

12 DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 14.12.23.

30 Priorité : 21.12.22 GB 2219425.2.

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 : *Ce dernier n'a pas été
établi à la date de publication de la demande.*

60 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

71 Demandeur(s) : Rolls-Royce plc Société de droit étran-
ger — GB.

72 Inventeur(s) : BEMMENT Craig W, HOBDAI Alastair
G, KEELER Benjamin J, MADDEN Christopher P,
MINELLI Andrea, SMITH Andrew T, SWANN Peter et
YATES Martin K.

73 Titulaire(s) : Rolls-Royce plc Société de droit étranger.

74 Mandataire(s) : NOVAGRAAF TECHNOLOGIES.

54 Viscosité du carburant.

57 Viscosité du carburant
Un procédé (14000) de fonctionnement d'un moteur à
turbine à gaz (10) est décrit, le moteur à turbine à gaz com-
prenant un noyau de moteur (11) comprenant une turbine,
un compresseur (14, 15), une chambre de combustion (16)
agencée pour brûler un carburant, et un arbre central reliant
la turbine au compresseur (14, 15); une soufflante située
en amont du noyau de moteur (11); un arbre de
soufflante (42); une boîte d'engrenages (30) qui reçoit une
entrée provenant de l'arbre central et délivre en sortie un en-
traînement à la soufflante par l'intermédiaire de l'arbre de
soufflante (42); un système à boucle d'huile
primaire (2000) agencé pour fournir de l'huile à la boîte
d'engrenages (30); et un système d'échange de chaleur.
Le système d'échange de chaleur comprend un échangeur
de chaleur air-huile (2020) à travers lequel s'écoule de
l'huile dans le système à boucle d'huile primaire (2000); et
un échangeur de chaleur carburant-huile à travers lequel
l'huile dans le système à boucle d'huile primaire (2000) et
le carburant s'écoulent de telle sorte que la chaleur est
transférée entre l'huile et le carburant, et dans lequel le sys-
tème à boucle d'huile primaire (2000) se ramifie de telle
sorte qu'une proportion de l'huile peut s'écouler le long de
chaque branche et les échangeurs de chaleur air-huile et

carburant-huile sont agencés dans une configuration paral-
lèle sur différentes branches du système à boucle d'huile
primaire (2000); et une soupape de modulation (2016)
agencée pour permettre de faire varier la proportion d'huile
envoyée par l'intermédiaire de chaque branche. Le procédé
comprend la commande (14200) du système d'échange de
chaleur de façon à ajuster la viscosité de carburant pour être
inférieure ou égale à 0,58 mm²/s à l'entrée de la chambre
de combustion (16) dans des conditions de croisière.

Figure pour l'abrégé : Figure 9



Description

Titre de l'invention : Viscosité du carburant

- [0001] La présente description se rapporte à des systèmes de propulsions d'aéronef, ainsi que des procédés de fonctionnement d'aéronefs impliquant la gestion de fluides différents et le transfert de chaleur entre eux, et en particulier la gestion de propriétés de carburant à l'entrée dans la chambre de combustion.
- [0002] Il existe une attente dans l'industrie aéronautique concernant une tendance à l'utilisation de carburants différents des carburants à base de kérosène traditionnels généralement utilisés actuellement. Les carburants peuvent présenter des caractéristiques de carburant différentes par rapport aux carburants hydrocarbonés à base de pétrole.
- [0003] Ainsi, il existe un besoin de tenir compte de propriétés de carburant pour ces nouveaux carburants et d'ajuster les procédés de fonctionnement des moteurs à turbine à gaz.
- [0004] Selon un premier aspect, un procédé de fonctionnement d'un moteur à turbine à gaz est fourni, le moteur à turbine à gaz comprenant :
- [0005] un noyau de moteur comprenant une turbine, un compresseur, une chambre de combustion agencée pour brûler un carburant, et un arbre central reliant la turbine au compresseur ;
- [0006] une soufflante située en amont du noyau de moteur ;
- [0007] un arbre de soufflante ;
- [0008] une boîte d'engrenages qui reçoit une entrée depuis l'arbre central et délivre en sortie un entraînement à la soufflante par l'intermédiaire de l'arbre de soufflante ;
- [0009] un système à boucle d'huile primaire agencé pour fournir de l'huile à la boîte d'engrenages ; et
- [0010] un système d'échange de chaleur comprenant :
- [0011] un échangeur de chaleur air-huile à travers lequel l'huile dans le système à boucle d'huile primaire s'écoule ; et
- [0012] un échangeur de chaleur carburant-huile à travers lequel l'huile dans le système à boucle d'huile primaire et le carburant s'écoulent de telle sorte que la chaleur est transférée entre l'huile et le carburant, et dans lequel le système à boucle d'huile primaire se ramifie de telle sorte qu'une proportion de l'huile peut s'écouler le long de chaque branche et les échangeurs de chaleur air-huile et carburant-huile sont agencés dans une configuration parallèle sur différentes branches du système à boucle d'huile primaire ; et
- [0013] une soupape de modulation agencée pour permettre à la proportion d'huile envoyée par l'intermédiaire de chaque branche, et donc par l'intermédiaire de chaque échangeur de chaleur, d'être variée ;

- [0014] dans lequel le procédé comprend la commande du système d'échange de chaleur de manière à élever la température de carburant à au moins 135 °C à l'entrée de la chambre de combustion aux conditions de croisière
- [0015] Les inventeurs étaient conscients que l'utilisation de carburants différents des carburants à base de kérosène traditionnels, tels que des carburants d'aviation durable, peut conduire à des propriétés de carburant différentes, et que les paramètres aux conditions de croisière peuvent être ajustés pour utiliser les différentes propriétés de carburant. En particulier, certains carburants peuvent être chauffés à des températures plus élevées dans un ou plusieurs échangeurs de chaleur carburant-huile que les carburants traditionnels, sans augmenter significativement la cokéfaction. Cela peut améliorer l'efficacité de la combustion du carburant. Des températures de carburant plus élevées à l'entrée de la chambre de combustion peuvent permettre un procédé fournissant un refroidissement d'huile amélioré (car le carburant est en mesure d'absorber plus de chaleur) et/ou un rendement amélioré de combustion de carburant. Par exemple, la viscosité de carburant affecte la manière dont le carburant est délivré dans et enflammé par la chambre de combustion. La viscosité peut affecter la taille des gouttelettes à partir de tuyères de pulvérisation de carburant, ce qui peut à son tour impacter l'efficacité de combustion. La prise en compte de la viscosité de carburant lors de la distribution de carburant à la chambre de combustion, et la commande de manière appropriée en faisant varier l'apport de chaleur, peuvent donc fournir une combustion de carburant plus efficace, améliorant les performances de l'aéronef
- [0016] L'utilisation du carburant pour absorber plus de chaleur de l'huile, plutôt que de s'appuyer sur le transfert de chaleur de l'huile vers l'environnement/air (par exemple, dans un échangeur de chaleur air-huile) peut également fournir un moteur à plus performant thermiquement. Cela peut améliorer le refroidissement de l'huile avant son retour au reste du moteur à turbine. En outre, le refroidissement amélioré de l'huile peut à son tour améliorer l'effet de refroidissement de l'huile sur les composants du moteur à travers lequel elle s'écoule, permettant par exemple un débit d'huile plus faible pour fournir le même effet de refroidissement.
- [0017] L'échangeur de chaleur air-huile peut aider à éliminer la chaleur excédentaire de l'huile du système à boucle d'huile primaire qui n'est pas transférée au carburant. Cela peut permettre un refroidissement ultérieur de l'huile au-delà du transfert de chaleur de l'huile vers le carburant dans l'échangeur de chaleur carburant-huile.
- [0018] L'écoulement de carburant à travers l'échangeur de chaleur carburant-huile, et/ou une ou plusieurs autres propriétés du système d'échange de chaleur, tel que l'écoulement d'huile et/ou la proportion d'huile ou de carburant remise en circulation à travers un échangeur de chaleur ou contournant un échangeur de chaleur, peut être commandé de manière à élever la température de carburant entre 135 °C et 170 °C à

l'entrée dans la chambre de combustion aux conditions de croisière.

- [0019] La température de carburant peut être élevée à au moins 140 °C à l'entrée de la chambre de combustion aux conditions de croisière. La température de carburant peut être élevée à au moins 150 °C, 170 °C, ou 190 °C à l'entrée de la chambre de combustion aux conditions de croisière.
- [0020] La température de carburant peut être élevée à entre 135 et 150 °C, 135 et 160 °C, 135 et 170 °C, 135 et 180 °C, 135 et 190 °C, ou 135 et 200 °C à l'entrée de la chambre de combustion aux conditions de croisière. Le système d'échange de chaleur peut être commandé (par exemple, en contrôlant l'écoulement de carburant) de façon à élever la température de carburant à une moyenne d'au moins 140 °C, 150 °C, 160 °C, 170 °C, 180 °C, 190 °C ou 200 °C à l'entrée dans la chambre de combustion aux conditions de croisière.
- [0021] Les températures de carburant à l'entrée de la chambre de combustion aux conditions de croisière peuvent être définies en tant que moyenne sur au moins 5 minutes, et éventuellement pendant dix minutes, en conditions de croisière à régime stationnaire. Ces températures moyennes ne comportent pas de pics transitoires de température, qui peuvent être définis comme des fluctuations de température du carburant en fonctionnement, souvent une élévation de la température. Chaque fluctuation peut ne pas durer plus de 5 minutes. Une température de carburant d'au moins 135 °C à l'entrée de la chambre de combustion aux conditions de croisière nécessite donc que la température de carburant reste à 135 °C ou plus pendant une période de temps, et un pic transitoire à une température supérieure à 135 °C n'est pas suffisant.
- [0022] Les deux branches ou plus du système à boucle d'huile primaire peuvent se rejoindre après le système d'échangeur de chaleur, de telle sorte que l'huile se recombine après transfert de chaleur depuis l'huile.
- [0023] La soupape de modulation permet de faire varier la quantité de chaleur transférée à partir de l'huile par les échangeurs de chaleur air-huile et carburant-huile. Le niveau d'écoulement d'huile (et donc le transfert de chaleur de l'huile vers l'air ou le carburant) peut être modifié en fonction de la température du carburant sortant de l'échangeur de chaleur carburant-huile primaire, ou entrant dans la chambre de combustion, et ainsi permettre la commande de la température de carburant au sein d'une limite supérieure et inférieure définie. Cela peut aider à assurer un rendement amélioré du moteur à turbine (par exemple, en élevant la température de carburant) sans risquer d'endommager inutilement une pompe à carburant ou d'autres composants en aval de l'échangeur de chaleur carburant-huile en utilisant une température trop élevée pour la durabilité dudit composant. La température maximale réduite à laquelle le composant est exposé peut réduire le fluage, l'endommagement thermique des caractéristiques du composant tel que des joints d'étanchéité, et/ou réduire les dommages

sur le cyclage résultant de différentes dilatations thermiques de caractéristiques différentes du composant, prolongeant ainsi la durée de vie et/ou améliorant les performances pour un âge donné du composant.

- [0024] La soupape de modulation peut être agencée pour dévier une partie fixe de l'écoulement d'huile vers chacun de l'échangeur de chaleur carburant-huile et l'échangeur de chaleur air-huile lors du fonctionnement du moteur. Alternativement, la soupape de modulation peut être agencée pour dévier une partie variable de l'écoulement d'huile vers chacun de l'échangeur de chaleur carburant-huile et de l'échangeur de chaleur air-huile lors du fonctionnement du moteur. La soupape de modulation peut être commandée activement pour faire varier la proportion d'huile envoyée par l'intermédiaire de chaque échangeur de chaleur. Cette commande active peut être fonction d'un ou plusieurs paramètres de fonctionnement, tels que la température de carburant et/ou de l'huile ou le pouvoir calorifique du carburant. La commande active peut être automatisée et mise en œuvre par un dispositif de commande du système d'échange de chaleur.
- [0025] Le moteur à turbine à gaz peut comprendre en outre un générateur d'entraînement intégré et un système à boucle d'huile secondaire agencé pour fournir de l'huile au générateur d'entraînement intégré. Le système d'échange de chaleur peut comprendre en outre un échangeur de chaleur carburant-huile secondaire agencé pour recevoir le carburant et l'huile du système à boucle d'huile secondaire. Le procédé peut comprendre le transfert de chaleur entre l'huile provenant du système à boucle d'huile secondaire et le carburant en utilisant l'échangeur de chaleur carburant-huile secondaire. L'échangeur de chaleur carburant-huile secondaire peut être dénommé échangeur de chaleur secondaire pour des raisons de concision.
- [0026] L'échangeur de chaleur carburant-huile à travers lequel s'écoule de l'huile du système à boucle d'huile primaire peut être dénommé échangeur de chaleur carburant-huile primaire. L'échangeur de chaleur carburant-huile primaire peut être dénommé échangeur de chaleur primaire pour des raisons de concision. Le carburant peut s'écouler à travers l'échangeur de chaleur carburant-huile secondaire avant l'écoulement à travers l'échangeur de chaleur carburant-huile primaire, de telle sorte que de la chaleur est transférée de l'huile dans le système à boucle d'huile secondaire au carburant avant que de la chaleur soit transférée de l'huile dans le système à boucle d'huile primaire au carburant.
- [0027] L'étape de commande du système d'échange de chaleur de manière à élever la température du carburant peut comprendre l'ajustement d'une quantité de carburant envoyée à travers au moins l'un de l'échangeur de chaleur carburant-huile primaire et de l'échangeur de chaleur carburant-huile secondaire (par opposition au contournement de l'échangeur de chaleur respectif).

- [0028] Le système d'échange de chaleur peut comprendre au moins une conduite de contournement agencée pour permettre au carburant (ou à l'huile) de contourner un échangeur de chaleur, ou de multiples échangeurs de chaleur, du système d'échange de chaleur. Le procédé peut comprendre l'ajustement de la quantité de carburant (ou d'huile) envoyée à travers la conduite de contournement en fonction de la température de carburant.
- [0029] La commande du système d'échange de chaleur de manière à élever la température de carburant peut donc comprendre la commande d'écoulement d'huile à travers le ou les échangeurs de chaleur et/ou la commande d'écoulement de carburant à travers les un ou plusieurs échangeurs de chaleur.
- [0030] Selon un deuxième aspect, on fournit un moteur à turbine à gaz pour un aéronef, comprenant :
- [0031] un noyau de moteur comprenant une turbine, un compresseur, une chambre de combustion agencée pour brûler un carburant, et un arbre central reliant la turbine au compresseur ;
- [0032] une soufflante située en amont du noyau de moteur, la soufflante comprenant une pluralité d'aubes de soufflante ;
- [0033] une boîte d'engrenages qui est agencée pour recevoir une entrée depuis l'arbre central et délivrer en sortie un entraînement à la soufflante de façon à entraîner la soufflante à une vitesse de rotation plus basse que l'arbre central ; et
- [0034] un système à boucle d'huile primaire agencé pour fournir de l'huile à la boîte d'engrenages ; et
- [0035] un système d'échange de chaleur comprenant :
- [0036] un échangeur de chaleur air-huile à travers lequel l'huile dans le système à boucle d'huile primaire s'écoule ; et
- [0037] un échangeur de chaleur carburant-huile à travers lequel l'huile dans le système à boucle d'huile primaire et le carburant s'écoulent de telle sorte que la chaleur est transférée entre l'huile et le carburant, et dans lequel le système à boucle d'huile primaire se ramifie de telle sorte qu'une proportion de l'huile peut s'écouler le long de chaque branche et les échangeurs de chaleur air-huile et carburant-huile sont agencés dans une configuration parallèle sur différentes branches du système à boucle d'huile primaire ; et
- [0038] une soupape de modulation agencée pour permettre de faire varier la proportion d'huile envoyée par l'intermédiaire de chaque branche, dans lequel :
- [0039] le système d'échange de chaleur est agencé pour élever la température de carburant à une moyenne d'au moins 135 °C à l'entrée de la chambre de combustion dans des conditions de croisière
- [0040] Le moteur à turbine à gaz peut comprendre en outre un boîtier d'entraînement

d'accessoires et un arbre de pompe, dans lequel le un boîtier d'entraînement d'accessoires reçoit une entrée provenant de l'arbre central et délivre en sortie un entraînement à la pompe à carburant par l'intermédiaire de l'arbre de pompe. La vitesse de pompe peut donc être liée à la vitesse de rotation de l'arbre central, et peut présenter, au moyen de la boîte d'engrenages, une relation de vitesse fixe entre l'arbre central (ou dans certaines architectures de moteur, un autre arbre intermédiaire) et la pompe à carburant. Dans certaines mises en œuvre, le boîtier d'entraînement d'accessoires peut plutôt être agencé pour fournir un nombre fixe de vitesses différentes pour une vitesse d'arbre central donnée. La remise en circulation de carburant peut permettre une plus grande variété de débits de carburant dans la chambre de combustion pour le nombre donné de vitesses de pompe disponibles à une certaine vitesse d'arbre. La remise en circulation de carburant peut permettre de multiples débits de carburant différents dans la chambre de combustion à une vitesse d'arbre central donnée dans des mises en œuvre dans lesquelles il y a une seule relation de vitesse fixe entre l'arbre central et la pompe à carburant.

- [0041] Il est envisagé que toutes les caractéristiques décrites pour le premier aspect puissent également s'appliquer au deuxième aspect.
- [0042] Selon un troisième aspect, un procédé de fonctionnement d'un moteur à turbine à gaz est fourni, le moteur à turbine à gaz comprenant :
- [0043] un noyau de moteur comprenant une turbine, un compresseur, une chambre de combustion agencée pour brûler un carburant, et un arbre central reliant la turbine au compresseur ;
- [0044] une soufflante située en amont du noyau de moteur ;
- [0045] un arbre de soufflante ;
- [0046] une boîte d'engrenages qui reçoit une entrée depuis l'arbre central et délivre en sortie un entraînement à la soufflante par l'intermédiaire de l'arbre de soufflante ;
- [0047] un système à boucle d'huile primaire agencé pour fournir de l'huile à la boîte d'engrenages ; et
- [0048] un système d'échange de chaleur comprenant :
- [0049] un échangeur de chaleur air-huile à travers lequel l'huile dans le système à boucle d'huile primaire s'écoule ; et
- [0050] un échangeur de chaleur carburant-huile à travers lequel l'huile dans le système à boucle d'huile primaire et le carburant s'écoulent de telle sorte que la chaleur est transférée entre l'huile et le carburant, et dans lequel le système à boucle d'huile primaire se ramifie de telle sorte qu'une proportion de l'huile peut s'écouler le long de chaque branche et les échangeurs de chaleur air-huile et carburant-huile sont agencés dans une configuration parallèle sur différentes branches du système à boucle d'huile primaire ; et

- [0051] une soupape de modulation agencée pour permettre de faire varier la proportion d'huile envoyée par l'intermédiaire de chaque branche ;
- [0052] dans lequel le procédé comprend le transfert de entre 200 et 600 kJ/m³ de chaleur à partir de l'huile au carburant dans le système d'échange de chaleur dans des conditions de croisière.
- [0053] Comme le transfert de chaleur est mesuré par unité de volume de carburant, cela peut être considéré comme un taux de transfert de chaleur normalisé pour les variations de débit de carburant dans des conditions de croisière.
- [0054] On aura à l'esprit que le transfert de chaleur en utilisant l'échangeur de chaleur doit être complété avant/lorsque le carburant atteint la chambre de combustion, de sorte que le procédé peut être décrit comme comprenant l'utilisation du système d'échange de chaleur pour transférer entre 200 et 600 kJ/m³ de la chaleur de l'huile au carburant aux conditions de croisière, avant que le carburant atteigne la chambre de combustion. N'importe quelle augmentation de température supplémentaire dans la chambre de combustion elle-même est due à la combustion, non pas au système d'échange de chaleur. La quantité de chaleur transférée au carburant peut donc être calculée en fonction d'une température de carburant à l'approche ou l'entrée dans la chambre de combustion par comparaison avec une température de carburant dans un réservoir de carburant de l'aéronef. On aura à l'esprit que le transfert de chaleur est noté par unité de volume (m³) de carburant atteignant la chambre de combustion de manière à ajuster le débit de carburant et toute remise en circulation à travers un ou plusieurs échangeurs de chaleur ou contournement d'un ou plusieurs échangeurs de chaleur comme décrit ci-dessous. La quantité de chaleur transférée au carburant peut donc être calculée en fonction d'une température de carburant à l'approche ou l'entrée dans la chambre de combustion par comparaison avec une température de carburant dans un réservoir de carburant de l'aéronef. Dans la plupart des mises en œuvre, on peut supposer que toute élévation de température du carburant due aux autres composants du moteur (par opposition à un transfert de chaleur provenant de l'huile) est minimale.
- [0055] Les inventeurs étaient conscients que l'utilisation de carburants différents des carburants à base de kérosène traditionnels, tels que des carburants d'aviation durable, peut conduire à des propriétés de carburant différentes, et que les paramètres aux conditions de croisière peuvent être ajustés pour utiliser les différentes propriétés de carburant. Par exemple, certains carburants peuvent avoir une stabilité thermique supérieure et/ou une capacité de chaleur supérieure, ce qui permet un transfert de chaleur accru vers le carburant et/ou une température de fonctionnement plus élevée. En particulier, une plus grande quantité de chaleur peut être transférée de l'huile au carburant dans l'échangeur de chaleur carburant-huile dans certaines mises en œuvre. Cela peut améliorer le refroidissement de l'huile avant son retour au reste du moteur à turbine,

fournir un moteur plus performant thermiquement avec une perte d'énergie thermique réduite à l'environnement. Cela améliore à son tour l'effet de refroidissement de l'huile sur les composants du moteur à travers lesquels elle s'écoule.

- [0056] Le système d'échange de chaleur peut être commandé de manière à transférer entre 300 et 500 kJ/m³ de chaleur au carburant à partir de l'huile aux conditions de croisière.
- [0057] Le système d'échange de chaleur peut être commandé de manière à transférer entre 350 et 450 kJ/m³ de la chaleur au carburant à partir de l'huile aux conditions de croisière.
- [0058] Le système d'échange de chaleur peut être commandé de manière à transférer entre 250 et 550 kJ/m³, 250 et 450 kJ/m³, 300 et 450 kJ/m³, 300 et 400 kJ/m³, 350 et 400 kJ/m³, 400 et 450 kJ/m³, 400 et 500 kJ/m³ de la chaleur au carburant à partir de l'huile dans des conditions de croisière.
- [0059] Au moins 50 % de la chaleur transférée à l'écart de l'huile du système à boucle primaire peut être transférée au carburant par l'échangeur de chaleur carburant-huile. Environ 60 % de la chaleur transférée de l'huile du système à boucle primaire peut être transférée au carburant par l'échangeur de chaleur carburant-huile. Le reste de la chaleur transférée de l'huile peut être transféré dans l'échangeur de chaleur air-huile ou perdu à l'environnement, ou dans un autre échangeur de chaleur, tel qu'un échangeur de chaleur huile-huile.
- [0060] Comme décrit par rapport aux aspects antérieurs, un ou plusieurs paramètres du système d'échange de chaleur peuvent être ajustés pour obtenir le transfert de chaleur souhaité – par exemple, un écoulement d'huile, et/ou un écoulement de carburant à travers chaque échangeur de chaleur, et/ou la quantité de remise en circulation.
- [0061] Selon un quatrième aspect, un moteur à turbine à gaz pour un aéronef est fourni, comprenant :
- [0062] un noyau de moteur comprenant une turbine, un compresseur, une chambre de combustion agencée pour brûler un carburant, et un arbre central reliant la turbine au compresseur ;
- [0063] une soufflante située en amont du noyau de moteur, la soufflante comprenant une pluralité d'aubes de soufflante ;
- [0064] une boîte d'engrenages qui est agencée pour recevoir une entrée depuis l'arbre central et délivrer en sortie un entraînement à la soufflante de façon à entraîner la soufflante à une vitesse de rotation plus basse que l'arbre central ; et
- [0065] un système à boucle d'huile primaire agencé pour fournir de l'huile à la boîte d'engrenages ; et
- [0066] un système d'échange de chaleur comprenant :
- [0067] un échangeur de chaleur air-huile à travers lequel l'huile dans le système à boucle

- d'huile primaire s'écoule ; et
- [0068] un échangeur de chaleur carburant-huile à travers lequel l'huile dans le système à boucle d'huile primaire et le carburant s'écoulent de telle sorte que la chaleur est transférée entre l'huile et le carburant, et dans lequel le système à boucle d'huile primaire se ramifie de telle sorte qu'une proportion de l'huile peut s'écouler le long de chaque branche et les échangeurs de chaleur air-huile et carburant-huile sont agencés dans une configuration parallèle sur différentes branches du système à boucle d'huile primaire ; et
- [0069] une soupape de modulation agencée pour permettre de faire varier la proportion d'huile envoyée par l'intermédiaire de chaque branche, dans lequel :
- [0070] le système d'échange de chaleur est agencé pour transférer entre 200 et 600 kJ/m³ de la chaleur de l'huile au carburant (avant que le carburant atteigne la chambre de combustion) aux conditions de croisière.
- [0071] Il est envisagé que toutes les caractéristiques décrites pour le troisième aspect puissent également s'appliquer au quatrième aspect.
- [0072] En outre, n'importe quelle caractéristique ou toutes les caractéristiques des premier et deuxième aspects peuvent être utilisées conjointement avec celles des troisième et quatrième aspects.
- [0073] Selon un cinquième aspect, un procédé de fonctionnement d'un moteur à turbine à gaz est fourni, le moteur à turbine à gaz comprenant :
- [0074] un noyau de moteur comprenant une turbine, un compresseur, une chambre de combustion agencée pour brûler un carburant, et un arbre central reliant la turbine au compresseur ;
- [0075] une soufflante située en amont du noyau de moteur ;
- [0076] un arbre de soufflante ;
- [0077] une boîte d'engrenages qui reçoit une entrée depuis l'arbre central et délivre en sortie un entraînement à la soufflante par l'intermédiaire de l'arbre de soufflante ;
- [0078] un système à boucle d'huile primaire agencé pour fournir de l'huile à la boîte d'engrenages ; et
- [0079] un système d'échange de chaleur comprenant :
- [0080] un échangeur de chaleur air-huile à travers lequel l'huile dans le système à boucle d'huile primaire s'écoule ; et
- [0081] un échangeur de chaleur carburant-huile à travers lequel l'huile dans le système à boucle d'huile primaire et le carburant s'écoulent de telle sorte que la chaleur est transférée entre l'huile et le carburant, et dans lequel le système à boucle d'huile primaire se ramifie de telle sorte qu'une proportion de l'huile peut s'écouler le long de chaque branche et les échangeurs de chaleur air-huile et carburant-huile sont agencés dans une configuration parallèle sur différentes branches du système à boucle

d'huile primaire ; et

[0082] une soupape de modulation agencée pour permettre de faire varier la proportion d'huile envoyée par l'intermédiaire de chaque branche ;

[0083] dans lequel le procédé comprend la commande du système d'échange de chaleur de manière à ajuster la viscosité de carburant à un maximum de 0,58 mm²/s (à savoir inférieure ou égale à 0,58 cSt) à l'entrée de la chambre de combustion aux conditions de croisière.

