



(22) Date de dépôt/Filing Date: 2007/06/07

(41) Mise à la disp. pub./Open to Public Insp.: 2007/12/19

(45) Date de délivrance/Issue Date: 2014/04/15

(30) Priorité/Priority: 2006/06/19 (FR06 05477)

(51) Cl.Int./Int.Cl. *B64D 31/12* (2006.01),
F02C 9/00 (2006.01)

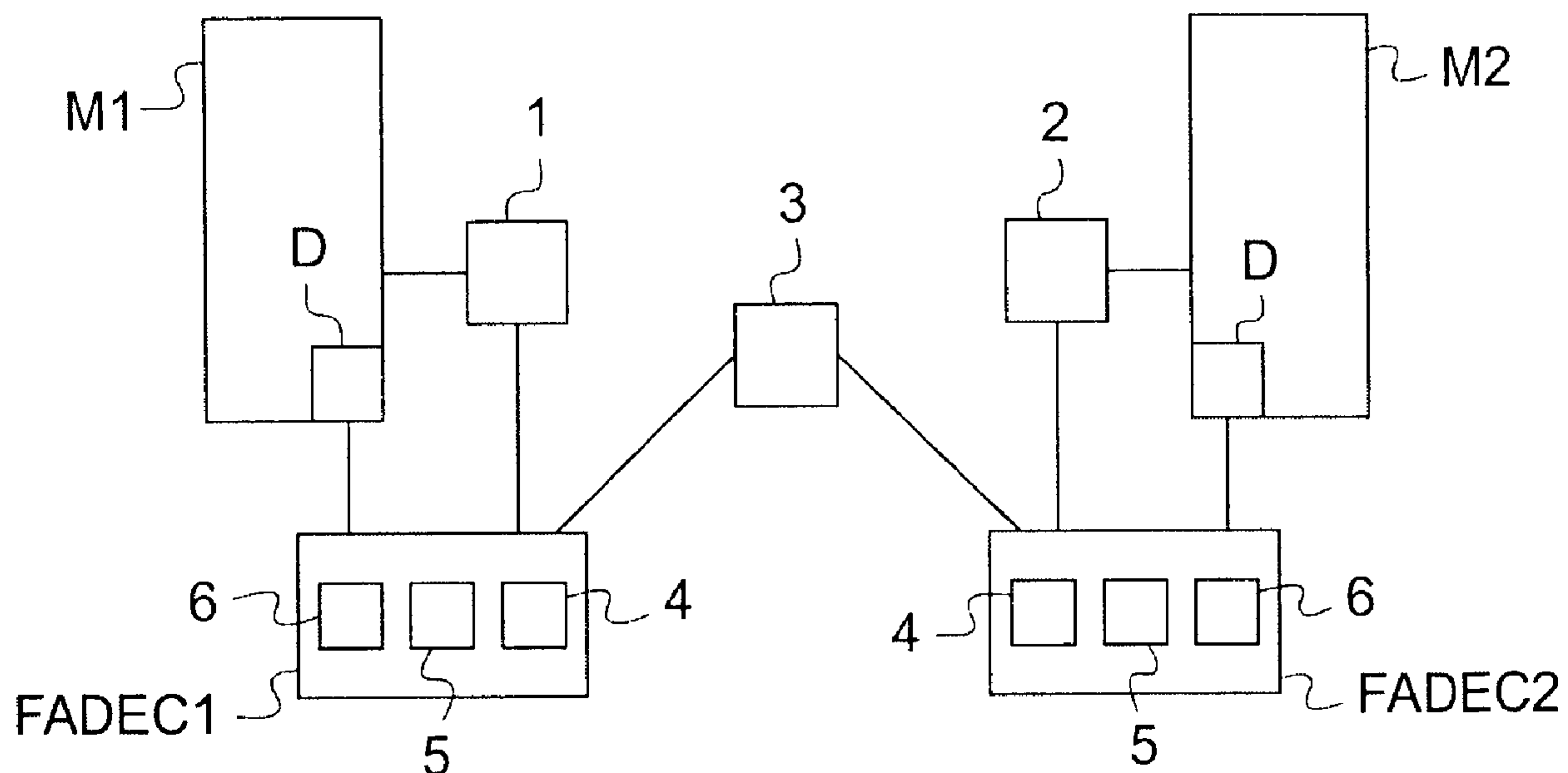
(72) Inventeurs/Inventors:
GAULMIN, FRANCOIS-XAVIER, FR;
IRAUDO, LIONEL, FR;
CHANOT, DANIEL, FR

(73) Propriétaire/Owner:
EUROCOPTER, FR

(74) Agent: ROBIC

(54) Titre : EQUILIBRAGE EN PUISSANCE DE DEUX TURBOMOTEURS D'UN AERONEF

(54) Title: POWER BALANCING OF TWO AIRCRAFT TURBOSHAFT ENGINE



(57) Abrégé/Abstract:

La présente invention concerne un procédé, et le système de dosage en carburant associé, pour équilibrer la puissance délivrée par deux turbomoteurs d'aéronefs au cours duquel on détermine une première et une deuxième marges limitantes des turbomoteurs (M1, M2) que l'on transforme en des première et deuxième marges en puissance. Par suite, on compare les valeurs des première et deuxième marges en puissance puis on détermine un écart primaire séparant ces première et deuxième marges en puissance. Enfin, on accélère le turbomoteur ayant la plus grande marge en puissance afin d'équilibrer les premier et deuxième turbomoteurs en puissance en minimisant au maximum l'écart primaire.



ABREGE DESCRIPTIF

La présente invention concerne un procédé, et le système de dosage en carburant associé, pour équilibrer la puissance délivrée par deux turbomoteurs d'aéronefs au cours duquel on détermine une première et une deuxième marges limitantes des turbomoteurs (M1, M2) que l'on transforme en des première et deuxième marges en puissance. Par suite, on compare les valeurs des première et deuxième marges en puissance puis on détermine un écart primaire séparant ces première et deuxième marges en puissance. Enfin, on accélère le turbomoteur ayant la plus grande marge en puissance afin d'équilibrer les premier et deuxième turbomoteurs en puissance en minimisant au maximum l'écart primaire.

