont de la chambre de combustion 20 comprenant une roue mobile 240 selon l'axe de rotation X, comprenant des pales pour un apport d'air dans la chambre de combustion 20.

[0072] Dans ce mode de réalisation, la turbomachine 2 est de type turbosoufflante. la turbomachine 2 comprend un compresseur basse pression CBP comprenant un rotor formant une partie de la roue mobile 240. La roue mobile 240 de l'ensemble rotatif motorisé électriquement 24 comprend en outre une soufflante S solidaire en rotation mécaniquement avec le rotor du compresseur basse pression CBP. La soufflante S comprend des pâles et le rotor du compresseur CBP comprend une pluralité d'étages de pâles, pour un apport d'air dans la chambre de combustion 20 par le biais du compresseur haute pression CHP.

[0073] Chaque turbine TBP et THP comprend une roue de turbine tournante par le flux de gaz éjectée à la sortie d'air par la chambre de combustion. Chaque roue de turbine

comprend plusieurs étages, c'est-à-dire différent disque comprenant des pales en rotation en vis-à-vis de pale fixe avec la partie fixe de la turbomachine 2.

- [0074] Dans cet exemple, la turbine génératrice basse pression TBP est la dernière turbine, appelée aussi turbine externe. Bien entendu, selon un autre exemple, la turbomachine 2 peut comprendre une turbine génératrice basse pression intermédiaire entre la dernière turbine génératrice basse pression TBP et la turbine génératrice haute pression THP ainsi qu'un arbre de transmission entre cette turbine génératrice basse pression intermédiaire et le compresseur basse pression CBP a sa partie rotative désolidarisée mécaniquement en rotation de la soufflante S.
- [0075] La turbomachine 2 comprend au moins une première machine électrique 22 comprenant un rotor 220 couplé solidairement avec une roue de turbine TBP1 de la turbine génératrice (en l'occurrence dans ce mode de réalisation la turbine génératrice basse pression TBP) et un stator 221 solidaire de la partie fixe 21 de la turbomachine 2. La première machine électrique 22 comprend un inducteur et un induit produisant de l'électricité lorsque le rotor est entraîné en rotation par la rotation produite par le flux sur les pales de la roue de turbine TBP1.
- [0076] Les figures 3a et 3b représentent chacune un schéma de principe de la turbine génératrice TBP. Comme on peut le voir dans cet exemple, le stator 221 entoure le rotor 220 (machine radiale) mais il pourrait être monté l'un en face de l'autre (machine axiale).
- [0077] Le stator 221 est en l'occurrence un induit. L'induit est formé par une pluralité de partie active 223 comprenant au moins un conducteur électrique actives formant des pôles de l'induit, montés en étant réparties régulièrement autour de la roue de turbine TBP1. Chaque partie active 223, peut être formé par un conducteur en forme d'armature (dont un exemple est expliqué dans la suite) ou un bobinage par exemple concentrique (dont un exemple est expliqué dans la suite), mais pourrait aussi être formé par un bobinage ondulé ou imbriqué ou encore selon d'autres type de bobinage. Les parties active 223 sont alternativement réparties circonférentiellement de manière à formées des pôles magnétiques nord et sud.
- [0078] Le rotor 220 est formé par des aimants 222 montés en étant réparties régulièrement sur différentes extrémités radiales des aubes de la roue de turbine TBP1. Le fait d'utiliser l'extrémité radiales de la roue de turbine, par exemple sur l'extrémité des aubes permet d'avoir le plus grand diamètre pour le rotor 221 de la première machine électrique 22 sans ajouter de matière pour fabriquer le rotor 220. Les aimants 222 de la première machine électrique 22 forme un inducteur en étant réparties régulièrement sur différentes extrémités libres des aubes de la roue de turbine TBP1, chaque aimant formant un pôle d'inducteur. Les aimants 222 comprennent chacun une surface formant un pôle nord ou un pôle sud et sont alternativement réparties circonférentiellement de

manière à formées des pôles magnétiques nord et sud.

- [0079] L'ensemble rotatif motorisé électriquement 24 en amont de la chambre de combustion 20 comprend une deuxième machine électrique 23 comprenant un rotor 230 couplé solidairement avec la roue mobile de l'ensemble rotatif motorisé et un stator 231 solidaire de la culasse 21. La deuxième machine électrique 23 comprend un inducteur et un induit produisant un couple entre le stator 231 et le rotor 230 pour entraîner en rotation la roue mobile.
- [0080] Les figures 4a et 4b représentent chacune un schéma de principe de la deuxième machine électrique 23 et de la soufflante S. Comme on peut le voir dans cet exemple, le stator 231 entoure le rotor 230 (machine radiale) mais il pourrait être monté l'un en face de l'autre (machine axiale).
- [0081] Le stator 231 est un induit formé par une pluralité de partie active 233 comprenant au moins un conducteur électrique actives formant des pôles de l'induit, montés en étant réparties régulièrement sur la culasse 21 autour de la roue mobile 240 soit ici autour des aubes de la soufflante S. Chaque partie active 231, peut être formé par un conducteur en forme d'armature (dont un exemple est expliqué dans la suite) ou un bobinage par exemple concentrique (dont un exemple est expliqué dans la suite), mais pourrait aussi être formé par un bobinage ondulé ou imbriqué ou encore selon d'autres type de bobinage. Les parties active 233 sont alternativement réparties circonférentiellement de manière à formées des pôles magnétiques nord et sud.
- [0082] Le rotor 230 de la deuxième machine 23 est un inducteur comprenant des aimants 232 montés en étant réparties régulièrement sur différentes extrémités radialement externes des pales de la roue mobile 240, en l'occurrence des pales de la soufflante S pour un apport d'air dans la culasse 21. Le fait d'utiliser l'extrémité radiales de la roue mobile permet d'avoir le plus grand diamètre pour le rotor 230 de la deuxième machine électrique 23 sans ajouter de matière pour fabriquer le rotor 230. Les aimants 232 de la première machine électrique 22 forme un inducteur en étant réparties régulièrement sur des extrémités radiales externes de la roue mobile 240, en l'occurrence dans cet exemple sur les surfaces externes d'un carter entourant les pales de la soufflante S, chaque aimant 232 formant un pôle d'inducteur. Les aimant 222 comprennent chacun une surface formant soit un pôle magnétique nord soit un pôle magnétique sud en vis-à-vis du rotor 230 et sont alternativement réparties circonférentiellement de manière à formées alternativement ou successivement des pôles magnétiques nord et sud.
- [0083] La turbine basse pression génératrice TBP transmet l'énergie électrique produite par la rotation du rotor de la première machine 21 à la deuxième machine 23 pour transformer cette énergie électrique en couple de rotation au rotor 230 afin d'entraîner en rotation la roue mobile 240 entraînant un apport d'air par la rotation des pâles de la