[0084] Le réglage de la viscosité du carburant peut se faire par chauffage du carburant.

[0085] La viscosité de carburant entrant dans la chambre de combustion aux conditions de croisière est donc abaissée à une valeur inférieure ou égale à 0,58 mm²/s.

[0086] Les inventeurs étaient conscients que la viscosité de carburant a un effet sur la manière dont le carburant est distribué et enflammé dans la chambre de combustion (par exemple, une taille de gouttelette des tuyères de pulvérisation de carburant, qui peut impacter le rendement de combustion). La prise en compte de la viscosité de carburant lors de la distribution de carburant à la chambre de combustion, et la commande de manière appropriée en faisant varier l'apport de chaleur, peuvent donc fournir une combustion de carburant plus efficace, améliorant les performances de l'aéronef.

[0087] On aura à l'esprit que l'abaissement de la viscosité trop excessif peut dégrader une efficacité de combustion et/ou avoir une influence préjudiciable sur la lubrification des composants du moteur (par exemple, des paliers de pompe) par le carburant. En outre, une faible viscosité de carburant peut augmenter les fuites laminaires au sein de certains composants. On peut donc également choisir une viscosité minimale. Par exemple, le procédé peut comprendre la commande du système d'échange de chaleur de telle sorte que la viscosité de carburant reste supérieure à 0,2 mm²/s, 0,25 mm²/s, 0,3 mm²/s, 0,35 mm²/s, ou 0,4 mm²/s à l'entrée dans la chambre de combustion aux conditions de croisière.

[0088] Les inventeurs sont conscients que, notamment avec l'utilisation de carburants différents des carburants à base de kérosène traditionnels, tels que des carburants d'aviation durable, des propriétés de carburant aux conditions de croisière peuvent être commandées par gestion soigneuse des moteurs afin d'améliorer les performances. Dans ce cas, une viscosité plus faible peut être obtenue, ce qui peut affecter l'efficacité de la combustion, notamment par rapport à la performance de pulvérisation de la tuyère de carburant au sein de la chambre de combustion. La performance de pulvérisation de tuyère de carburant affecte l'efficacité de combustion du carburant. Une viscosité plus faible du carburant aux conditions de croisière peut être plus propice à un moteur plus efficace. Le débit de carburant peut être optimisé pour améliorer le rendement du moteur à turbine, auquel la plus faible viscosité dudit carburant peut

contribuer. Par exemple, la viscosité de carburant affecte la manière dont le carburant est délivré dans et enflammé par la chambre de combustion. La viscosité peut affecter la taille des gouttelettes à partir de tuyères de pulvérisation de carburant, ce qui peut à son tour impacter l'efficacité de combustion. La prise en compte de la viscosité de carburant lors de la distribution de carburant à la chambre de combustion, et la commande de manière appropriée en faisant varier l'apport de chaleur, peuvent donc fournir une combustion de carburant plus efficace, améliorant les performances de l'aéronef.

- [0089] Le système d'échange de chaleur peut être commandé de manière à ajuster la viscosité de carburant entre 0,35 mm²/s et 0,53 mm²/s à l'entrée dans la chambre de combustion aux conditions de croisière.
- [0090] Le système d'échange de chaleur peut être commandé de manière à ajuster la viscosité de carburant entre 0,40 mm²/s et 0,48 mm²/s à l'entrée dans la chambre de combustion aux conditions de croisière.
- [0091] Le système d'échange de chaleur peut être commandé de manière à ajuster la viscosité de carburant à moins de 0,50 mm²/s à l'entrée dans la chambre de combustion aux conditions de croisière. Le système d'échange de chaleur peut être commandé de manière à ajuster la viscosité de carburant à moins de 0,48 mm²/s à l'entrée dans la chambre de combustion aux conditions de croisière. Le système d'échange de chaleur peut être commandé de manière à ajuster la viscosité de carburant à moins de 0,46 mm²/s, inférieure à 0,44 mm²/s, ou inférieure à 0,42 mm²/s à l'entrée dans la chambre de combustion aux conditions de croisière.
- [0092] Le procédé peut comprendre le transfert de chaleur au carburant à partir de l'huile avant que le carburant entre dans la chambre de combustion de façon à abaisser la viscosité de carburant à entre 0,58 mm²/s et 0,30 mm²/s à l'entrée dans la chambre de combustion aux conditions de croisière.
- [0093] Le procédé peut comprendre le transfert de chaleur au carburant à partir de l'huile avant que le carburant entre dans la chambre de combustion de façon à abaisser la viscosité de carburant à entre 0,50 mm²/s et 0,35 mm²/s, ou entre 0,48 mm²/s et 0,40 mm²/s, ou entre 0,44 mm²/s et 0,42 mm²/s à l'entrée dans la chambre de combustion aux conditions de croisière.
- [0094] Le procédé peut comprendre le transfert de chaleur au carburant à partir de l'huile avant que le carburant entre dans la chambre de combustion de façon à abaisser la viscosité de carburant à un maximum de 0,57, 0,56, 0,55, 0,54, 0,53, 0,52, 0,51, 0,50, 0,49, 0,48, 0,47, 0,46, 0,45, 0,44, 0,43, 0,42, 0,41, 0,40, 0,39, 0,38, 0,37, 0,36, 0,35, 0,34, 0,33, 0,32, 0,31 ou 0,30 mm²/s ou moins à l'entrée dans la chambre de combustion aux conditions de croisière.
- [0095] L'échangeur de chaleur carburant-huile sur le système à boucle d'huile primaire peut

être dénommé échangeur de chaleur carburant-huile primaire.

- [0096] Comme décrit par rapport aux aspects antérieurs, un ou plusieurs paramètres du système d'échange de chaleur peuvent être ajustés pour obtenir la viscosité souhaitée – par exemple, un écoulement d'huile, et/ou un écoulement de carburant à travers chaque échangeur de chaleur, et/ou la quantité de remise en circulation.
- [0097] Par exemple, la commande du système d'échange de chaleur de manière à ajuster la viscosité de carburant peut comprendre l'ajustement d'une quantité de carburant envoyée à travers au moins l'un de l'échangeur de chaleur carburant-huile primaire et d'un échangeur de chaleur carburant-huile secondaire tel que décrit ci-dessous, lorsqu'il est présent (par opposition au contournement de cet échangeur de chaleur).
- [0098] Le système d'échange de chaleur peut comprendre au moins une conduite de contournement agencée pour permettre au carburant (ou à l'huile) de contourner au moins un échangeur de chaleur du système d'échange de chaleur. La commande du système d'échange de chaleur de manière à ajuster la viscosité de carburant peut comprendre l'ajustement de la quantité de carburant (ou d'huile) envoyée à travers la conduite de contournement au lieu de travers l'échangeur de chaleur.
- [0099] Le système d'échange de chaleur peut comprendre au moins une conduite de remise en circulation agencée pour prélever du carburant qui a déjà traversé un échangeur de chaleur donné du système d'échange de chaleur en retour vers une entrée de cet échangeur de chaleur. La commande du système d'échange de chaleur de manière à ajuster la viscosité de carburant peut comprendre l'ajustement de la quantité de carburant envoyée à travers la conduite de remise en circulation.
- [0100] Le système d'échange de chaleur peut comprendre une ou plusieurs pompes, soupapes, conduites de remise en circulation, et/ou conduites de contournement pour permettre de commander des écoulements d'huile et/ou de carburant à travers et autour des échangeurs de chaleur de manière à adapter le transfert de chaleur, et ainsi ajuster la viscosité.
- [0101] Selon un sixième aspect, on fournit un moteur à turbine à gaz pour un aéronef comprenant :
- [0102] un noyau de moteur comprenant une turbine, un compresseur, une chambre de combustion agencée pour brûler un carburant, et un arbre central reliant la turbine au compresseur ;
- [0103] une soufflante située en amont du noyau de moteur, la soufflante comprenant une pluralité d'aubes de soufflante ;
- [0104] une boîte d'engrenages qui est agencée pour recevoir une entrée depuis l'arbre central et délivrer en sortie un entraînement à la soufflante de façon à entraîner la soufflante à une vitesse de rotation plus basse que l'arbre central ; et
- [0105] un système à boucle d'huile primaire agencé pour fournir de l'huile à la boîte

- d'engrenages ; et
- [0106] un système d' échange de chaleur comprenant :
 - [0107] un échangeur de chaleur air-huile à travers lequel l' huile dans le système à boucle d' huile primaire s'écoule ; et
 - [0108] un échangeur de chaleur carburant-huile à travers lequel l'huile dans le système à boucle d' huile primaire et le carburant s'écoulent de telle sorte que la chaleur est transférée entre l' huile et le carburant, et dans lequel le système à boucle d' huile primaire se ramifie de telle sorte qu' une proportion de l' huile peut s' écouler le long de chaque branche et les échangeurs de chaleur air-huile et carburant-huile sont agencés dans une configuration parallèle sur différentes branches du système à boucle d' huile primaire ; et
 - [0109] une soupape de modulation agencée pour permettre de faire varier la proportion d' huile envoyée par l'intermédiaire de chaque échangeur de chaleur, dans lequel :
 - [0110] le système d' échange de chaleur est agencé pour ajuster la viscosité de carburant à un maximum de 0,58 mm²/s à l'entrée dans la chambre de combustion aux conditions de croisière.
 - [0111] Il est envisagé que toutes les caractéristiques décrites pour le cinquième aspect puissent également s'appliquer au sixième aspect.
 - [0112] En outre, n'importe quelle caractéristique ou toutes les caractéristiques des premier à quatrième aspects peuvent être utilisées conjointement avec celles des cinquième et sixième aspects.
 - [0113] Dans n'importe quel ou tous les aspects ci-dessus, le moteur à turbine à gaz peut comprendre en outre :
 - [0114] un générateur d'entraînement intégré ; et
 - [0115] un système à boucle d' huile secondaire agencé pour fournir de l' huile au générateur d' entraînement intégré.
 - [0116] Le système d'échange de chaleur peut comprendre un échangeur de chaleur huile-huile agencé pour transférer la chaleur entre l'huile du système à boucle primaire et l'huile du système à boucle secondaire.
 - [0117] L'huile du système à boucle d'huile primaire peut être physiquement séparée de l'huile du système à boucle d'huile secondaire ; en tant que tels les systèmes à boucle d'huile primaire et secondaire peuvent être des boucles fermées distinctes, séparées. En tant que tel, le système à boucle d'huile primaire peut être dénommé système d'huile à boucle fermée primaire et le système à boucle d'huile secondaire peut être dénommé système d'huile à boucle fermée secondaire. L'huile du système à boucle d'huile primaire peut être ou non chimiquement similaire, ou identique, à l'huile du système à boucle d'huile secondaire. C'est-à-dire que les systèmes à boucles d'huile primaire et secondaire peuvent être isolés fluidiquement de telle sorte que l'huile ne se mélange

jamais entre les deux, et l'huile en chacune peut être chimiquement distincte et/ou peut être pompée à un débit différent.

- [0118] L'échangeur de chaleur huile-huile peut être positionné en aval de l'un ou des deux échangeurs de chaleur air-huile et carburant-huile du système à boucle d'huile primaire. Le système à boucle d'huile primaire peut comprendre deux branches à travers lesquelles s'écoule d'huile, pour fournir la configuration d'échangeur de chaleur parallèle décrite ci-dessus, et l'échangeur de chaleur huile-huile peut être sur la même branche que l'échangeur de chaleur air-huile (à savoir en parallèle avec l'échangeur de chaleur carburant-huile).
- [0119] Dans des mises en œuvre avec un système à boucle d'huile secondaire, les un ou plusieurs échangeurs de chaleur du système d'échange de chaleur peuvent en outre comprendre un échangeur de chaleur carburant-huile secondaire agencé pour recevoir le carburant et l'huile provenant du système d'huile secondaire. La chaleur peut être transférée entre l'huile du système d'huile secondaire et le carburant en utilisant l'échangeur de chaleur carburant-huile secondaire. L'échangeur de chaleur carburant-huile secondaire peut être dénommé échangeur de chaleur de générateur d'entraînement intégré (IDG).
- [0120] L'échangeur de chaleur carburant-huile à travers lequel s'écoule de l'huile du système à boucle d'huile primaire peut être dénommé échangeur de chaleur carburant-huile primaire. Le carburant peut s'écouler à travers l'échangeur de chaleur carburant-huile secondaire avant l'écoulement à travers l'échangeur de chaleur carburant-huile primaire, de telle sorte que de la chaleur est transférée de l'huile dans le système d'huile secondaire au carburant avant que de la chaleur soit transférée de l'huile dans le système d'huile primaire au carburant.
- [0121] La commande du système d'échange de chaleur de manière à élever la température de carburant ou à affecter d'autres paramètres peut en outre ou en variante comprendre l'ajustement d'une quantité de carburant envoyée à travers l'échangeur de chaleur carburant-huile primaire et l'échangeur de chaleur carburant-huile secondaire. Ce réglage peut comprendre l'ajustement de la proportion de carburant envoyée vers le bas d'une conduite de contournement passant l'échangeur de chaleur respectif, plutôt que d'être envoyée à travers l'échangeur de chaleur. Alternativement ou en complément, cet ajustement peut comprendre l'ajustement de la proportion de carburant qui est remise en circulation depuis une sortie d'un échangeur de chaleur en retour vers une entrée de cet échangeur de chaleur, par exemple à l'aide d'une conduite de remise en circulation. On aura à l'esprit qu'une conduite de remise en circulation pourrait être utilisée de manière interchangeable en tant que conduite de contournement dans des mises en œuvre dans lesquelles la direction d'écoulement à travers ce tuyau peut être inversée, mais qu'il est possible d'utiliser autrement des

conduites séparées.

- [0122] Le système à boucle d'huile primaire peut comprendre une soupape de modulation agencée pour ajuster l'écoulement d'huile entre les branches du système à boucle d'huile primaire. Cette soupape de modulation peut être commandée en tant que partie d'un système de rétroaction pour ajuster une propriété de carburant souhaitée pour qu'elle se situe dans une plage souhaitée, comme décrit précédemment.
- [0123] L'échangeur de chaleur carburant-huile primaire peut être dénommé échangeur de chaleur carburant-huile principal. La majorité du transfert de chaleur entre l'huile et le carburant peut se produire dans l'échangeur de chaleur carburant-huile primaire. La fonction primaire de l'échangeur de chaleur carburant-huile primaire peut être de chauffer le carburant avant qu'il soit fourni à la chambre de combustion. Au moins sensiblement tout le carburant peut passer à travers l'échangeur de chaleur carburant-huile principal.
- [0124] Un rapport du transfert de chaleur de l'huile au carburant pour les échangeurs de chaleur carburant-huile primaire et secondaire peut être approximativement entre 70:30 et 90:10. L'échangeur de chaleur carburant-huile primaire peut donc être responsable de 70 à 90 % du transfert de chaleur – il peut être appelé « primaire » car il est responsable de la plupart du transfert de chaleur – à savoir étant la source primaire de chaleur pour chauffer le carburant avant l'entrée dans la chambre de combustion.
- [0125] Un rapport du transfert de chaleur de l'huile au carburant pour les échangeurs de chaleur carburant-huile primaire et secondaire peut être d'approximativement 80:20.
- [0126] Dans d'autres exemples, le rapport du transfert de chaleur de l'huile au carburant pour l'échangeur de chaleur carburant-huile secondaire peut être plus élevé.
- [0127] La combinaison du système d'échange de chaleur et de la pompe à carburant peut ici être dénommée système de gestion de carburant.
- [0128] Le moteur à turbine à gaz peut faire partie d'un aéronef. L'aéronef peut comprendre un réservoir de carburant, et une pompe d'alimentation en carburant conçue pour alimenter un écoulement de carburant au système de gestion de carburant du moteur lui-même. La pompe d'alimentation en carburant peut être décrite comme une pompe à réservoir de carburant ou une pompe basse pression, et est située en amont du moteur, et donc en amont de l'échangeur de chaleur carburant-huile primaire.
- [0129] La pompe à carburant du système de gestion de carburant peut être décrite ici en tant que pompe à carburant principale ou pompe à carburant moteur, car, à la différence de la pompe d'alimentation en carburant, c'est une partie du moteur lui-même. La pompe à carburant principale est située en aval de l'échangeur de chaleur carburant-huile primaire. Une ou plusieurs pompes à carburant auxiliaires peuvent être situées au niveau de l'une quelconque position appropriée le long du trajet d'écoulement de

carburant.

- [0130] Dans certains exemples de mises en œuvre, un troisième, un quatrième ou un quelconque nombre approprié d'autres échangeurs de chaleur carburant-huile peut être présent, facultativement avec une soupape de carburant exploitable pour commander un débit de carburant à travers celui-ci.
- [0131] L'écoulement d'huile à l'intérieur du moteur à turbine à gaz peut suivre une ou plusieurs boucles fermées. Le système d'huile à boucle primaire peut être considéré comme un système d'huile à boucle fermée et peut être conçu pour alimenter un écoulement de remise en circulation d'huile au sein du moteur et être décrit comme un système de lubrification et/ou de refroidissement à remise en circulation, ou en tant que système d'huile à remise en circulation. L'échangeur de chaleur carburant-huile primaire peut être décrit comme faisant partie du système à boucle fermée primaire. Le système de lubrification et/ou de refroidissement à remise en circulation peut être décrit comme un système de gestion de chaleur à huile, car de la chaleur est retirée de l'huile après qu'elle a été chauffée dans le processus de lubrification et/ou de refroidissement de la boîte d'engrenages.
- [0132] Le système à boucle d'huile primaire peut comprendre au moins une première pompe à huile conçue pour pomper un écoulement d'huile autour d'au moins une partie du système d'huile à remise en circulation. La première pompe à huile peut être située au niveau de l'une quelconque position appropriée autour du système d'huile à remise en circulation. Le système d'huile à remise en circulation peut être conçu de telle sorte que l'écoulement d'huile s'écoule à travers des composants de moteur (par exemple, la chambre de palier de moteur et la boîte d'engrenages) et peut ensuite être collecté dans un carter. La première pompe à huile peut être conçue pour pomper de l'huile du carter vers un premier réservoir d'huile. À ce titre, la première pompe à huile peut être décrite comme une pompe de récupération.
- [0133] Le premier réservoir d'huile peut être approprié pour contenir un volume d'huile. Le premier réservoir d'huile peut être conçu pour contenir l'un quelconque volume approprié d'huile. Le premier réservoir d'huile peut être agencé pour éliminer les gaz de l'huile dans le premier réservoir d'huile, par exemple comprenant un dé-aérateur. L'huile sortant du réservoir d'huile peut traverser un filtre, une crépine ou analogue.
- [0134] Une seconde pompe à huile peut être située entre le premier réservoir d'huile et l'échangeur de chaleur carburant-huile primaire. La seconde pompe à huile peut être décrite comme une pompe d'alimentation. La seconde pompe à huile peut être conçue pour pomper de l'huile du premier réservoir d'huile vers l'échangeur de chaleur carburant-huile primaire et l'échangeur de chaleur air-huile.
- [0135] Aux conditions de croisière, et pour tous les aspects décrits ici, l'écoulement d'huile entrant dans n'importe lequel des échangeurs de chaleur carburant-huile peut avoir une

température moyenne plus élevée que l'écoulement de carburant entrant dans le même échangeur de chaleur carburant-huile aux conditions de croisière. De cette manière, l'énergie thermique peut être transférée de l'écoulement d'huile vers l'écoulement de carburant s'écoulant à travers le ou les échangeurs de chaleur carburant-huile dans des conditions de croisière. Ainsi, l'huile sortant de chaque échangeur de chaleur peut avoir une température plus basse que l'huile entrant dans cet échangeur de chaleur dans des conditions de croisière.

- [0136] Dans des mises en œuvre avec un système à boucle d'huile secondaire, le système à boucle d'huile secondaire peut avoir une architecture similaire au système à boucle d'huile primaire (par exemple, comprenant un réservoir d'huile et une ou plusieurs pompes), mais peut fournir de l'huile au générateur d'entraînement intégré (au lieu d'une boîte d'engrenages principale), et l'huile peut s'écouler à travers l'échangeur de chaleur carburant-huile secondaire (au lieu de l'échangeur de chaleur carburant-huile primaire).
- [0137] Dans le cas où les systèmes à boucle fermée primaire et/ou secondaire comprennent au moins un échangeur de chaleur carburant-huile et au moins un échangeur de chaleur air-huile, au moins une partie de l'écoulement d'huile peut ne pas s'écouler à travers l'échangeur de chaleur carburant-huile et/ou l'échangeur de chaleur air-huile.
- [0138] Par exemple, lorsqu'au moins un échangeur de chaleur carburant-huile et au moins un échangeur de chaleur air-huile sont fournis en série d'écoulement, au moins un contournement d'écoulement peut être conçu pour permettre à au moins une partie de l'écoulement d'huile de contourner et donc de ne pas s'écouler à travers l'échangeur de chaleur carburant-huile et/ou l'échangeur de chaleur air-huile.
- [0139] Lorsqu'au moins un échangeur de chaleur carburant-huile et au moins un échangeur de chaleur air-huile sont prévus en parallèle, le système de lubrification à remise en circulation peut être conçu de telle sorte que tout pourcentage approprié d'huile s'écoule à travers chacun des échangeurs de chaleur carburant-huile et air-huile. Un contournement d'écoulement peut à nouveau être fourni par un ou chaque échangeur de chaleur, pour permettre au carburant dans cette branche de l'agencement parallèle de contourner le ou chaque échangeur de chaleur sur cette branche.
- [0140] On aura à l'esprit que, dans l'un quelconque des exemples décrits ici, un fluide de transfert de chaleur intermédiaire pourrait être utilisé plutôt qu'un transfert de chaleur direct huile à carburant, et que le terme « échangeur de chaleur carburant-huile » peut comporter des échangeurs de chaleur utilisant un tel fluide intermédiaire. De même, un échangeur de chaleur huile-huile ou huile-air peut utiliser un fluide de transfert de chaleur intermédiaire dans certaines mises en œuvre.
- [0141] Comme indiqué ailleurs ici, la présente description peut s'appliquer à une quelconque configuration pertinente d'un moteur à turbine à gaz. Un tel moteur à

turbine à gaz peut être, par exemple, un moteur à turbine à gaz à double flux, un moteur à turbine à gaz à rotor ouvert (dans lequel l'hélice n'est pas entourée par une nacelle), un moteur à turbopropulseur ou un turboréacteur. Un tel moteur quelconque peut être ou non pourvu d'un post-brûleur. Un tel moteur à turbine à gaz peut être, par exemple, conçu pour des applications de génération de puissance terrestre ou marine.

[0142] Un moteur à turbine à gaz en conformité avec un aspect quelconque de la présente description peut comprendre un noyau de moteur comprenant une turbine, une chambre de combustion, un compresseur, et un arbre central raccordant la turbine au compresseur. Un tel moteur à turbine à gaz peut comprendre une soufflante (ayant des aubes de soufflante). Une telle soufflante peut être située en amont du noyau de moteur. En variante, dans certains exemples, le moteur à turbine à gaz peut comprendre une soufflante située en aval du noyau de moteur, par exemple où le moteur à turbine à gaz est un moteur à rotor ouvert ou un à turbopropulseur (auquel cas la soufflante peut être dénommée hélice).