Equilibrage en puissance de deux turbomoteurs d'un aéronef

La présente invention concerne un procédé et un dispositif permettant d'équilibrer en puissance deux turbomoteurs d'un aéronef. En particulier sur un giravion bimoteur, il est important
5 d'équilibrer en puissance les deux turbomoteurs afin notamment que ces derniers subissent un endommagement similaire, pour limiter les actions de maintenance par exemple, et que les performances de l'aéronef soient optimisées.

Les giravions bimoteurs sont généralement pourvus de deux
10 turbomoteurs à turbine libre. La puissance est alors prélevée sur un étage basse pression de chaque turbine libre qui tourne entre 20 000 et 50 000 tours par minute. Par suite, une boîte de réduction est nécessaire pour lier les turbines libres au rotor principal d'avancement et de sustentation puisque la vitesse de
15 rotation de ce rotor est sensiblement comprise entre 200 et 400 tours par minute: il s'agit de la boîte de transmission principale. Un équilibrage en puissance des turbomoteurs est donc aussi souhaitable afin que chaque turbomoteur délivre une puissance identique à la boîte de transmission principale.

20 Les limitations thermiques des turbomoteurs et les limitations en couple de la boîte de transmission principale permettent de définir trois régimes normaux d'utilisation des turbomoteurs:

- le régime de décollage, utilisable pendant cinq à dix minutes, correspondant à un niveau de couple pour la boîte
25 de transmission et un échauffement de chaque turbomoteur admissibles pendant un temps limité sans dégradation notable : c'est la puissance maximale au décollage (PMD),

- le régime maximal continu pendant lequel, à aucun moment, ne sont dépassées ni les possibilités de la boîte de transmission principale, ni celles résultant de l'échauffement maximal admissible en continu devant les aubages à haute pression du premier étage de chaque turbine libre: c'est la puissance maximale en continu (PMC),

- le régime maximal en transitoire, buté par la régulation : on parle alors de puissance maximale en transitoire (PMT).

Il existe aussi des régimes de surpuissance en urgence lorsque l'un des deux turbomoteurs tombe en panne:

- le régime d'urgence pendant lequel les possibilités de la boîte de transmission principale sur les étages d'entrée et les possibilités thermiques du turbomoteur sont utilisées au maximum : on parle de puissance de super urgence (PSU) utilisable pendant trente secondes consécutives, au maximum, et trois fois pendant un vol. L'utilisation de la PSU entraîne la dépose et la révision du turbomoteur;

- le régime d'urgence pendant lequel les possibilités de la boîte de transmission principale sur les étages d'entrée et les possibilités du turbomoteur sont largement utilisées : on parle alors de puissance maximale d'urgence (PMU) utilisable pendant deux minutes après la PSU ou deux minutes trente secondes consécutives, au maximum ;

- le régime d'urgence pendant lequel les possibilités de la boîte de transmission principale sur les étages d'entrée et les possibilités thermiques du turbomoteur sont utilisées sans endommagement : on parle de puissance intermédiaire d'urgence (PIU) utilisable trente minutes ou en continu pour le reste du vol après la panne du turbomoteur.

Le motoriste établit, par calculs ou par essais, les courbes de puissance disponible d'un turbomoteur en fonction de l'altitude et de la température extérieure, et cela pour chacun des régimes définis ci-dessus.

5 De plus, le motoriste détermine des limitations de chaque turbomoteur permettant d'obtenir une puissance minimale pour chaque régime précité et une durée de vie acceptable, la puissance minimale correspondant notamment à la puissance développée par un turbomoteur vieilli à savoir un turbomoteur
10 ayant atteint sa durée d'utilisation maximale préconisée. Ces limites sont généralement surveillées par l'intermédiaire de trois paramètres de surveillance du turbomoteur : la vitesse de rotation du générateur de gaz du turbomoteur, le couple moteur et la température d'éjection des gaz à l'entrée de la turbine libre du
15 turbomoteur respectivement dénommés Ng, Cm et T45 par l'homme du métier.

Pour contrôler ces limites, on connaît, par le document FR2749545, un indicateur de pilotage qui identifie, parmi les paramètres de surveillance du turbomoteur, celui qui est le plus
20 proche de sa limite. Les informations relatives aux limitations à respecter sont ainsi regroupées sur un affichage unique, en permettant, d'une part, d'effectuer une synthèse et de présenter uniquement le résultat de cette synthèse afin de simplifier la tâche du pilote et, d'autre part, de gagner de la place sur la planche de
25 bord. On obtient ainsi un « paramètre limitant », parmi lesdits paramètres de surveillance du turbomoteur, dont la valeur courante est la plus proche de la valeur limite pour ledit paramètre. Pour cette raison, on désignera également ci-après un tel indicateur par l'expression « instrument de première limitation », en abrégé
30 « IPL ».

En outre, des variantes de cet IPL permettent d'afficher la valeur du paramètre limitant en équivalent de puissance, c'est-à-dire en marge de puissance telle que +10% de la PMD par exemple, ou encore en marge de pas, le pas indiquant la position
5 des pales du rotor du giravion par rapport au vent incident.

Par ailleurs, quel que soit le régime, les turbomoteurs sont pilotés par l'intermédiaire d'un paramètre de pilotage, choisi par le motoriste parmi les paramètres de surveillance précités, représentatif du fonctionnement du turbomoteur aussi bien pendant
10 une phase d'utilisation stabilisée que durant une phase transitoire.

Une loi de limitation du paramètre de pilotage en fonction de l'altitude et de la pression extérieure peut être alors définie afin de s'assurer qu'aucun des paramètres de surveillance ne dépasse sa limite dans la plupart des configurations, vol par temps chaud par
15 exemple.

