



(22) Date de dépôt/Filing Date: 2020/06/03

(41) Mise à la disp. pub./Open to Public Insp.: 2021/01/30

(45) Date de délivrance/Issue Date: 2022/07/26

(30) Priorité/Priority: 2019/07/30 (FR1908671)

(51) Cl.Int./Int.Cl. *G01M 15/09* (2006.01),
B01D 35/143 (2006.01), *B64D 33/02* (2006.01),
B64F 5/60 (2017.01)

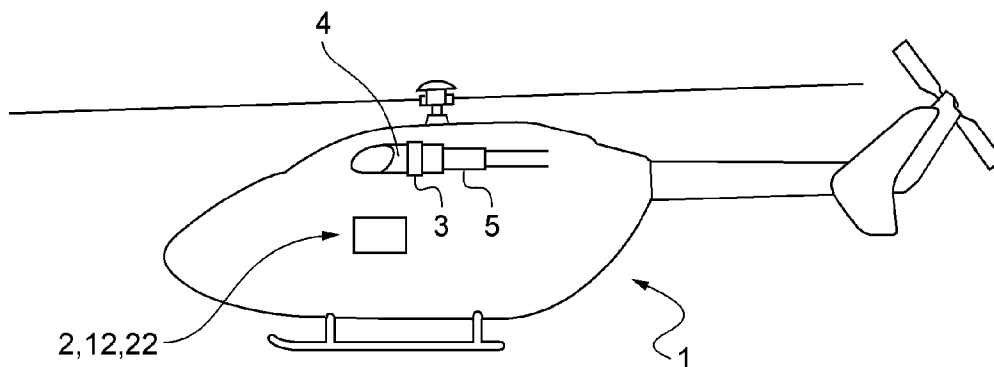
(72) Inventeurs/Inventors:
BIGEARD, ANTOINE, FR;
CERQUEIRA, STEPHANE, FR

(73) Propriétaire/Owner:
AIRBUS HELICOPTERS, FR

(74) Agent: FASKEN MARTINEAU DUMOULIN LLP

(54) Titre : SYSTEME D'EVALUATION DE COLMATAGE D'UN FILTRE EQUIPANT UN AERONEF, AERONEF
COMPORTANT UN TEL SYSTEME D'EVALUATION ET METHODE ASSOCIEE

(54) Title: EVALUATION SYSTEM FOR CLOGGING OF A FILTER EQUIPPING AN AIRCRAFT, AIRCRAFT INCLUDING
SUCH AN EVALUATION SYSTEM AND ASSOCIATED METHOD



(57) Abrégé/Abstract:

La présente invention concerne un système d'évaluation (2, 12, 22) d'un niveau de colmatage d'un filtre à air (3), ledit filtre à air (3) équipant un aéronef (1) muni d'au moins un moteur (5), ledit filtre à air (3) étant positionné au niveau d'une entrée air (4), ledit système d'évaluation (2, 12, 22) permettant de générer une information relative au niveau de colmatage du filtre à air (3) et comportant : · un premier organe de mesure effectuant une mesure de pression différentielle Δp_t entre une pression de référence et une pression mesurée en aval dudit filtre à air (3) dans ladite entrée d'air (4), · un deuxième organe de mesure permettant de déterminer une valeur de la puissance d'utilisation P , P_{cor} du ou des moteurs (5), et · au moins un calculateur configuré pour générer ladite information sous la dépendance de ladite mesure de pression différentielle Δp_t et de ladite valeur de la puissance d'utilisation P , P_{cor} dudit au moins un moteur (5), ledit premier organe de mesure, et ledit deuxième organe de mesure étant respectivement connectés audit au moins un calculateur.

ABRÉGÉ

La présente invention concerne un système d'évaluation (2, 12, 22) d'un niveau de colmatage d'un filtre à air (3), ledit filtre à air (3) équipant un aéronef (1) muni d'au moins un moteur (5), ledit filtre à air (3) étant positionné au niveau d'une entrée air (4), ledit système d'évaluation (2, 12, 22) permettant de générer une information relative au niveau de colmatage du filtre à air (3) et comportant :

- un premier organe de mesure effectuant une mesure de pression différentielle Δp_t entre une pression de référence et une pression mesurée en aval dudit filtre à air (3) dans ladite entrée d'air (4),
- un deuxième organe de mesure permettant de déterminer une valeur de la puissance d'utilisation P , P_{cor} du ou des moteurs (5), et
- au moins un calculateur configuré pour générer ladite information sous la dépendance de ladite mesure de pression différentielle Δp_t et de ladite valeur de la puissance d'utilisation P , P_{cor} dudit au moins un moteur (5), ledit premier organe de mesure, et ledit deuxième organe de mesure étant respectivement connectés audit au moins un calculateur.

