

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②② Date de dépôt : 21.02.11.

③③ Priorité :

④③ Date de mise à la disposition du public de la
demande : 24.08.12 Bulletin 12/34.

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

⑥⑥ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

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

⑦② Inventeur(s) : ROYER ERIC, BENEZECH PHILIPPE,
JEAN, RENE, MARIE et RUPERT PASCAL.

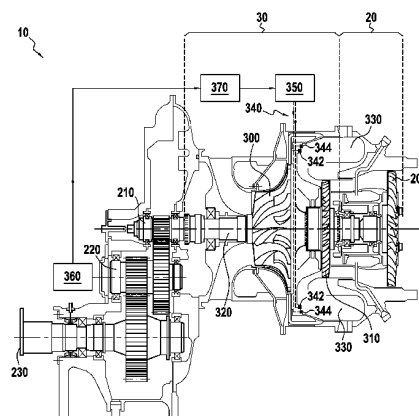
⑦③ Titulaire(s) : TURBOMECA Société anonyme.

⑦④ Mandataire(s) : CABINET BEAU DE LOMENIE.

⑤④ DISPOSITIF ET PROCEDE D'INJECTION PRIVILEGIEE.

⑤⑦ L'invention concerne une turbomachine (10) équipée
d'une chambre de combustion (330) d'un dispositif d'injec-
tion de carburant (340) dans la chambre de combustion
(330) et d'un arbre de transmission de puissance (220).

L'invention se caractérise par le fait que ladite turboma-
chine (10) comporte en outre des moyens de détermination
(370) de la variation instantanée du couple de l'arbre de
transmission de puissance (220) et des moyens de régula-
tion (350) pour réguler le débit de carburant dans la cham-
bre de combustion (330) en fonction de la variation
instantanée du couple de l'arbre de transmission de puis-
sance déterminée par les moyens de détermination (350).



L'invention concerne de façon générale l'injection de carburant dans une chambre de combustion de turbomachines et plus particulièrement un dispositif et un procédé pour réguler une injection privilégiée de carburant. Le domaine d'application de l'invention est
5 notamment celui des turbomachines industrielles et des turbomachines aéronautiques.

L'invention concerne une turbomachine dans laquelle l'arbre du générateur de gaz est notamment entraîné grâce à des gaz passant par une chambre de combustion dans laquelle l'injection de carburant est
10 réalisée grâce à un dispositif d'injection. Plus précisément, l'invention porte sur une turbomachine équipée d'une chambre de combustion, d'un dispositif d'injection de carburant dans la chambre de combustion et d'un arbre de transmission de puissance.

Un système d'alimentation privilégiée est connu par le
15 document US 6 857 272. Ce système d'alimentation privilégiée fonctionne sur la base de plages de fonctionnement prédéterminées en fonction du débit du carburant, dans lesquelles l'injection privilégiée est activée ou pas.

Cependant, un tel système présente l'inconvénient de s'activer
20 même lors de régimes pour lesquels ce n'est pas nécessaire. En effet, il existe des régimes stationnaires à faible débit de carburant qui ne présentent pas de risque d'extinction, où l'alimentation privilégiée est activée alors que ce n'est pas nécessaire. Dans ce cas, un sillage chaud se forme, ce qui peut dans certains cas extrêmes ovaliser les anneaux de
25 turbine.

L'invention a pour but de proposer une turbomachine et un procédé de régulation d'injection de carburant dans lesquels la combustion du carburant dans la chambre de combustion reste peu affectée par les fortes variations de régime de la turbomachine tout en évitant de former
30 un sillage chaud.

Ce but est atteint grâce au fait que la turbomachine comporte en outre des moyens de détermination de la variation instantanée du couple de l'arbre de transmission de puissance et des moyens de régulation pour réguler le débit de carburant dans la chambre de
35 combustion en fonction de la variation instantanée du couple de l'arbre de transmission de puissance déterminée par les moyens de détermination.

On notera qu'un arbre de transmission de puissance est un arbre qui assure la transmission de la puissance générée par les gaz de la turbomachine vers une prise de force. En général les gaz entraînent une turbine, cette turbine étant libre ou liée, l'arbre de cette turbine entraînant un arbre de transmission de puissance entraînant lui-même une prise de force. Selon une variante, l'arbre de la turbine entraîne un arbre de transmission de puissance intermédiaire (ou pignon intermédiaire) qui engrène un autre arbre de transmission de puissance intermédiaire ou un arbre de transmission de puissance entraînant lui-même la prise de force.

5 Dans le cadre de la présente invention, le terme « arbre de transmission de puissance » est un terme générique désignant tant un arbre de transmission de puissance entraînant la prise de force qu'un arbre de transmission de puissance intermédiaire.

10

Par « variation instantanée » on entend une variation sur une très courte durée, par exemple sur une durée de l'ordre d'une demi-seconde (0.5 s) ou moins, ou encore de l'ordre d'un quart de seconde (0.25 s) ou moins. Pour déterminer le débit de carburant requis dans la chambre de combustion, les moyens de régulation utilisent notamment comme paramètre la variation instantanée du couple de l'arbre de transmission de puissance. Ainsi, le débit de carburant délivré dans la chambre de combustion est ajusté en fonction de la variation instantanée du couple de l'arbre de transmission de puissance, c'est-à-dire en fonction de variations de régime de la turbomachine.