soufflante S et des pâles du rotor du compresseur basse pression CBP au compresseur haute pression CHP. Autrement dit, la turbine génératrice, en l'occurrence la turbine basse pression génératrice TBP transmet l'énergie à la roue mobile de l'ensemble rotatif motorisé par le biais uniquement de la première et deuxième machine électrique. La turbomachine 2 convertie ainsi l'énergie mécanique de la roue de turbine TBP1 de la turbine basse pression génératrice TBP en énergie électrique par la première machine électrique 22 et transmet cette énergie électrique au deuxième moteur électrique 23 pour la transformer en énergie mécanique au rotor 231 solidaire de la roue mobile 240 de l'ensemble rotatif motorisé 24.

- [0084] La première et deuxième machine électrique 22, 23 comprennent de préférence chacune un même nombre N de sorties de phases et chaque sortie de phase de la première machine 22 est reliée électriquement directement à une sortie de phase de la deuxième machine 23 par un conducteur. Une sortie de phase de la première machine électrique 22 et une sortie de phase de la deuxième machine électrique 23 qui sont connectées ensemble forme une paire de sorties de phase connectées.
- [0085] Par « reliée électriquement directement ... par un conducteur » on entend que seules les sorties de phases d'une machine sont uniquement reliées aux sorties de phases correspondante de l'autre machine par le biais du conducteur, c'est-à-dire sans composant électronique sans contacteur.
- [0086] La [Fig.5] représente un schéma de principe d'une turbomachine 2 selon un autre exemple de ce premier mode de réalisation dans lequel le bobinage des parties actives de chaque stator 221, 231 est un bobinage concentrique et dans lequel le nombre N est de six. Seuls les première et deuxième machines électriques 22, 23 de la turbine génératrice TBP et de l'ensemble rotatif motorisé 24 sont représentées sur cette figure.
- [0087] Dans cet exemple le stator 221 de la première machine 22 et le stator 231 de la deuxième machine comprennent le même nombre de pôles, dans cet exemple chacun 6 pôles. Chaque bobine concentrique est bobinée autour d'une pièce ferrique formant ensemble le pôle et comprend une extrémité formant une sortie de phase et comprend en outre une autre extrémité reliée à une autre bobine concentrique (soit deux bobines en série entre deux sorties de phase). On peut voir ainsi sur cette figure des conducteurs 26 représentés par des traits connectant électriquement directement les N sorties de phase des stators 221, 231 de la première et deuxième machine 22, 23 les unes aux autres formant chacun une paire de sortie de phases connectées. Chaque conducteur 26 comprenant une première extrémité reliée à une sortie de phase correspondante de la première machine 22 et à l'opposée une deuxième extrémité reliée à une sortie de phase correspondante de la deuxième machine 23.
- [0088] Dans cet exemple, les conducteurs 26 sont représentées comme traversant axialement par une ouverture axiale la turbine haute pression THP, la chambre de combustion 20

et le compresseur haute pression CHP, l'ouverture étant formée par le retrait de l'arbre de transmission entre la turbine basse pression et le compresseur basse pression.

[0089] La [Fig.6] représente un schéma de principe d'une turbomachine 3 selon un deuxième mode de réalisation. La turbomachine 3 est identique à la turbomachine 2 selon le premier mode de réalisation sauf principalement en ce qu'elle comprend en outre une turbine basse pression interne TBPi située entre la turbine haute pression THP et la turbine génératrice TBPe et un arbre de transmission ABP traversant et coaxiale avec l'arbre mécanique AHP3 transmettant l'énergie mécanique de la turbine basse pression interne TBPi au compresseur basse pression CBPi désolidarisé mécaniquement de la soufflante S3. L'ensemble rotatif motorisé électriquement 34 comprend donc dans ce mode de réalisation la soufflante S3 formant la roue mobile de l'ensemble rotatif motorisé électriquement 34 et la deuxième machine électrique 33 (sans le compresseur basse pression).

[0090] En outre dans cet exemple de turbomachine 3, la première machine électrique 32 est différente de la turbomachine 2 selon les exemples du premier mode de réalisation, en ce qu'elle est montée entre la turbine basse pression interne TBPi et la roue de turbine de la turbine génératrice TBPe. Bien entendu selon un autre exemple de ce deuxième mode de réalisation, la première machine électrique 32 peut être montée sur l'extérieur radiale de la soufflante S3 comme dans le premier mode de réalisation, ainsi que cet exemple peut être incorporé dans le premier mode de réalisation.