[0143] Lorsque le moteur à turbine à gaz est un moteur à rotor ouvert ou à turbopropulseur, le moteur à turbine à gaz peut comprendre deux étages d'hélice contrarotatifs fixés à et entraînés par une turbine de puissance libre par l'intermédiaire d'un arbre. Les hélices peuvent tourner dans des sens opposés de sorte que l'un tourne dans le sens horaire et l'autre dans le sens anti-horaire autour de l'axe de rotation du moteur. En variante, le moteur à turbine à gaz peut comprendre un étage d'hélice et un étage d'aubes directrices conçu en aval de l'étage d'hélice. L'étage d'aubes directrices peut être à pas variable. Ainsi, les turbines à haute pression, à pression intermédiaire et à puissance libre peuvent respectivement entraîner des hélices et des compresseurs à pression élevée et intermédiaire par des arbres d'interconnexion appropriés. Ainsi, les hélices peuvent fournir la majorité de la poussée de propulsion.

[0144] Dans le cas où le moteur à turbine à gaz est un moteur à rotor ouvert ou à turbopropulseur, un ou plusieurs parmi les étages d'hélice peuvent être entraînés par une boîte d'engrenages. La boîte d'engrenages peut être du type décrit ici.

[0145] Un moteur selon la présente description peut être un turboréacteur à double flux. Un tel moteur peut être un turboréacteur à double flux à entraînement direct dans lequel la soufflante est directement reliée à la turbine d'entraînement de soufflante, par exemple sans boîte d'engrenages, par l'intermédiaire d'un arbre central. Dans un tel moteur à double flux à entraînement direct, la soufflante peut être dite rotative à la même vitesse de rotation que la turbine d'entraînement de soufflante. Strictement à titre d'exemple, la turbine d'entraînement de soufflante peut être une première turbine, l'arbre central peut être un premier arbre central, et le moteur à turbine à gaz peut comprendre en outre une seconde turbine et un deuxième arbre central reliant la seconde turbine au compresseur. La seconde turbine, le compresseur et le deuxième arbre central peuvent

être agencés pour tourner à une vitesse de rotation plus élevée que le premier arbre central. Dans un tel agencement, la seconde turbine peut être positionnée axialement en amont de la première turbine.

[0146] Un moteur selon la présente description peut être un turboréacteur à double flux à engrenages. Dans un tel agencement, le moteur a une soufflante qui est entraînée par l'intermédiaire d'une boîte d'engrenages. En conséquence, un tel moteur à turbine à gaz peut comprendre une boîte d'engrenages qui reçoit une entrée de l'arbre central et délivre un entraînement à la soufflante de manière à entraîner la soufflante à une vitesse de rotation inférieure à celle de l'arbre central. L'entrée vers la boîte d'engrenages peut être directement à partir de l'arbre central, ou indirectement à partir de l'arbre central, par exemple par l'intermédiaire d'un arbre et/ou engrenage droits. L'arbre central peut solidariser la turbine et le compresseur, de telle sorte que la turbine et le compresseur tournent à la même vitesse (avec la soufflante tournant à une vitesse plus basse).

[0147] Le moteur à turbine à gaz tel que décrit et/ou revendiqué ici peut avoir n'importe quelle architecture générale appropriée. Par exemple, le moteur à turbine à gaz peut avoir n'importe quel nombre souhaité d'arbres qui relient des turbines et des compresseurs, par exemple un, deux ou trois arbres. À titre d'exemple uniquement, la turbine reliée à l'arbre central peut être une première turbine, le compresseur relié à l'arbre central peut être un premier compresseur, et l'arbre central peut être un premier arbre central. Le noyau de moteur peut comprendre en outre une deuxième turbine, un deuxième compresseur et un deuxième arbre central raccordant la deuxième turbine au deuxième compresseur. La deuxième turbine, le deuxième compresseur et le deuxième arbre central peuvent être agencés pour tourner à une vitesse de rotation plus élevée que le premier arbre central.

[0148] Dans un tel agencement, le deuxième compresseur peut être positionné axialement en aval du premier compresseur. Le deuxième compresseur peut être agencé pour recevoir (par exemple recevoir directement, par exemple par l'intermédiaire d'un conduit généralement annulaire) un flux depuis le premier compresseur.

[0149] La boîte d'engrenages peut être agencée pour être entraînée par l'arbre central qui est configuré pour tourner (par exemple en cours d'utilisation) à la vitesse de rotation la plus basse (par exemple le premier arbre central dans l'exemple ci-dessus). Par exemple, la boîte d'engrenages peut être agencée pour être entraînée uniquement par l'arbre central qui est configuré pour tourner (par exemple en cours d'utilisation) à la vitesse de rotation la plus basse (par exemple uniquement par le premier arbre central, et non le deuxième arbre central, dans l'exemple ci-dessus). En variante, la boîte d'engrenages peut être agencée pour être entraînée par n'importe quel ou n'importe quels arbre(s), par exemple les premier et/ou deuxième arbres dans l'exemple ci-

dessus.

- [0150] La boîte d'engrenages peut être un réducteur (en cela que la sortie vers la soufflante présente une vitesse de rotation inférieure à l'entrée depuis l'arbre central). N'importe quel type de boîte d'engrenages peut être utilisé. Par exemple, la boîte d'engrenages peut être une boîte d'engrenages « planétaire » ou « en étoile », telle que décrite d'une manière plus détaillée ailleurs dans le présent document. Une telle boîte d'engrenages peut être un étage unique. En variante, une telle boîte d'engrenages peut être une boîte d'engrenages composée, par exemple une boîte d'engrenages planétaire composée (qui peut avoir l'entrée sur l'engrenage solaire et la sortie sur la couronne dentée, et donc être dénommée boîte d'engrenages « en étoile composée »), par exemple à deux étages de réduction.
- [0151] La boîte d'engrenages peut avoir n'importe quel rapport de réduction souhaité (défini comme la vitesse de rotation de l'arbre d'entrée divisée par la vitesse de rotation de l'arbre de sortie), par exemple supérieur à 2,5, par exemple dans la plage de 3 à 4,2, ou de 3,2 à 3,8, par exemple de l'ordre de ou d'au moins 3, 3,1, 3,2, 3,3, 3,4, 3,5, 3,6, 3,7, 3,8, 3,9, 4, 4,1 ou 4,2. Le rapport d'engrenage peut être, par exemple, entre deux quelconques des valeurs dans la phrase précédente. Strictement à titre d'exemple, la boîte d'engrenages peut être une boîte d'engrenages en « étoile » ayant un rapport de réduction dans la plage allant de 3,1 ou 3,2 à 3,8. Strictement à titre d'exemple supplémentaire, la boîte d'engrenages peut être une boîte d'engrenages en « étoile » ayant un rapport de réduction dans la plage allant de 3,0 à 3,1. Strictement à titre d'exemple, la boîte d'engrenages peut être une boîte d'engrenages « planétaire » ayant un rapport de réduction dans la plage de 3,6 à 4,2. Dans certains agencements, le rapport d'engrenage peut être à l'extérieur de ces plages.
- [0152] Dans n'importe quel moteur à turbine à gaz tel que décrit et/ou revendiqué ici, le carburant d'une composition ou d'un mélange donné est fourni à une chambre de combustion, qui peut être fournie en aval de la soufflante et du ou des compresseurs par rapport au trajet d'écoulement (par exemple axialement en aval). Par exemple, la chambre de combustion peut être directement en aval du (par exemple à la sortie du) deuxième compresseur, lorsqu'un deuxième compresseur est fourni. À titre d'exemple supplémentaire, le flux à la sortie vers la chambre de combustion peut être fourni à l'entrée de la deuxième turbine, lorsqu'une deuxième turbine est fournie. La chambre de combustion peut être fournie en amont de la ou des turbine(s).
- [0153] Le ou chaque compresseur (par exemple le premier compresseur et le deuxième compresseur tels que décrits ci-dessus) peut comprendre n'importe quel nombre d'étages, par exemple de multiples étages. Chaque étage peut comprendre une rangée d'aubes de rotor et une rangée d'aubes de stator, qui peuvent être des aubes de stator variables (en ce que leur angle d'incidence peut être variable). La rangée d'aubes de rotor et la

rangée d'aubes de stator peuvent être axialement décalées l'une de l'autre. Par exemple, le moteur à turbine à gaz peut être un moteur à turbine à gaz à double flux à entraînement direct comprenant 13 ou 14 étages de compresseur (en plus de la soufflante). Un tel moteur peut par exemple comprendre 3 étages dans le premier compresseur (ou « basse pression ») et soit 10 soit 11 étages dans le second compresseur (ou « haute pression »). À titre d'exemple supplémentaire, le moteur à turbine à gaz peut être un moteur à turbine à gaz à « engrenages » (dans lequel la soufflante est entraînée par un premier arbre central par l'intermédiaire d'un réducteur) comprenant 11, 12 ou 13 étages de compresseur (en plus de la soufflante). Un tel moteur peut comprendre 3 ou 4 étages dans le premier compresseur (ou « basse pression ») et 8 ou 9 étages dans le second compresseur (ou « haute pression »). À titre d'exemple supplémentaire, le moteur à turbine à gaz peut être un moteur à turbine à gaz à « engrenages » ayant 4 étages dans le premier compresseur (ou « basse pression ») et 10 étages dans le second compresseur (ou « haute pression »).

[0154] La ou chaque turbine (par exemple la première turbine et la deuxième turbine telles que décrites ci-dessus) peuvent comprendre n'importe quel nombre d'étages, par exemple de multiples étages. Chaque étage peut comprendre une rangée d'aubes de rotor et une rangée d'aubes de stator, ou inversement, selon le besoin. Les rangées respectives d'aubes de rotor et d'aubes de stator peuvent être axialement décalées l'une de l'autre. La seconde turbine (ou « haute pression ») peut comprendre 2 étages dans n'importe quel agencement (par exemple, indépendamment du fait qu'il s'agisse d'un moteur à engrenages ou à entraînement direct). Le moteur à turbine à gaz peut être un moteur à turbine à gaz à entraînement direct comprenant une première turbine (ou « basse pression ») ayant 5, 6 ou 7 étages. En variante, le moteur à turbine à gaz peut être un moteur à turbine à gaz à « engrenages » comprenant une première turbine (ou « basse pression ») ayant 3 ou 4 étages.

[0155] Chaque aube de soufflante peut être définie comme ayant une portée radiale s'étendant d'un pied (ou d'un moyeu) au niveau d'un emplacement radialement interne lavé par les gaz, ou position de portée de 0 %, jusqu'à une pointe à une position de portée de 100 %. Le rapport du rayon de l'aube de soufflante au niveau du moyeu au rayon de l'aube de soufflante au niveau de la pointe peut être inférieur à (ou de l'ordre de) l'un quelconque parmi : 0,4, 0,39, 0,38, 0,37, 0,36, 0,35, 0,34, 0,33, 0,32, 0,31, 0,3, 0,29, 0,28, 0,27, 0,26 ou 0,25. Le rapport du rayon de l'aube de soufflante au niveau du moyeu au rayon de l'aube de soufflante au niveau du bout peut être inclus dans une plage inclusive délimitée par deux quelconques des valeurs de la phrase précédente (à savoir les valeurs peuvent former des limites supérieures ou inférieures), par exemple dans la plage de 0,28 à 0,32, ou 0,29 à 0,30. Ces rapports peuvent être couramment désignés le rapport du moyeu à la pointe. Le rayon au niveau du moyeu et le rayon au

niveau de la pointe peuvent l'un et l'autre être mesurés au niveau de la partie de bord d'attaque (ou axialement la plus en avant) de l'aube. Le rapport du moyeu à la pointe fait référence, bien sûr, à la partie lavée par les gaz de l'aube de soufflante, c'est-à-dire la partie radialement à l'extérieur d'une quelconque plate-forme.

- [0156] Le rayon de la soufflante peut être mesuré entre la ligne médiane du moteur et la pointe d'une aube de soufflante au niveau de son bord d'attaque. Le diamètre de soufflante (qui peut être simplement deux fois le rayon de la soufflante) peut être supérieur à (ou de l'ordre de) l'un quelconque parmi :
- 140 cm, 170 cm, 180 cm, 190 cm, 200 cm, 210 cm, 220 cm, 230 cm, 240 cm, 250 cm (environ 100 pouces), 260 cm, 270 cm (environ 105 pouces), 280 cm (environ 110 pouces), 290 cm (environ 115 pouces), 300 cm (environ 120 pouces), 310 cm, 320 cm (environ 125 pouces), 330 cm (environ 130 pouces), 340 cm (environ 135 pouces), 350 cm, 360 cm (environ 140 pouces), 370 cm (environ 145 pouces), 380 cm (environ 150 pouces), 390 cm (environ 155 pouces), 400 cm, 410 cm (environ 160 pouces) ou 420 cm (environ 165 pouces). Le diamètre de soufflante peut être dans une plage inclusive délimitée par deux quelconques des valeurs de la phrase précédente (à savoir les valeurs peuvent former des limites supérieures ou inférieures), par exemple dans la plage allant de 210 cm à 240 cm, ou 250 cm à 280 cm, ou 320 cm à 380 cm. Strictement à titre d'exemple non limitatif, le diamètre de soufflante peut être dans la plage allant de 170 cm à 180 cm, 190 cm à 200 cm, 200 cm à 210 cm, 210 cm à 230 cm, 290 cm à 300 cm ou 340 cm à 360 cm.

- [0157] La vitesse de rotation de la soufflante peut varier en cours d'utilisation. Généralement, la vitesse de rotation est plus basse pour des soufflantes avec un diamètre plus élevé. Strictement à titre d'exemple non limitatif, la vitesse de rotation de la soufflante aux conditions de croisière peut être inférieure à 3500 tr/min, par exemple inférieure à 2600 tr/min, ou inférieure à 2500 tr/min, ou inférieure à 2300 tr/min. Strictement à titre d'exemple non limitatif supplémentaire, la vitesse de rotation de la soufflante aux conditions de croisière pour un moteur à turbine à gaz « à engrenages » ayant un diamètre de soufflante dans la plage allant de 200 cm à 210 cm peut être dans la plage allant de 2750 à 2900 tr/min. Strictement à titre d'exemple non limitatif supplémentaire, la vitesse de rotation de la soufflante aux conditions de croisière pour un moteur à turbine à gaz « à engrenages » ayant un diamètre de soufflante dans la plage allant de 210 cm à 230 cm peut être dans la plage allant de 2500 à 2800 tr/min. Strictement à titre d'exemple non limitatif supplémentaire, la vitesse de rotation de la soufflante aux conditions de croisière pour un moteur à turbine à gaz « à engrenages » ayant un diamètre de soufflante dans la plage allant de 340 cm à 360 cm peut être dans

la plage allant de 1500 à 1800 tr/min. Strictement à titre d'exemple non limitatif supplémentaire, la vitesse de rotation de la soufflante aux conditions de croisière pour un moteur à entraînement direct ayant un diamètre de soufflante dans la plage allant de 190 cm à 200 cm peut être dans la plage allant de 3600 à 3900 tr/min. Strictement à titre d'exemple non limitatif supplémentaire, la vitesse de rotation de la soufflante aux conditions de croisière pour un moteur à entraînement direct ayant un diamètre de soufflante dans la plage allant de 300 cm à 340 cm peut être dans la plage allant de 2000 à 2800 tr/min.

[0158] En cours d'utilisation du moteur à turbine à gaz, la soufflante (avec les aubes de soufflante associées) tourne autour d'un axe de rotation. Cette rotation résulte en un déplacement de la pointe de l'aube de soufflante avec une vitesse U_{tip} . Le travail accompli par les pales de soufflante sur le flux résulte en une élévation d'enthalpie dH du flux. Une charge de pointe de soufflante peut être définie par dH/U_{tip}^2 , où dH est l'augmentation d'enthalpie (par exemple l'augmentation d'enthalpie moyenne 1-D) à travers la soufflante et U_{tip} est la vitesse (de translation) de la pointe de soufflante, par exemple au niveau du bord d'attaque de la pointe (qui peut être défini en tant que rayon de pointe de soufflante au niveau du bord d'attaque multiplié par la vitesse angulaire). La charge de pointe de soufflante aux conditions de croisière peut être supérieure à (ou de l'ordre de) l'un quelconque parmi : 0,28, 0,29, 0,30, 0,31, 0,32, 0,33, 0,34, 0,35, 0,36, 0,37, 0,38, 0,39 ou 0,4 (toutes les valeurs n'ayant pas de dimension). La charge de pointe de soufflante peut être dans une plage inclusive délimitée par deux quelconques des valeurs de la phrase précédente (à savoir les valeurs peuvent former des limites supérieures ou inférieures), par exemple dans la plage allant de 0,28 à 0,31 ou de 0,29 à 0,3 (par exemple pour un moteur à turbine à gaz à engrenages).

[0159] Des moteurs à turbine à gaz conformément à la présente description peuvent avoir n'importe quel rapport de contournement (BPR) souhaité, où le rapport de contournement est défini comme le rapport du débit massique de l'écoulement à travers le conduit de contournement au débit massique de l'écoulement à travers le cœur. Dans certains agencements le rapport de contournement aux conditions de croisière peut être supérieur à (ou de l'ordre de) n'importe lequel des suivants : 9, 9,5, 10, 10,5, 11, 11,5, 12, 12,5, 13, 13,5, 14, 14,5, 15, 15,5, 16, 16,5, 17, 17,5, 18, 18,5, 19, 19,5 ou 20. Le rapport de contournement aux conditions de croisière peut être dans une plage inclusive délimitée par deux quelconques des valeurs de la phrase précédente (à savoir les valeurs peuvent former des limites supérieures ou inférieures), par exemple dans la plage allant de 12 à 16, de 13 à 15, ou de 13 à 14. Strictement à titre d'exemple non limitatif, le rapport de contournement aux conditions de croisière d'un moteur à turbine à gaz à entraînement direct selon la présente description peut être dans la plage allant de 9:1 à 11:1. Strictement à titre d'exemple non limitatif sup-

plémentaire, le rapport de contournement aux conditions de croisière d'un moteur à turbine à gaz à engrenages selon la présente description peut être dans la plage allant de 12:1 à 15:1. Le conduit de contournement peut être sensiblement annulaire. Le conduit de contournement peut être radialement à l'extérieur du moteur de cœur. La surface radialement externe du conduit de contournement peut être définie par une nacelle et/ou un carter de soufflante.

[0160] Le rapport de pression global (OPR) d'un moteur à turbine à gaz tel que décrit et/ou revendiqué ici peut être défini comme le rapport de la pression de stagnation en sortie du compresseur à pression la plus élevée (avant une entrée dans la chambre de combustion) à la pression de stagnation en amont de la soufflante. À titre d'exemple non limitatif, le rapport de pression global d'un moteur à turbine à gaz tel que décrit et/ou revendiqué ici aux conditions de croisière peut être supérieur à (ou de l'ordre de) n'importe lequel des suivants : 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75. Le rapport de pression global peut être dans une plage inclusive délimitée par deux quelconques des valeurs de la phrase précédente (c'est-à-dire que les valeurs peuvent former des limites supérieures ou inférieures), par exemple dans la plage de 50 à 70. Strictement à titre d'exemple non limitatif, le rapport de pression global aux conditions de croisière d'un moteur à turbine à gaz à engrenages ayant un diamètre de soufflante dans la plage allant de 200 cm à 210 cm peut être dans la plage allant de 40 à 45. Strictement à titre d'exemple non limitatif, le rapport de pression global aux conditions de croisière d'un moteur à turbine à gaz à engrenages ayant un diamètre de soufflante dans la plage allant de 210 cm à 230 cm peut être dans la plage allant de 45 à 55. Strictement à titre d'exemple non limitatif, le rapport de pression global aux conditions de croisière d'un moteur à turbine à gaz à engrenages ayant un diamètre de soufflante dans la plage allant de 340 cm à 360 cm peut être dans la plage allant de 50 à 60. Strictement à titre d'exemple non limitatif, le rapport de pression global aux conditions de croisière d'un moteur à turbine à gaz à entraînement direct ayant un diamètre de soufflante dans la plage allant de 300 cm à 340 cm peut être dans la plage allant de 50 à 60.

[0161] La poussée spécifique d'un moteur peut être définie comme la poussée nette du moteur divisée par le débit massique total à travers le moteur. Dans certains exemples, une poussée spécifique peut dépendre, pour une condition de poussée donnée, de la composition spécifique de carburant fourni à la chambre de combustion. Aux conditions de croisière, la poussée spécifique d'un moteur décrit et/ou revendiqué ici peut être inférieure à (ou de l'ordre de) n'importe laquelle des suivantes : 110 Nkg⁻¹s, 105 Nkg⁻¹s, 100 Nkg⁻¹s, 95 Nkg⁻¹s, 90 Nkg⁻¹s, 85 Nkg⁻¹s ou 80 Nkg⁻¹s. La poussée spécifique peut être dans une plage inclusive délimitée par deux quelconques des valeurs de la phrase précédente (c'est-à-dire que les valeurs peuvent former des limites supérieures ou inférieures), par exemple dans la plage de 80 Nkg⁻¹s à 100 Nkg⁻¹s, ou de

85 Nkg⁻¹s à 95 Nkg⁻¹s. De tels moteurs peuvent être particulièrement efficaces par comparaison avec des moteurs à turbine à gaz classiques. Strictement à titre d'exemple non limitatif, la poussée spécifique d'un moteur à turbine à gaz à engrenages ayant un diamètre de soufflante dans la plage allant de 200 cm à 210 cm peut être dans la plage allant de 90 Nkg⁻¹s à 95 Nkg⁻¹s. Strictement à titre d'exemple non limitatif, la poussée spécifique d'un moteur à turbine à gaz à engrenages ayant un diamètre de soufflante dans la plage allant de 210 cm à 230 cm peut être dans la plage allant de 80 Nkg⁻¹s à 90 Nkg⁻¹s. Strictement à titre d'exemple non limitatif, la poussée spécifique d'un moteur à turbine à gaz à engrenages ayant un diamètre de soufflante dans la plage allant de 340 cm à 360 cm peut être dans la plage allant de 70 Nkg⁻¹s à 90 Nkg⁻¹s. Strictement à titre d'exemple non limitatif, la poussée spécifique d'un moteur à turbine à gaz à entraînement direct ayant un diamètre de soufflante dans la plage allant de 300 cm à 340 cm peut être dans la plage allant de 90 Nkg⁻¹s à 120 Nkg⁻¹s.

[0162] Un moteur à turbine à gaz tel que décrit et/ou revendiqué ici peut avoir n'importe quelle poussée maximale souhaitée. Strictement à titre d'exemple non limitatif, une turbine à gaz telle que décrite et/ou revendiquée ici peut être susceptible de produire une poussée maximale d'au moins (ou de l'ordre de) n'importe laquelle des suivantes : 100 kN, 110 kN, 120 kN, 130 kN, 135 kN, 140 kN, 145 kN, 150 kN, 155 kN, 160 kN, 170 kN, 180 kN, 190 kN, 200 kN, 250 kN, 300 kN, 350 kN, 400 kN, 450 kN, 500 kN, ou 550 kN. La poussée maximale peut être une plage incluse délimitée par deux quelconques des valeurs dans la phrase précédente (c'est-à-dire que les valeurs peuvent former des limites supérieures ou inférieures). À titre d'exemple non limitatif uniquement, une turbine à gaz telle que décrite et/ou revendiquée ici peut être capable de produire une poussée maximale dans la plage de 155 kN à 170 kN, de 330 kN à 420 kN, ou de 350 kN à 400 kN. Strictement à titre d'exemple non limitatif, la poussée maximale d'un moteur à turbine à gaz à engrenages ayant un diamètre de soufflante dans la plage allant de 200 cm à 210 cm peut être dans la plage allant de 140 kN à 160 kN. Strictement à titre d'exemple non limitatif, la poussée maximale d'un moteur à turbine à gaz à engrenages ayant un diamètre de soufflante dans la plage allant de 210 cm à 230 cm peut être dans la plage allant de 150 kN à 200 kN. Strictement à titre d'exemple non limitatif, la poussée maximale d'un moteur à turbine à gaz à engrenages ayant un diamètre de soufflante dans la plage allant de 340 cm à 360 cm peut être dans la plage allant de 370 kN à 500 kN. Strictement à titre d'exemple non limitatif, la poussée maximale d'un moteur à turbine à gaz à entraînement direct ayant un diamètre de soufflante dans la plage allant de 300 cm à 340 cm peut être dans la plage allant de 370 kN à 500 kN. La poussée mentionnée ci-dessus peut être la poussée nette maximale dans des conditions atmosphériques standard au niveau de la mer plus 15 degrés C (pression ambiante de

101,3 kPa, température de 30 degrés C), avec le moteur statique.