Dans ce contexte, l'équilibrage des turbomoteurs d'un giravion bimoteur est généralement réalisé en alignant la valeur du paramètre de pilotage des turbomoteurs. En considérant par exemple que le paramètre de pilotage est la vitesse de rotation N_g ,
20 l'équilibrage est réalisé lorsque les deux turbomoteurs ont la même vitesse de rotation N_g . Il ne s'agit donc pas réellement d'un équilibrage mais d'un simple alignement. Or, aligner la valeur des paramètres de pilotage des turbomoteurs ne garantit pas un équilibrage en puissance, les turbomoteurs pouvant fonctionner
25 sensiblement différemment.

Il est à noter que les turbomoteurs de dernière génération sont régulés par des calculateurs électroniques de régulation, dénommés FADEC par l'homme du métier, qui détermine la position du doseur carburant en fonction d'une part d'une boucle
30 de régulation comportant une boucle primaire basée sur le maintien

de la vitesse de rotation du rotor du giravion, et d'autre part d'une boucle secondaire basée sur une valeur de consigne du paramètre de pilotage. Ces FADEC mettent alors en œuvre le principe d'équilibrage, ou plutôt d'alignement, énoncé précédemment en
5 déterminant des valeurs de consigne du paramètre de pilotage de chaque turbomoteur très proches l'une de l'autre.

Ce principe d'équilibrage est efficace mais semble faire apparaître des limitations.

En premier lieu, les turbomoteurs sont en permanence
10 équilibrés sur la base de la valeur du même paramètre de surveillance, à savoir le paramètre de pilotage. Or, l'expérience montre qu'en fonction du domaine de vol, le paramètre de surveillance le plus pertinent pour réaliser l'équilibrage diffère.

En second lieu, ce principe ne permet pas d'optimiser les
15 performances des turbomoteurs. En effet, il est par exemple possible que l'on n'atteigne pas la puissance maximale sur les deux turbomoteurs en cas de pilotage en limite de couple.

Enfin, ce principe d'équilibrage semble inadapté si le paramètre de pilotage est la température d'éjection des gaz T45 ou
20 le couple C_m . En effet, la relation liant le couple à la température évoluant au cours du vieillissement du turbomoteur, il devient difficile d'équilibrer deux turbomoteurs qui ne présenteraient pas le même vieillissement.

La présente invention a pour objet de proposer un procédé
25 automatique et un dispositif permettant d'équilibrer en puissance deux turbomoteurs d'un aéronef afin que ces turbomoteurs délivrent une puissance maximale sensiblement identique quel que soit le domaine de vol ou le paramètre de pilotage.

Selon un aspect, l'invention propose un procédé pour équilibrer la puissance délivrée par un premier et un deuxième turbomoteurs d'aéronefs, chaque turbomoteur ayant une pluralité de paramètres de surveillance, chacun de type différent, caractérisé en ce que l'on réalise successivement les étapes suivantes :

a) on détermine en temps réel une marge individuelle de chaque paramètre de surveillance de chaque turbomoteur, ladite marge individuelle d'un paramètre de surveillance reflétant la marge disponible pour ce paramètre de surveillance,

10 b1) on sélectionne aux fins de comparaison (i) le paramètre de surveillance parmi les paramètres de surveillance du premier turbomoteur qui est le plus proche de sa limite et (ii) le paramètre de surveillance parmi les paramètres de surveillance du second turbomoteur qui est le plus proche de sa limite;

b2) on détermine une première marge limitante du premier turbomoteur (M1), ladite première marge limitante étant égale à la marge individuelle dudit paramètre de surveillance sélectionné du premier turbomoteur, et on détermine une deuxième marge limitante du deuxième turbomoteur, ladite deuxième marge limitante étant égale à la marge individuelle dudit paramètre de surveillance sélectionné du deuxième turbomoteur,

20 c) on transforme les première et deuxième marges limitantes en des première et deuxième marges en puissance en ramenant ces première et deuxième marges limitantes à une échelle comparable à la puissance développée par lesdits turbomoteurs,

d) on compare les valeurs des première et deuxième marges en puissance de sorte que les paramètres de surveillance sélectionnés sont comparés l'un avec l'autre puis on détermine un écart primaire séparant les première et deuxième marges en puissance,

e) on procède avec au moins un de (i) accélérer le turbomoteur ayant la plus grande marge en puissance et (ii) décélérer le turbomoteur ayant la plus petite marge en puissance afin d'équilibrer les premier et deuxième turbomoteurs en

puissance en minimisant au maximum l'écart primaire séparant les première et deuxième marges en puissance.

Un autre aspect de l'invention concerne un système pour doser l'alimentation en carburant d'un premier et d'un deuxième turbomoteurs d'un aéronef afin que ces premier et deuxième turbomoteurs soient équilibrés en puissance, chaque turbomoteur ayant une pluralité de paramètres de surveillance différents, ledit système comportant:

des capteurs d'acquisition de la valeur courante des paramètres de surveillance desdits turbomoteurs; et

10 au moins un moyen de régulation pour activer les doseurs carburant des premier et deuxième turbomoteurs, caractérisé en ce:

qu'il est muni d'un moyen de traitement qui:

détermine une marge individuelle de chaque paramètre de surveillance de chaque turbomoteur;

sélectionne pour comparaison entre eux (i) le paramètre de surveillance parmi les paramètres de surveillance du premier turbomoteur qui est le plus proche de sa limite et (ii) le paramètre de surveillance parmi les paramètres de surveillance du second turbomoteur qui est le plus proche de sa limite; puis

20 détermine une première et une deuxième marges limitantes respectivement des premier et deuxième turbomoteurs, lesdites première et deuxième marges limitantes étant égales à la marge individuelle dudit paramètre de surveillance respectivement des premier et deuxième turbomoteurs, ledit système étant aussi muni d'un moyen de contrôle qui transforme les premières et deuxième marge limitantes en des première et deuxième marges en puissance en ramenant ces premières et deuxième marge limitantes à une échelle comparable à la puissance développée par lesdits turbomoteurs, ledit moyen de commande activant ledit moyen de régulation afin d'équilibrer la puissance délivrée par lesdits turbomoteurs en (i) accélérant le turbomoteur ayant la plus grande marge limitante

7a

ou (ii) décélérant le turbomoteur ayant la plus petite marque limitante, ou les deux.