[0091] En outre dans cet exemple de turbomachine 3, la première machine électrique 32 est par exemple une génératrice générale asynchrone mais peut bien entendu être comme la première machine synchrone du premier mode de réalisation et vice-versa. La première machine électrique 32 comprend donc un rotor induit 320 qui peut être bobiné par exemple comme un alternateur à griffe, et le stator 321 est un inducteur comprenant un bobinage formant différent enroulement ayant dans cet exemple que trois sorties de phase. Bien entendu, la première machine électrique 32 peut en comprendre plus comme dans les exemples du premier mode de réalisation. Bien entendu, la première machine électrique 32 peut aussi être à courant continu appelée aussi dynamo, (deux sorties de phase au rotor) et la deuxième machine 33 est de préférence aussi à courant continu pour être directement branchée sur les deux sorties de phase de la première machine électrique 32. Selon un autre exemple, le rotor induit 320 comprend les sorties de phase et le stator comprend des aimants.

[0092] Selon un autre mode de réalisation non représenté, la turbomachine 3 est dépourvue de l'arbre arbre de transmission ABP et la turbine basse pression interne TBPi de la turbomachine 3 est aussi une turbine génératrice comprenant une troisième machine électrique pour alimenter un deuxième ensemble rotatif motorisé électriquement comprenant une quatrième machine électrique alimenté par la troisième machine

électrique pour tourner le compresseur basse pression CBPi autour de son axe de rotation X.

- [0093] La [Fig.7] représente un schéma de principe d'une turbomachine 4 selon un troisième mode de réalisation identique au premier mode de réalisation sauf principalement en ce qu'elle est dépourvue de l'arbre mécanique AHP et que la turbine haute pression est une turbine génératrice haute pression THP' comprenant une roue de turbine THP4 solidaire d'un rotor d'une troisième machine électrique 46 produisant de l'électricité et en que la turbomachine 4 comprend en outre un deuxième ensemble rotatif motorisé électriquement 48 comprenant le compresseur haute pression CHP et une quatrième machine électrique 47 dont le rotor 470 est solidaire en rotation avec la roue mobile 480 du compresseur haute pression CHP pour la tourner lorsque la troisième machine électrique 46 alimente la quatrième machine électrique 47. Les troisième et quatrième machines électriques 46, 47 peuvent être des machines selon les différents exemples des première et deuxième machines électriques des exemples des modes de réalisation précédents. Autrement dit dans ce mode de réalisation la turbomachine est dépourvue d'arbre de transmission mécaniquement entre une turbine et un compresseur correspondant.
- [0094] Les stators 461, 471 des troisième et quatrième machines électriques 46, 47 sont chacun solidaire de la partie fixe 21, en particulier le stator 461 est solidaire d'une paroi de la chambre de combustion 20.
- [0095] Le rotor 470 de la quatrième machine électrique 47 comprend dans cet exemple trois rangées alignées axialement comprenant chacune une pluralité d'aimants permanents réparties régulièrement circonférentiellement sur les extrémités radiales externe de la roue mobile 480 du compresseur haute pression CHP.
- [0096] Le rotor 460 de la troisième machine électrique 46 est monté coaxialement avec la roue de turbine THP4, en l'occurrence en amont de celle-ci pour être entraîné en rotation par la roue de turbine THP4.
- [0097] Dans cet exemple, l'ensemble rotatif motorisé électriquement 44 est différent du premier mode de réalisation en ce que la deuxième machine électrique 43 est montée axialement entre le compresseur basse pression CBP et la soufflante S4 en ayant le rotor 430 solidaire de la roue mobile 440 formée par le rotor du compresseur basse pression CBO et la soufflante S4. Le stator 431 de la deuxième machine électrique 43 est solidaire de la partie fixe 21. Le rotor 430 comprend de préférence des ouvertures notamment en forme de pôle au niveau des pôles du compresseur basse pression CBP pour lui apporter de l'air.
- [0098] Bien entendu selon un autre mode de réalisation non représenté, la turbomachine peut être comme cette turbomachine 4 selon le troisième mode de réalisation mais dépourvue de la première et deuxième machine électrique et avoir en outre un arbre

mécanique de transmission entre l'ensemble soufflante, compresseur basse pression et la turbine basse pression.

[0099] La [Fig.8] représente un exemple d'un ensemble rotatif motorisé électriquement 54 et d'une turbine génératrice T5 selon un autre exemple d'une turbomachine d'un des différents modes de réalisation précédent. Dans cet exemple, la première et deuxième machine électrique 52, 53 sont des machines synchrones, chacune telle que celle de l'invention de la demande FR2208209A1, déposée par la demanderesse mais sans séquenceur et fonctionne avec un courant généré par les aimants sur le bobinage, formant un courant pulsé qui peut être alternatif. Le stator 521 de la première machine 52 est synchronisé avec le stator 531 de la deuxième machine 53 lorsque la première machine transmet l'énergie électrique à la deuxième machine électrique 53 comme dans les exemples du premier mode de réalisation. Les parties actives et les conducteurs reliant les parties actives de la première machine et deuxième machine 52, 53 sont différentes en ce que la turbomachine comprend des barres actives conductrices 56 comprenant chacune d'une part une portion formant un conducteur 560 et d'autre part une partie active du stator 521 de la première machine 52 et une partie active 531 de la deuxième machine électrique 53 reliées l'une à l'autre par la portion formant le conducteur 560. Dans cet exemple, la turbomachine 5 comprend en outre des barres de retour formant un conducteur 57, chacune étant connectée (par exemple par une soudure ou et par pliage par la même barre) aux deux extrémités de la barre active conductrice 56 correspondante. Selon un autre exemple, chaque barre de retour formant un conducteur 57 est connectée d'une part à une extrémité d'une partie active du stator 521 de la première machine 53 formée par une barre active conductrice 56 et d'autre part à une partie active du stator 531 de la deuxième machine 53 formée par une autre barre active conductrice 56.