- [0163] En cours d'utilisation, la température du flux à l'entrée de turbine haute pression peut être particulièrement élevée. Cette température, dite TET, peut être mesurée en sortie de la chambre de combustion, par exemple immédiatement en amont de la première aube de turbine, qui elle-même peut être appelée aube directrice de tuyère. Dans certains exemples, la TET peut dépendre, pour une condition de poussée donnée, de la composition spécifique de carburant fourni à la chambre de combustion. En conditions de croisière, la TET peut être au moins (ou de l'ordre de) l'une quelconque des valeurs suivantes : 1400 K, 1450 K, 1500 K, 1520 K, 1530 K, 1540 K, 1550 K, 1600 K ou 1650 K. Ainsi, uniquement à titre d'exemple non limitatif, la TET aux conditions de croisière d'un moteur à turbine à gaz à engrenages ayant un diamètre de soufflante dans la plage allant de 200 cm à 210 cm peut être dans la plage allant de 1540 K à 1600 K. Strictement à titre d'exemple non limitatif, la TET aux conditions de croisière d'un moteur à turbine à gaz à engrenages ayant un diamètre de soufflante dans la plage allant de 210 cm à 230 cm peut être dans la plage allant de 1590 K à 1650 K. Strictement à titre d'exemple non limitatif, la TET aux conditions de croisière d'un moteur à turbine à gaz à engrenages ayant un diamètre de soufflante dans la plage allant de 340 cm à 360 cm peut être dans la plage allant de 1600K à 1660K. Strictement à titre d'exemple non limitatif, la TET aux conditions de croisière d'un moteur à turbine à gaz à entraînement direct ayant un diamètre de soufflante dans la plage allant de 300 cm à 340 cm peut être dans la plage allant de 1590 K à 1650 K. Strictement à titre d'exemple non limitatif, la TET aux conditions de croisière d'un moteur à turbine à gaz à entraînement direct ayant un diamètre de soufflante dans la plage allant de 300 cm à 340 cm peut être dans la plage allant de 1570 K à 1630 K.

- [0164] La TET en conditions de croisière peut être dans une plage inclusive délimitée par deux quelconques des valeurs de la phrase précédente (à savoir les valeurs peuvent former des limites supérieures ou inférieures), par exemple 1530 K à 1600 K. La TET maximale en utilisation du moteur peut être, par exemple, au moins (ou de l'ordre de) l'une quelconque des valeurs suivantes : 1700 K, 1750 K, 1800 K, 1850 K, 1900 K, 1950 K, 2000 K, 2050 K, ou 2100 K. Ainsi, uniquement à titre d'exemple non limitatif, la TET maximale d'un moteur à turbine à gaz à engrenages ayant un diamètre de soufflante dans la plage allant de 200 cm à 210 cm peut être dans la plage allant de 1890 K à 1960 K. Strictement à titre d'exemple non limitatif, la TET maximale d'un moteur à turbine à gaz à engrenages ayant un diamètre de soufflante dans la plage allant de 210 cm à 230 cm peut être dans la plage allant de 1890 K à 1960 K. Strictement à titre d'exemple non limitatif, la TET maximale d'un moteur à turbine à gaz à engrenages ayant un diamètre de soufflante dans la plage allant de 340 cm à 360 cm peut être dans la plage allant

de 1890 K à 1960 K. Strictement à titre d'exemple non limitatif, la TET maximale d'un moteur à turbine à gaz à entraînement direct ayant un diamètre de soufflante dans la plage allant de 300 cm à 340 cm peut être dans la plage allant de 1935 K à 1995 K. Strictement à titre d'exemple non limitatif, la TET maximale d'un moteur à turbine à gaz à entraînement direct ayant un diamètre de soufflante dans la plage allant de 300 cm à 340 cm peut être dans la plage allant de 1890 K à 1950 K. La TET maximale peut être dans une plage inclusive délimitée par deux quelconques des valeurs de la phrase précédente (à savoir les valeurs peuvent former des limites supérieures ou inférieures), par exemple dans la plage allant de 1800 K à 1950 K, ou de 1900 K à 2000 K. La TET maximale peut se produire, par exemple, dans une condition de poussée élevée, par exemple dans une condition de poussée maximale au décollage (PMD).

[0165] Une partie d'aube de soufflante et/ou de profil aérodynamique d'une aube de soufflante décrite et/ou revendiquée ici peut être fabriquée à partir de n'importe quel matériau ou combinaison de matériaux approprié(e). Par exemple au moins une partie de l'aube de soufflante et/ou du profil aérodynamique peut être fabriquée au moins en partie à partir d'un composite, par exemple un composite à matrice métallique et/ou un composite à matrice organique, tel qu'un composite à fibres de carbone. À titre d'exemple supplémentaire au moins une partie de l'aube de soufflante et/ou du profil aérodynamique peut être fabriquée au moins en partie à partir d'un métal, tel qu'un métal à base de titane ou un matériau à base d'aluminium (tel qu'un alliage aluminium-lithium) ou un matériau à base d'acier. L'aube de soufflante peut comprendre au moins deux régions fabriquées en utilisant des matériaux différents. Par exemple, l'aube de soufflante peut avoir un bord d'attaque protecteur, qui peut être fabriqué en utilisant un matériau qui est plus à même de résister à un impact (par exemple par des oiseaux, de la glace ou un autre matériau) que le reste de l'aube. Un tel bord d'attaque peut, par exemple, être fabriqué en utilisant du titane ou un alliage à base de titane. Ainsi, strictement à titre d'exemple, l'aube de soufflante peut avoir un corps en fibre de carbone ou à base d'aluminium (tel qu'un alliage aluminium-lithium) avec un bord d'attaque en titane.

[0166] Une soufflante telle que décrite et/ou revendiquée ici peut comprendre une partie centrale, à partir de laquelle les aubes de soufflante peuvent s'étendre, par exemple dans une direction radiale. Les aubes de soufflante peuvent être reliées à la partie centrale de n'importe quelle manière souhaitée. Par exemple, chaque aube de soufflante peut comprendre un élément de fixation qui peut venir en prise avec une encoche correspondante dans le moyeu (ou disque). Strictement à titre d'exemple, un tel élément de fixation peut être sous la forme d'une queue d'aronde qui peut s'encocher dans et/ou venir en prise avec une encoche correspondante dans le moyeu/disque afin de fixer

l'aube de soufflante au moyeu/disque. À titre d'exemple supplémentaire, les aubes de soufflante peuvent être formées de manière solidaire à une partie centrale. Un tel agencement peut être désigné disque à aubage ou couronne à aubage. N'importe quel procédé approprié peut être utilisé pour fabriquer un tel disque à aubage ou une telle couronne à aubage. Par exemple, au moins une partie des aubes de soufflante peut être usinée à partir d'un bloc et/ou au moins une partie des aubes de soufflante peut être reliée au moyeu/disque par soudure, telle qu'une soudure par friction linéaire.

[0167] Les moteurs à turbine à gaz décrits et/ou revendiqués ici peuvent être ou non pourvus d'une tuyère à section variable (VAN). Une telle tuyère à section variable peut permettre de faire varier l'aire de sortie du conduit de contournement en cours d'utilisation. Les principes généraux de la présente description peuvent s'appliquer à des moteurs avec ou sans VAN.

[0168] La soufflante d'une turbine à gaz telle que décrite et/ou revendiquée ici peut avoir n'importe quel nombre souhaité d'aubes de soufflante, par exemple 14, 16, 18, 20, 22, 24 ou 26 aubes de soufflante. Lorsque les aubes de soufflante ont un corps composite à fibres de carbone, il peut y avoir 16 ou 18 aubes de soufflante. Lorsque les aubes de soufflante ont un corps métallique (par exemple, aluminium-lithium ou alliage de titane), il peut y avoir 18, 20 ou 22 aubes de soufflante.

[0169] Tel qu'il est utilisé ici, les termes repos, roulage, décollage, montée, croisière, descente, approche et atterrissage ont la signification classique et seraient aisément compris par l'homme du métier. Ainsi, pour un moteur à turbine à gaz donné pour un aéronef, l'homme du métier reconnaîtrait immédiatement que chaque terme se réfère à une phase de fonctionnement du moteur au sein d'une mission donnée d'un aéronef auquel le moteur à turbine à gaz est conçu pour être fixé.

[0170] À ce titre, le ralenti au sol peut se référer à une phase de fonctionnement du moteur où l'aéronef est stationnaire et au contact du sol, mais où il y a un besoin de roulage pour le moteur. Au repos, le moteur peut produire entre 3 % et 9 % de la poussée disponible du moteur. Dans d'autres exemples non limitatifs, le moteur peut produire entre 5 % et 8 % de poussée disponible. Dans d'autres exemples non limitatifs, le moteur peut produire entre 6 % et 7 % de poussée disponible. Le roulage peut se référer à une phase de fonctionnement du moteur où l'aéronef est propulsé le long du sol par la poussée produite par le moteur. Lors du roulage, le moteur peut produire entre 5 % et 15 % de poussée disponible. Dans d'autres exemples non limitatifs, le moteur peut produire entre 6 % et 12 % de poussée disponible. Dans d'autres exemples non limitatifs, le moteur peut produire entre 7 % et 10 % de poussée disponible. Le décollage peut se référer à une phase de fonctionnement du moteur où l'aéronef est propulsé par la poussée produite par le moteur. À un stade initial dans la phase de décollage, l'aéronef peut être propulsé alors que l'aéronef est en contact avec

le sol. À un stade ultérieur dans la phase de décollage, l'aéronef peut être propulsé alors que l'aéronef n'est pas en contact avec le sol. Pendant le décollage, le moteur peut produire entre 90 % et 100 % de poussée disponible. Dans d'autres exemples non limitatifs, le moteur peut produire entre 95 % et 100 % de poussée disponible. Dans d'autres exemples non limitatifs, le moteur peut produire 100 % de poussée disponible.

[0171] La montée peut se référer à une phase de fonctionnement du moteur où l'aéronef est propulsé par la poussée produite par le moteur. Lors de la montée, le moteur peut produire entre 75 % et 100 % de poussée disponible. Dans d'autres exemples non limitatifs, le moteur peut produire entre 80 % et 95 % de poussée disponible. Dans d'autres exemples non limitatifs, le moteur peut produire entre 85 % et 90 % de poussée disponible. À ce titre, la montée peut se référer à une phase de fonctionnement au sein d'un cycle de vol d'aéronef entre le décollage et l'arrivée dans des conditions de croisière. En outre ou en variante, la montée peut se référer à un point nominal dans un cycle de vol d'aéronef entre le décollage et l'atterrissage, où une augmentation relative de l'altitude est requise, ce qui peut nécessiter une demande supplémentaire de poussée du moteur.

[0172] Telles qu'elles sont utilisées ici, les conditions de croisière ont la signification classique et seraient aisément comprises par l'homme du métier. Ainsi, pour un moteur à turbine à gaz donné pour un aéronef, l'homme du métier reconnaîtrait immédiatement que des conditions de croisière signifient le point de fonctionnement du moteur à mi-croisière d'une mission donnée (qui peut être désignée dans l'industrie en tant que « mission économique ») d'un aéronef auquel le moteur à turbine à gaz est conçu pour être fixé. En ce sens, la mi-croisière est le point dans un cycle de vol d'aéronef au niveau duquel 50 % du carburant total qui est brûlé entre la fin de la montée et le début de la descente a été brûlé (ce qui peut être approximé par le point médian – en termes de temps et/ou de distance – entre la fin de la montée et le début de la descente). Des conditions de croisière définissent ainsi un point de fonctionnement du moteur à turbine à gaz qui fournit une poussée qui assurerait un fonctionnement en régime permanent (c'est-à-dire le maintien d'une altitude constante et d'un nombre de Mach constant) à mi-croisière d'un aéronef auquel il est conçu pour être fixé, en tenant compte du nombre de moteurs fournis sur cet aéronef. Par exemple lorsqu'un moteur est conçu pour être fixé à un aéronef qui a deux moteurs du même type, aux conditions de croisière le moteur fournit la moitié de la poussée totale qui serait requise pour un fonctionnement en régime permanent de cet aéronef à mi-croisière.

[0173] En d'autres termes, pour un moteur à turbine à gaz donné pour un aéronef, les conditions de croisière sont définies en tant que point de fonctionnement du moteur qui fournit une poussée spécifiée (requis pour fournir – en combinaison avec n'importe

quels autres moteurs sur l'aéronef – un fonctionnement en régime permanent de l'aéronef auquel il est conçu pour être fixé à un nombre de Mach à mi-croisière donné) aux conditions atmosphériques à mi-croisière (définies par l'atmosphère type internationale selon ISO 2533 à l'altitude à mi-croisière). Pour n'importe quel moteur à turbine à gaz donné pour un aéronef, la poussée à mi-croisière, les conditions atmosphériques et le nombre de Mach sont connus, et donc le point de fonctionnement du moteur aux conditions de croisière est clairement défini.

- [0174] Strictement à titre d'exemple, la vitesse avant à la condition de croisière peut être n'importe quel point dans la plage allant de Mach 0,7 à 0,9, par exemple 0,75 à 0,85, par exemple 0,76 à 0,84, par exemple 0,77 à 0,83, par exemple 0,78 à 0,82, par exemple 0,79 à 0,81, par exemple de l'ordre de Mach 0,8, de l'ordre de Mach 0,85 ou dans la plage allant de 0,8 à 0,85. N'importe quelle vitesse unique au sein de ces plages peut faire partie de la condition de croisière. Pour un certain aéronef, les conditions de croisière peuvent être à l'extérieur de ces plages, par exemple en dessous de Mach 0,7 ou au-dessus de Mach 0,9.
- [0175] Strictement à titre d'exemple, les conditions de croisière peuvent correspondre à des conditions atmosphériques types (selon l'atmosphère type internationale, ISA) à une altitude qui est dans la plage allant de 10 000 m à 15 000 m, par exemple dans la plage allant de 10 000 m à 12 000 m, par exemple dans la plage allant de 10 400 m à 11 600 m (à peu près 38 000 pieds), par exemple dans la plage allant de 10 500 m à 11 500 m, par exemple dans la plage allant de 10 600 m à 11 400 m, par exemple dans la plage allant de 10 700 m (à peu près 35 000 pieds) à 11 300 m, par exemple dans la plage allant de 10 800 m à 11 200 m, par exemple dans la plage allant de 10 900 m à 11 100 m, par exemple de l'ordre de 11 000 m. Les conditions de croisière peuvent correspondre à des conditions atmosphériques types à n'importe quelle altitude donnée dans ces plages.
- [0176] Strictement à titre d'exemple, les conditions de croisière peuvent correspondre à un nombre de Mach vers l'avant de 0,8 et des conditions atmosphériques types (selon l'atmosphère type internationale) à une altitude de 35 000 pieds (10 668 m). À de telles conditions de croisière, le moteur peut fournir un niveau de poussée nette requis connu. Le niveau de poussée nette requis connu est bien entendu dépendant du moteur et de son application visée et peut être, par exemple, une valeur comprise entre 20 kN et 40 kN.
- [0177] Strictement à titre d'exemple supplémentaire, les conditions de croisière peuvent correspondre à un nombre de Mach vers l'avant de 0,85 et des conditions atmosphériques types (selon l'atmosphère type internationale) à une altitude de 38 000 pieds (11 582 m). À de telles conditions de croisière, le moteur peut fournir un niveau de poussée nette requis connu. Le niveau de poussée nette requis connu est bien entendu

dépendant du moteur et de son application visée et peut être, par exemple, une valeur comprise entre 35 kN et 65 kN.

- [0178] En cours d'utilisation, un moteur à turbine à gaz décrit et/ou revendiqué ici peut fonctionner aux conditions de croisière définies ailleurs dans le présent document. De telles conditions de croisière peuvent être déterminées par les conditions de croisière (par exemple les conditions à mi-croisière) d'un aéronef auquel au moins un (par exemple 2 ou 4) moteur à turbine à gaz peut être monté afin de fournir une poussée de propulsion.
- [0179] En outre, l'homme du métier reconnaîtrait immédiatement l'une ou l'autre, ou les deux, d'une descente et d'une approche se réfèrent à une phase de fonctionnement au sein d'un cycle de vol d'aéronef entre la croisière et l'atterrissage de l'aéronef. Pendant l'une ou l'autre ou les deux de descente et d'approche, le moteur peut produire entre 20 % et 50 % de poussée disponible. Dans d'autres exemples non limitatifs, le moteur peut produire entre 25 % et 40 % de poussée disponible. Dans d'autres exemples non limitatifs, le moteur peut produire entre 30 % et 35 % de poussée disponible. En complément ou en variante, la descente peut se référer à un point nominal dans un cycle de vol d'aéronef entre le décollage et l'atterrissage, où une diminution relative de l'altitude est requise, et qui peut nécessiter une demande de poussée réduite du moteur.
- [0180] Selon un aspect, on fournit un aéronef comprenant un moteur à turbine à gaz tel que décrit et/ou revendiqué ici. L'aéronef selon cet aspect est l'aéronef pour lequel le moteur à turbine à gaz a été conçu pour être fixé. Ainsi, les conditions de croisière selon cet aspect correspondent à la mi-croisière de l'aéronef, telle que définie ailleurs dans le présent document.
- [0181] Selon un aspect, on fournit un procédé de fonctionnement d'un moteur à turbine à gaz tel que décrit et/ou revendiqué ici. Le fonctionnement peut être à n'importe quelle condition appropriée, qui peut être telle que définie ailleurs ici (par exemple en termes de poussée, de conditions atmosphériques et de nombre de Mach).
- [0182] Selon un aspect, on fournit un procédé de fonctionnement d'un aéronef comprenant un moteur à turbine à gaz tel que décrit et/ou revendiqué ici. Le fonctionnement selon cet aspect peut comporter (ou peut être) un fonctionnement à une condition appropriée quelconque, par exemple à la mi-croisière de l'aéronef, telle que définie ailleurs ici.
- [0183] L'homme du métier comprendrait que, sauf exclusivité mutuelle, une caractéristique ou un paramètre décrit en relation avec l'un quelconque des aspects ci-dessus peut être appliqué à tout autre aspect. Par ailleurs, sauf exclusivité mutuelle, toute caractéristique ou tout paramètre décrit ici peut être appliqué à tout aspect et/ou associé à toute autre caractéristique ou tout autre paramètre décrit ici.
- [0184] Des modes de réalisation vont maintenant être décrits à titre d'exemple uniquement,

en référence aux Figures, sur lesquelles :

- [0185] [Fig.1] est une vue latérale en coupe d'un moteur à turbine à gaz ;
- [0186] [Fig.2] est une vue latérale en coupe rapprochée d'une partie amont d'un moteur à turbine à gaz ;
- [0187] [Fig.3] est une vue partiellement écorchée d'une boîte d'engrenages pour un moteur à turbine à gaz ;
- [0188] [Fig.4] montre un exemple d'aéronef comprenant deux moteurs à turbine à gaz ;
- [0189] [Fig.5] est une représentation schématique d'un exemple de système de carburant ;
- [0190] [Fig.6] est une représentation schématique d'un exemple alternatif de système de carburant ;
- [0191] [Fig.7] est une représentation schématique d'une partie d'un exemple de système d'huile à remise en circulation ;
- [0192] [Fig.8] est une représentation schématique d'une autre partie d'un exemple de système d'huile à remise en circulation ;
- [0193] [Fig.9] est une représentation schématique d'une partie d'un exemple de système d'huile à remise en circulation alternatif ;
- [0194] [Fig.10] est une représentation schématique d'une partie de l'exemple de système de carburant de la [Fig.5] et de l'exemple de système d'huile à remise en circulation des Figures 7 et 8 ;
- [0195] [Fig.11] est une représentation schématique d'un autre exemple de système d'huile à remise en circulation alternatif ;
- [0196] [Fig.12] illustre un exemple de procédé de fonctionnement d'un moteur à turbine à gaz ;
- [0197] [Fig.13] illustre un autre exemple de procédé de fonctionnement d'un moteur à turbine à gaz ;
- [0198] [Fig.14] illustre un autre exemple de procédé de fonctionnement d'un moteur à turbine à gaz.
- [0199] La [Fig.1] illustre un moteur à turbine à gaz 10 ayant un axe de rotation principal 9. Le moteur 10 comprend une admission d'air 12 et une soufflante de propulsion 23 qui génère deux flux d'air : un flux d'air de cœur A et un flux d'air de contournement B. Le moteur à turbine à gaz 10 comprend un cœur 11 qui reçoit le flux d'air de cœur A. Le noyau de moteur 11 comprend, en série de flux axial, un compresseur basse pression 14, un compresseur haute pression 15, un équipement de combustion 16, une turbine haute pression 17, une turbine basse pression 19 et une tuyère d'échappement de cœur 20. Une nacelle 21 entoure le moteur à turbine à gaz 10 et définit un conduit de contournement 22 et une tuyère d'échappement de contournement 18. Le flux d'air de contournement B s'écoule à travers le conduit de contournement 22. La soufflante 23 est fixée à, et entraînée par, la turbine basse pression 19 par

l'intermédiaire d'un arbre 26 et d'une boîte d'engrenages épicycloïdale 30.

[0200] En cours d'utilisation, le flux d'air de cœur A est accéléré et comprimé par le compresseur basse pression 14 et dirigé dans le compresseur haute pression 15 où une compression supplémentaire a lieu. L'air comprimé évacué du compresseur haute pression 15 est dirigé dans l'équipement de combustion 16 où il est mélangé à du carburant et le mélange est brûlé. L'équipement de combustion 16 peut être dénommé la chambre de combustion 16, avec les termes « équipement de combustion 16 » et « chambre de combustion 16 » utilisés de manière interchangeable ici. Les produits de combustion chauds résultants se dilatent alors, et entraînent de ce fait, les turbines haute pression et basse pression 17, 19 avant d'être évacués à travers la tuyère 20 pour fournir une certaine poussée de propulsion. La turbine haute pression 17 entraîne le compresseur haute pression 15 par un arbre d'interconnexion approprié 27. La soufflante 23 agit généralement pour communiquer une pression accrue au flux d'air de contournement B s'écoulant à travers le conduit de contournement 22, de telle sorte que le flux d'air de contournement B est évacué à travers la tuyère d'échappement de contournement 18 pour fournir généralement la majorité de la poussée de propulsion. La boîte d'engrenages épicycloïdale 30 est un réducteur.

[0201] Un agencement donné à titre d'exemple pour un moteur à turbine à gaz à soufflante à engrenages 10 est montré sur la [Fig.2]. La turbine basse pression 19 (voir [Fig.1]) entraîne l'arbre 26, qui est couplé à une roue solaire, ou engrenage solaire, 28 de l'agencement d'engrenage épicycloïdal 30. Radialement vers l'extérieur de l'engrenage solaire 28 et s'engrenant avec celui-ci, il y a une pluralité d'engrenages satellites 32 qui sont couplés ensemble par un porte-satellites 34. Le porte-satellites 34 force les engrenages satellites 32 à changer d'orientation autour de l'engrenage solaire 28 en synchronisme tout en permettant à chaque engrenage satellite 32 de tourner autour de son propre axe. Le porte-satellites 34 est couplé par l'intermédiaire de liaisons 36 à la soufflante 23 afin d'entraîner sa rotation autour de l'axe de moteur 9. Radialement vers l'extérieur des engrenages satellites 32 et s'engrenant avec ceux-ci, il y a un anneau ou couronne dentée 38 qui est accouplé, par l'intermédiaire de liaisons 40, à une structure de support stationnaire 24.

[0202] Il convient de noter que les termes « turbine basse pression » et « compresseur basse pression » tels qu'ils sont utilisés ici peuvent être pris pour indiquer les étages de turbine de plus basse pression et les étages de compresseur de plus basse pression (c'est-à-dire n'incluant pas la soufflante 23) respectivement et/ou les étages de turbine et de compresseur qui sont reliés ensemble par l'arbre d'interconnexion 26 avec la vitesse de rotation la plus basse dans le moteur (c'est-à-dire n'incluant pas l'arbre de sortie de boîte d'engrenages qui entraîne la soufflante 23). Dans une certaine littérature, la « turbine basse pression » et le « compresseur basse pression » auxquels il

est fait référence ici peuvent en variante être connus sous le nom de « turbine à pression intermédiaire » et « compresseur à pression intermédiaire ». Lorsqu'une telle nomenclature alternative est utilisée, la soufflante 23 peut être désignée premier étage de compression ou étage de compression de plus basse pression.