SYSTÈME D'ÉVALUATION DE COLMATAGE D'UN FILTRE ÉQUIPANT UN AÉRONEF, AÉRONEF COMPORTANT UN TEL SYSTÈME D'ÉVALUATION ET MÉTHODE ASSOCIÉE

Domaine

La présente invention se rapporte au domaine des aéronefs et des systèmes d'évaluation permettant de déterminer un niveau de colmatage d'un filtre à air. Accessoirement, un tel système d'évaluation peut transmettre à un ensemble d'équipements techniques de l'aéronef, également désigné par le terme d'avionique, une information relative au niveau de colmatage de ce filtre à air.

L'invention vise plus particulièrement un système d'évaluation permettant de déterminer un niveau de colmatage d'un filtre barrière positionné dans une entrée d'air alimentant par exemple en air frais un moteur de l'aéronef ou tout autre équipement de l'aéronef tel que notamment un appareil assurant une climatisation de l'air intérieur à l'aéronef.

En outre, le niveau de colmatage d'un filtre à air est connu pour avoir des effets pénalisant sur le fonctionnement du système alimenté par l'entrée d'air. Dans le cas de l'entrée d'air d'un moteur, le colmatage du filtre à air génère une perte de charge réduisant la puissance du moteur. De telles pertes de charges peuvent alors limiter notamment les performances de vol de l'aéronef.

Contexte

Il est notamment connu des documents US 2008/190177, US 2017/067769 et US 2017/067814 de réaliser des systèmes d'évaluation comportant un dispositif d'information tel un écran permettant d'indiquer à un pilote d'aéronef une information relative au niveau de colmatage d'un filtre à air positionné au niveau d'une entrée air. De tels systèmes d'évaluation comportent également un organe de mesure d'une pression différentielle Δp_t entre une pression de référence et une pression mesurée en aval du filtre à air dans l'entrée d'air. Un ordinateur embarqué est configuré pour générer l'information requise à partir de la mesure de la pression différentielle Δp_t , l'organe de mesure et le dispositif d'information étant connectés à l'ordinateur embarqué.

Un tel système d'évaluation mesure également une puissance d'utilisation du moteur de l'aéronef à partir de son régime de rotation courant. En fonction de cette puissance d'utilisation,

le système d'évaluation peut alors modifier la valeur de seuil de la pression différentielle correspondant à un filtre à air sale.

5 Ainsi, un tel système d'évaluation permet uniquement de quantifier un écart courant de pression différentielle par rapport à une valeur de seuil variable correspondant à un filtre à air sale, pour un niveau de puissance donné.

Le document US 2015/344141 décrit quant à lui un filtre à air particulier équipé d'un clapet antiretour.

10 Enfin, le document US 2016/0347479 décrit quant à lui un système permettant de contrôler la santé d'un moteur équipé d'un filtre et d'une voie de dérivation. Le contrôle peut être réalisé lorsque la voie de dérivation est ouverte ou lorsque la voie de déviation est fermée. Cependant un tel système ne permet pas de connaître les performances globales de l'installation complète incluant le filtre à air et n'est donc pas représentatif d'un niveau de colmatage du filtre à air.

15 Un tel système peut alors minimiser le niveau de puissance réel du moteur et engendrer des opérations de maintenance prématurées. Ce système peut également imposer des performances limitées et ainsi permettre par exemple à un aéronef de n'embarquer qu'un nombre limité de personnes.

20 Le document FR 2 858 664 se rapporte quant à lui à un système d'indication de l'état d'un filtre à air pour un véhicule en général comportant un moteur à combustion interne. Un tel système comporte notamment un dispositif d'information permettant de donner une indication de l'état de l'élément de filtre à air, par exemple un pourcentage de colmatage par rapport à une valeur prédéterminée de pression différentielle.