[0100] Chaque partie active de la première machine 52, (en l'occurrence au stator 521) transforme comme dans les différents exemples des modes de réalisations précédents, la variation du champ magnétique tournant formée par les différents pôles externes alternant circonférentiellement des aimants (en l'occurrence du rotor 520) lorsque le flux d'air contre les aubes de la roue de turbine de la turbine génératrice T5 tourne le rotor 520, en électricité alternatif (courant et tension continue). Chaque barre active conductrice 56 permet ainsi de faire circuler l'électricité transformé par sa partie active correspondante de la première machine 52 vers la partie active du stator 531 de la deuxième machine 53 par le biais du conducteur 560 ou par la barre de retour formant un conducteur 57 (courant alternatif) permettant ainsi de former ensemble une boucle. Chaque partie active de la deuxième machine 53 synchrone, (en l'occurrence au stator 531) transforme ce courant alternatif en une force de Lorentz opposée entre les parties actives et le pôle externe de l'aimant permanent en vis-à-vis afin de tourner le rotor

530 autour de son axe de rotation X.

- [0101] la variation du courant alternatif circulant en champs tournant qui force le rotor 530 à tourner par opposition et attirance des aimants du rotor 530.
- [0102] Les barres actives conductrices 56 forment ensemble une armature d'une première cage d'écureuil et les barres de retour formant un conducteur 57 forme une armature d'une cage d'écureuil entourant la première cage d'écureuil.
- [0103] Les barres actives conductrices 56 et les barres de retour 57 sont par exemple en cuivre. Les barres actives conductrices 56 sont au même nombre que le nombre de barres de retour 57. Ainsi chaque barre de retour 57 et chaque portion formant conducteur 560, connecte électriquement directement chacun une sortie de phase d'une partie active du stator 521 de la première machine 52 à une sortie de phase d'une partie active du stator 531 de la deuxième machine 53.
- [0104] Les barres actives conductrices 56 sont aussi du nombre de pôles du stator 531 de la deuxième machine ayant le même nombre de pôles que le stator 521 de la première machine 52.
- [0105] Chaque rotor 520, 530 comprend des aimants en vis-à-vis des parties actives de chaque stator 521, 531.
- [0106] Sauf précision contraire, un même élément apparaissant sur des figures différentes présente une référence unique.

Revendications

[Revendication 1]

Turbomachine (2, 3, 4) comprenant :

- une chambre de combustion (20), comprenant une entrée d'air (200) et une sortie d'air (201),
- une turbine génératrice (TBP, TBPI, THP', T5) en aval de la chambre de combustion (20) comprenant :
 - une roue de turbine (TBP1, THP4) entraînée en rotation autour d'un axe de rotation (X) par un flux de gaz sortant de la sortie d'air (201) de la chambre de combustion (20),
 - une première machine électrique (22, 32, 46, 52) comprenant :
 1. un rotor (220, 320, 460, 520) couplé solidairement avec la roue de turbine (TBP1, THP4),
 2. un stator (221, 321, 461, 521),
 3. un induit produisant de l'électricité lorsque le rotor (220, 320, 460, 520) est entraîné en rotation par la roue de turbine (TBP1, THP4),
- un ensemble rotatif motorisé électriquement (24, 34, 44, 48, 54) en amont de la chambre de combustion (20) comprenant
 - une roue mobile (240, 440, 480) comprenant des pales pour un apport d'air dans la turbomachine,
 - une deuxième machine électrique (23, 33, 43, 47, 53) comprenant un stator (231, 431, 471, 531) et un rotor (230, 430, 470, 530) couplé solidairement avec la roue mobile (240, 440, 480),
- la turbine génératrice (TBP, TBPI, THP', T5) transmettant l'énergie mécanique de la roue de turbine, à la roue mobile (240, 440, 480) d'apport d'air par le biais uniquement de la première machine électrique (22, 32, 46, 52) transformant l'énergie mécanique en énergie électrique alimentant électriquement la deuxième machine électrique (23, 33, 43, 47, 53).

- [Revendication 2] Turbomachine (2, 3, 4) selon la revendication précédente, dans laquelle la première machine électrique (22, 32, 46, 52) comprend un même nombre N de sorties de phases que la deuxième machine électrique (23, 33, 43, 47, 53), chaque sortie de phase de la première machine électrique (22, 32, 46, 52) étant reliée électriquement directement par un conducteur (26, 560, 57) à une sortie de phase correspondante de la deuxième machine électrique (23, 33, 43, 47, 53).
- [Revendication 3] Turbomachine (2, 3, 4) selon la revendication précédente comprenant des conducteurs (26, 560, 57) connectant électriquement directement les N sorties de phase de la première et deuxième machine (22, 32, 46, 52, 23, 33, 43, 47, 53) les unes aux autres formant chacun une paire de sorties de phase connectées, chaque conducteur (26, 560, 57) comprenant une première extrémité reliée à une sortie de phase correspondante de la première machine (22, 32, 46, 52) et à l'opposée une deuxième extrémité reliée à une sortie de phase correspondante de la deuxième machine (23, 33, 43, 47, 53).
- [Revendication 4] Turbomachine (2, 4) selon l'une des revendications précédentes, dans laquelle la première et deuxième machine électrique (22, 46, 52, 23, 43, 47, 53) sont des machines synchrones et dans lequel le stator (221, 461, 521) de la première machine (22, 46, 52) est synchronisé avec le stator (231, 431, 471, 531) de la deuxième machine (23, 43, 47, 53) lorsque la première machine transmet l'énergie électrique à la deuxième machine électrique (23, 43, 47, 53).
- [Revendication 5] Turbomachine (2, 4) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel la turbomachine (2, 4) comprend un compresseur motorisé basse pression (CBP) comprenant un rotor formant au moins une partie de la roue mobile (240, 440) de l'ensemble rotatif motorisé électriquement (24, 44, 54) et la turbine génératrice est une turbine basse pression (TBP).
- [Revendication 6] Turbomachine (2, 3, 4) selon l'une des revendications précédentes, dans laquelle :
- la roue mobile (240, 440) de l'ensemble rotatif motorisé électriquement (2, 3, 4) comprend une soufflante (S, S3, S4),
 - la turbine génératrice est une turbine basse pression (TBP, TBPe, T5).
- [Revendication 7] Turbomachine (3) selon la revendication précédente comprenant en

autre:

- un compresseur basse pression (CBPi) situé en aval de la soufflante (S3),
- un compresseur haute pression (CHP) entre le compresseur basse pression (CBPi) et la chambre de combustion (20),
- une turbine haute pression (THP) entre la chambre de combustion et la turbine génératrice basse pression (TBPe), comprenant un rotor transmettant l'énergie au compresseur basse pression (CBPi),
- une turbine basse pression interne (TBPi) comprenant un rotor transmettant l'énergie au compresseur basse pression (CBP).

[Revendication 8] Turbomachine (2, 4) selon la revendication 6, comprenant un compresseur basse pression (CBP) comprenant un rotor solidaire en rotation avec la soufflante (S, S4).

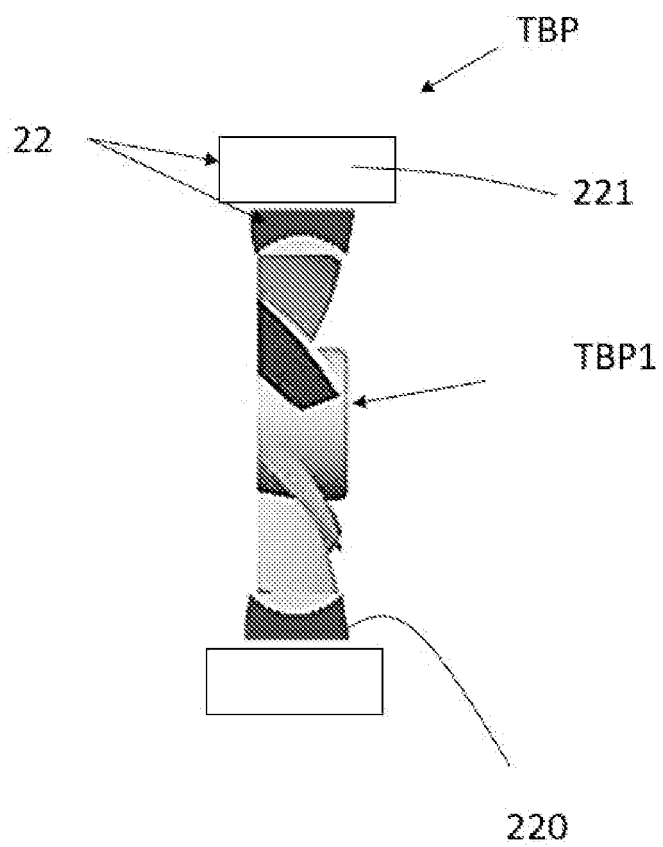
[Revendication 9] Turbomachine selon l'une des revendications 1 à 4, dans laquelle l'ensemble rotatif motorisé est un compresseur haute pression motorisé (CCP) et la turbine est une turbine haute pression (THP).

[Revendication 10] Turbomachine (2, 4) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle :

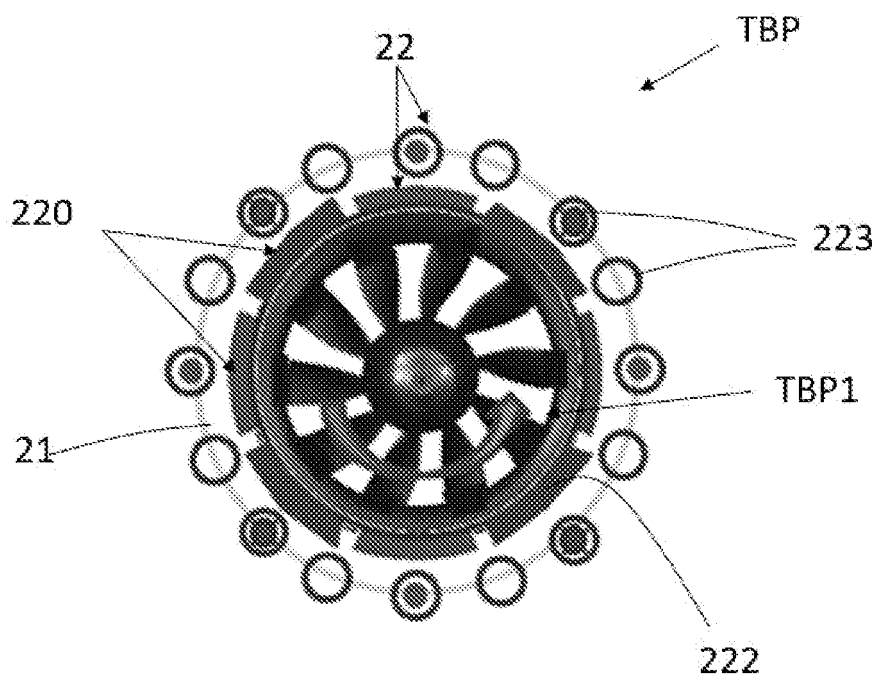
- la roue de turbine (TBP1) de la turbine génératrice (TBP, T5) comprend des aubes comprenant chacune une extrémité radialement externe opposée à un axe de rotation de la roue de turbine (TBP1),
- le rotor (220, 520) de la première machine (22, 52) est un inducteur comprenant des aimants (222) montés en étant réparties régulièrement sur différentes extrémités radialement externes des aubes de la roue de turbine (TBP1), chaque aimant (222) formant un pôle d'inducteur et
- le stator (221, 521) de la première machine (22) comprend des parties actives (223) formant des pôles de l'induit, les parties actives (223) étant régulièrement positionnées autour du rotor (220, 520) faisant chacune face à un pôle inducteur (10N, 10S) selon des positions angulaires différentes du rotor (220, 520) par rapport au stator (221, 521).