Un autre aspect de l'invention concerne un procédé pour équilibrer la puissance délivrée par un premier et un deuxième turbomoteurs d'aéronefs, chaque turbomoteur ayant une pluralité de paramètres de surveillance, chacun de type différent, caractérisé en ce que l'on réalise successivement les étapes suivantes :

on détermine une marge individuelle de chaque paramètre de surveillance de chaque turbomoteur;

10 on sélectionne aux fins de comparaison (i) le paramètre de surveillance parmi les paramètres de surveillance du premier turbomoteur qui est le plus proche de sa limite et (ii) le paramètre de surveillance parmi les paramètres de surveillance du second turbomoteur qui est le plus proche de sa limite;

on détermine une première marge limitante du premier turbomoteur, ladite première marge limitante étant égale à la marge individuelle dudit paramètre de surveillance sélectionné du premier turbomoteur, et on détermine une deuxième marge limitante du deuxième turbomoteur, ladite deuxième marge limitante étant égale à la marge individuelle dudit paramètre de surveillance sélectionné du deuxième turbomoteur;

20 on transforme les première et deuxième marges limitantes en des première et deuxième marges en puissance en ramenant ces première et deuxième marges limitantes à une échelle comparable à la puissance développée par lesdits turbomoteurs;

on procède avec au moins un de (i) accélérer le turbomoteur ayant la plus grande marge en puissance et (ii) décélérer le turbomoteur ayant la plus petite marge en puissance de sorte que lesdits paramètres de surveillance sont comparés l'un avec l'autre, afin d'équilibrer les premier et deuxième turbomoteurs en puissance.

7b

Par conséquent, au cours des étapes a) et b), on commence par déterminer la marge limitante de chaque turbomoteur, cette marge étant évaluée d'une manière globalement connue par ailleurs.

Par exemple, la marge individuelle de chaque paramètre de surveillance est égale à la différence individuelle en temps réel d'une valeur courante moins une valeur limite du paramètre de surveillance fixée par le motoriste. De plus, la valeur limite d'un paramètre de surveillance peut être établie en tenant compte en temps réel de la pression extérieure et de la température extérieure comme explicité dans le document FR2749545.

On note que, si le paramètre de surveillance est le couple du turbomoteur, la marge individuelle peut refléter la marge disponible pour ce paramètre de surveillance par rapport à une valeur limite définie par le motoriste. Toutefois, si l'aéronef est un giravion, la marge individuelle peut refléter la marge disponible pour le couple du turbomoteur afin que les limites en couple de la boîte de transmission principale du giravion ne soient pas dépassées.

Il est aussi possible d'envisager des variantes, où la marge limitante d'un turbomoteur est par exemple principalement déterminée en fonction des valeurs garanties des paramètres de surveillance du turbomoteur et non pas en fonction des valeurs limites, lesdites valeurs garanties correspondant aux valeurs atteintes par un turbomoteur vieilli, de manière à définir la marge

limitante d'un paramètre de surveillance sans risquer de la surestimer et notamment sans donner au pilote l'apparence d'une disponibilité d'une marge de puissance non représentative de la réalité.

- 5 Par ailleurs, les marges limitantes peuvent aussi être évaluées en marge de puissance, en marge de couple ou en marge de pas, et peuvent provenir d'un instrument de première limitation connu.

10 Durant l'étape c), on transforme donc les marges limitantes afin d'obtenir des marges en puissance. La marge en puissance est donc par exemple égale à la marge limitante si elle a été déterminée précédemment en marge de puissance. Si ce n'est pas le cas, on procédera donc à une transformation en utilisant les
15 procédés connus et explicités dans l'art antérieur pour obtenir par exemple une marge en puissance à partir d'une marge limitante en pas.

 Enfin, on compare les première et deuxième marges de puissance et on accélère le turbomoteur ayant la plus grande
20 marge. Cela permet d'équilibrer la puissance des deux turbomoteurs, ces derniers ayant au final des marges en puissance très proches l'une de l'autre, voire même identiques.

 En outre, un paramètre de surveillance étant la vitesse de rotation d'un générateur de gaz desdits turbomoteurs, au cours de l'étape d), on contrôle un premier écart secondaire entre une
25 première vitesse de rotation du générateur de gaz du premier turbomoteur et une deuxième vitesse de rotation du générateur de gaz du deuxième turbomoteur afin d'empêcher que le premier écart secondaire dépasse un premier seuil prédéterminé.

En effet, il est envisageable de déclencher une alarme lorsque que le premier écart secondaire dépasse ledit seuil prédéterminé afin d'éviter par exemple une trop grande différence de puissance entre les deux turbomoteurs. Par conséquent, l'accélération doit être entreprise sans déclencher une telle alarme.

De même, un paramètre de surveillance étant le couple desdits turbomoteurs, au cours de l'étape d), on contrôle un deuxième écart secondaire entre un premier couple du premier turbomoteur et un deuxième couple du deuxième turbomoteur afin d'empêcher que ledit deuxième écart secondaire dépasse un deuxième seuil prédéterminé. Le deuxième seuil prédéterminé correspond avantageusement à 30% du couple limite acceptable par la boîte de transmission principale.