15

20

Notons que si le couple instantané de l'arbre de transmission de puissance augmente, la variation instantanée du couple de l'arbre de transmission de puissance est positive. Inversement, si couple instantané de l'arbre de transmission de puissance diminue, la variation instantanée du couple de l'arbre de transmission de puissance est négative. Ainsi, lors d'une accélération, la variation instantanée du couple de l'arbre de transmission de puissance est positive, tandis que cette dernière est négative lors d'une décélération.

25

30

Par exemple, si la variation instantanée est importante, positive ou négative, alors les moyens de régulation ajustent le débit de carburant délivré dans la chambre de combustion. Ainsi, il est possible d'assurer un débit minimum de carburant du dispositif d'injection dans la chambre de combustion qui entretient la combustion. En d'autres termes, lorsque les

35

moyens de détermination déterminent une forte variation instantanée de couple de l'arbre de transmission de puissance, les moyens de régulation peuvent assurer un débit minimum de carburant du dispositif d'injection dans la chambre de combustion afin d'éviter l'extinction de la combustion du carburant dans la chambre de combustion.

En régulant l'injection du carburant en fonction la variation du couple instantanée d'un arbre de transmission de puissance, on évite de former des sillages chauds, tels que ceux rencontrés dans l'état de la technique, tout en prévenant les risques d'extinction de la combustion. En effet, les inventeurs ont constaté que la variation du couple de l'arbre moteur est un paramètre plus pertinent du risque d'extinction de la combustion que le débit de carburant.

Préférentiellement, le dispositif d'injection comprend une rampe d'injection comprenant au moins un injecteur privilégié et au moins un injecteur principal.

Préférentiellement, les moyens de régulation permettent d'augmenter le débit de carburant de l'injecteur privilégié par rapport au débit de carburant de l'injecteur principal si la valeur de la variation instantanée du couple de l'arbre de transmission de puissance devient inférieure à un seuil prédéterminé.

L'injection de carburant dans la chambre de combustion est assurée par la rampe d'injection comprenant d'une part un injecteur (ou un ensemble d'injecteurs) dit principal, et d'autre part, un injecteur (ou un ensemble d'injecteurs) dit privilégié. En régime normal, l'injection est assurée par l'injecteur principal et par l'injecteur privilégié. Préférentiellement, en régime normal, le débit de carburant de l'injecteur privilégié est sensiblement égal au débit de l'injecteur principal. En d'autres termes, dans le cas où il y a plusieurs injecteurs privilégiés et/ou principaux, en régime normal, le débit de chaque injecteur privilégié est préférentiellement égal au débit de chaque injecteur principal.

Par « régime normal » on entend un régime où le couple instantané de l'arbre de transmission de puissance varie faiblement ou varie selon des transitoires ne présentant pas de risque d'extinction de la combustion du carburant dans la chambre de combustion. Lorsque la turbomachine fonctionne dans un régime anormal, par exemple en cas de variation brutale du couple instantané de rotation de l'arbre de

transmission de puissance, il existe un risque d'extinction de combustion. Par exemple, un tel risque d'extinction survient lors d'un freinage d'urgence (également connu sous le nom de « quick stop ») qui consiste à cabrer un hélicoptère. Lors de ce transitoire, le rotor ne prélève plus la puissance de la turbomachine et le couple transmis décroît très rapidement pour atteindre une valeur quasi nulle en moins de 0.5 s, ou moins, selon la brutalité de la manœuvre et de la réactivité du dispositif de régulation de la machine. Alors, selon l'invention, en régime anormal le débit de l'injecteur privilégié est augmenté par rapport au débit de l'injecteur principal, de manière à éviter l'interruption de l'injection ou une diminution trop brutale du débit d'injection de carburant et l'extinction de la combustion dans la chambre de combustion. Plus particulièrement, lorsque la valeur de la variation instantanée du couple de l'arbre de transmission de puissance est inférieure à un seuil prédéterminé, l'injection est assurée de manière privilégiée par l'injecteur privilégié, c'est-à-dire que le débit de carburant de l'injecteur privilégié est augmenté par rapport au débit de l'injecteur principal. Ainsi, si en régime normal le débit de l'injecteur privilégié est égal au débit de l'injecteur principal, on comprend qu'en régime anormal le débit de l'injecteur privilégié est alors supérieur au débit de l'injecteur principal.

Avantageusement, lorsque la valeur de la variation instantanée du couple de l'arbre de transmission de puissance est inférieure à un seuil prédéterminé, l'injection dans la chambre de combustion est assurée par l'injecteur privilégié, utilisé seul ou en combinaison avec l'injecteur principal, le débit de ce dernier étant inférieur au débit de l'injecteur privilégié. Ainsi, l'injection de carburant au niveau de l'injecteur privilégié peut-être effectuée au détriment de l'injection de carburant réalisée au niveau de l'injecteur principal. C'est-à-dire que les moyens de régulation donnent la priorité à l'injection par l'injecteur privilégié en augmentant le débit de l'injecteur privilégié par rapport au débit de l'injecteur principal tout en diminuant le débit de l'injecteur principal par rapport au débit de l'injecteur privilégié, même si cela doit entraîner une coupure de l'injection par l'injecteur principal. Ainsi, selon cette variante, quel que soit le débit d'alimentation en carburant du dispositif d'injection de carburant, les moyens de régulation assurent un débit minimal d'injection de carburant par l'injecteur privilégié, évitant ainsi une extinction de la combustion.