Une telle indication est donc uniquement fonction d'une valeur prédéterminée qui est vraisemblablement la valeur maximale admissible pour le niveau de colmatage du filtre à air.

25 En outre, cette valeur prédéterminée maximale de pression différentielle peut être variable en fonction du régime moteur.

Cependant, la valeur minimale de pression différentielle correspondant à un filtre à air propre est quant à elle une valeur de référence constante qui peut être stockée dans une interface électronique du système. En aucun cas cette valeur de référence est décrite comme pouvant

être variable.

Le document US 2018/0312270 décrit quant à lui une méthode pour compenser la mesure d'une pression différentiel pour un filtre à air en utilisant également la mesure de la vitesse de déplacement par rapport à l'air d'un aéronef.

- 5 Un tel document ne décrit cependant pas la possibilité de générer une information de niveau de colmatage d'un filtre à air qui soit à la fois précise et fiable.

Résumé

- 10 La présente invention a pour objet de proposer un système d'évaluation permettant de s'affranchir des limitations précédemment décrites. En outre, le système d'évaluation conforme à l'invention permet d'indiquer une information précise et fiable relative au niveau de colmatage du filtre à air et d'éviter de limiter inutilement les performances de vol d'un aéronef.

- 15 L'invention concerne donc un système d'évaluation d'un niveau de colmatage d'un filtre à air, le filtre à air équipant un aéronef muni d'au moins un moteur, le filtre à air étant positionné au niveau d'une entrée air, le système d'évaluation permettant de générer une information relative au niveau de colmatage du filtre à air et comportant :

- un premier organe de mesure effectuant une mesure de pression différentielle Δp_t entre une pression de référence et une pression mesurée en aval du filtre à air dans l'entrée d'air,
 - un deuxième organe de mesure permettant de déterminer une valeur de puissance d'utilisation P, P_{cor} du ou des moteurs et
 - au moins un calculateur configuré pour générer l'information sous la dépendance de la mesure de pression différentielle Δp_t et de la valeur de la puissance d'utilisation P, P_{cor} du ou des moteurs, le premier organe de mesure et le deuxième organe de mesure étant respectivement connectés à ou aux calculateurs.
- 25 Selon l'invention, un tel système d'évaluation est remarquable en ce que le système d'évaluation peut comporter un troisième organe de mesure effectuant une mesure de vitesse de l'aéronef par rapport à l'air environnant, le troisième organe de mesure étant connecté à

chaque calculateur, le ou les calculateurs étant configurés pour déterminer une pression différentielle corrigée Δp_{tcor} de la pression différentielle Δp_t en fonction de la mesure de vitesse de l'aéronef par rapport à l'air et le calculateur est configuré pour générer l'information au moyen d'un taux de colmatage TC_{cor} , le taux de colmatage TC_{cor} étant déterminé en fonction

5 de la mesure de pression différentielle corrigée Δp_{tcor} , d'une première limite Δp_c et d'une seconde limite Δp_d prédéterminées à la puissance d'utilisation P , P_{cor} du ou des moteurs, la première limite Δp_c étant une limite inférieure prédéterminée égale à une valeur de pression différentielle pour un filtre à air propre à la puissance d'utilisation P , P_{cor} du ou des moteurs, la

10 seconde limite Δp_d étant une limite supérieure prédéterminée égale à une valeur de pression différentielle pour un filtre à air sale à la puissance d'utilisation P , P_{cor} du ou des moteurs.

Autrement dit, le taux de colmatage TC_{cor} est variable et dépend d'une part de la puissance d'utilisation P , P_{cor} du ou des moteurs et d'autre part des première limite Δp_c et seconde limite Δp_d prédéterminées et éventuellement stockées dans l'aéronef.

Par ailleurs, la pression différentielle Δp_t étant corrigée en fonction de la vitesse de l'aéronef par rapport à l'air, un tel système d'évaluation génère un taux de colmatage TC_{cor} avec une

15 précision accrue .

Par ailleurs, les connexions à chaque calculateur avec le premier organe de mesure et le deuxième organe de mesure peuvent être réalisées de différentes manières.

De telles connexions peuvent en effet être réalisées au moyen d'une ou plusieurs liaisons

20 filaires ou non filaires. Dans le cas, d'une liaison filaire, un bus de communication commun peut permettre de relier par exemple le premier organe de mesure et le deuxième organe de mesure à chaque calculateur.