- [Revendication 11] Turbomachine (2) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel :
- les pales de la roue mobile (240) pour un apport d'air comprennent chacune une extrémité radialement externe opposée à un axe de rotation de la roue mobile (240),
 - le rotor (230, 530) de la deuxième machine (23, 53) est un inducteur comprenant des aimants (232) montés en étant réparties régulièrement sur des extrémités radiales externes de la roue mobile (240) pour l'apport d'air dans la chambre de combustion (20) et
 - le stator (231, 531) de la deuxième machine (23, 53) comprend des parties actives (233) formant des pôles de l'induit, les parties actives (233) étant régulièrement positionnés autour du rotor (230, 530) faisant chacune face à un pôle inducteur selon des positions angulaires différentes du rotor (230, 530) par rapport au stator (231, 531).
- [Revendication 12] Turbomachine (2, 4) selon la revendication précédente, dans laquelle le stator (221, 461, 521) de la première machine électrique (22, 46, 52) et le stator (231, 431, 471, 531) de la deuxième machine électrique (23, 43, 47, 53) comprennent un même nombre de parties actives (223, 233) et le rotor (220, 460, 520) de la première machine électrique (22, 46, 52) et le rotor (230, 430, 470, 530) de la deuxième machine électrique (23, 43, 47, 53) comprennent un même nombre d'aimants (222, 232).
- [Revendication 13] Turbomachine selon la revendication précédente, comprenant des barres actives conductrices circonférentiellement autour de l'axe de rotation des deux machines électriques (52, 53) comprenant chacune d'une part une portion formant un conducteur (560) et d'autre part une partie active du stator (521) de la première machine (52) et une partie active (531) de la deuxième machine électrique (53) reliées l'une à l'autre par la portion formant le conducteur (560).

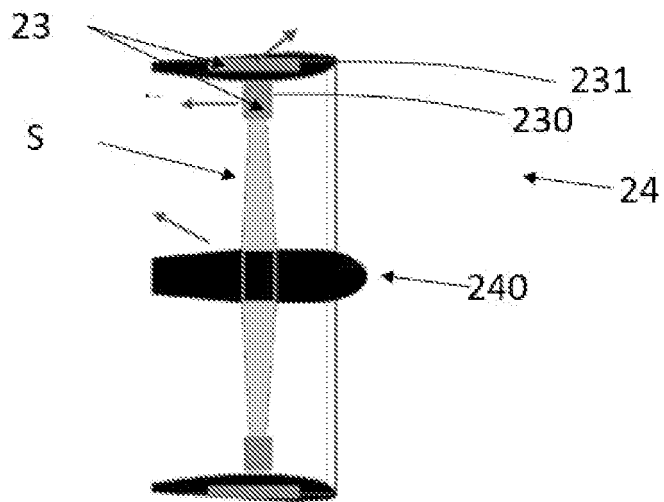
[Fig. 3a]



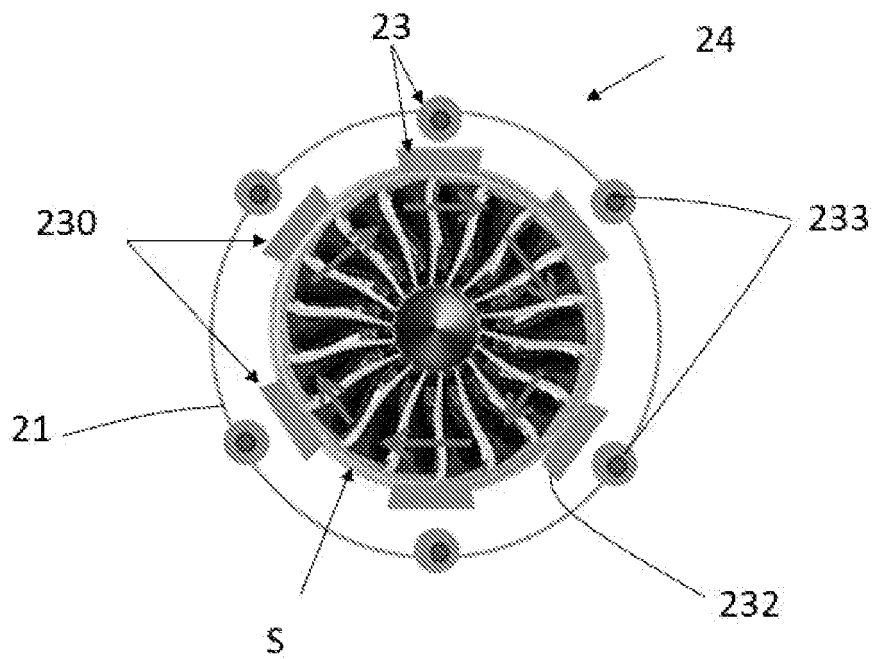
[Fig. 3b]