Préférentiellement, le seuil prédéterminé est égal à une valeur négative correspondant à une forte décroissance instantanée du couple de l'arbre de transmission de puissance qui n'est pas considérée comme un transitoire relatif à un régime normal (i.e. qui est considéré comme un transitoire relatif à un régime anormal), c'est-à-dire susceptible d'entraîner une extinction de la combustion de carburant dans la chambre de combustion. Ainsi, il est possible de décélérer très brutalement le régime de la turbomachine selon l'invention sans risque d'extinction de la combustion de carburant dans la chambre de combustion.

Préférentiellement, les moyens de régulation permettent de répartir le débit de carburant de la rampe d'injection de manière à augmenter le débit de carburant de l'injecteur privilégié par rapport au débit de carburant de l'injecteur principal.

On comprend que pour un débit global donné au sein de la chambre de combustion, ce débit global correspondant au débit de la rampe d'injection à une vitesse de rotation de la turbomachine donnée, les moyens de régulation répartissent ce débit global entre l'injecteur privilégié et l'injecteur principal de manière à augmenter le débit de l'injecteur privilégié par rapport au débit de l'injecteur principal. Ainsi, afin de conserver ce débit global donné, l'augmentation du débit de l'injecteur privilégié entraîne la diminution du débit de l'injecteur principal.

Avantageusement, les moyens de régulation comprennent un répartiteur du flux de carburant entre l'injecteur privilégié et l'injecteur principal.

Le répartiteur de flux permet de répartir le flux d'alimentation en carburant de la rampe d'injection entre l'injecteur principal et l'injecteur privilégié. Ce répartiteur peut-être un organe mécanique ou hydromécanique du type vanne à clapet et ressort(s) ou un organe électromécanique du type électrovanne, cette dernière pouvant être commandée, par exemple, par une unité de contrôle électronique (ou ECU pour « electronic control unit »).

Avantageusement, la variation instantanée du couple de l'arbre de transmission de puissance est mesurée à l'aide d'un couple-mètre.

Un couple-mètre est un instrument de mesure du couple de rotation. Par exemple, on peut utiliser un couple-mètre hydraulique qui mesure le couple à partir de la pression d'huile au niveau d'un palier

supportant l'arbre de transmission de puissance. En particulier, on peut utiliser la pression d'huile d'un palier supportant l'arbre de transmission de puissance, ce palier faisant office de butée axiale pour l'arbre. Dans ce dernier cas, le couple-mètre hydraulique est dit « à butée axiale ». Un tel couple-mètre présente l'avantage d'être particulièrement compact, et donc facile à loger dans l'environnement d'une turbomachine. Il est également possible d'utiliser un couple-mètre à torsion monté directement sur l'arbre de transmission de puissance.

10 L'invention concerne également un procédé pour réguler l'injection de carburant d'une turbomachine selon l'invention comportant les étapes de :

- déterminer la variation instantanée du couple de l'arbre de transmission de puissance,
- réguler le débit de carburant en fonction de la variation instantanée du couple de l'arbre de transmission de puissance.

15 Afin de réguler le débit de carburant dans la chambre de combustion d'une turbomachine, le procédé consiste d'une part à déterminer la variation instantanée du couple de l'arbre de transmission de puissance, et d'autre part à utiliser la variation instantanée ainsi déterminée comme paramètre pour réguler le débit instantané de carburant du dispositif d'injection. Ce procédé est mis en œuvre sur une turbomachine selon l'invention où l'étape de détermination de la variation instantanée du couple de transmission de puissance est réalisée grâce aux moyens de détermination de la variation instantanée de couple. L'étape de régulation instantanée du débit de carburant est réalisée grâce aux moyens de régulation du débit de carburant dans la chambre de combustion.

20 Notons que dans le cadre de la mise en œuvre de ce procédé, la régulation du débit peut se faire de manière automatique, mais peut également être activée de manière manuelle, par exemple lorsque l'utilisateur veut sécuriser de manière préventive son utilisation de la turbomachine dans des conditions présentant un risque d'extinction de combustion de carburant. En d'autres termes, l'utilisateur peut forcer l'injection privilégiée en augmentant le débit de l'injecteur privilégié par rapport à l'injecteur principal, afin de sécuriser l'utilisation de la

turbomachine. Les conditions d'utilisation d'une turbomachine présentant un risque d'extinction de combustion de carburant sont notamment des conditions où la turbomachine fonctionne dans un régime proche du ralenti, ou lorsque le milieu environnant présente un risque d'ingestion d'eau (de pluie ou de neige) dans la turbomachine.

Par ailleurs, ce procédé peut-être avantageusement activé ou désactivé, dans le cadre d'essais de la turbomachine, afin d'évaluer, à titre préventif, la stabilité de la combustion dans la chambre de combustion (et donc le risque d'extinction dans des conditions données) indépendamment du dispositif. Ce type d'opération permet également d'évaluer la marge de sécurité conférée par ce procédé pour réguler l'injection de carburant et par le dispositif associé. Ce type de manipulation permet aussi de tester le bon fonctionnement du dispositif.

Préférentiellement, on augmente le débit de carburant de l'injecteur privilégié par rapport au débit de carburant de l'injecteur principal si la valeur de la variation instantanée du couple de l'arbre de transmission de puissance devient inférieure à un seuil prédéterminé.

Cette étape additionnelle du procédé permet d'améliorer sa mise en œuvre en utilisant un injecteur dédié à une injection privilégiée permettant une meilleure régulation du débit. On comprend que la valeur de seuil prédéterminée est choisie préférentiellement de telle sorte que lorsque la valeur de la variation instantanée du couple de l'arbre de transmission de puissance devient inférieure à un seuil prédéterminé, la turbomachine subit une forte variation de régime.