- [0203] La boîte d'engrenages épicycloïdale 30 est montré à titre d'exemple de façon plus détaillée sur la [Fig.3]. Chacun parmi l'engrenage solaire 28, les engrenages satellites 32 et la couronne dentée 38 comprend des dents autour de sa périphérie pour s'engrener avec les autres engrenages. Cependant, pour la clarté, seules des parties données à titre d'exemple des dents sont illustrées sur la [Fig.3]. Il y a quatre engrenages satellites 32 illustrés, bien qu'il sera apparent au lecteur spécialiste que plus ou moins d'engrenages satellites 32 puissent être fournis dans le champ d'application de l'invention revendiquée. Des applications pratiques d'une boîte d'engrenages épicycloïdale planétaire 30 comprennent généralement au moins trois engrenages satellites 32.
- [0204] La boîte d'engrenages épicycloïdale 30 illustrée à titre d'exemple sur les Figures 2 et 3 est du type planétaire, en ce que le porte-satellites 34 est couplé à un arbre de sortie par l'intermédiaire de liaisons 36, avec la couronne dentée 38 fixe. Cependant, n'importe quel autre type approprié de boîte d'engrenages épicycloïdale 30 peut être utilisé. À titre d'exemple supplémentaire, la boîte d'engrenages épicycloïdale 30 peut être un agencement en étoile, dans lequel le porte-satellites 34 est maintenu fixe, avec la couronne (ou anneau) dentée 38 autorisée à tourner. Dans un tel agencement, la soufflante 23 est entraînée par la couronne dentée 38. À titre d'autre exemple alternatif, la boîte d'engrenages 30 peut être une boîte d'engrenages différentielle dans laquelle la couronne dentée 38 et le porte-satellites 34 sont l'un et l'autre autorisés à tourner.
- [0205] On aura à l'esprit que l'agencement montré sur les Figures 2 et 3 est à titre d'exemple uniquement, et que diverses alternatives sont dans le champ d'application de la présente description. Strictement à titre d'exemple, n'importe quel agencement approprié peut être utilisé pour positionner la boîte d'engrenages 30 dans le moteur 10 et/ou pour relier la boîte d'engrenages 30 au moteur 10. À titre d'exemple supplémentaire, les connexions (telles que les liaisons 36, 40 sur l'exemple de la [Fig.2]) entre la boîte d'engrenages 30 et d'autres parties du moteur 10 (telles que l'arbre d'entrée 26, l'arbre de sortie et la structure fixe 24) peuvent avoir n'importe quel degré souhaité de rigidité ou de flexibilité. À titre d'exemple supplémentaire, n'importe quel agencement approprié des paliers entre des parties rotatives et stationnaires du moteur (par exemple entre les arbres d'entrée et de sortie depuis la boîte d'engrenages et les structures fixes, telles que le carter de boîte d'engrenages) peut être utilisé, et la description n'est pas limitée à l'agencement donné à titre d'exemple de la [Fig.2]. Par exemple, lorsque la boîte d'engrenages 30 a un agencement en étoile (décrit ci-dessus),

l'homme du métier comprendrait aisément que l'agencement des liaisons de sortie et de support et des emplacements de palier serait typiquement différent de celui montré à titre d'exemple sur la [Fig.2].

- [0206] Ainsi, la présente description s'étend à un moteur à turbine à gaz ayant n'importe quel agencement de styles de boîte d'engrenages (par exemple en étoile ou planétaire), de structures de support, d'agencement d'arbres d'entrée et de sortie, et d'emplacements de palier.
- [0207] Éventuellement, la boîte d'engrenages peut entraîner des composants supplémentaires et/ou alternatifs (par exemple le compresseur à pression intermédiaire et/ou un surpresseur).
- [0208] D'autres moteurs à turbine à gaz auxquels la présente description peut être appliquée peuvent avoir des configurations alternatives. Par exemple, de tels moteurs peuvent avoir un autre nombre de compresseurs et/ou de turbines et/ou un autre nombre d'arbres d'interconnexion. À titre d'exemple supplémentaire, le moteur à turbine à gaz montré sur la [Fig.1] a une tuyère à flux divisé 18, 20 ce qui signifie que le flux à travers le conduit de contournement 22 a sa propre tuyère 18 qui est indépendante de, et radialement à l'extérieur de, la tuyère de moteur de cœur 20. Cependant, ceci n'est pas limitant, et n'importe quel aspect de la présente description peut également s'appliquer à des moteurs dans lesquels le flux à travers le conduit de contournement 22 et le flux à travers le cœur 11 sont mélangés, ou combinés, avant (ou en amont de) une tuyère unique, qui peut être dénommée tuyère à flux mélangé. L'une et/ou l'autre des tuyères (qu'elles soient à flux mélangé ou divisé) peuvent avoir une aire fixe ou variable.
- [0209] Alors que l'exemple décrit se rapporte à un turboréacteur à double flux, la description peut s'appliquer, par exemple, à n'importe quel type de moteur à turbine à gaz, tel qu'un rotor ouvert (dans lequel l'étage de soufflante n'est pas entouré par une nacelle) ou un turbopropulseur, par exemple. Dans certains agencements, le moteur à turbine à gaz 10 peut ne pas comprendre une boîte d'engrenages 30.
- [0210] La géométrie du moteur à turbine à gaz 10, et des composants de celui-ci, est définie par un système d'axes classique, comprenant une direction axiale (qui est alignée sur l'axe de rotation 9), une direction radiale (dans la direction du bas vers le haut sur la [Fig.1]) et une direction circonférentielle (perpendiculaire à la page sur la vue de la [Fig.1]). Les directions axiale, radiale et circonférentielle sont mutuellement perpendiculaires.
- [0211] Le carburant F fourni à l'équipement de combustion 16 peut comprendre un carburant hydrocarboné à base fossile, tel que le kérosène. Ainsi, le carburant F peut comprendre des molécules d'une ou plusieurs des familles chimiques de n-alcanes, iso-alcanes, cycloalcanes et aromatiques. En outre ou en variante, le carburant F peut

comprendre des hydrocarbures renouvelables produits à partir de ressources biologiques ou non biologiques, autrement connu sous le nom de carburant aviation durable (SAF). Dans chacun des exemples fournis, le carburant F peut comprendre un ou plusieurs oligoéléments comportant, par exemple, du soufre, de l'azote, de l'oxygène, des substances inorganiques, et des métaux.

[0212] Les performances fonctionnelles d'une composition donnée, ou mélange de carburant pour une utilisation dans une mission donnée, peuvent être définies, au moins en partie, par la capacité du carburant à traiter le cycle de Brayton du moteur à turbine à gaz 10. Les paramètres définissant les performances fonctionnelles peuvent comporter, par exemple, une énergie spécifique ; une densité d'énergie ; une stabilité thermique ; et des émissions comportant des matières particulaires. Une énergie spécifique relativement plus élevée (à savoir une énergie par unité de masse), exprimée en MJ/kg, peut réduire au moins partiellement le poids de décollage, ce qui fournit potentiellement une amélioration relative du rendement en carburant. Une densité énergétique relativement plus élevée (à savoir une énergie par unité de volume), exprimée en MJ/L, peut réduire au moins partiellement le volume du carburant au décollage, ce qui peut être particulièrement important pour des missions limitées en volume ou des opérations militaires impliquant un ravitaillement. Une stabilité thermique relativement plus élevée (à savoir le fait d'inhiber la dégradation ou la co-céfaction du carburant sous contrainte thermique) peut permettre au carburant de subir des températures élevées dans le moteur et des injecteurs de carburant, fournissant ainsi potentiellement des améliorations relatives dans l'efficacité de la combustion. Les émissions réduites, comportant des matières particulaires, peuvent permettre une formation de traînée de condensation réduite, tout en réduisant l'impact environnemental d'une mission donnée. D'autres propriétés du carburant peuvent également être essentielles à des performances fonctionnelles. Par exemple, un point de congélation relativement plus faible (°C) peut permettre à des missions à longue portée d'optimiser les profils de vol ; les concentrations minimales aromatiques (%) peuvent assurer un gonflement suffisant de certains matériaux utilisés dans la construction de joints toriques et de joints préalablement exposés aux carburants à fort contenu aromatique ; et, une tension superficielle maximale (mN/m) peut assurer une rupture de pulvérisation et une atomisation suffisantes du carburant.

[0213] Le rapport entre le nombre d'atomes d'hydrogène et le nombre d'atomes de carbone dans une molécule peut influencer l'énergie spécifique d'une composition donnée, ou mélange de combustible. Les carburants présentant des rapports supérieurs d'atomes d'hydrogène aux atomes de carbone peuvent avoir des énergies spécifiques plus élevées en l'absence de souche de liaison. Par exemple, les combustibles hydrocarbonés à base fossile peuvent comprendre des molécules ayant environ 7 à 18

carbones, avec une partie significative d'une composition donnée issue de molécules de 9 à 15 carbones, avec une moyenne de 12 carbones.

- [0214] Un certain nombre de mélanges de carburant d'aviation durable ont été approuvés pour être utilisés. Par exemple, certains mélanges approuvés comprennent des rapports de mélange allant jusqu'à 10 % de carburant d'aviation durable, tandis que d'autres mélanges approuvés comprennent des rapports de mélange compris entre 10 % et 50 % de carburant d'aviation durable (le reste comprenant un ou plusieurs combustibles hydrocarbonés à base fossile, tels que le kérosène), avec des compositions supplémentaires en attente d'approbation. Cependant, il existe une prévision dans l'industrie aéronautique selon laquelle des mélanges de carburant d'aviation durable, comprenant jusqu'à (et incluant) 100 % de carburant d'aviation durable (SAF) seront finalement approuvés pour une utilisation.
- [0215] Les carburants d'aviation durable peuvent comprendre un ou plusieurs parmi des n-alcanes, des iso-alcanes, des cycloalcanes et des aromatiques, et peuvent être produits, par exemple, à partir d'un ou plusieurs parmi un gaz de synthèse (gaz de synthèse) ; des lipides (par exemple, matières grasses, huiles et graisses) ; des sucres ; et des alcools. Ainsi, les carburants d'aviation durable peuvent comprendre des teneurs en aromatique et/ou en soufre plus faibles, par rapport à des combustibles hydrocarbonés à base fossile. En outre ou en variante, des carburants d'aviation durable peuvent comprendre l'un et/ou l'autre parmi une teneur en iso-alcane et une teneur en cycloalcane plus élevées, par rapport à des combustibles hydrocarbonés à base fossile. Ainsi, dans certains exemples, des carburants d'aviation durable peuvent comprendre une densité comprise entre 90 % et 98 % de celle du kérosène et/ou un pouvoir calorifique compris entre 101 % et 105 % de celui du kérosène.
- [0216] Grâce au moins en partie à la structure moléculaire de combustibles d'aviation durable, des carburants d'aviation durable peuvent fournir des effets bénéfiques comportant, par exemple, une ou plusieurs d'une énergie spécifique plus élevée (malgré, dans certains exemples, une densité d'énergie inférieure) ; une capacité thermique spécifique supérieure ; une stabilité thermique supérieure ; un pouvoir lubrifiant supérieur ; une viscosité inférieure ; une tension de surface inférieure ; un point de congélation inférieur ; des émissions de suie inférieure ; et, des émissions de CO₂ inférieures, par rapport à des combustibles hydrocarbonés à base fossile (par exemple, lorsqu'ils sont brûlés dans l'équipement de combustion 16). Ainsi, par rapport aux combustibles hydrocarbonés à base fossile, tels que le kérosène, les carburants d'aviation durable peuvent conduire à l'une ou l'autre ou aux deux d'une diminution relative de la consommation spécifique de carburant, et d'une diminution relative des coûts de maintenance.
- [0217] La [Fig.4] montre un aéronef 1 avec un système de propulsion 2 comprenant deux

moteurs à turbine à gaz 10. Les moteurs à turbine à gaz 10 sont alimentés en carburant provenant d'un système d'alimentation en carburant à bord de l'aéronef 1. Le système d'alimentation en carburant des exemples illustrés comprend une seule source de carburant 50, 53.

[0218] Au sens de la présente demande, le terme « source de carburant » signifie soit 1) un seul réservoir de carburant soit 2) une pluralité de réservoirs de carburant qui sont interconnectés fluidiquement.

[0219] Dans les présents exemples, la première (et, dans ces exemples, seule) source de carburant comprend un réservoir de carburant central 50, situé principalement dans le fuselage de l'aéronef 1 et une pluralité de réservoirs de carburant d'aile 53a, 53b, où au moins un réservoir de carburant d'aile est situé dans l'aile bâbord et au moins un réservoir de carburant d'aile est situé dans l'aile tribord pour l'équilibrage. Tous les réservoirs 50, 53 sont reliés fluidiquement dans l'exemple représenté, formant ainsi une seule source de carburant. Chacun du réservoir de carburant central 50 et des réservoirs de carburant d'aile 53 peut comprendre une pluralité de réservoirs de carburant interconnectés fluidiquement. On aura à l'esprit que cet agencement de réservoir est fourni à titre d'exemple uniquement, et n'est pas limitatif du champ d'application de cette description. Dans d'autres exemples, un aéronef 1 peut ne comporter qu'un seul réservoir de carburant 50, et/ou les réservoirs de carburant d'aile 53 peuvent être plus grands que le réservoir de carburant central 50, ou aucun réservoir de carburant central ne peut être prévu (avec tout le carburant au lieu d'être stocké dans les ailes de l'aéronef) – on comprendra que de nombreux agencements de réservoir différents sont envisagés et que les exemples qui ont été illustrés sont prévus dans un souci de facilité de description et non destinés à être limitatifs. Par exemple, les réservoirs d'aile 53a, 53b peuvent être interconnectés fluidiquement l'un à l'autre, mais isolés fluidiquement du réservoir de carburant central 50, fournissant deux sources de carburant distinctes, qui peuvent contenir des combustibles chimiquement distincts.

[0220] Un exemple de système de carburant 1000 comprenant un trajet d'écoulement de carburant du réservoir de carburant 50 à la chambre de combustion 16 du moteur à turbine à gaz 10 de l'aéronef 1 est représenté schématiquement sur la [Fig.5]. Le système de carburant 1000 comprend à la fois le système d'alimentation en carburant 50, 1002 (qui alimente le moteur en carburant) et le système de gestion de carburant 1500 (qui fonctionne au sein du moteur) de l'aéronef. Le système de gestion de carburant 1500 gère la température du carburant ainsi que l'écoulement de carburant, dirigeant le carburant par l'intermédiaire d'un ou plusieurs échangeurs de chaleur 1004, 1006 du système d'échange de chaleur du moteur.

[0221] Le carburant est pompé depuis le réservoir de carburant 50 vers le moteur à turbine à gaz 10 par une pompe d'alimentation en carburant basse pression 1002. Le carburant

traverse alors un échangeur de chaleur carburant-huile secondaire 1004 et un échangeur de chaleur carburant-huile primaire 1006 avant de traverser une pompe à carburant moteur 1003. La pompe à carburant moteur 1003 peut être décrite comme une pompe à carburant principale. L'échangeur de chaleur carburant-huile primaire 1006 peut être qualifié d'échangeur de chaleur carburant-huile principal car l'huile s'écoulant à travers lui peut être utilisée pour refroidir et lubrifier la boîte d'engrenages principale 30 du moteur 10. L'échangeur de chaleur carburant-huile secondaire 1004 peut être qualifié d'échangeur de chaleur carburant-huile de générateur d'entraînement intégré, car l'huile qui le traverse peut être utilisée pour refroidir et/ou lubrifier un générateur d'entraînement intégré (IDG) du moteur 10. Le système de gestion de carburant 1500 illustré est agencé pour que le carburant atteigne l'échangeur de chaleur carburant-huile secondaire 1004 avant l'échangeur de chaleur carburant-huile primaire 1006.

[0222] L'échangeur de chaleur carburant-huile primaire 1006 et l'échangeur de chaleur carburant-huile secondaire 1004 sont configurés de telle sorte qu'un écoulement d'huile est acheminé à travers chacun en plus de l'écoulement de carburant à travers celui-ci. L'échangeur de chaleur carburant-huile primaire 1006 et l'échangeur de chaleur carburant-huile secondaire 1004 sont conçus de telle sorte que de la chaleur peut être transférée entre l'huile et le carburant s'écoulant à travers ceux-ci. Aux conditions de croisière, la température moyenne de l'écoulement d'huile entrant dans l'échangeur de chaleur carburant-huile primaire 1006 est supérieure à la température moyenne du carburant entrant dans l'échangeur de chaleur carburant-huile primaire 1006, et la température moyenne de l'écoulement d'huile entrant dans l'échangeur de chaleur carburant-huile secondaire 1004 est supérieure à la température moyenne du carburant entrant dans l'échangeur de chaleur carburant-huile secondaire 1004. De cette manière, l'échangeur de chaleur carburant-huile primaire 1006 et l'échangeur de chaleur carburant-huile secondaire 1004 sont chacun conçus pour transférer de l'énergie thermique d'un écoulement d'huile vers un écoulement de carburant s'écoulant à travers ceux-ci à des conditions de croisière.

[0223] L'échangeur de chaleur carburant-huile primaire 1006 peut présenter de l'huile utilisée pour lubrifier et/ou refroidir une boîte d'engrenages principale 30 du moteur à turbine à gaz 10 le traversant, et peut donc être décrit comme un échangeur de chaleur carburant-huile principal. L'échangeur de chaleur carburant-huile d'IDG 1004 peut avoir de l'huile utilisée pour lubrifier et/ou refroidir un ou plusieurs composants d'un générateur d'entraînement intégré 2006 passant à travers celui-ci, et peut donc être décrit comme un échangeur de chaleur carburant-huile de générateur d'entraînement intégré.

[0224] Les deux écoulements d'huile peuvent être séparés - physiquement séparés et éven-

tuellement également chimiquement distincts et/ou ayant un débit différent. Une huile différente peut donc s'écouler à travers l'échangeur de chaleur carburant-huile primaire 1006 de celle traversant l'échangeur de chaleur carburant-huile d'IDG 1004.

- [0225] En général, au moins la majorité du carburant qui traverse l'échangeur de chaleur carburant-huile d'IDG 1004 passe également par l'échangeur de chaleur carburant-huile principal 1006, bien que soit l'un ou l'autre, soit chacun, des échangeurs de chaleur 1004, 1006 puisse être muni d'un contournement pour permettre à une partie du carburant d'éviter de traverser l'échangeur de chaleur respectif, par exemple sous la forme d'une conduite de contournement 1005 comme illustré sur la [Fig.5]. Une soupape (non représentée) peut déterminer quelle proportion du carburant traverse l'échangeur de chaleur 1004 et quelle proportion traverse la conduite de contournement 1005.
- [0226] Les deux échangeurs de chaleur 1004, 1006 peuvent donc être décrits comme étant en série l'un avec l'autre, par rapport à l'écoulement de carburant. En général, au moins la majorité du carburant qui traverse l'échangeur de chaleur carburant-huile d'IDG 1004 passe également par l'échangeur de chaleur carburant-huile principal 1006, bien que chaque échangeur de chaleur 1004, 1006 puisse être muni d'un contournement pour permettre à une partie du carburant d'éviter de traverser l'échangeur de chaleur respectif, par exemple sous la forme d'une conduite de contournement 1005. Une soupape peut déterminer quelle proportion du carburant traverse l'échangeur de chaleur 1004 et quelle proportion traverse la conduite de contournement 1005. En outre ou en variante, une ou plusieurs conduites de contournement peuvent également être fournies pour permettre à l'huile de contourner un ou plusieurs échangeurs de chaleur.
- [0227] L'échangeur de chaleur carburant-huile d'IDG 1004 et l'échangeur de chaleur carburant-huile principal 1006 sont conçus de telle sorte qu'un écoulement d'huile est également acheminé à travers chacun – l'huile qui s'écoule à travers l'un est différente de l'huile s'écoulant à travers l'autre dans la mise en œuvre décrite, bien que l'on aura à l'esprit que la même huile peut circuler à travers un échangeur de chaleur carburant-huile puis à travers un autre échangeur de chaleur carburant-huile dans d'autres mises en œuvre. Dans de telles mises en œuvre, une ou plusieurs conduites de contournement pour huile ou carburant peuvent à nouveau être fournies pour permettre au(x) fluide(s) de contourner un ou plusieurs échangeurs de chaleur.
- [0228] Les deux échangeurs de chaleur 1004, 1006 sont donc dans des systèmes à boucle fermée séparés 2000, 2000', (Figures 7, 8) par rapport à l'écoulement d'huile, dans la mise en œuvre étant décrite, à savoir les huiles s'écoulant à travers les échangeurs de chaleur carburant-huile primaire et secondaire sont séparées fluidiquement, et peuvent être chimiquement distinctes l'une de l'autre.

- [0229] La [Fig.6] montre un exemple de système de carburant alternatif 6000, comprenant un système d'alimentation en carburant et un système de gestion de carburant 6500 comprenant un trajet d'écoulement de carburant depuis le réservoir de carburant 50 vers la chambre de combustion 16 du moteur à turbine à gaz 10 de l'aéronef 1. Comme pour le système de carburant 1000, le carburant est pompé depuis le réservoir de carburant 50 par la pompe d'alimentation en carburant basse pression 1002. Le carburant traverse alors un échangeur de chaleur carburant-huile secondaire 1004 et un échangeur de chaleur carburant-huile primaire 1006 avant d'atteindre une pompe à carburant moteur 1003, qui pompe le carburant le long de son trajet d'écoulement. La pompe à carburant moteur 1003 peut être décrite comme une pompe à carburant principale.
- [0230] Le système de carburant 6000 diffère du système de carburant 1000 en ce que le système de carburant 6000 comprend une soupape de remise en circulation 6010 située en aval de l'échangeur de chaleur carburant-huile primaire 1006 et agencée pour remettre en circulation au moins une partie du carburant qui a quitté l'échangeur de chaleur carburant-huile primaire en retour vers l'entrée 1006a de l'échangeur de chaleur carburant-huile primaire 1006, permettant un transfert de chaleur supplémentaire entre l'huile du système à boucle primaire et le carburant. La soupape de remise en circulation 6010 peut déterminer quelle proportion du carburant est remise en circulation, et quelle proportion continue vers la chambre de combustion 16.
- [0231] Dans l'exemple illustré, la soupape de remise en circulation 6010 est située en aval de l'échangeur de chaleur carburant-huile primaire 1006. Dans l'exemple illustré, la soupape de remise en circulation 6010 est positionnée en amont de la pompe à carburant moteur 1003. La soupape de remise en circulation 6010 est agencée pour permettre à une quantité commandée de carburant d'être renvoyée à l'entrée 1006a de l'échangeur de chaleur primaire 1006, s'écoulant de sorte à traverser l'échangeur de chaleur primaire 1006 plusieurs fois avant d'atteindre la pompe 1003 et la chambre de combustion 16. Il est envisagé que la soupape de remise en circulation puisse être positionnée en aval de la pompe à carburant moteur 1003 dans des mises en œuvre alternatives, par exemple comme illustré sur la [Fig.10]. Dans de telles mises en œuvre, la soupape de remise en circulation 6010 serait agencée pour permettre à une quantité commandée de carburant d'être renvoyée à l'entrée 1006a de l'échangeur de chaleur primaire 1006, s'écoulant de sorte à traverser l'échangeur de chaleur primaire 1006 et la pompe 1003 plusieurs fois avant d'atteindre la chambre de combustion 16.
- [0232] Cette remise en circulation fournit un mécanisme de commande de l'écoulement de carburant du système de carburant 6000. La commande de l'écoulement de carburant dans le système de carburant 6000 peut fonctionner pour fournir des caractéristiques souhaitées du carburant (telles que la température, la quantité de chaleur transférée à

celle-ci, la viscosité, et le pouvoir lubrifiant) à l'entrée de la chambre de combustion 16 ou la pompe 1003.

[0233] Une conduite 6011, qui peut être qualifiée de conduite de remise en circulation car elle transporte du carburant d'un point le long du trajet principal d'écoulement à travers le moteur jusqu'à un point antérieur le long de ce trajet d'écoulement de sorte que le carburant doit traverser la partie du trajet d'écoulement entre eux de nouveau, peut donc être prévue, menant de la soupape de remise en circulation à un point sur le trajet d'écoulement en amont de l'entrée 1006a à l'échangeur de chaleur primaire 1006. Dans certaines mises en œuvre, une conduite de remise en circulation 6011 et une conduite de contournement 1005 peuvent être prévues pour tout échangeur de chaleur 1004, 1006 donné. Dans certaines mises en œuvre, la même conduite 1005, 6011 peut servir à la fois de conduite de remise en circulation et de conduite de contournement - une ou plusieurs soupapes peuvent être utilisées pour commander le sens de l'écoulement du fluide à travers celles-ci.

[0234] Dans l'exemple illustré de la [Fig.10], à la différence de celui de la [Fig.6], la soupape de remise en circulation 6010 est située en aval de la pompe 1003, de sorte que le carburant remis en circulation a déjà traversé à la fois l'échangeur de chaleur primaire 1006 et la pompe 1003, plutôt que seulement l'échangeur de chaleur primaire 1006. La conduite de remise en circulation 6011 retourne le carburant remis en circulation vers un point sur le trajet d'écoulement en amont à la fois de la pompe principale 1003 et de l'échangeur de chaleur primaire 1006, de telle sorte que le carburant remis en circulation traverse ces deux composants une fois de plus. Le carburant remis en circulation à travers la pompe peut permettre une commande plus ajustable du débit de carburant vers la chambre de combustion 16 pour une vitesse d'arbre donnée du moteur 10, en notant que la vitesse de pompe (ou un groupe limité d'options de vitesse de pompe) est souvent fixée par la vitesse d'arbre. Par exemple, si un taux de combustion requis de carburant pour maintenir une poussée actuelle d'aéronef est inférieur à la vitesse de pompe minimale pour la vitesse d'arbre requise, une proportion plus importante de carburant peut être remise en circulation à travers la pompe de telle sorte que le débit à travers la pompe est plus élevé que le débit jusqu'à la chambre de combustion 16, réduisant de la sorte ou évitant le gaspillage de carburant.

[0235] Le moteur à turbine à gaz 10 de l'aéronef 1 comprend également un système d'huile à remise en circulation agencé pour alimenter de l'huile pour lubrifier et éliminer la chaleur d'une pluralité de composants. Le système d'huile à remise en circulation comprend un système à boucle d'huile primaire 2000 qui est un système d'huile à boucle fermée. Un exemple d'un tel système d'huile à boucle fermée primaire 2000 est représenté schématiquement sur la [Fig.7].