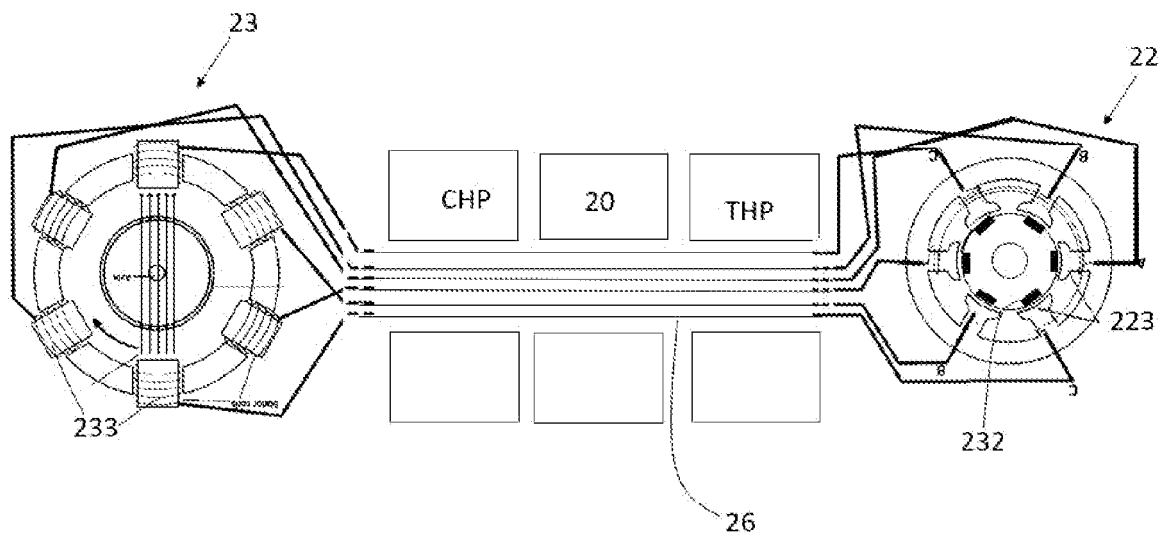
[Fig. 4a]



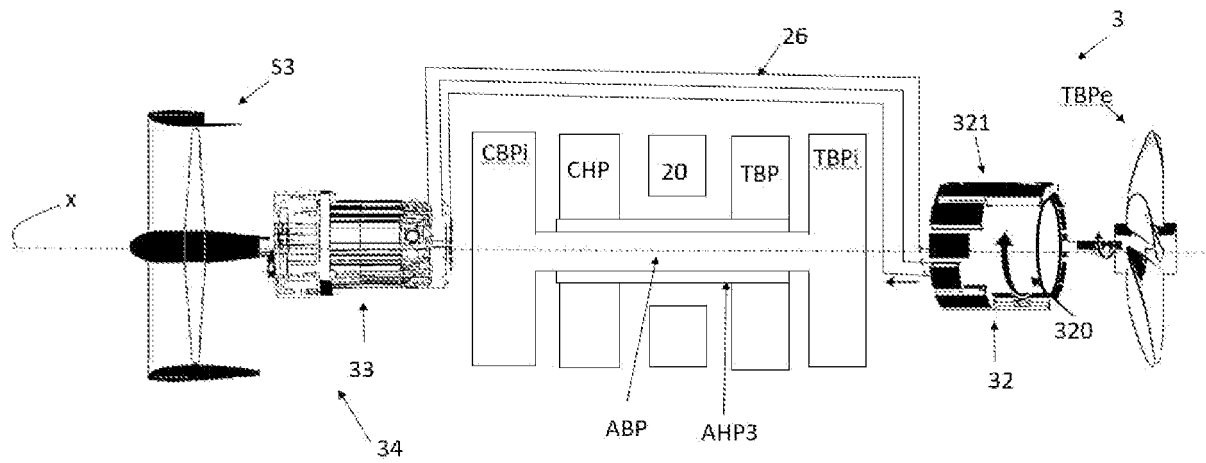
[Fig. 4b]



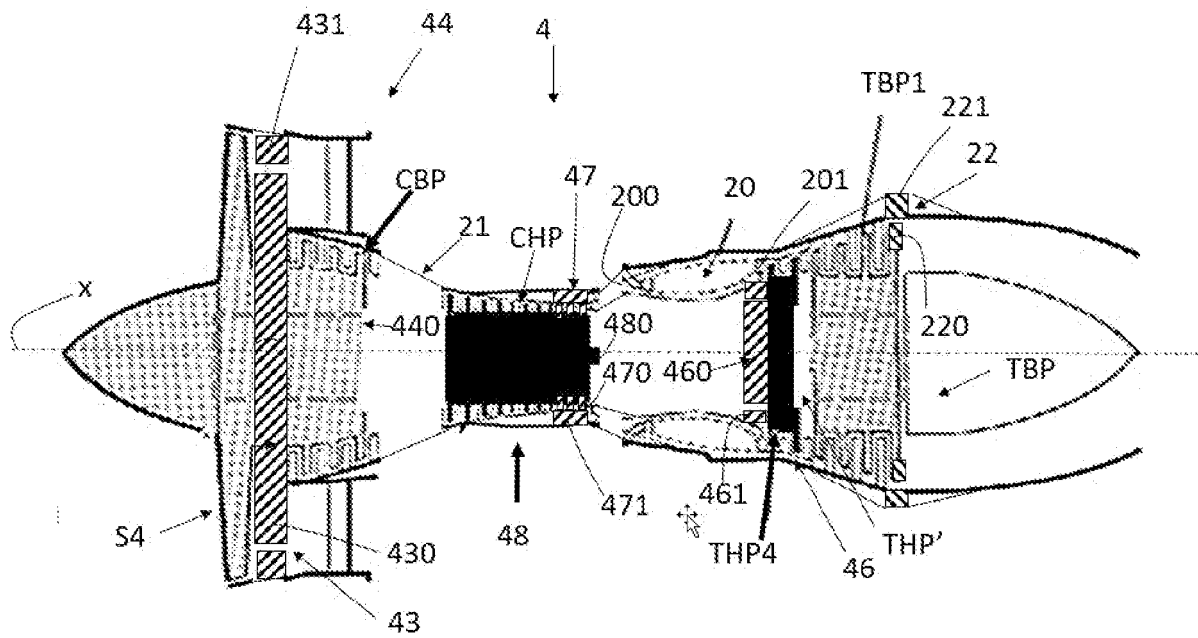
[Fig. 5]