La mise en œuvre de cette étape additionnelle, présente plusieurs variantes. On comprend que de manière générale, lorsque le débit de carburant de l'injecteur privilégié est augmenté par rapport au débit de carburant de l'injecteur principal (en régime de turbomachine anormal), la valeur du débit augmenté de l'injecteur privilégié est supérieure à la valeur du débit de carburant de l'injecteur privilégié en régime normal (à vitesse de rotation et charge de la turbomachine égale). Inversement, lorsque le régime de la turbomachine redevient normal, on comprend que l'augmentation de débit de l'injecteur privilégié est supprimée et sa valeur est inférieure à la valeur du débit en régime anormal (à vitesse de rotation et charge de la turbomachine égale).

Selon une première variante, l'injecteur privilégié délivre un débit de carburant fixe et prédéterminé, lorsque la valeur de la variation instantanée du couple de l'arbre de transmission de puissance devient inférieure au seuil prédéterminé. Inversement, l'injecteur privilégié délivre
5 un débit de carburant variable et, préférentiellement égal au débit de l'injecteur principal, lorsque la valeur de la variation devient supérieure au seuil prédéterminé.

Selon une seconde variante, le seuil prédéterminé est une série de valeurs prédéterminées. Lorsque la variation instantanée devient
10 inférieure à une première valeur prédéterminée, l'injecteur privilégié injecte du carburant selon un premier débit fixe et prédéterminé. Ensuite, si la variation devient inférieure à une seconde valeur prédéterminée, inférieure à la première valeur prédéterminée, le premier débit de l'injecteur privilégié est augmenté pour atteindre un second débit fixe et
15 prédéterminé plus important que le premier débit. Ainsi, l'injecteur privilégié peut injecter du carburant en augmentant, respectivement diminuant, son débit selon autant d'incréments, respectivement de décréments, que de valeurs de seuil prédéterminées, pour atteindre un débit maximal, respectivement un débit correspondant au débit en régime
20 normal (i.e. débit minimal).

Selon une troisième variante, le seuil prédéterminé est une plage continue de valeurs prédéterminées. Lorsque la variation instantanée entre dans cette plage de valeurs, le débit de l'injecteur privilégié est augmenté par rapport au débit de l'injecteur principal pour
25 délivrer un débit de carburant proportionnel à la valeur de la variation instantanée, de manière continue sur la plage de valeurs. Ainsi, le débit est augmenté par rapport au débit de l'injecteur principal lorsque la variation instantanée devient à peine inférieure à la première limite de la plage de valeurs prédéterminées, et il augmente continûment jusqu'à un
30 débit maximum quand la variation instantanée décroît jusqu'à devenir inférieure à la deuxième limite de la plage de valeurs prédéterminées. Inversement, le débit de l'injecteur privilégié diminue lorsque la variation instantanée devient supérieure à la deuxième limite de la plage de valeurs prédéterminées jusqu'à atteindre un débit de carburant correspondant au
35 débit de carburant en régime normal lorsque la variation instantanée

devient supérieure à la première limite de la plage de valeurs prédéterminées.

Ainsi, on comprend que lorsque le régime du moteur est considéré comme présentant un risque d'extinction de la combustion, le
5 débit de l'injecteur privilégié est augmenté par rapport au débit de l'injecteur principal, l'injecteur privilégié assurant ainsi une fonction veilleuse visant à empêcher la combustion de s'arrêter, tandis que lorsque le régime moteur ne présente plus de risque d'extinction de la combustion, le débit de l'injecteur privilégié correspond au débit de carburant en
10 régime normal où il n'est pas augmenté par rapport au débit de l'injecteur principal.

Préférentiellement, on augmente le débit de carburant de l'injecteur privilégié par rapport au débit de carburant de l'injecteur principal en répartissant le flux global de carburant de manière privilégiée
15 vers l'injecteur privilégié.

Avantageusement, on augmente le débit de carburant de l'injecteur privilégié pendant une durée prédéterminée.

On comprend donc que lorsque cette durée prédéterminée est écoulée, l'augmentation de débit est supprimée et le débit de carburant de
20 l'injecteur privilégié retourne à une valeur de débit correspondant au débit de carburant en régime normal. Par exemple, la durée prédéterminée est égale à quinze secondes (15.0 s).

L'invention et ses avantages seront mieux compris à la lecture de la description détaillée faite ci-après de différents modes de réalisation
25 donnés à titre d'exemples non limitatifs. Cette description fait référence aux figures annexées, sur lesquelles :

- la figure 1 représente de manière schématique une turbomachine selon l'invention, et
- la figure 2 représente un organigramme décrivant les étapes
30 du procédé de régulation selon l'invention.

La figure 1 représente une turbomachine 10 comprenant une turbine libre 20 et un générateur de gaz 30. Le générateur de gaz 30 comporte un compresseur 300, une roue de turbine 310 montées sur un arbre de générateur de gaz 320, et une chambre de combustion 330. Les
35 gaz sortant du générateur de gaz 30 entraînent en rotation la roue de turbine 200 de la turbine libre 20 montée sur un arbre de turbine 210. On

notera que l'arbre de turbine 210 est coaxial et traverse l'arbre de générateur de gaz 320. L'arbre de turbine 210 présente une roue dentée qui engrène avec une première roue dentée d'un arbre de transmission de puissance 220, cet arbre 220 étant un arbre de transmission de puissance intermédiaire. Cet arbre de transmission de puissance 220 présente une seconde roue dentée qui engrène avec une roue dentée d'un arbre de transmission de puissance 230 entraînant, en extrémité axiale à gauche sur la figure 1, une prise de force. C'est par cette prise de force que le travail moteur produit par la turbine libre est utilisé et transmis à des dispositifs externes à la turbomachine 10.