Dans le cas d'une connexion sans fil, un protocole de communication sans fil, tel que par exemple un protocole de type WiFi ou Bluetooth, est alors utilisé. Un émetteur émet un signal

25 électromagnétique dans l'air qui est ensuite capté par une antenne réceptrice distante de l'émetteur.

En outre, le premier organe de mesure et le deuxième organe de mesure sont alors connectés à une ou plusieurs entrées du ou des calculateurs. Le ou les dispositifs informateurs sont alors quant à eux connectés à une ou plusieurs sorties du ou des calculateurs.

Par ailleurs, le taux de colmatage d'un filtre à air dit sale est avantageusement choisi de manière à correspondre au taux de colmatage maximum admissible pour un filtre à air donné.

Avantageusement, le système d'évaluation peut comporter au moins un dispositif informateur permettant d'indiquer à un pilote de l'aéronef l'information relative au niveau de colmatage du filtre à air.

En outre, le dispositif informateur qui peut être par exemple formé par un écran, un voyant ou un haut parleur, permet alors de délivrer au pilote une information de colmatage dite « information » relative au niveau de colmatage du filtre à air en tenant compte des valeurs de pressions différentielles correspondant à un filtre air propre et un filtre à air sale préenregistrées. Ce dispositif informateur peut par exemple indiquer constamment l'information ou alors par exemple émettre un signal d'alarme lorsque le taux de colmatage TCcor dépasse une valeur de seuil prédéterminée.

De même que précédemment, les connexions entre chaque calculateur et le ou les dispositifs informateurs peuvent également être réalisées de différentes manières.

En pratique, le taux de colmatage TCcor peut être égal à:

$$TC_{cor} = \frac{\Delta p_{tcor} - \Delta p_c}{\Delta p_d - \Delta p_c}$$

En effet, un tel taux de colmatage TCcor permet à chaque calculateur de générer une information relative au niveau de colmatage du filtre à air. L'information relative au niveau de colmatage du filtre à air est donc bien indépendante de la vitesse de l'aéronef par rapport à l'air.

Avantageusement, la première limite Δp_c et la seconde limite Δp_d peuvent être variables en fonction de la puissance d'utilisation P, Pcor du ou des moteurs.

En d'autres termes, la première limite Δp_c et la seconde limite Δp_d peuvent être associées à des fonctions numériques, les valeurs des première limite Δp_c et seconde limite Δp_d variant avec la puissance d'utilisation P, Pcor du ou des moteurs.

De plus, la première limite Δp_c et la seconde limite Δp_d peuvent être des fonctions croissantes variant avec la puissance d'utilisation P, Pcor du ou des moteurs.

Ainsi, plus la puissance d'utilisation P , P_{cor} du ou des moteurs est importante et plus la première limite Δp_c et la seconde limite Δp_d sont grandes.

En pratique, le système d'évaluation peut comporter un quatrième organe de mesure effectuant une mesure d'un paramètre atmosphérique extérieur à l'aéronef, le quatrième organe de mesure étant connecté à chaque calculateur, le ou les calculateurs étant configurés pour déterminer la puissance d'utilisation P_{cor} du ou des moteurs en fonction de la mesure du paramètre atmosphérique extérieur à l'aéronef.

Le paramètre atmosphérique peut par exemple être la pression atmosphérique ou la température courante. La puissance d'utilisation P_{cor} est alors une puissance corrigée correspondant aux conditions standards au niveau de la mer et à une température de 15 degrés Celsius ($^{\circ}\text{C}$) ou plus généralement à la norme de l'International Standard Atmosphere, désignée par l'acronyme « ISA ».

Autrement dit, la puissance d'utilisation P peut être corrigée en fonction de paramètres extérieurs. Une telle correction permet de s'affranchir des conditions externes qui peuvent avoir un impact direct sur le taux de colmatage.

En outre, un tel quatrième organe de mesure peut également effectuer plusieurs mesures respectivement de plusieurs paramètres atmosphériques extérieurs à l'aéronef tels que par exemple la température et la pression atmosphérique.

Par exemple, le système d'évaluation peut comporter une mémoire dans laquelle la première limite Δp_c et la seconde limite Δp_d sont stockées, la mémoire étant connectée ou intégrée à ou aux calculateurs.