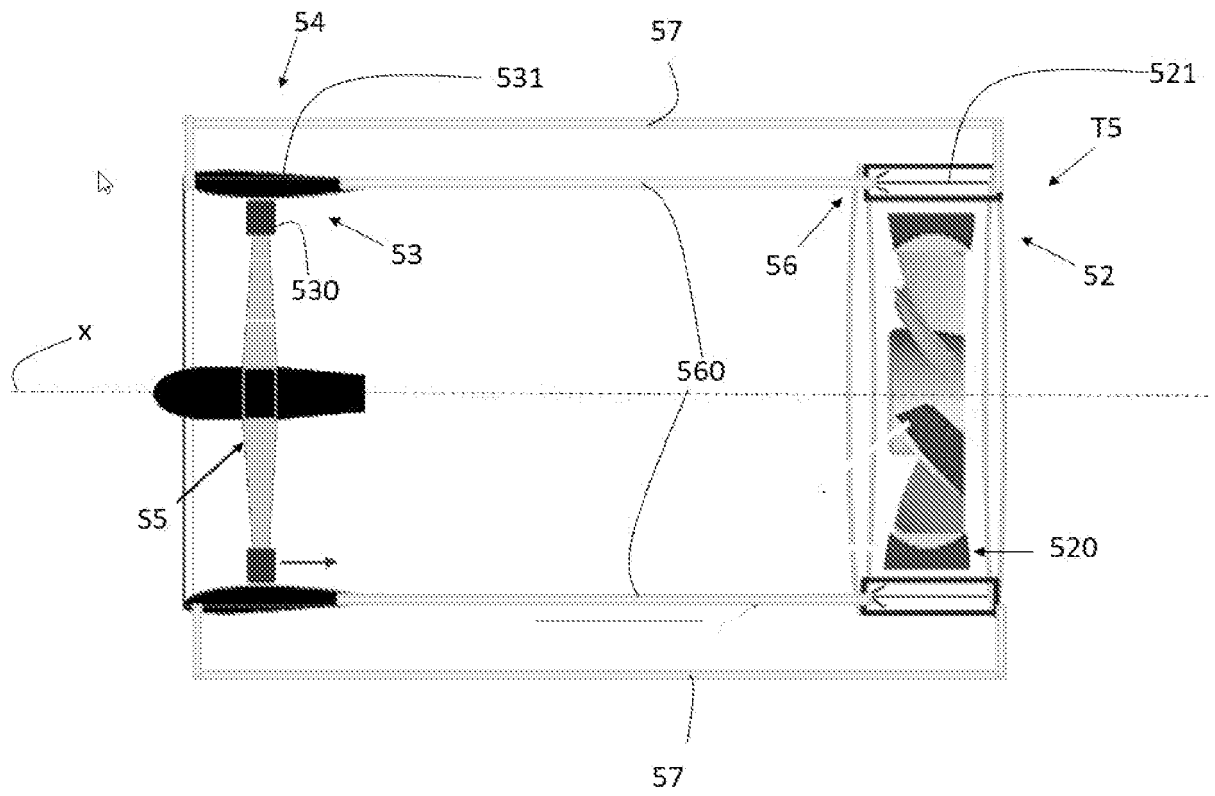
[Fig. 6]



[Fig. 7]



[Fig. 8]



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

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

N° d'enregistrement
national

FA 914619
FR 2300243

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		
X	US 3 705 775 A (RIOUX CHRISTIAN PAUL GILBERT) 12 décembre 1972 (1972-12-12) * figures 1-3 * * colonne 6, lignes 4-40 * * colonne 6, ligne 52 - colonne 7, ligne 67 * * colonne 8, ligne 23 - colonne 9, ligne 38 * -----	1-5, 7-9 10-13	F02K5/00 F01D15/10 H02K7/18 F02C7/32
X	----- WO 2022/093414 A1 (ONEILL FRANCIS [US]; HARTZHEIM ANTHONY A [US]) 5 mai 2022 (2022-05-05) * figure 1 * * alinéas [0037] - [0043] * -----	1-13	
X	----- WO 2022/093415 A1 (ONEILL FRANCIS [US]; HARTZHEIM ANTHONY A [US]) 5 mai 2022 (2022-05-05) * figure 2 * * alinéas [0041] - [0045] * -----	1-13	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			F02C F02K
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
5 juillet 2023		Fortugno, Eugenio	
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 2300243 FA 914619**

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 **05-07-2023**
 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
US 3705775	A	12-12-1972	DE	2101918 A1		22-07-1971
			FR	2076450 A5		15-10-1971
			GB	1340363 A		12-12-1973
			US	3705775 A		12-12-1972

WO 2022093414	A1	05-05-2022	CA	3174071 A1		05-05-2022
			EP	4115059 A1		11-01-2023
			US	11002146 B1		11-05-2021
			US	2022127970 A1		28-04-2022
			US	2022356811 A1		10-11-2022
			US	2022356812 A1		10-11-2022
			WO	2022093414 A1		05-05-2022

WO 2022093415	A1	05-05-2022	CA	3177120 A1		05-05-2022
			EP	4127414 A1		08-02-2023
			US	2022127969 A1		28-04-2022
			US	2023121431 A1		20-04-2023
			WO	2022093415 A1		05-05-2022