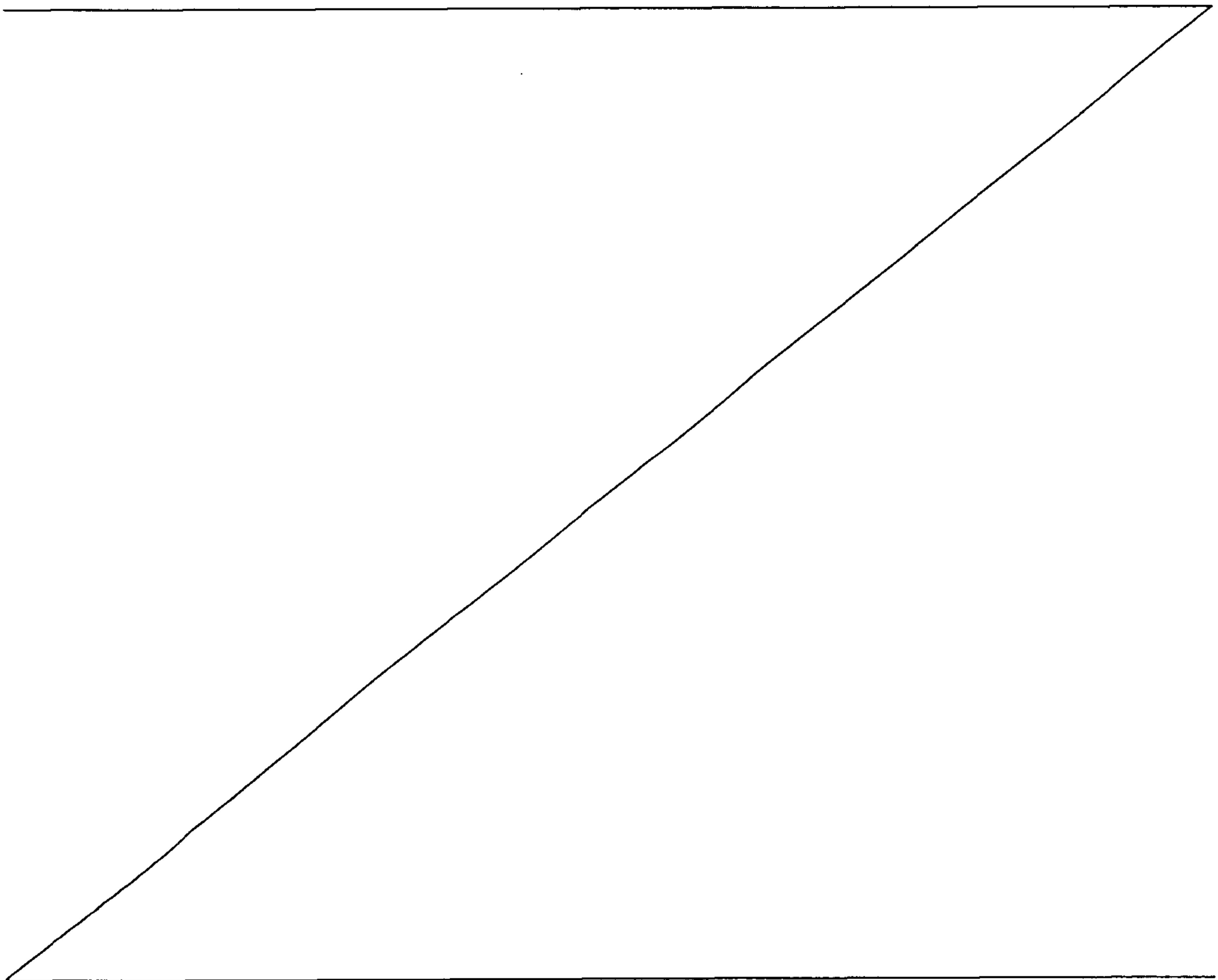
De plus, le système selon l'invention est aussi muni d'au moins un moyen de commande activant le moyen de régulation afin d'équilibrer la puissance délivrée par lesdits turbomoteurs en accélérant le turbomoteur ayant la plus grande marge limitante.

Selon un premier mode de régulation, un moyen de commande et un moyen de traitement principal sont intégrés dans un unique calculateur électronique de régulation, un FADEC par exemple.

Selon un deuxième mode de régulation, un moyen de traitement principal est intégré dans un instrument de première limitation, un IPL classique alors qu'un moyen de commande est intégré dans un calculateur électronique de régulation de type

FADEC par exemple. Le calculateur électronique de régulation interroge alors l'IPL afin d'obtenir les marges limitantes des turbomoteurs, transforme ces marges limitantes en marges de puissance et accélère le turbomoteur ayant la plus grande marge de puissance pour équilibrer en puissance les deux turbomoteurs.

En variante, chaque turbomoteur possède son propre moyen de régulation et son propre calculateur électronique de régulation, pour des raisons de sécurité notamment. Alors, chaque calculateur électronique de régulation comporte un moyen de commande pour l'équilibrage en puissance des turbomoteurs, les deux moyens de



commande étant bien évidemment aptes à s'échanger des informations pour réaliser ledit équilibrage.

Indépendamment du mode de réalisation et de la variante choisie, le moyen de commande contrôle avantageusement un
5 premier écart secondaire entre une première vitesse de rotation du générateur de gaz du premier turbomoteur et une deuxième vitesse de rotation du générateur de gaz du deuxième turbomoteur afin d'empêcher que le premier écart secondaire dépasse un premier seuil prédéterminé.

10 De même, ce moyen de commande contrôle de préférence un deuxième écart secondaire entre un premier couple du premier turbomoteur et un deuxième couple du deuxième turbomoteur afin d'empêcher que ce deuxième écart secondaire dépasse un deuxième seuil prédéterminé.

15 L'invention et ses avantages apparaîtront avec plus de détails dans le cadre de la description suivante, qui illustre des exemples de réalisation préférés, donnés sans aucun caractère limitatif, en référence aux figures annexées qui représentent :

20 - la figure 1, une vue schématique d'un dispositif selon un premier mode de réalisation de l'invention,

- la figure 2, selon une variante du premier mode de réalisation de l'invention, et

- la figure 3, une vue schématique d'un dispositif selon un deuxième mode de réalisation de l'invention.

Les éléments présents dans plusieurs figures distinctes sont affectés d'une seule et même référence.

La présente invention concerne un procédé et un dispositif pour équilibrer en puissance un premier M1 et un deuxième M2
5 turbomoteurs d'un aéronef, un giravion bimoteur par exemple.

Chaque turbomoteur M1, M2 est équipé d'un doseur carburant D, avec lequel on peut contrôler son accélération et sa décélération. De plus, les premier M1 et deuxième M2 turbomoteurs sont pourvus de capteurs 1,2 aptes à mesurer la
10 valeur de leurs paramètres de surveillance à savoir, leur vitesse de rotation Ng de leur générateur de gaz, leur couple Cm et leur température T45 à l'entrée de leur turbine libre.