La turbomachine 10 est en outre équipée d'un dispositif d'injection 340 comprenant une rampe d'injection comprenant des injecteurs principaux 342 et des injecteurs privilégiés 344. Le dispositif d'injection 340 est régulé par des moyens de régulation 350 afin de réguler le débit de carburant dans la chambre de combustion 330. Les moyens de régulation 350 sont notamment destinés à augmenter le débit des injecteurs privilégiés 344.

L'arbre de transmission de puissance intermédiaire 220 est relié à un couple-mètre 360 à pression d'huile à butée axiale, représenté schématiquement, pour mesurer le couple instantané de l'arbre de transmission de puissance 220. On notera que selon une variante, un couple-mètre à torsion, plus volumineux qu'un couple-mètre à pression d'huile à butée axiale, est disposé sur l'arbre de transmission de puissance 230. Le couple-mètre 360 est lui-même relié à des moyens de détermination de variation instantanée de couple 370 comme un calculateur et une mémoire. Les moyens de détermination 370 sont reliés aux moyens de régulation 350. Les flèches sur les connections entre l'arbre de transmission de puissance 220, le couple-mètre 360, les moyens de détermination 370, les moyens de régulation 350 et le dispositif d'injection 340 représentent les flux d'information qui circulent entre ces différents éléments.

Le fonctionnement de cette turbomachine 10 est décrit en référence à la figure 2. L'organigramme de la figure 2 représente le procédé selon l'invention pour réguler automatiquement l'injection de carburant dans la chambre de combustion 330 de la turbomachine 10.

Le procédé débute de préférence lorsque la turbomachine est démarrée et s'arrête lorsque la turbomachine est arrêtée, même si cela arrive en cours d'exécution du procédé. Pour cette raison, il n'y a pas de « fin » pour indiquer la fin du procédé sur la figure 2. Pour la suite, pour désigner un cycle complètement réalisé du procédé de régulation, nous utiliserons le terme « cycle de régulation ».

Le procédé commence donc à l'étape E0 « début ». Le procédé est ensuite divisé en deux étapes principales : une première étape EI où on détermine la variation instantanée du couple de l'arbre de transmission de puissance 220, et une seconde étape EII où on régule le débit instantané de carburant en fonction de la variation instantanée du couple de l'arbre de transmission de puissance 220 déterminée lors de l'étape EI.

L'étape EI est subdivisée en deux étapes successives E1 et E2. L'étape E1 consiste à mesurer à deux instants distincts t_0 et t_1 , espacés d'une très courte durée Δt ($t_1 = t_0 + \Delta t$), le couple instantané (C_0 à l'instant t_0 et C_1 à l'instant t_1) de l'arbre de transmission de puissance 220. Ces mesures du couple instantané sont réalisées à l'aide du couple-mètre 360. A l'issue de l'étape E1, le procédé passe à l'étape E2.

Au cours de l'étape E2, on détermine la variation instantanée du couple de l'arbre de transmission de puissance ΔC en réalisant l'opération $\Delta C = C_1 - C_0$ (ΔC égal C_1 moins C_0). Cette opération est réalisée par les moyens de détermination 370.

La première étape EI de détermination de la variation instantanée du couple de l'arbre de transmission de puissance ΔC est ainsi achevée. A l'issue de l'étape EI, le procédé passe à l'étape EII. En d'autres termes, à l'issue de l'étape E2, le procédé passe à l'étape E3.

L'étape E3 consiste à comparer la valeur de la variation instantanée du couple de l'arbre de transmission de puissance ΔC par rapport à une valeur de seuil prédéterminée ΔC_{ref} . Si la variation instantanée du couple de l'arbre de transmission de puissance ΔC est inférieure à la valeur de seuil prédéterminée ΔC_{ref} (« OUI » à l'issue de l'étape E3), le procédé passe à l'étape E31. Si la variation instantanée du couple de l'arbre de transmission de puissance ΔC est supérieure ou égale à la valeur de seuil prédéterminée ΔC_{ref} (« NON » à l'issue de l'étape E3), le procédé passe à l'étape E32. L'étape E3 est réalisée par les moyens de régulation 350.

Par ailleurs, on comprend que, si au cours du cycle suivant, l'étape E3 conduit également à l'étape E31, selon les variantes, le débit de carburant de l'injecteur privilégié peut être augmenté de nouveau ou bien être maintenu au niveau auquel il a été augmenté au cours du cycle précédent.

L'étape E31 consiste à augmenter le débit des injecteurs privilégiés 344 par rapport au débit des injecteurs principaux 342, cette augmentation étant réalisée par les moyens de régulation 350. Lorsque le débit des injecteurs privilégiés est augmenté, l'étape EII de régulation de débit instantané est achevée, le procédé de régulation achève son cycle de régulation et entame un cycle ultérieur en recommençant à partir de l'étape E1. Bien évidemment, l'exécution d'un cycle de régulation ultérieur peut-être temporisée. C'est-à-dire que l'exécution de ce cycle ultérieur n'est pas immédiate, et qu'un certain délai s'écoule avant l'exécution de ce cycle ultérieur. Cette temporisation est réalisée, par exemple, entre l'étape EII et l'étape EI.