- [0236] Le système d'huile à boucle fermée primaire 2000 comprend un réservoir d'huile 2002 adapté à contenir un volume d'huile. Dans certaines mises en œuvre, les gaz sont retirés de l'huile au sein du réservoir d'huile 2002 par un dé-aérateur.
- [0237] Une pompe d'alimentation 2004 est conçue pour pomper de l'huile du réservoir d'huile 2000 à l'échangeur de chaleur carburant-huile principal 1006. La température moyenne de l'huile entrant dans l'échangeur de chaleur carburant-huile principal 1006, aux conditions de croisière, est supérieure à la température moyenne du carburant entrant dans l'échangeur de chaleur carburant-huile principal 1006. Dans l'échangeur de chaleur carburant-huile principal 1006, l'énergie thermique est transférée de l'écoulement d'huile vers l'écoulement du carburant. De cette manière, la température moyenne de l'écoulement d'huile sortant de l'échangeur de chaleur carburant-huile principal 1006 est inférieure à la température moyenne de l'écoulement d'huile entrant dans l'échangeur de chaleur carburant-huile principal 1006, de sorte qu'elle est refroidie avant réutilisation comme lubrifiant et/ou liquide de refroidissement, permettant à l'huile refroidie d'éliminer plus de chaleur du système à lubrifier et/ou refroidir. De cette manière également, la température moyenne du carburant sortant de l'échangeur de chaleur carburant-huile principal 1006 est supérieure à la température moyenne de carburant entrant dans l'échangeur de chaleur carburant-huile principal 1006.
- [0238] L'écoulement d'huile est ensuite acheminé vers une boîte d'engrenages de puissance 30, qui peut également être décrit en tant que boîte d'engrenages principale 30 du moteur à turbine à gaz 10. La boîte d'engrenages de puissance 30 est agencée pour recevoir une entrée provenant de l'arbre central 26 et pour délivrer en sortie un entraînement à la soufflante 23 par l'intermédiaire de l'arbre de soufflante 42 et comprend des engrenages 28, 32, 38 et des paliers (par exemple, des paliers lisses) qui peuvent être lubrifiés et refroidis par l'huile. Le moteur 10 peut également comprendre un ou plusieurs paliers supplémentaires pour supporter les arbres 26, 42, qui peuvent être des paliers lisses. L'huile peut en outre être utilisée pour lubrifier et/ou refroidir les paliers lisses, et généralement augmente en température de façon significative en utilisation dans des conditions de croisière, de sorte à aider à refroidir les paliers et la boîte d'engrenages 30 lorsque le flux d'huile transporte la chaleur à l'écart des paliers et de la boîte d'engrenages 30. L'huile peut également être utilisée pour lubrifier un ou plusieurs autres composants moteurs 33, par exemple une boîte d'engrenages auxiliaire (AGB) et/ou une ou plusieurs chambres de palier. L'AGB 33, également connu sous le nom d'entraînement accessoire, lorsqu'il est présent, est une boîte d'engrenages qui fait partie du moteur à turbine à gaz 10, bien qu'il ne soit pas une partie du noyau de moteur 11 et n'entraîne pas la soufflante 23. L'AGB entraîne à la place les accessoires moteur, par exemple les pompes à carburant, et manipule géné-

ralement de grandes charges. Une quantité relativement importante de chaleur peut donc être déversée dans l'huile depuis l'AGB. Une ou plusieurs chambres de palier peuvent être lubrifiées par la même huile, et peuvent de manière similaire évacuer de la chaleur dans l'huile. Par unité d'huile qui s'écoule à travers eux, l'AGB et les chambres de palier peuvent ajouter plus de chaleur à l'huile que la boîte d'engrenages principale 30 dans la plupart des mises en œuvre.

- [0239] L'écoulement d'huile peut être divisé en deux ou plusieurs écoulements parallèles, par exemple un écoulement à travers la boîte d'engrenages principale 30 et un écoulement à travers les autres composants de moteur, ou plusieurs écoulements parallèles à travers la boîte d'engrenages principale 30 (par exemple par l'intermédiaire de composants différents de la boîte d'engrenages) et des écoulements séparés à travers l'AGB et la ou chaque chambre de palier 33.
- [0240] À partir de la boîte d'engrenages de puissance 30 (et/ou d'autres composants moteurs 33 tels que l'AGB, le cas échéant), l'huile est collectée dans un carter 2008. Une pompe de récupération 2010 est conçue pour pomper de l'huile du carter 2008 en retour dans le réservoir d'huile 2002, prête à être réutilisée.
- [0241] La [Fig.8] illustre le système à boucle d'huile secondaire 2000', qui est un système d'huile à boucle fermée 2000'. Le système d'huile à boucle fermée secondaire 2000' comprend un réservoir d'huile secondaire 2002' adapté à contenir un volume d'huile. Dans certaines mises en œuvre, les gaz sont retirés de l'huile au sein du réservoir d'huile 2002' par un dé-aérateur.
- [0242] Une pompe d'alimentation secondaire 2004' est configurée pour pomper de l'huile du réservoir d'huile secondaire 2002' à l'échangeur de chaleur carburant-huile d'IDG 1004. La température moyenne de l'huile entrant dans l'échangeur de chaleur carburant-huile d'IDG 1004, aux conditions de croisière, est supérieure à la température moyenne de carburant entrant dans l'échangeur de chaleur carburant-huile d'IDG 1004. Dans l'échangeur de chaleur carburant-huile d'IDG 1004, l'énergie thermique est transférée de l'écoulement d'huile vers l'écoulement du carburant. De cette manière, la température moyenne de l'écoulement d'huile sortant de l'échangeur de chaleur carburant-huile d'IDG 1004 est inférieure à la température moyenne de l'écoulement d'huile entrant dans l'échangeur de chaleur carburant-huile d'IDG 1004. De cette manière également, la température moyenne du carburant sortant de l'échangeur de chaleur carburant-huile d'IDG 1004 est supérieure à la température moyenne de carburant entrant dans l'échangeur de chaleur carburant-huile d'IDG 1004.
- [0243] L'écoulement d'huile est ensuite acheminé vers/en retour vers un générateur d'entraînement intégré 2006, où il lubrifie et/ou refroidit des composants mobiles et est réchauffé pendant le procédé. Dans certaines mises en œuvre, l'huile peut être utilisée

principalement comme liquide de refroidissement pour l'IDG 2006, et peut effectuer une lubrification minimale ou nulle.

[0244] À partir du générateur d'entraînement intégré 2006, l'huile est collectée dans un carter secondaire 2008'. Une pompe de récupération secondaire 2010' est configurée pour pomper de l'huile du carter secondaire 2008' dans le réservoir d'huile secondaire 2002' prête à être réutilisée.

[0245] La [Fig.9] représente schématiquement une variante de coupe du système d'huile à boucle fermée primaire 2000 représenté sur la [Fig.7]. Dans cette section un écoulement d'huile est pompé par la pompe d'alimentation 2004 par une soupape 2016. La soupape 2016 est actionnable pour diviser l'écoulement d'huile vers à la fois l'échangeur de chaleur carburant-huile principal 1006 et un premier échangeur de chaleur air-huile 2020, le premier échangeur de chaleur air-huile 2020 étant agencé en parallèle de l'échangeur de chaleur carburant-huile principal 1006. Le trajet d'écoulement d'huile peut être qualifié de ramification, avec l'échangeur de chaleur carburant-huile principal 1006 sur une branche et le premier échangeur de chaleur air-huile 2020 sur l'autre branche, dans une configuration parallèle de telle sorte que l'huile puisse s'écouler par l'intermédiaire d'une branche ou l'autre, mais la même partie d'huile ne peut pas passer par les deux sur le même cycle – l'écoulement se divise. Les écoulements d'huile sont ensuite recombinaés et acheminés vers la boîte d'engrenages de puissance 30 et d'autres composants de moteur 33. Tout pourcentage approprié d'huile peut s'écouler à travers chacun du premier échangeur de chaleur air-huile 2020 et de l'échangeur de chaleur carburant-huile principal 1006. Dans certains exemples, la soupape 2016 est exploitable pour faire varier l'écoulement d'huile vers l'échangeur de chaleur carburant-huile principal 1006 et le premier échangeur de chaleur air-huile 2020. Dans divers exemples, on peut prévoir un échangeur de chaleur huile-huile (non représenté), par exemple étant agencé en série avec le premier échangeur de chaleur air-huile 2020 sur cette branche de la division parallèle. L'échangeur de chaleur huile-huile peut permettre un échange de chaleur entre les systèmes d'huile à boucle fermée primaire et secondaire.

[0246] La [Fig.10] montre schématiquement un exemple d'agencement et d'interaction du premier système d'huile à boucle fermée 2000, du second système d'huile à boucle fermée 2000' et du système de carburant 1000, avec un écoulement de carburant montré dans des lignes noires épaisses et un écoulement d'huile montré dans des lignes noires plus minces. La ligne noire épaisse striée indique un trajet de remise en circulation 6011 pris uniquement par une partie du carburant.

[0247] Le système d'huile à boucle fermée primaire 2000 de cet exemple d'agencement est agencé comme illustré sur la [Fig.7]. Le système d'huile à boucle fermée secondaire 2000' de cet exemple d'agencement est agencé comme illustré sur la [Fig.8].

Le système de carburant 1000 de cet exemple d'agencement est agencé comme illustré sur la [Fig.5], mais avec une soupape de remise en circulation supplémentaire 6010 et une conduite 6011 comme décrit ci-dessus. Une conduite de contournement 1005 peut également être présente, mais n'est pas représentée par souci de clarté.

- [0248] En cours d'utilisation, le carburant est pompé depuis le réservoir de carburant 50 par la pompe à carburant basse pression 1002. Le carburant s'écoule alors à travers l'échangeur de chaleur carburant-huile d'IDG 1004. Le système d'huile à boucle fermée secondaire 2000' est conçu de telle sorte que son écoulement de remise en circulation de l'huile s'écoule également à travers l'échangeur de chaleur carburant-huile d'IDG 1004.
- [0249] Aux conditions de croisière, la température moyenne de l'écoulement d'huile entrant dans l'échangeur de chaleur carburant-huile d'IDG 1004 est supérieure à la température moyenne de l'écoulement de carburant entrant dans l'échangeur de chaleur carburant-huile d'IDG 1004. L'échangeur de chaleur carburant-huile d'IDG 1004 est conçu de telle sorte que la chaleur est transférée de l'écoulement d'huile vers l'écoulement de carburant. De cette manière, la température moyenne de l'écoulement d'huile à la sortie de l'échangeur de chaleur carburant-huile d'IDG 1004 est inférieure à la température moyenne de l'écoulement d'huile à l'entrée de l'échangeur de chaleur carburant-huile d'IDG 1004. De la même manière, la température moyenne de l'écoulement de carburant à la sortie de l'échangeur de chaleur carburant-huile d'IDG 1004 est supérieure à la température moyenne de l'écoulement de carburant à l'entrée de l'échangeur de chaleur carburant-huile d'IDG 1004.
- [0250] Le carburant s'écoule alors à travers l'échangeur de chaleur carburant-huile principal 1006. Le système d'huile à boucle fermée primaire 2000 est conçu de telle sorte que son écoulement de remise en circulation de l'huile s'écoule également à travers l'échangeur de chaleur carburant-huile principal 1006.
- [0251] Aux conditions de croisière, la température moyenne de l'écoulement d'huile entrant dans l'échangeur de chaleur carburant-huile principal 1006 est supérieure à la température moyenne de l'écoulement de carburant entrant dans l'échangeur de chaleur carburant-huile principal 1006. L'échangeur de chaleur carburant-huile principal 1006 est conçu de telle sorte que la chaleur est transférée de l'écoulement d'huile vers l'écoulement de carburant. De cette manière, la température moyenne de l'écoulement d'huile à la sortie de l'échangeur de chaleur carburant-huile principal 1006 est inférieure à la température moyenne de l'écoulement d'huile à l'entrée de l'échangeur de chaleur carburant-huile principal 1006. De la même manière, la température moyenne de l'écoulement de carburant à la sortie de l'échangeur de chaleur carburant-huile principal 1006 est supérieure à la température moyenne à l'entrée de l'échangeur de chaleur carburant-huile principal 1006.

- [0252] Aux conditions de croisière, la température moyenne de l'écoulement d'huile s'écoulant à travers l'échangeur de chaleur carburant-huile d'IDG 1004 peut être inférieure à la température moyenne de l'écoulement d'huile s'écoulant à travers l'échangeur de chaleur carburant-huile principal 1006. De cette manière, le carburant passe à travers l'échangeur de chaleur 1004 ayant une température moyenne d'écoulement d'huile inférieure d'abord, avant de passer à travers l'échangeur de chaleur 1006 ayant une température moyenne d'écoulement d'huile supérieure.
- [0253] Après l'écoulement à travers l'échangeur de chaleur carburant-huile principal 1006, le carburant s'écoule vers la pompe à carburant moteur 1003, qui est située en aval des échangeurs de chaleur carburant-huile primaire et secondaire 1006, 1004 dans les exemples montrés et est agencée pour délivrer du carburant à la chambre de combustion 16 du moteur à turbine à gaz 10.
- [0254] La [Fig.11] montre schématiquement un exemple de configuration du système d'huile à boucle fermée primaire 2000 et du système d'huile à boucle fermée secondaire 2000' où les deux écoulements indépendants de remise en circulation d'huile sont amenés en relation d'échange de chaleur à travers un échangeur de chaleur huile-huile 2030.
- [0255] Dans l'exemple illustré sur la [Fig.11], le système d'huile à boucle fermée primaire 2000 est configuré de telle sorte que l'écoulement de remise en circulation d'huile est pompé par la pompe d'alimentation 2004 à travers une soupape 2016, qui peut être dénommée soupape de modulation. La soupape 2016 est actionnable pour diviser l'écoulement d'huile de sorte qu'une partie de l'écoulement d'huile passe à chacun de l'échangeur de chaleur carburant-huile principal 1006 et d'un premier échangeur de chaleur air-huile 2020. Dans le mode de réalisation représenté, le premier échangeur de chaleur air-huile 2020 est en série avec l'échangeur de chaleur huile-huile 2030, et l'agencement de l'échangeur de chaleur air-huile 2020 et huile-huile 2030 est en parallèle avec l'échangeur de chaleur carburant-huile principal 1006. La soupape de modulation 2016 détermine quelle proportion de l'huile parcourt chaque branche de l'agencement parallèle.
- [0256] Dans des exemples, toute partie appropriée de l'écoulement d'huile peut être déviée entre l'échangeur de chaleur carburant-huile principal 1006 et le premier échangeur de chaleur air-huile 2020. Dans des exemples, la soupape 2016 est exploitable pour dévier une partie fixe de l'écoulement d'huile vers chacun de l'échangeur de chaleur carburant-huile principal 1006 et du premier échangeur de chaleur air-huile 2020. Dans d'autres exemples, la soupape 2016 est exploitable pour dévier une partie variable de l'écoulement d'huile vers chacun de l'échangeur de chaleur carburant-huile principal 1006 et du premier échangeur de chaleur air-huile 2020, par exemple en utilisant des données provenant d'un capteur de température pour rétroaction pour

commander la partie variable.

- [0257] Après l'écoulement à travers les échangeurs de chaleur 1006, 2020, 2030, l'écoulement d'huile dans le système à boucle fermée primaire 2000 est ensuite recombinaison et acheminé vers la boîte d'engrenages de puissance 30 (et/ou d'autres composants moteurs 33 tels que l'AGB) puis au carter 2008. La pompe de récupération 2010 pompe alors l'huile du carter 2008 au réservoir d'huile 2002, pour réutilisation.
- [0258] L'écoulement d'huile au sein du système d'huile à boucle fermée secondaire 2000' est agencé pour être amené en une relation d'échange de chaleur avec l'écoulement séparé d'huile au sein du système d'huile à boucle fermée primaire 2000 à travers l'échangeur de chaleur huile-huile 2030. Dans l'échangeur de chaleur huile-huile 2030 l'écoulement d'huile au sein du système d'huile à boucle fermée primaire 2000 ne se mélange pas avec l'écoulement d'huile au sein du système d'huile à boucle fermée secondaire 2000'. L'échangeur de chaleur huile-huile 2030 est conçu de telle sorte qu'un transfert de chaleur peut avoir lieu entre les deux écoulements d'huile séparés. De cette manière, la chaleur d'un écoulement plus chaud d'huile peut être transférée à l'écoulement plus froid d'huile au sein de l'échangeur de chaleur huile-huile 2030.
- [0259] Dans la mise en œuvre montrée sur la [Fig.11], le système d'huile à boucle fermée secondaire 2000' est configuré de telle sorte que l'écoulement de remise en circulation d'huile est pompé par la pompe d'alimentation secondaire 2004' à travers une soupape 2016', qui peut être dénommée soupape de modulation secondaire. La soupape 2016' est exploitable pour dévier au moins une partie de l'écoulement d'huile entre l'échangeur de chaleur carburant-huile d'IDG 1004 et l'échangeur de chaleur huile-huile 2030, où l'échangeur de chaleur huile-huile 2030 est agencé en parallèle avec l'échangeur de chaleur carburant-huile d'IDG 1004. Dans d'autres mises en œuvre, le système d'huile à boucle fermée secondaire 2000' peut ne pas avoir une configuration ramifiée. Par exemple, l'échangeur de chaleur carburant-huile d'IDG 1004 et l'échangeur de chaleur huile-huile 2030 peuvent être agencés en série de telle sorte qu'au moins une majorité de l'huile passant par l'un traverse également l'autre dans un cycle donné.
- [0260] Dans d'autres mises en œuvre, un échangeur de chaleur air-huile 2020 peut être présent sur chaque système à boucle fermée, ou seulement sur le système à boucle fermée secondaire, et/ou aucun échangeur de chaleur huile-huile ne peut être présent.
- [0261] Dans des exemples, toute partie appropriée de l'écoulement d'huile peut être déviée entre l'échangeur de chaleur carburant-huile d'IDG 1004 et l'échangeur de chaleur huile-huile 2030. Dans des exemples, la soupape 2016' est exploitable pour dévier une partie fixe de l'écoulement d'huile vers chacun de l'échangeur de chaleur carburant-huile d'IDG 1004 et l'échangeur de chaleur huile-huile 2030. Dans des exemples, la

soupape 2016' est exploitable pour dévier une partie variable de l'écoulement d'huile vers chacun de l'échangeur de chaleur carburant-huile d'IDG 1004 et l'échangeur de chaleur huile-huile 2030.

- [0262] Après l'écoulement dans les échangeurs de chaleur 1004, 2030, l'écoulement d'huile est ensuite acheminé vers le générateur d'entraînement intégré 2006 puis vers le carter secondaire 2008'. La pompe de récupération secondaire 2010' pompe alors l'huile du carter secondaire 2008' au réservoir d'huile secondaire 2002', pour réutilisation.
- [0263] Un ou plusieurs capteurs de température peuvent donc être prévus, par exemple agencés pour détecter la température du carburant à l'approche de la pompe à carburant 1003 ou de la chambre de combustion 16. Les données provenant du ou des capteurs peuvent être utilisées par un dispositif de commande du système d'échange de chaleur pour gérer les écoulements de carburant et/ou d'huile à travers et autour des échangeurs de chaleur. La commande peut être automatisée.
- [0264] Les inventeurs étaient conscients qu'une sélection et une commande soigneuses du carburant en fonction de paramètres tels que la viscosité et la température peuvent affecter l'efficacité de la combustion, en particulier par rapport à la performance de pulvérisation de la tuyère de carburant au sein de la chambre de combustion, et/ou améliorer la longévité des composants. L'utilisation du carburant pour absorber plus de chaleur de l'huile, plutôt que de s'appuyer sur le transfert de chaleur de l'huile vers l'environnement/air (par exemple, dans un échangeur de chaleur air-huile) peut fournir un moteur à plus performant thermiquement, comme décrit ci-dessus.
- [0265] La [Fig.12] illustre un exemple de procédé 12000 d'un moteur à turbine à gaz 10. Le procédé 12000 comprend les étapes consistant à :
- [0266] Étape 12100 : Fournir un carburant à la chambre de combustion 16 du moteur à turbine à gaz 10 par l'intermédiaire d'un système de gestion de carburant 1500.
- [0267] Le moteur à turbine à gaz 10 comprend un système d'échange de chaleur comprenant au moins deux échangeurs de chaleur, et facultativement plus, comme décrit ci-dessus
- [0268] Étape 12200 : Commander le système d'échange de chaleur de manière à élever la température de carburant à au moins 135 °C à l'entrée de la chambre de combustion aux conditions de croisière.
- [0269] Dans diverses mises en œuvre telles qu'abordées précédemment, la commande 12200 du système d'échange de chaleur peut comprendre la commande de l'écoulement de carburant à travers les échangeurs de chaleur carburant-huile primaire et secondaire 1006, 1004.
- [0270] L'écoulement du carburant peut être réalisé à l'aide d'une soupape de remise en circulation 6010, lorsqu'elle est présente, comme dans le système de gestion de carburant 6500. Une quantité de carburant activement commandée sortant de l'échangeur de chaleur primaire 1006 peut être remise en circulation vers l'échangeur

de chaleur primaire 1006 plutôt que de s'écouler directement vers la chambre de combustion 16. Cette remise en circulation peut également amener du carburant qui a déjà traversé la pompe à carburant moteur 1003 en retour vers une position en amont de la pompe à carburant moteur 1003.