Les figures 1 et 2 présentent des variantes d'un premier mode de réalisation de l'invention.

15 En référence à la figure 1, chaque turbomoteur M1, M2 comporte respectivement un calculateur électronique de régulation FADEC1, FADEC2 qui commande respectivement le doseur carburant D du turbomoteur M1, M2, auquel il est relié, via son moyen de régulation 6.

20 Chaque calculateur électronique de régulation est donc muni d'un moyen de régulation 6, d'un moyen de commande 5 pour accélérer ou décélérer le turbomoteur, et selon le premier mode de réalisation, d'un moyen de traitement 4.

Par ailleurs, les capteurs 1, 2 transmettent respectivement
25 des informations aux calculateurs électroniques de régulation

FADEC1, FADEC2 relatives à une première NTL1 et une deuxième NTL2 vitesses de rotation de la turbine libre des premier M1 et deuxième M2 turbomoteurs qui sont proportionnelles à la vitesse de rotation, sensiblement constante, du rotor d'avancement et de sustentation du giravion.

Par ailleurs, une première consigne, correspondant à la valeur que doivent avoir les première NTL1 et deuxième NTL2 vitesses de rotation de la turbine libre afin que la vitesse de rotation du rotor soit idéale, est déterminée dans une première boucle de régulation.

De ce fait, si les première NTL1 et deuxième NTL2 vitesses de rotation sont différentes de cette première consigne, les moyens de régulation 6 des calculateurs électroniques de régulation FADEC1, FADEC2 accélèrent ou décélèrent respectivement les turbomoteurs M1, M2 pour obtenir la vitesse de rotation idéale du rotor.

Dans ces conditions, dans une deuxième boucle de régulation, les moyens de régulation 6 de chaque calculateur FADEC1, FADEC2, déterminent une deuxième consigne. Cette dernière correspond à la valeur que doivent respectivement atteindre les paramètres de pilotages des premier M1 et deuxième M2 turbomoteurs pour que les première NTL1 et deuxième NTL2 vitesses de rotation soient égales à leur première consigne.

Le moyen de régulation 6 utilise alors les informations transmises par les capteurs 1,2, et éventuellement d'un capteur 3 transmettant la pression P0 et la température extérieure T0, pour déterminer le débit carburant à fournir au turbomoteur. L'augmentation ou la baisse du débit carburant sera stoppée

lorsque les paramètres de pilotage des turbomoteurs auront atteint la deuxième consigne.

De plus, durant la deuxième boucle de régulation, on procède à un équilibrage en puissance des premier M1 et deuxième M2
5 turbomoteurs.

Durant une étape a), les moyens de traitement 4 des calculateurs électroniques de régulation FADEC1, FADEC2 déterminent en temps réel une marge individuelle de chaque paramètre de surveillance Ng, Cm, T45 respectivement des premier
10 M1 et deuxième M2 turbomoteurs, cette marge individuelle d'un paramètre de surveillance reflétant la marge disponible pour ce paramètre de surveillance. Par exemple, la marge individuelle correspond à la différence individuelle en temps réel d'une valeur courante moins une valeur limite de chaque paramètre de
15 surveillance, ladite valeur limite dépendant de la pression extérieure P0 et de la température extérieure T0 mesurées par le capteur 3.

Par suite, les moyens de traitement 4 des calculateurs électroniques de régulation FADEC1, FADEC2 déterminent une
20 première et une deuxième marges limitantes respectivement des premier M1 et deuxième M2 turbomoteurs, ces première et deuxième marges limitantes étant respectivement égales à la marge individuelle dudit paramètre de surveillance du premier M1 et du deuxième M2 turbomoteurs le plus proche de sa limite. Ainsi,
25 la première marge limitante représente la marge individuelle la plus faible des paramètres de surveillance du premier turbomoteur M1, la deuxième marge limitante étant de même la marge individuelle la plus faible des paramètres de surveillance du deuxième turbomoteur M2. Par exemple la première marge limitante

correspond à la marge individuelle de la vitesse de rotation N_g du générateur de gaz du premier turbomoteur M1, et la deuxième marge limitante correspond à la marge individuelle de la température T45 des gaz du deuxième turbomoteur M2. Ces
5 marges individuelles peuvent en outre être exprimées en marge de puissance, de couple ou encore de pas.

Ensuite, durant l'étape c), le moyen de commande 5 transforme les première et deuxième marges limitantes en des première et deuxième marges en puissance en ramenant ces
10 première et deuxième marges limitantes à une échelle comparable à la puissance développée par lesdits turbomoteurs. Les première et deuxième marges limitantes sont donc exprimées en marge de puissance. Le passage à l'étape c) peut alors être instantané si durant l'étape b) les marges limitantes sont d'ores et déjà
15 exprimées en marge de puissance.

Conformément à l'étape d) du procédé, les moyens de commande 5 comparent les valeurs des première et deuxième marges en puissance afin de déterminer quel turbomoteur a la plus grande marge de puissance et quel turbomoteur a la plus petite
20 marge de puissance.

Enfin, durant une étape e), le moyen de traitement 4 du turbomoteur ayant la plus grande marge de puissance ordonne à son moyen de régulation 6 d'actionner le doseur D du turbomoteur pour accélérer ce dernier et ainsi équilibrer la puissance des
25 turbomoteurs M1, M2.

De même, pour éviter de modifier le régime de rotation du rotor du giravion, le moyen de traitement 4 du turbomoteur ayant la

plus petite marge de puissance ordonne à son moyen de régulation 6 d'actionner le doseur D du turbomoteur pour décélérer ce dernier

5 Finalement, la puissance globale délivrée par les premier M1 et deuxième M2 turbomoteurs est maintenue mais ces turbomoteurs possèdent désormais chacun une marge de puissance identique. Ils sont donc parfaitement équilibrés ce qui présente de multiples avantages, un endommagement équivalent et une optimisation en puissance des turbomoteurs M1, M2 par exemple.