L'étape E32 consiste à vérifier que le débit des injecteurs privilégiés 344 n'est pas augmenté par rapport au débit des injecteurs principaux 342, cette augmentation résultant par exemple d'une étape E31 réalisée au cours d'un précédent cycle de régulation. Cette opération est également réalisée par les moyens de régulation 350.

Si le débit des injecteurs privilégiés 344 est augmenté (« OUI » à l'issue de l'étape E32), l'étape E33 consiste à supprimer cette augmentation de débit des injecteurs privilégiés. En d'autres termes les moyens de régulation 350 régulent le débit des injecteurs privilégiés 344 de sorte à le ramener au débit de carburant en régime normal et qu'il ne soit pas augmenté par rapport au débit des injecteurs principaux 342. A l'issue de cette étape E33, l'étape EII de régulation de débit instantané est achevée, le procédé de régulation achève son cycle de régulation et entame un cycle ultérieur en recommençant à partir de l'étape E1.

Selon une variante, les moyens de régulation 350 suppriment l'augmentation de débit des injecteurs privilégiés 344 après un délai de temporisation. Par exemple ce délai est de trois secondes (3.0 s). Ce délai permet d'éviter que le débit des injecteurs privilégiés 344 soit ramené au débit en régime normal alors que la valeur de la variation instantanée du couple de l'arbre de transmission de puissance est encore à la limite de la

valeur de seuil d'augmentation de débit des injecteurs privilégiés. En effet, l'évolution de la valeur de la variation instantanée du couple de l'arbre de transmission de puissance est potentiellement instable, ce qui peut représenter un risque d'extinction de la combustion si cette valeur

5 redevient inférieure à la valeur de seuil. Ainsi, en temporisant la suppression de l'augmentation de débit des injecteurs privilégiés 344, on attend que la valeur de la variation instantanée du couple de l'arbre de transmission de puissance se stabilise ou s'éloigne de la valeur de seuil avant de supprimer l'augmentation de débit des injecteurs privilégiés 344.

10 La sécurité de la turbomachine est ainsi améliorée. Cette temporisation est réalisée par exemple, avant ou après l'étape E33.

On comprend que dans cette variante les moyens de régulation

350 enregistrent le temps t_n de la commande de suppression de l'augmentation de débit, et commandent effectivement la suppression de

15 l'augmentation de débit des injecteurs privilégiés 344 au cours d'un cycle de régulation ultérieur, à un temps $t_m \geq t_n + D$ (t_m supérieur ou égal à t_n plus D), D étant le délai de temporisation, si la valeur de la variation instantanée du couple d'arbre de transmission de puissance ΔC est toujours supérieure ou égale à la valeur de seuil prédéterminée ΔC_{ref} .

20 Si le débit des injecteurs privilégiés 344 n'est pas augmenté par rapport au débit des injecteurs principaux (« NON » à l'issue de l'étape E32), l'étape EII de régulation de débit instantané est achevée, le procédé de régulation achève son cycle de régulation et en entame un cycle ultérieur en recommençant à partir de l'étape E1.

25 Selon une variante, le débit des injecteurs privilégiés est augmenté pendant une durée prédéterminée dans l'étape E31. Ainsi, dans cette variante, les étapes E32 et E33 de la figure 2 sont omises, et l'augmentation de débit des injecteurs privilégiés est supprimée automatiquement au bout d'une durée prédéterminée. Bien entendu,

30 selon une alternative, un cycle de régulation ultérieur est réalisé pendant cette durée prédéterminée, ou selon encore une autre variante, le cycle de régulation ultérieur n'est réalisé que lorsque la durée prédéterminée est écoulée.

REVENDEICATIONS

1. Turbomachine (10) équipée d'une chambre de combustion (330) ,
d'un dispositif d'injection de carburant (340) dans la chambre de
combustion (330) et d'un arbre de transmission de puissance,
ladite turbomachine (10) étant caractérisée en ce qu'elle
comporte en outre des moyens de détermination (370) de la
variation instantanée du couple de l'arbre de transmission de
puissance (ΔC) et des moyens de régulation (350) pour réguler le
débit de carburant dans la chambre de combustion (330) en
fonction de la variation instantanée du couple de l'arbre de
transmission de puissance (ΔC) déterminée par les moyens de
détermination (370).
2. Turbomachine (10) selon la revendication 1, caractérisée en ce
que le dispositif d'injection de carburant (340) comprend une
rampe d'injection comprenant au moins un injecteur privilégié
(344) et au moins un injecteur principal (342).
3. Turbomachine (10) selon la revendication 2, caractérisée en ce
que les moyens de régulation (350) permettent d'augmenter le
débit de carburant de l'injecteur privilégié (344) par rapport au
débit de carburant de l'injecteur principal si la valeur de la
variation instantanée du couple de l'arbre de transmission de
puissance (ΔC) devient inférieure à un seuil prédéterminé (ΔC_{ref}).
4. Turbomachine (10) selon la revendication 3, caractérisée en ce
que les moyens de régulation (350) permettent de répartir le
débit de carburant de la rampe d'injection de manière à
augmenter le débit de carburant de l'injecteur privilégié (344) par
rapport au débit de carburant de l'injecteur principal.
5. Turbomachine (10) selon l'une quelconque des revendications 2 à
4, caractérisée en ce que les moyens de régulation (350)
comprennent un répartiteur du flux de carburant entre l'injecteur
privilégié (344) et l'injecteur principal.
6. Turbomachine (10) selon l'une quelconque des revendications 1 à
5, caractérisée en ce que la variation instantanée du couple de

l'arbre de transmission de puissance (ΔC) est mesurée à l'aide d'un couple-mètre (360).