- [0271] En variante ou en complément, l'écoulement de carburant peut être commandé en utilisant une ou plusieurs conduites de contournement 1005 agencées pour permettre à une proportion du carburant d'éviter de passer à travers l'un et/ou l'autre des échangeurs de chaleur carburant-huile.
- [0272] La vitesse de la pompe 1003 peut également être ajustée, soit en accélérant le débit de carburant (diminuant ainsi le transfert de chaleur par unité de volume passant par les échangeurs de chaleur) soit en réduisant le débit de carburant (augmentant ainsi le transfert de chaleur par unité de volume passant par les échangeurs de chaleur).
- [0273] La commande 12200 du système d'échange de chaleur peut comprendre la commande de l'écoulement d'huile à travers les échangeurs de chaleur carburant-huile primaire et secondaire 1006, 1004, et/ou par l'intermédiaire d'un ou plusieurs autres échangeurs de chaleur – par exemple un échangeur de chaleur huile-huile 2030 entre des systèmes d'huile à boucle fermée séparés ou un échangeur de chaleur air-huile 2020.
- [0274] En complément ou alternativement, comme pour l'écoulement de carburant, l'écoulement d'huile peut être commandé en utilisant une ou plusieurs conduites de contournement, lorsqu'elles sont présentes, permettant à l'huile de contourner un ou plusieurs échangeurs de chaleur 1004, 1006 au lieu de s'écouler à travers ceux-ci. L'huile peut également être remise en circulation dans certaines mises en œuvre et/ou l'écoulement d'huile peut être ajusté en commandant une ou plusieurs pompes à huile. Un ou plusieurs soupapes, pompes et/ou capteurs commandables peuvent être fournis en conséquence pour faciliter la commande de l'écoulement d'huile.
- [0275] Le système d'échange de chaleur peut comprendre un dispositif de commande agencé pour mettre en œuvre cette commande (de l'écoulement de carburant et/ou de l'écoulement d'huile). Le dispositif de commande peut recevoir des entrées d'un ou plusieurs capteurs de température, et peut commander une ou plusieurs soupapes (par exemple la soupape de remise en circulation 6010), et/ou la pompe 1003, en fonction des données reçues. Une ou plusieurs pompes d'alimentation en huile et/ou pompes de récupération peuvent également être commandées par le dispositif de commande.
- [0276] Cette commande active peut être effectuée en fonction d'un ou plusieurs paramètres tels que :
- [0277] • Vitesse d'arbre central et demande de poussée du moteur ;
- [0278] • Température actuelle du carburant et/ou température de l'huile de carburant au niveau d'un ou plusieurs emplacements ;

- [0279] • Pouvoir calorifique de carburant ;
- [0280] • Vitesse de rotation de soufflante ;
- [0281] • Débit de carburant vers la chambre de combustion (couramment dénommé WFE - poids d'écoulement de carburant de moteur principal) ;
- [0282] • Viscosité de carburant ; et
- [0283] • Vitesse de pompe à carburant principale/moteur, ou options de vitesse.
- [0284] Dans des exemples alternatifs, la commande de la quantité de carburant sortant de l'échangeur de chaleur carburant-huile primaire 1006 à remettre en circulation peut ne pas être une étape de procédé active – à la place, une proportion définie, fixe du carburant peut être remise en circulation. Alternativement, aucun carburant ne peut être remis en circulation, et aucun itinéraire de remise en circulation ne peut être disponible dans certaines mises en œuvre.
- [0285] Les inventeurs sont également conscients qu'une commande rigoureuse du transfert de chaleur de l'huile dans le carburant pourrait permettre d'utiliser plus efficacement des carburants plus récents, d'ajuster des paramètres dans des conditions de croisière pour améliorer l'efficacité de la combustion et/ou améliorer la longévité du composant, et permettre un refroidissement d'huile plus efficace, comme abordé précédemment.
- [0286] La [Fig.13] illustre un exemple de procédé 13000 d'un moteur à turbine à gaz 10. Le procédé 13000 comprend les étapes consistant à :
- [0287] Étape 13100 : Fournir un carburant à la chambre de combustion 16 du moteur à turbine à gaz 10 par l'intermédiaire d'un système de gestion de carburant 1500.
- [0288] Le moteur à turbine à gaz 10 comprend un système d'échange de chaleur comprenant au moins deux échangeurs de chaleur 1006, 1004, et éventuellement plus, comme décrit précédemment
- [0289] Étape 13200 : Commander le système d'échange de chaleur de manière à transférer entre 200 et 600 kJ/m³ de chaleur de l'huile au carburant dans des conditions de croisière, éventuellement dans un ou plusieurs échangeurs de chaleur carburant-huile.
- [0290] Dans diverses mises en œuvre telles qu'abordées précédemment, la commande 13200 du système d'échange de chaleur peut comprendre la commande de l'écoulement de carburant à travers les échangeurs de chaleur carburant-huile primaire et secondaire 1006, 1004.
- [0291] La commande du système d'échange de chaleur peut être ou comprendre sensiblement les mêmes mécanismes de commande que décrits par rapport à l'étape 12200 du procédé 12000 de la [Fig.12].
- [0292] Le procédé de la [Fig.13] peut être utilisé conjointement avec le procédé de la [Fig.12].
- [0293] Les inventeurs étaient conscients qu'une sélection et une commande soigneuses du carburant en fonction de paramètres tels que la viscosité et la température peuvent

affecter l'efficacité de la combustion, en particulier par rapport à la performance de pulvérisation de la tuyère de carburant au sein de la chambre de combustion (par exemple taille et distribution des gouttelettes), et/ou améliorer la longévité des composants (par exemple, en réduisant le fluage et/ou l'endommagement en raison de différents coefficients de dilatation thermique des composants sur le cyclage thermique en cours d'utilisation, et réduisant le dépôt des produits de décomposition thermique du carburant à l'intérieur de la pompe qui peut entraîner des blocages, ce qui entraîne une dégradation de l'écoulement de distribution sur la durée de vie de la pompe). En utilisant le carburant pour absorber plus de chaleur de l'huile, plutôt que de s'appuyer sur le transfert de chaleur de l'huile vers l'environnement/air (par exemple, dans l'échangeur de chaleur air-huile) on fournit un moteur à turbine 10 plus performant thermiquement. La température maximale réduite à laquelle la pompe est exposée peut réduire le fluage, réduire les dommages thermiques aux composants tels que les joints d'étanchéité, et/ou réduire les dommages sur le cyclage résultant de différentes dilatations thermiques de composants de pompe différents, ce qui permet d'étendre la durée de la pompe/améliorer les performances de la pompe pour un âge de pompe donné. En outre, l'épaisseur de film de palier dans la pompe 1003 peut être améliorée si des températures de carburant dans la pompe sont maintenues plus basses en plaçant la pompe avant un autre échangeur de chaleur. Le carburant est le lubrifiant pour les paliers de pompe, et la viscosité de carburant diminue généralement à mesure que la température augmente, de sorte que l'épaisseur de film diminue de manière préjudiciable. La réduction de la température de carburant peut entraîner une augmentation de la viscosité du carburant, ce qui améliore généralement la performance des surfaces de palier à l'intérieur de la pompe 1003, réduisant ainsi l'usure et réduisant ainsi la dégradation en distribution d'écoulement avec le temps. Une commande soigneuse de la viscosité du carburant peut donc améliorer les performances de la pompe, et améliorer potentiellement la longévité de la pompe. Par exemple, un carburant moins visqueux peut nécessiter moins d'effort de la pompe 1003 pour le même débit de carburant, ce qui réduit potentiellement l'usure sur la pompe, mais cela est compensé par l'épaisseur de film réduite de sorte qu'un équilibre doit être frappé. De plus, les températures de carburant inférieures réduisent généralement la formation de produits de décomposition de carburant qui ont également un effet préjudiciable sur la durée de vie et la fiabilité de la pompe 1003. La température de carburant inférieure peut donc également augmenter la fiabilité. La température inférieure peut également réduire l'endommagement des paliers lisses et des paliers de butée.

[0294] D'autres facteurs pertinents comportent la variation de cavitation (le carburant plus froid est plus dense et présente une pression de vapeur plus faible) et le pouvoir lubrifiant ; un carburant plus froid est bénéfique de la perspective de sortie de pompe vo-

lumétrique, une pompe 1003 peut donc être maintenue sur l'aile plus longtemps/peut avoir une durée de vie utile plus longue si elle est utilisée avec du carburant plus froid. Cependant, l'augmentation de la température de carburant peut fournir des effets bénéfiques tels que la combustion améliorée dans certaines mises en œuvre, et un équilibre approprié peut donc être choisi – un échange de chaleur entre l'huile et le carburant peut donc être ajusté de manière appropriée pour atteindre les caractéristiques souhaitées en croisière.

- [0295] La performance de pulvérisation de la tuyère de carburant (par exemple la taille et la répartition des gouttelettes telles que mentionnées ci-dessus, qui sont toutes deux affectées par la viscosité) affecte le rendement de combustion du carburant, ainsi l'efficacité du moteur peut être améliorée avec la sélection de la viscosité souhaitée.
- [0296] La [Fig.14] illustre un exemple de procédé 14000 d'un moteur à turbine à gaz 10. Le procédé 14000 comprend les étapes consistant à :
- [0297] Étape 14100 : Fournir un carburant à la chambre de combustion 16 du moteur à turbine à gaz 10 par l'intermédiaire d'un système de gestion de carburant 1500.
- [0298] Le moteur à turbine à gaz 10 comprend un système d'échange de chaleur comprenant au moins deux échangeurs de chaleur 1006, 1004, et éventuellement plus, comme décrit précédemment.
- [0299] Étape 14200 : Commander le système d'échange de chaleur de manière à ajuster la viscosité de carburant à un maximum de 0,58 mm²/s à l'entrée de la chambre de combustion aux conditions de croisière.
- [0300] L'étape 14200 peut également être décrite comme le transfert de chaleur 14200 de l'huile au carburant, à l'aide du système d'échange de chaleur 1004, 1006, de manière à abaisser la viscosité de carburant à une valeur inférieure ou égale à 0,58 mm²/s à l'entrée de la chambre de combustion 16 dans des conditions de croisière.
- [0301] Un seuil maximal inférieur sur la viscosité peut être défini dans différentes mises en œuvre. La viscosité peut également être commandée pour ne pas descendre en dessous d'un minimum spécifié.
- [0302] Dans diverses mises en œuvre telles qu'abordées précédemment, la commande 14200 du système d'échange de chaleur peut comprendre la commande de l'écoulement de carburant à travers les échangeurs de chaleur carburant-huile primaire et secondaire 1006, 1004.
- [0303] La commande 14200 du système d'échange de chaleur peut être ou comprendre sensiblement les mêmes mécanismes de commande que décrits par rapport à l'étape 12200 du procédé 12000.
- [0304] Le procédé de la [Fig.14] peut être utilisé conjointement avec le procédé de la [Fig.12] et/ou le procédé de la [Fig.13].
- [0305] Il sera entendu que l'invention n'est pas limitée aux modes de réalisation décrits ci-

dessus et que diverses modifications et améliorations peuvent être apportées sans s'écarter des concepts décrits ici. Sauf exclusion mutuelle, toute caractéristique peut être employée séparément ou en combinaison avec d'autres caractéristiques et la description s'étend à et inclut toutes les combinaisons et sous-combinaisons d'une ou plusieurs caractéristiques décrites ici.

Revendications

- [Revendication 1] 1 Procédé (14000) de fonctionnement d'un moteur à turbine à gaz (10), le moteur à turbine à gaz comprenant :
- un noyau de moteur (11) comprenant une turbine, un compresseur (14, 15), une chambre de combustion (16) agencée pour brûler un carburant, et un arbre central reliant la turbine au compresseur (14, 15) ;
 - une soufflante (23) située en amont du noyau de moteur (11) ;
 - un arbre de soufflante (42) ;
 - une boîte d'engrenages (30) qui reçoit une entrée provenant de l'arbre central et délivre en sortie un entraînement à la soufflante par l'intermédiaire de l'arbre de soufflante (42) ;
 - un système à boucle d'huile primaire (2000) agencé pour fournir de l'huile à la boîte d'engrenages (30) ; et
 - un système d'échange de chaleur comprenant :
 - un échangeur de chaleur air-huile (2020) à travers lequel s'écoule de l'huile dans le système à boucle d'huile primaire (2000) ; et
 - un échangeur de chaleur carburant-huile (1006) à travers lequel l'huile dans le système à boucle d'huile primaire (2000) et le carburant s'écoulent de telle sorte que la chaleur est transférée entre l'huile et le carburant, et dans lequel le système à boucle d'huile primaire (2000) se ramifie de telle sorte qu'une proportion de l'huile peut s'écouler le long de chaque branche et les échangeurs de chaleur air-huile et carburant-huile sont agencés dans une configuration parallèle sur différentes branches du système à boucle d'huile primaire (2000) ; et
 - une soupape de modulation (2016) agencée pour permettre de faire varier la proportion d'huile envoyée par l'intermédiaire de chaque branche ;
- dans lequel le procédé comprend la commande (14200) du système d'échange de chaleur (2020, 1006) de manière à ajuster la viscosité de carburant à un maximum de 0,58 mm²/s à l'entrée de la chambre de combustion (16) dans des conditions de croisière.
- [Revendication 2] 2 Procédé (14000) selon la revendication 1, dans lequel le moteur à turbine à gaz comprend en outre :
- un générateur d'entraînement intégré (2006) ; et
 - un système à boucle d'huile secondaire (2000') agencé pour fournir de l'huile au générateur d'entraînement intégré (2006) ;

- dans lequel le système d'échange de chaleur comprend un échangeur de chaleur huile-huile (2030) agencé pour transférer la chaleur entre l'huile du système à boucle d'huile primaire (2000) et l'huile du système à boucle d'huile secondaire (2000').
- [Revendication 3] 3 Procédé (14000) selon la revendication 2, dans lequel l'échangeur de chaleur huile-huile (2030) est en aval des échangeurs de chaleur air-huile et carburant-huile (2020, 1006) du système d'huile primaire.
- [Revendication 4] 4 Procédé (14000) selon la revendication 2, dans lequel le système à boucle d'huile primaire (2000) comprend deux branches à travers lesquelles l'huile s'écoule, pour fournir la configuration d'échangeur de chaleur parallèle, et dans lequel l'échangeur de chaleur d'huile-huile (2030) est sur la même branche que l'échangeur de chaleur air-huile (2020).
- [Revendication 5] 5 Procédé (14000) selon la revendication 1, dans lequel le moteur à turbine à gaz (10) comprend en outre :
un générateur d'entraînement intégré (2006) ; et
un système à boucle d'huile secondaire (2000') agencé pour fournir de l'huile au générateur d'entraînement intégré (2006) ;
et le système d'échange de chaleur (2020, 1006) comprend en outre :
un échangeur de chaleur carburant-huile secondaire (1004) agencé pour recevoir le carburant et l'huile du système à boucle d'huile secondaire (2000') ; et
le procédé comprend le transfert de chaleur entre l'huile provenant du système à boucle d'huile secondaire (2000') et le carburant à l'aide de l'échangeur de chaleur carburant-huile secondaire (1004).
- [Revendication 6] 6 Procédé (14000) selon la revendication 5, dans lequel :
l'échangeur de chaleur carburant-huile à travers lequel l'huile du système d'huile primaire s'écoule est un échangeur de chaleur à carburant-huile primaire (1006) ; et
le carburant s'écoule à travers l'échangeur de chaleur carburant-huile secondaire (1004) avant l'écoulement à travers l'échangeur de chaleur carburant-huile primaire (1006), de telle sorte que de la chaleur est transférée de l'huile dans le système à boucle d'huile secondaire (2000') au carburant avant que de la chaleur soit transférée de l'huile dans le système d'huile primaire au carburant.
- [Revendication 7] 7 Procédé (14000) selon la revendication 5, dans lequel la commande (14200) du système d'échange de chaleur (2020, 1006) de manière à ajuster la viscosité de carburant comprend l'ajustement d'une

quantité de carburant envoyée à travers au moins l'un de l'échangeur de chaleur carburant-huile primaire (1006) et de l'échangeur de chaleur carburant-huile secondaire (1004).

[Revendication 8]

8 Procédé (14000) selon la revendication 1, dans lequel le système d'échange de chaleur (2020, 1006) comprend au moins une conduite de contournement (1005) agencée pour permettre au carburant de contourner au moins un échangeur de chaleur (1006) du système d'échange de chaleur, et dans lequel la commande du système d'échange de chaleur de manière à ajuster la viscosité de carburant comprend l'ajustement de la quantité de carburant envoyée à travers la conduite de contournement au lieu de traverser l'échangeur de chaleur.

[Revendication 9]

9 Procédé (14000) selon la revendication 1, dans lequel le système d'échange de chaleur (2020, 1006) comprend au moins une conduite de remise en circulation (6011) agencée pour prélever du carburant qui a déjà traversé un échangeur de chaleur donné du système d'échange de chaleur en retour vers une entrée de cet échangeur de chaleur, et dans lequel la commande du système d'échange de chaleur de manière à ajuster la viscosité de carburant comprend l'ajustement de la quantité de carburant envoyée à travers la conduite de remise en circulation (6011).

[Revendication 10]

10 Moteur à turbine à gaz (10) pour un aéronef (1) comprenant :
un noyau de moteur (11) comprenant une turbine (19), un compresseur (14, 15), une chambre de combustion agencée pour brûler un carburant (16), et un arbre central reliant la turbine au compresseur (14, 15) ;
une soufflante (23) située en amont du noyau de moteur (11), la soufflante comprenant une pluralité d'aubes de soufflante ;
une boîte d'engrenages (30) qui est agencée pour recevoir une entrée depuis l'arbre central et délivrer en sortie un entraînement à la soufflante de façon à entraîner la soufflante à une vitesse de rotation plus basse que l'arbre central ; et
un système à boucle d'huile primaire (2000) agencé pour fournir de l'huile à la boîte d'engrenages (30) ; et
un système d'échange de chaleur comprenant :
un échangeur de chaleur air-huile (2020) à travers lequel s'écoule de l'huile dans le système à boucle d'huile primaire (2000) ; et
un échangeur de chaleur carburant-huile (1006) à travers lequel l'huile dans le système à boucle d'huile primaire (2000) et le carburant s'écoulent de telle sorte que la chaleur est transférée entre l'huile et le

carburant, et dans lequel le système à boucle d'huile primaire (2000) se ramifie de telle sorte qu'une proportion de l'huile peut s'écouler le long de chaque branche et les échangeurs de chaleur air-huile et carburant-huile (2020, 1006) sont agencés dans une configuration parallèle sur différentes branches du système à boucle d'huile primaire (2000) ; et

une soupape de modulation (2016) agencée pour permettre de faire varier la proportion d'huile envoyée par l'intermédiaire de chaque branche, dans lequel :

le système d'échange de chaleur (2020, 1006) est agencé pour ajuster la viscosité de carburant à un maximum de 0,58 mm²/s à l'entrée de la chambre de combustion (16) dans des conditions de croisière.

[Revendication 11] 11 Moteur à turbine à gaz (10) selon la revendication 10, comprenant en outre :

un générateur d'entraînement intégré (2006) ; et

un système à boucle d'huile secondaire (2000') agencé pour fournir de l'huile au générateur d'entraînement intégré (2006) ;

dans lequel le système d'échange de chaleur (2020, 1006) comprend un échangeur de chaleur huile-huile (2030) agencé pour transférer la chaleur entre l'huile du système à boucle d'huile primaire (2000) et l'huile du système à boucle d'huile secondaire (2000').

[Revendication 12] 12 Moteur à turbine à gaz selon la revendication 11, dans lequel l'échangeur de chaleur huile-huile (2030) est positionné en aval des échangeurs de chaleur air-huile et carburant-huile (2020, 1006) du système à boucle d'huile primaire (2000).

[Revendication 13] 13 Moteur à turbine à gaz (10) selon la revendication 11, dans lequel l'échangeur de chaleur huile-huile (2030) est positionné sur la même branche que l'échangeur de chaleur air-huile (2020).

[Revendication 14] 14 Moteur à turbine à gaz (10) selon la revendication 10, comprenant en outre :

un générateur d'entraînement intégré (2006) ; et

un système à boucle d'huile secondaire (2000') agencé pour fournir de l'huile au générateur d'entraînement intégré (2006) ;

et dans lequel :

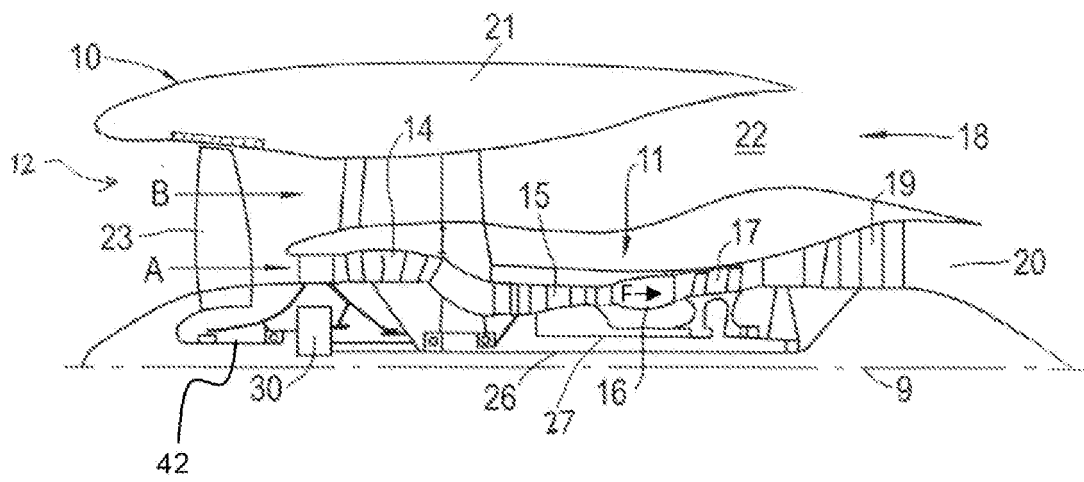
le système d'échange de chaleur (2020, 1006) comprend en outre :

un échangeur de chaleur carburant-huile secondaire (1004) agencé pour recevoir de l'huile du système à boucle d'huile secondaire (2000'), dans lequel l'échangeur de chaleur carburant-huile secondaire (1004) est

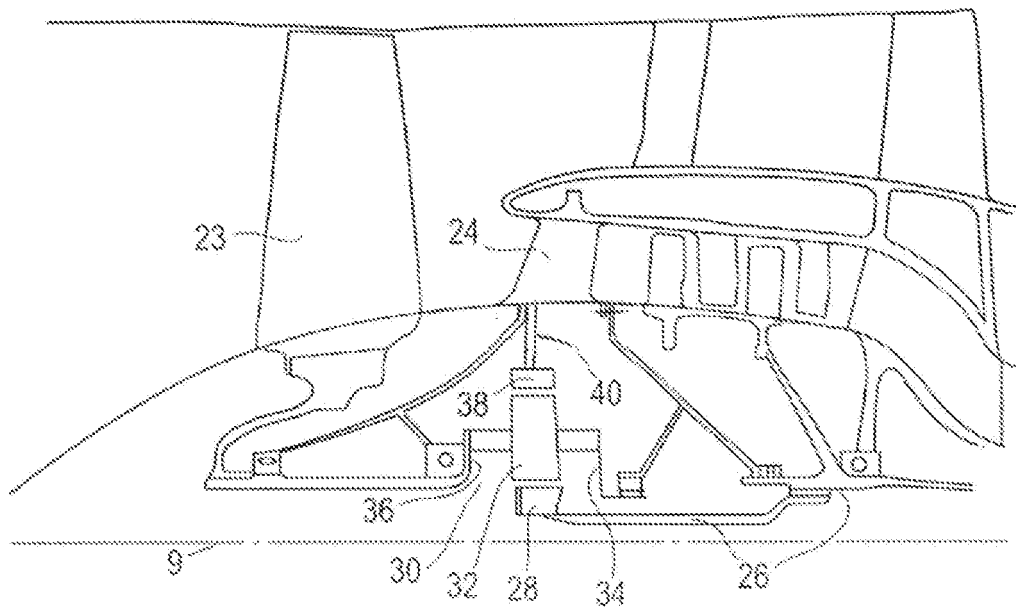
agencé pour transférer la chaleur entre l'huile provenant du système à boucle d'huile secondaire (2000') et le carburant avec l'échangeur de chaleur carburant-huile secondaire (1004).

[Revendication 15] 15 Moteur à turbine à gaz (10) selon la revendication 14, dans lequel : l'échangeur de chaleur carburant-huile à travers lequel l'huile du système d'huile primaire s'écoule est un échangeur de chaleur à carburant-huile primaire (1006) ; et le système d'échange de chaleur (2020, 1006) est agencé de telle sorte que du carburant s'écoule à travers l'échangeur de chaleur carburant-huile secondaire (1004) avant l'écoulement à travers l'échangeur de chaleur carburant-huile primaire (1006), de telle sorte que de la chaleur est transférée de l'huile dans le système à boucle d'huile secondaire (2000') au carburant avant que la chaleur ne soit transférée de l'huile dans le système à boucle d'huile primaire (2000) au carburant.