Selon un autre exemple, la valeur de chaque limite peut également être calculée à l'aide d'un circuit électronique ou équivalent et dans ce cas ces limites ne sont donc pas stockées dans une mémoire.

Par ailleurs, l'invention concerne également un aéronef remarquable en ce qu'il comporte un système d'évaluation précité.

Avantageusement, un tel aéronef peut être un giravion, et par exemple un hélicoptère, et peut comporter au moins un moteur alimenté en air frais via une entrée d'air dans laquelle un filtre à

air est agencé.

Comme déjà évoqué, l'invention se rapporte également à une méthode d'évaluation d'un niveau de colmatage d'un filtre à air pour indiquer à un pilote d'aéronef une information relative au niveau de colmatage du filtre à air équipant un aéronef muni d'au moins un moteur, le filtre à air étant positionné au niveau d'une entrée air, la méthode d'évaluation permettant de générer une information relative au niveau de colmatage du filtre à air et comportant à chaque cycle d'évaluation :

- une première étape de mesure pour effectuer une mesure de pression différentielle Δp_t entre une pression de référence et une pression mesurée en aval du filtre à air dans l'entrée d'air,
- une deuxième étape de mesure permettant de déterminer une valeur de la puissance d'utilisation P , P_{cor} du ou des moteurs, et
- une étape de calcul pour générer l'information sous la dépendance de la mesure de pression différentielle Δp_t et de la valeur de la puissance d'utilisation P , P_{cor} du ou des moteurs.

Selon l'invention, une telle méthode d'évaluation est remarquable en ce qu'elle comporte une troisième étape de mesure pour effectuer une mesure de vitesse de l'aéronef par rapport à l'air, l'étape de calcul comportant une première sous étape de calcul pour déterminer une pression différentielle corrigée Δp_{tcor} de la pression différentielle Δp_t en fonction de la mesure de vitesse de l'aéronef par rapport à l'air, et

en ce que l'étape de calcul génère l'information au moyen d'un taux de colmatage TC_{cor} , le taux de colmatage TC_{cor} étant déterminé en fonction de la mesure de pression différentielle corrigée Δp_{tcor} , d'une première limite Δp_c et d'une seconde limite Δp_d prédéterminées à la puissance d'utilisation P , P_{cor} du ou des moteur, la première limite Δp_c étant une limite inférieure prédéterminée égale à une valeur de pression différentielle pour un filtre à air propre à la puissance d'utilisation P , P_{cor} du ou des moteurs, la seconde limite Δp_d étant une limite supérieure prédéterminée égale à une valeur de pression différentielle pour un filtre à air sale à la puissance d'utilisation P , P_{cor} du ou des moteurs.

Autrement dit, l'information relative au niveau de colmatage du filtre à air dépend d'un taux de colmatage TC_{cor} variant avec d'une part la puissance d'utilisation P , P_{cor} du ou des moteurs et d'autre part les première limite Δ_{pc} et seconde limite Δ_{pd} prédéterminées.

En effet, les première limite Δ_{pc} et seconde limite Δ_{pd} varient avec la puissance d'utilisation P , P_{cor} et le taux de colmatage TC_{cor} varie en fonction des première limite Δ_{pc} et seconde limite Δ_{pd} .

Une telle première sous étape de calcul permet alors de rendre indépendante la mesure de la pression différentielle Δ_{pt} de la vitesse d'avancement de l'aéronef.

En pratique, la méthode d'évaluation peut comporter une étape d'information pour indiquer au pilote d'aéronef l'information relative au niveau de colmatage du filtre à air.

Une telle étape d'information peut notamment être mise en œuvre au moyen d'un écran, d'un voyant ou encore d'un haut parleur visant à générer une information sensorielle par exemple visuelle, sonore ou encore vibratoire.

Avantageusement, le taux de colmatage TC_{cor} peut être égal à:

$$TC_{cor} = \frac{\Delta_{ptcor} - \Delta_{pc}}{\Delta_{pd} - \Delta_{pc}}$$

Un tel taux de colmatage TC_{cor} peut donc être avantageusement compris entre 0% et 100% dans des conditions nominales. La valeur de 0% correspond ainsi à la valeur du taux de colmatage TC_{cor} pour un filtre à air propre et la valeur de 100% correspond quant à elle à un taux de colmatage TC_{cor} pour un filtre à air sale.