- 5 7. Procédé pour réguler l'injection de carburant d'une turbomachine (10) selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, ledit procédé étant caractérisé en ce qu'il comporte les étapes de :
 - déterminer la variation instantanée du couple de l'arbre de transmission de puissance (EI) ; et
 - réguler le débit de carburant en fonction de la variation instantanée du couple de l'arbre de transmission de puissance (EII).10
- 15 8. Procédé selon la revendication 7 pour réguler l'injection de carburant d'une turbomachine (10) selon l'une quelconque des revendications 1 à 6 et selon la revendication 2, caractérisé en ce qu'on augmente le débit de carburant de l'injecteur privilégié (344) par rapport au débit de carburant de l'injecteur principal si la valeur de la variation instantanée du couple de l'arbre de transmission de puissance devient inférieure à un seuil prédéterminé (E3).
- 20 9. Procédé selon la revendication 8, caractérisé en ce qu'on augmente le débit de carburant de l'injecteur privilégié (344) par rapport au débit de carburant de l'injecteur principal (342) en répartissant le flux global de carburant de manière privilégiée vers l'injecteur privilégié (344).
- 25 10. Procédé selon la revendication 8 ou 9, caractérisé en ce qu'on augmente le débit de carburant de l'injecteur privilégié (344) pendant une durée prédéterminée.