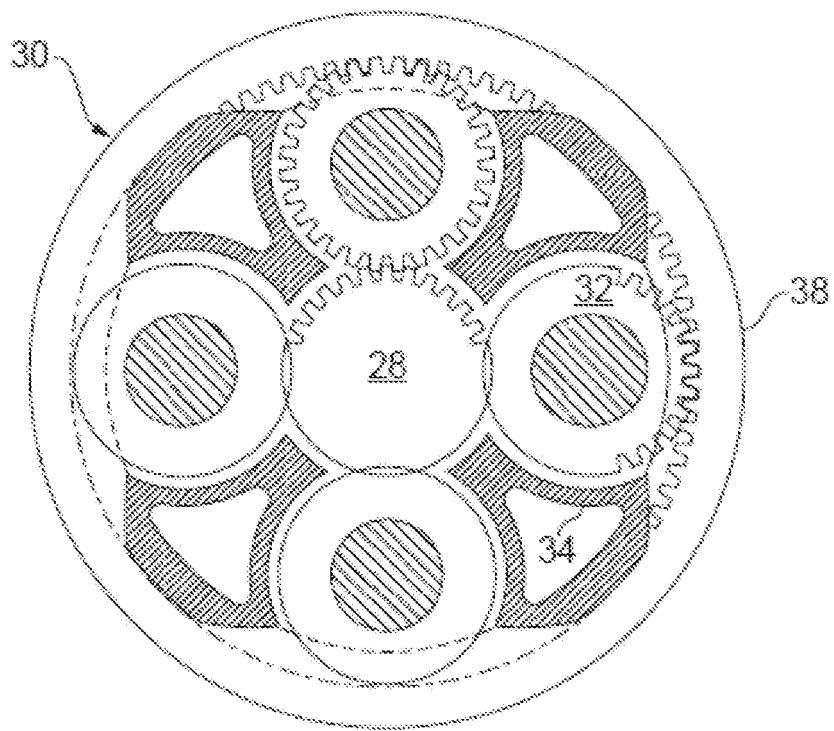
[Fig. 1]



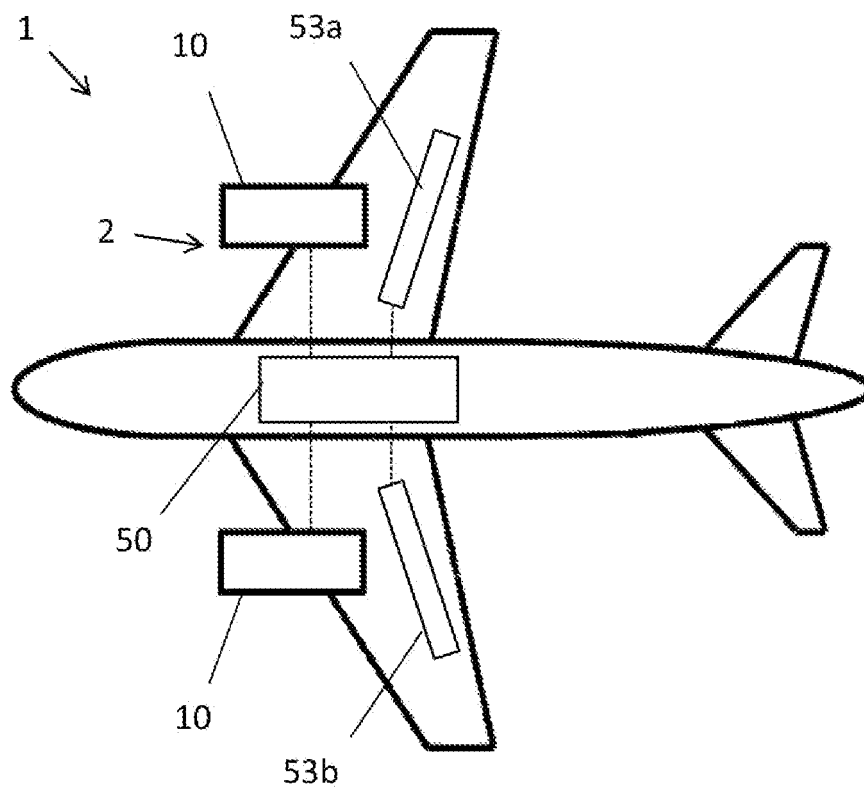
[Fig. 2]



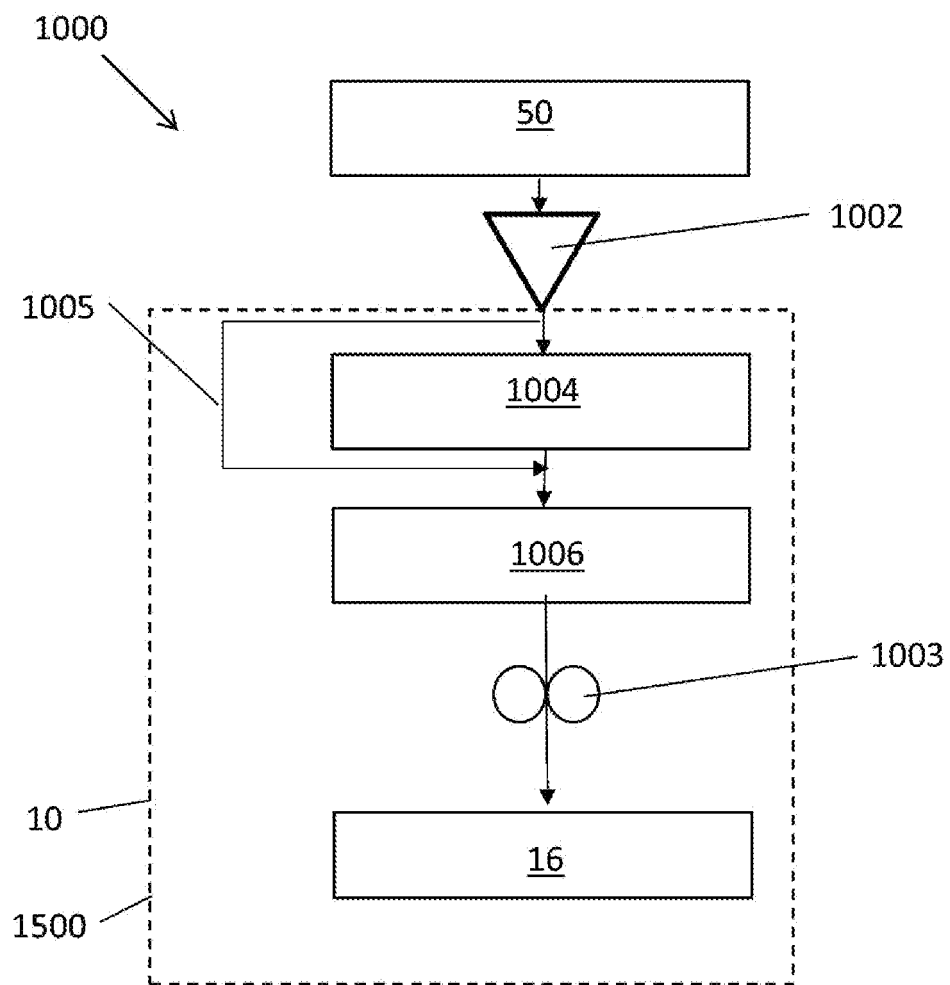
[Fig. 3]



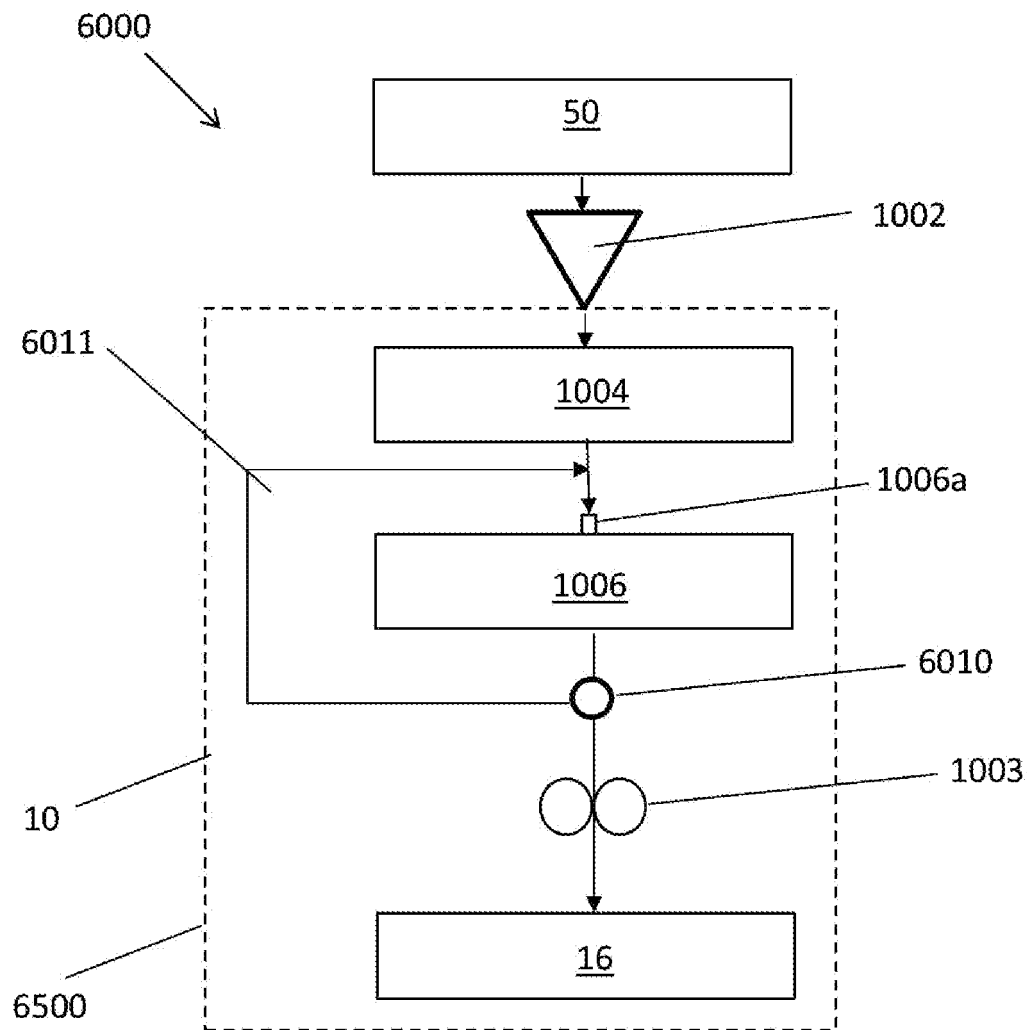
[Fig. 4]



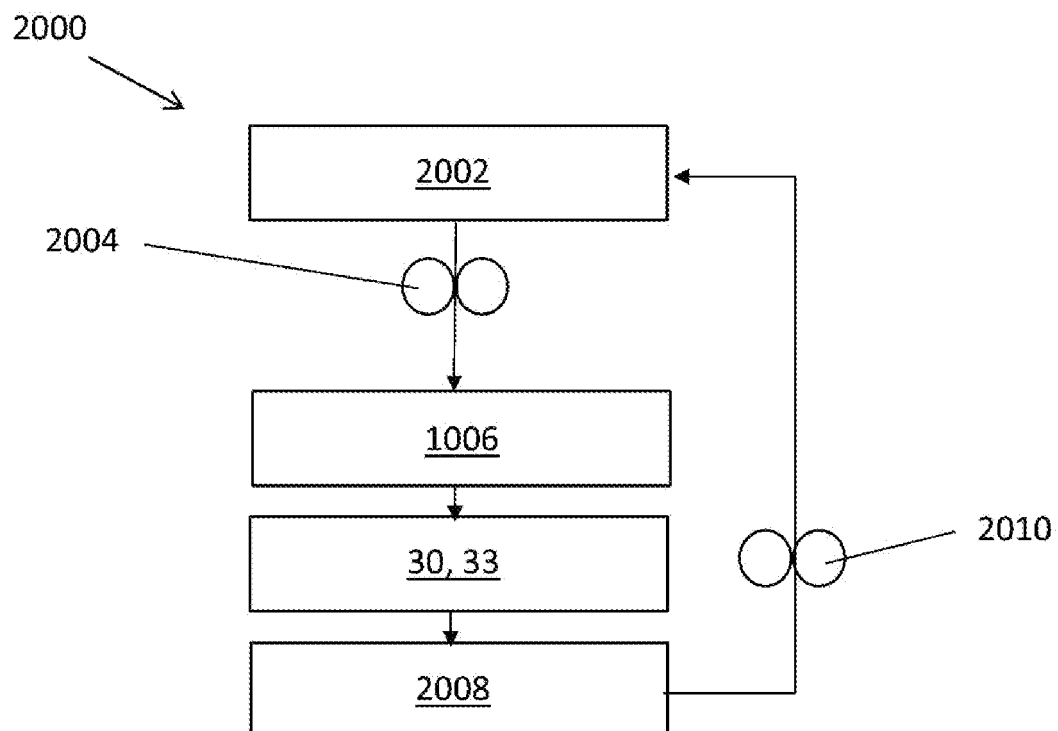
[Fig. 5]



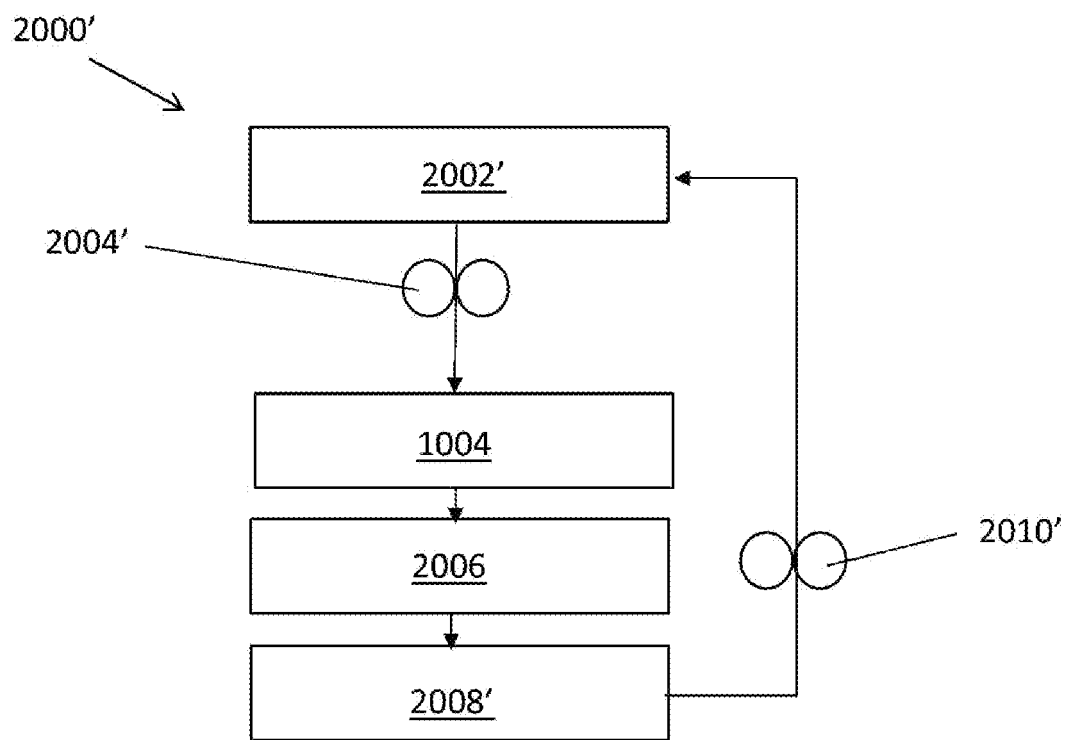
[Fig. 6]



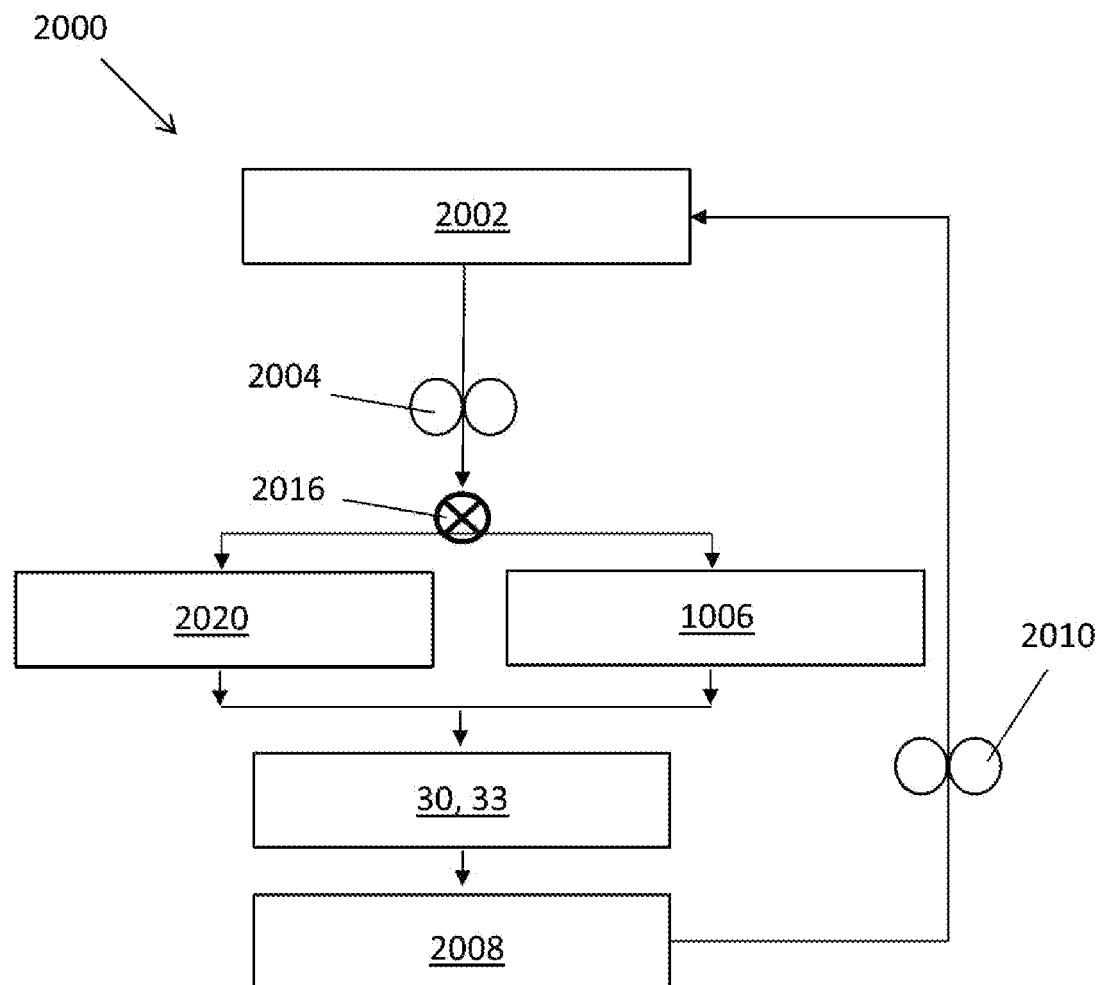
[Fig. 7]



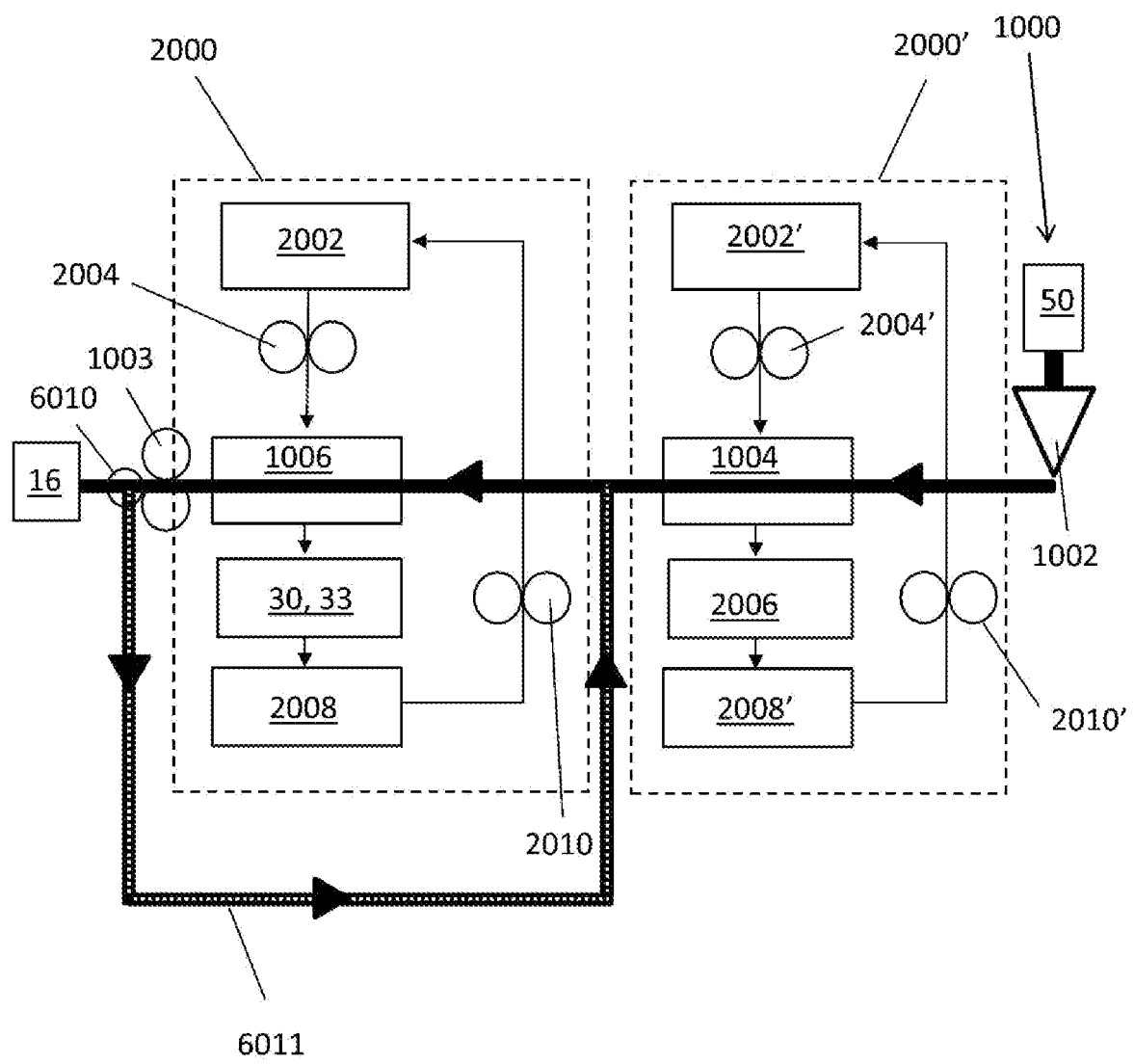
[Fig. 8]



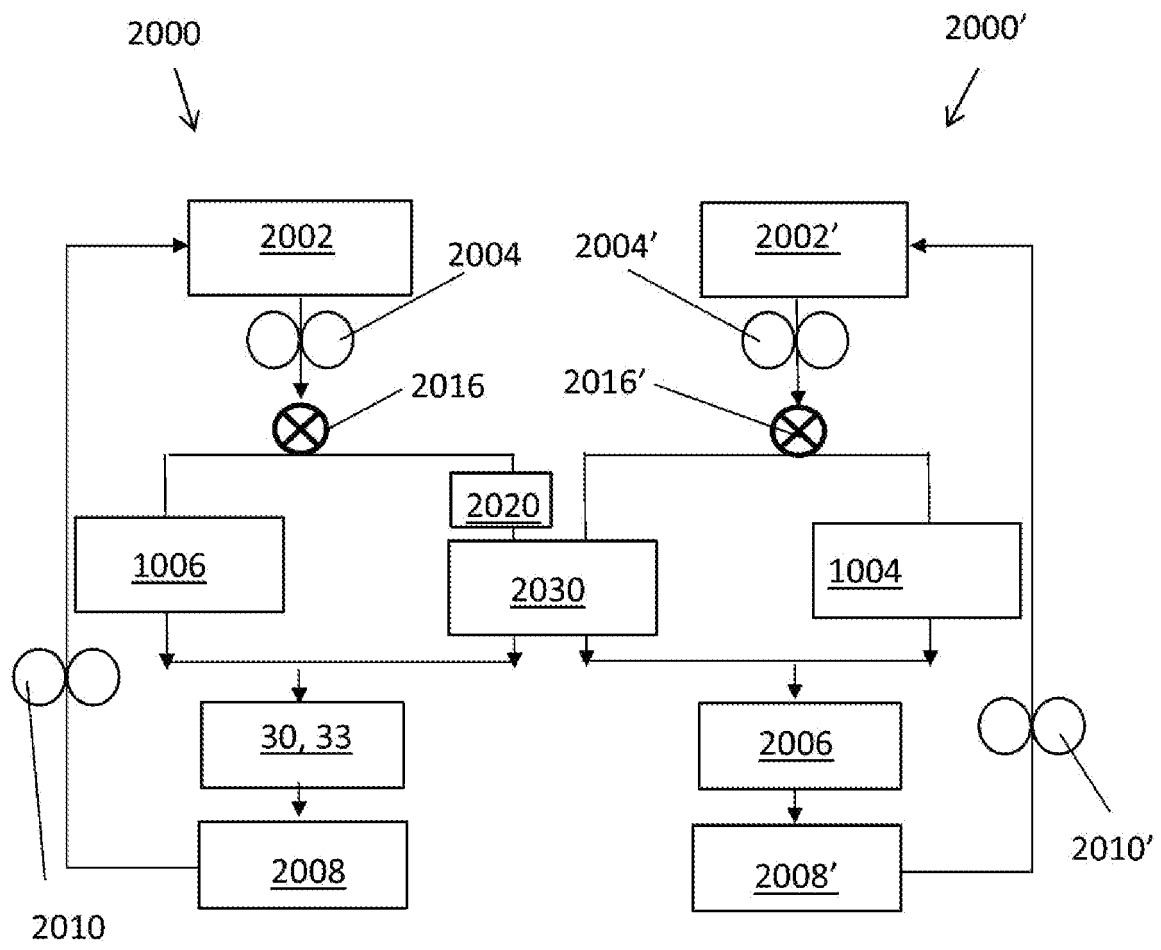
[Fig. 9]



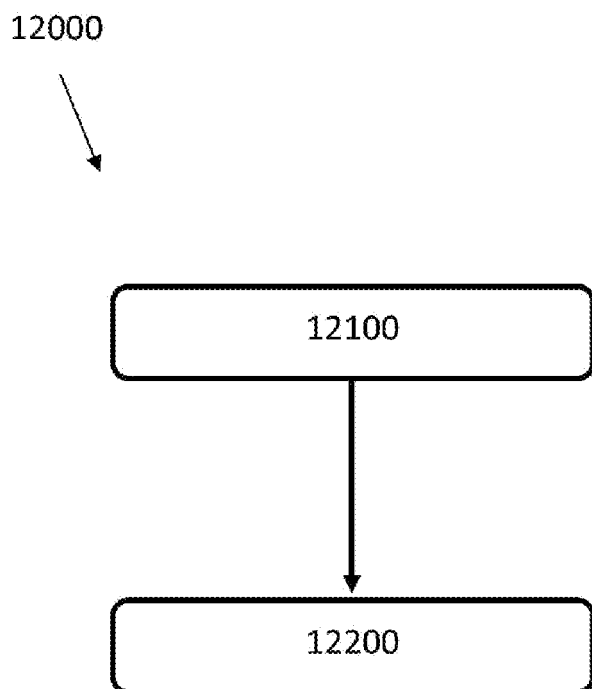
[Fig. 10]



[Fig. 11]

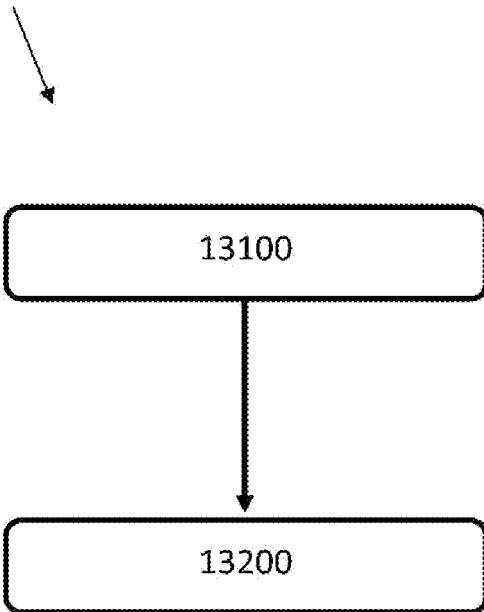


[Fig. 12]



[Fig. 13]

13000



[Fig. 14]

14000