10 En référence à la figure 2, dans une variante du premier mode de réalisation, le dispositif ne comporte qu'un calculateur électronique de régulation, qui commande aussi bien le premier turbomoteur M1 que le deuxième turbomoteur M2, muni d'un moyen de traitement 4, d'un moyen de commande 5 et d'un moyen de
15 régulation 6. Cette variante limite alors le nombre d'équipement nécessaire.

La figure 3 décrit un deuxième mode de réalisation de l'invention.

20 Chaque turbomoteur M1, M2 est équipé respectivement d'un calculateur électronique de régulation FADEC1, FADEC2 pourvu d'un moyen de régulation 6 et d'un moyen de commande 5.

Toutefois, contrairement au premier mode de réalisation, ces calculateurs électroniques de régulation FADEC1, FADEC2 ne comportent pas de moyen de traitement.

En effet, le dispositif étant pourvu d'un instrument de première limitation tel que décrit par l'art antérieur, cet instrument de première limitation est alors muni dudit moyen de traitement qui détermine les marges limitantes des premier et deuxième
5 turbomoteurs et fournit ces informations aux moyens de commandes 5 des calculateurs électroniques de régulation FADEC1, FADEC2. Ces derniers FADEC1, FADEC2 peuvent alors mettre en œuvre les étapes c), d) et e) du procédé via leur moyen de commande 5.

10 Comme précédemment, une variante du deuxième mode de réalisation, non représentée sur une figure, consiste en l'utilisation d'un seul calculateur électronique de régulation pour les deux turbomoteurs.

Indépendamment du mode de réalisation et de la variante
15 choisie, le moyen de commande 5 contrôle avantageusement un premier écart secondaire entre une première vitesse de rotation du générateur de gaz du premier turbomoteur M1 et une deuxième vitesse de rotation du générateur de gaz du deuxième turbomoteur M2 afin d'empêcher que le premier écart secondaire dépasse un
20 premier seuil prédéterminé.

En effet, afin de détecter d'éventuelles trop grandes différences de puissance entre les deux turbomoteurs, il est envisageable de surveiller ledit premier écart secondaire. Si ce premier écart dépasse ledit premier seuil prédéterminé, on peut
25 être amené à penser qu'un des turbomoteurs ne fonctionne pas correctement. Par conséquent, le moyen de commande 5 veille à ne pas dépasser ce premier écart secondaire afin de ne pas induire en erreur le pilote.

De même, ce moyen de commande 5 contrôle de préférence un deuxième écart secondaire entre un premier couple du premier turbomoteur M1 et un deuxième couple du deuxième turbomoteur M2 afin d'empêcher que ce deuxième écart secondaire dépasse un
5 deuxième seuil prédéterminé.

Naturellement, la présente invention est sujette à de nombreuses variations quant à sa mise en œuvre. Bien que plusieurs modes de réalisations aient été décrits, on comprend bien qu'il n'est pas concevable d'identifier de manière exhaustive
10 tous les modes possibles. Il est bien sûr envisageable de remplacer un moyen décrit par un moyen équivalent sans sortir du cadre de la présente invention.

REVENDICATIONS

1. Procédé pour équilibrer la puissance délivrée par un premier (M1) et un deuxième (M2) turbomoteurs d'aéronefs, chaque turbomoteur (M1, M2) ayant une pluralité de paramètres de surveillance (Ng, Cm, T45), chacun de type différent, caractérisé en ce que l'on réalise successivement les étapes suivantes :

a) on détermine en temps réel une marge individuelle de chaque paramètre de surveillance (Ng, Cm, T45) de chaque turbomoteur (M1, M2), ladite marge individuelle d'un paramètre de surveillance reflétant la marge disponible pour ce paramètre de surveillance (Ng, Cm, T45),

10 b1) on sélectionne aux fins de comparaison (i) le paramètre de surveillance parmi les paramètres de surveillance du premier turbomoteur qui est le plus proche de sa limite et (ii) le paramètre de surveillance parmi les paramètres de surveillance du second turbomoteur qui est le plus proche de sa limite;

b2) on détermine une première marge limitante du premier turbomoteur (M1), ladite première marge limitante étant égale à la marge individuelle dudit paramètre de surveillance sélectionné du premier turbomoteur (M1), et on détermine une deuxième marge limitante du deuxième turbomoteur (M2), ladite deuxième marge limitante étant égale à la marge individuelle dudit paramètre de surveillance sélectionné du deuxième turbomoteur (M2),

20 c) on transforme les première et deuxième marges limitantes en des première et deuxième marges en puissance en ramenant ces première et deuxième marges limitantes à une échelle comparable à la puissance développée par lesdits turbomoteurs (M1, M2),

d) on compare les valeurs des première et deuxième marges en puissance de sorte que les paramètres de surveillance sélectionnés sont comparés l'un avec l'autre puis on détermine un écart primaire séparant les première et deuxième marges en puissance,

e) on procède avec au moins un de (i) accélérer le turbomoteur ayant la plus grande marge en puissance et (ii) décélérer le turbomoteur ayant la plus petite marge en puissance afin d'équilibrer les premier et deuxième turbomoteurs en puissance en minimisant au maximum l'écart primaire séparant les première et deuxième marges en puissance.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que, ledit aéronef étant un giravion muni d'une boîte de transmission principale, un paramètre de surveillance étant le couple (C_m) desdits turbomoteurs (M_1 , M_2), au cours de l'étape a), ladite marge individuelle dudit couple (C_m) reflète la marge disponible pour le couple (C_m) desdits turbomoteurs de manière à ce que les limites de la boîte de transmission principale ne soient pas dépassées.

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que, un paramètre de surveillance étant la vitesse de rotation (N_g) d'un générateur de gaz desdits turbomoteurs (M_1 , M_2), au cours de l'étape d), on contrôle un premier écart secondaire entre une première vitesse de rotation du générateur de gaz du premier turbomoteur (M_1) et une deuxième vitesse de rotation du générateur de gaz du deuxième turbomoteur (M_2) afin d'empêcher que ledit premier écart secondaire dépasse un premier seuil prédéterminé.