1/2

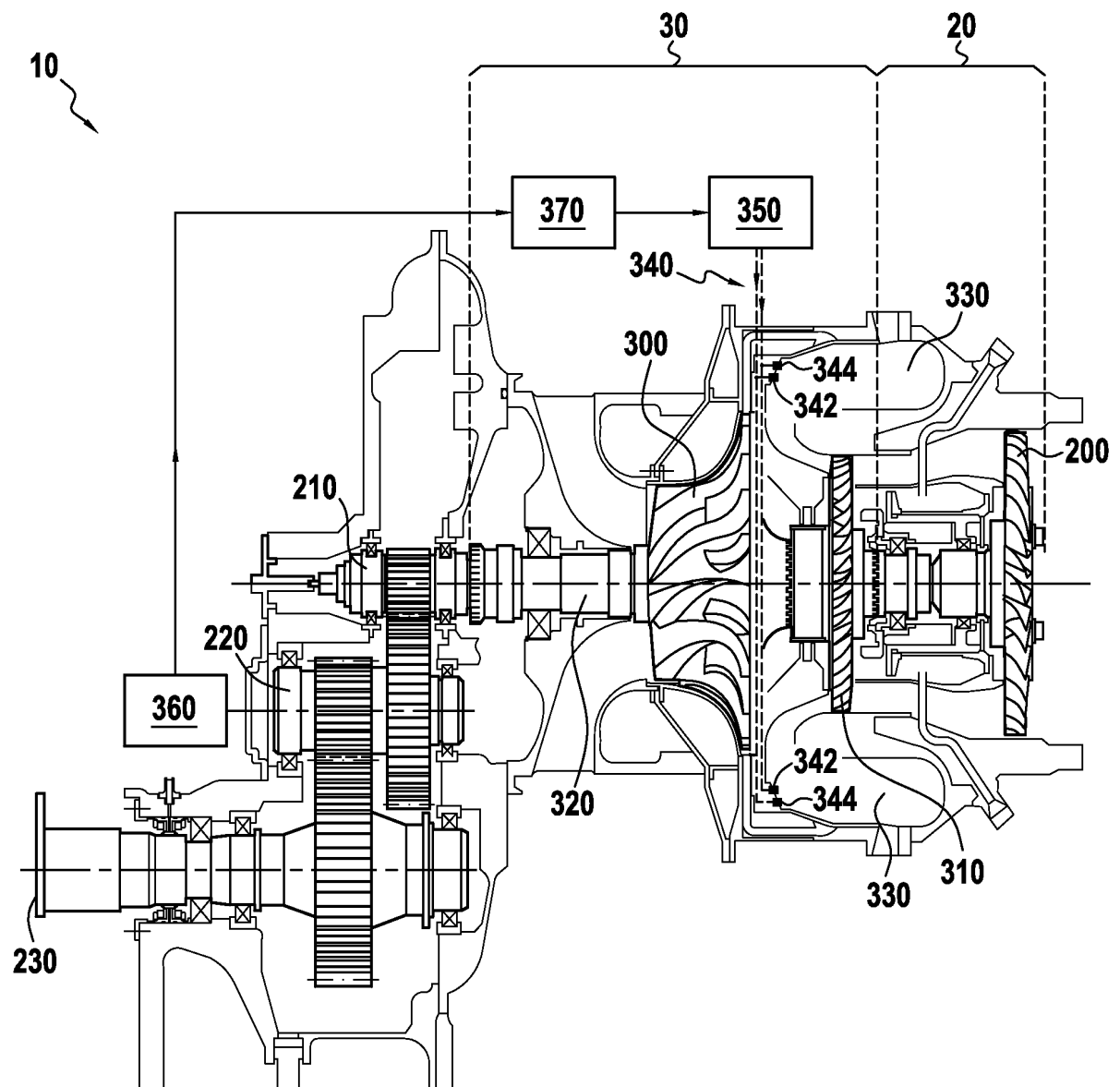


FIG.1

2/2

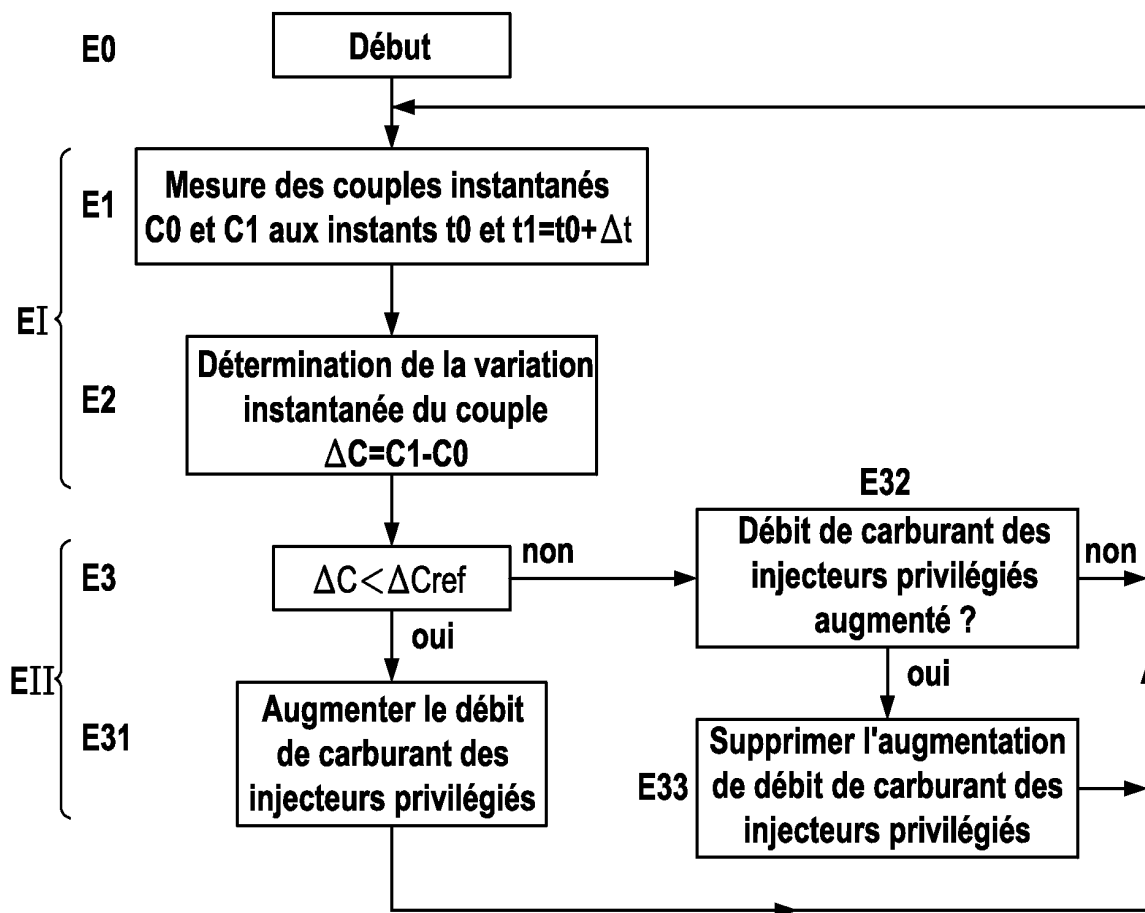


FIG.2



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

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

N° d'enregistrement
national

FA 753173
FR 1151387

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	US 2 737 776 A (STROUGH ROBERT I) 13 mars 1956 (1956-03-13) * le document en entier * * colonne 1, ligne 15 - colonne 2, ligne 68 * * figure 1 *	1,6,7	F02C9/28 F02C7/228
X	DE 100 32 471 A1 (ROLLS ROYCE DEUTSCHLAND [DE]) 17 janvier 2002 (2002-01-17) * le document en entier * * alinéas [0029], [0031], [0032], [0048] - [0053], [0057] * * figures 1-3,5 *	1-5	
A,D	EP 1 278 014 A2 (ROLLS ROYCE PLC [GB]) 22 janvier 2003 (2003-01-22) * le document en entier * * alinéas [0003], [0010], [0012] - [0014], [0018], [0019] * * figure 3 *	1-10	
A	US 5 345 757 A (MACLEAN THOMAS L [US] ET AL) 13 septembre 1994 (1994-09-13) * le document en entier * * colonne 2, ligne 33 - colonne 3, ligne 11 * * colonne 3, ligne 58 - colonne 4, ligne 9 * * figures 2,3 *	1-10	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) F02C F23R
A	RU 2 282 737 C2 (STAR AOOT [RU]) 27 août 2006 (2006-08-27) * abrégé *	1-10	
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
3 novembre 2011		Gombert, Ralf	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire			

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1151387 FA 753173**

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

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **03-11-2011**

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

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2737776	A	13-03-1956	AUCUN	
DE 10032471	A1	17-01-2002	AUCUN	
EP 1278014	A2	22-01-2003	DE 60217768 T2 US 2003014979 A1	15-11-2007 23-01-2003
US 5345757	A	13-09-1994	US 5404709 A	11-04-1995
RU 2282737	C2	27-08-2006	AUCUN	