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que, un paramètre de surveillance étant le couple (C_m) desdits turbomoteurs (M_1 , M_2), au cours de l'étape d), on contrôle le deuxième écart secondaire entre un premier couple du premier turbomoteur (M_1) et un deuxième couple du deuxième turbomoteur (M_2) afin d'empêcher que ledit deuxième écart secondaire dépasse un deuxième seuil prédéterminé.

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que, ladite marge individuelle d'un paramètre de surveillance (N_g , C_m , T_{45}) est

égale à la différence individuelle en temps réel d'une valeur courante moins une valeur limite dudit paramètre de surveillance (Ng, Cm, T45).

6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que, ladite valeur limite d'un paramètre de surveillance (Ng, Cm, T45) est établie en tenant compte en temps réel de la pression extérieure (P0) et de la température extérieure (T0).

7. Système pour doser l'alimentation en carburant d'un premier (M1) et d'un deuxième (M2) turbomoteurs d'un aéronef afin que ces premier (M1) et deuxième (M2) turbomoteurs soient équilibrés en puissance, chaque turbomoteur ayant une pluralité de paramètres de surveillance différents (Ng, Cm, T45), ledit système comportant:

des capteurs d'acquisition (1, 2) de la valeur courante des paramètres de surveillance (Ng, Cm, T45) desdits turbomoteurs (M1, M2); et

au moins un moyen de régulation (6) pour activer les doseurs (D) carburant des premier (M1) et deuxième (M2) turbomoteurs, caractérisé en ce:

qu'il est muni d'un moyen de traitement (4) qui:

détermine une marge individuelle de chaque paramètre de surveillance (Ng, Cm, T45) de chaque turbomoteur (M1, M2);

sélectionne pour comparaison entre eux (i) le paramètre de surveillance parmi les paramètres de surveillance du premier turbomoteur qui est le plus proche de sa limite et (ii) le paramètre de surveillance parmi les paramètres de surveillance du second turbomoteur qui est le plus proche de sa limite; puis

détermine une première et une deuxième marges limitantes respectivement des premier (M1) et deuxième (M2) turbomoteurs, lesdites première et deuxième marges limitantes étant égales à la marge individuelle dudit paramètre de surveillance respectivement des premier (M1) et deuxième (M2) turbomoteurs,

ledit système étant aussi muni d'un moyen de contrôle qui transforme les premières et deuxième marge limitantes en des première et deuxième marges en puissance en ramenant ces premières et deuxième marge limitantes à une échelle comparable à la puissance développée par lesdits turbomoteurs (M1, M2), ledit moyen de commande (5) activant ledit moyen de régulation (6) afin d'équilibrer la puissance délivrée par lesdits turbomoteurs (M1, M2) en (i) accélérant le turbomoteur ayant la plus grande marge limitante ou (ii) décélérant le turbomoteur ayant la plus petite marge limitante, ou les deux.

10 8. Système selon la revendication 7, caractérisé en ce que ledit moyen de commande (5) contrôle un premier écart secondaire entre une première vitesse de rotation du générateur de gaz du premier turbomoteur (M1) et une deuxième vitesse de rotation du générateur de gaz du deuxième turbomoteur (M2) afin d'empêcher que ledit premier écart secondaire dépasse un premier seuil prédéterminé.

9. Système selon l'une quelconque des revendications 7 et 8, caractérisé en ce que ledit moyen de commande (5) contrôle le deuxième écart secondaire entre un premier couple du premier turbomoteur (M1) et un deuxième couple du deuxième turbomoteur (M2) afin d'empêcher que ledit deuxième écart secondaire dépasse un deuxième seuil prédéterminé.

20 10. Système selon l'une quelconque des revendications 7 à 9, caractérisé en ce que ledit moyen de commande (5) et ledit moyen de traitement (4) sont intégrés dans un calculateur électronique de régulation (FADEC1, FADEC2).

11. Système selon l'une quelconque des revendications 7 à 10, caractérisé en ce que ledit moyen de traitement (4) est intégré dans un instrument de première limitation (IPL) alors que ledit moyen de commande (5) est intégré dans un calculateur électronique de régulation (FADEC1, FADEC2).

12. Système selon l'une quelconque des revendications 7 à 10, caractérisé en ce que, chaque turbomoteur (M1, M2) étant commandé par un calculateur électronique de régulation (FADEC1, FADEC2), chaque calculateur électronique de régulation (FADEC1, FADEC2) comporte un moyen de commande (5) et un moyen de régulation (6) pour commander le doseur carburant du turbomoteur auquel il est relié.

13. Procédé pour équilibrer la puissance délivrée par un premier (M1) et un deuxième (M2) turbomoteurs d'aéronefs, chaque turbomoteur (M1, M2) ayant une pluralité de paramètres de surveillance (Ng, Cm, T45), chacun de type différent, caractérisé en ce que l'on réalise successivement les étapes suivantes:

on détermine une marge individuelle de chaque paramètre de surveillance (Ng, Cm, T45) de chaque turbomoteur (M1, M2);

on sélectionne aux fins de comparaison (i) le paramètre de surveillance parmi les paramètres de surveillance du premier turbomoteur qui est le plus proche de sa limite et (ii) le paramètre de surveillance parmi les paramètres de surveillance du second turbomoteur qui est le plus proche de sa limite;

on détermine une première marge limitante du premier turbomoteur (M1), ladite première marge limitante étant égale à la marge individuelle dudit paramètre de surveillance sélectionné du premier turbomoteur (M1), et on détermine une deuxième marge limitante du deuxième turbomoteur (M2), ladite deuxième marge limitante étant égale à la marge individuelle dudit paramètre de surveillance sélectionné du deuxième turbomoteur (M2);

on transforme les première et deuxième marges limitantes en des première et deuxième marges en puissance en ramenant ces première et deuxième marges limitantes à une échelle comparable à la puissance développée par lesdits turbomoteurs (M1, M2);

on procède avec au moins un de (i) accélérer le turbomoteur ayant la plus grande marge en puissance et (ii) décélérer le turbomoteur ayant la plus petite

marge en puissance de sorte que lesdits paramètres de surveillance sont comparés l'un avec l'autre, afin d'équilibrer les premier et deuxième turbomoteurs en puissance.