De plus, le taux de colmatage TC_{cor} est alors également rendu indépendant de la vitesse d'avancement de l'aéronef.

Avantageusement, la méthode d'évaluation peut comporter :

- une quatrième étape de mesure pour effectuer une mesure d'un paramètre atmosphérique extérieur à l'aéronef, et
- une seconde sous étape de calcul pour déterminer la puissance d'utilisation P_{cor} du ou

des moteurs en fonction de la mesure du paramètre atmosphérique extérieur à l'aéronef.

Autrement dit, cette quatrième étape de mesure d'un paramètre atmosphérique permet de corriger la puissance d'utilisation de manière à ramener les mesures de la pression différentielle Δp_t dans les mêmes conditions atmosphériques. En outre, un tel paramètre atmosphérique peut
 5 avantageusement correspondre à la pression atmosphérique et à la température de l'air extérieur.

En outre, la première limite Δp_c et la seconde limite Δp_d peuvent être déterminées par au moins une étape préliminaire de tests mise en œuvre préalablement à une utilisation de l'aéronef.

De tels tests peuvent être réalisés au sol ou en vol lors d'une phase d'essais par un pilote
 10 d'essais préalablement à une utilisation commerciale ou privée de l'aéronef par un pilote.

Ainsi, les fonctions numériques correspondant à la première limite Δp_c et à la seconde limite Δp_d peuvent être prédéterminées et stockées dans l'aéronef par exemple dans une mémoire avant une mission de l'aéronef et donc avant une utilisation du système et de la méthode d'évaluation. Cette première limite Δp_c et cette seconde limite Δp_d peuvent par ailleurs rester
 15 les mêmes pour un type de filtre à air donné associé à un moteur et un aéronef donnés.

Ainsi, la méthode d'évaluation peut avantageusement comporter une étape de stockage pour mémoriser la première limite Δp_c et la seconde limite Δp_d .

Par conséquent, selon un aspect englobant, il est prévu un système d'évaluation d'un niveau de colmatage d'un filtre à air, le filtre à air équipant un aéronef comprenant un moteur, le filtre à air
 20 étant positionné au niveau d'une entrée air, où le système d'évaluation permet de générer une information relative au niveau de colmatage du filtre à air et où le système d'évaluation comprend (i) un premier organe de mesure effectuant une mesure de pression différentielle Δp_t entre une pression de référence et une pression mesurée en aval du filtre à air dans l'entrée d'air, (ii) un deuxième organe de mesure permettant de déterminer une valeur d'une puissance
 25 d'utilisation du moteur, (iii) un troisième organe de mesure effectuant une mesure de vitesse de l'aéronef par rapport à l'air environnant et (iv) un calculateur configuré pour générer l'information sous la dépendance de la mesure de pression différentielle Δp_t et de la valeur de la puissance d'utilisation du moteur, où le premier organe de mesure et le deuxième organe de mesure sont respectivement connectés un calculateur ; où le troisième organe de mesure est connecté au

calculateur ; où le calculateur est configuré pour déterminer une pression différentielle corrigée Δp_{tcor} de la pression différentielle Δp_t en fonction de la mesure de vitesse de l'aéronef par rapport à l'air ; et où le calculateur est configuré pour générer l'information au moyen d'un taux de colmatage TC_{cor} , le taux de colmatage TC_{cor} étant déterminé en fonction de la mesure de pression différentielle corrigée Δp_{tcor} , d'une première limite Δp_c et d'une seconde limite Δp_d prédéterminées à la puissance d'utilisation du moteur, la première limite Δp_c étant une limite inférieure prédéterminée égale à une valeur de pression différentielle pour un filtre à air propre à la puissance d'utilisation du moteur et la seconde limite Δp_d étant une limite supérieure prédéterminée égale à une valeur de pression différentielle pour un filtre à air sale à la puissance d'utilisation du moteur.

Selon un autre aspect englobant, il est prévu une méthode d'évaluation d'un niveau de colmatage d'un filtre à air pour indiquer à un pilote d'aéronef une information relative au niveau de colmatage du filtre à air équipant un aéronef muni d'un moteur, le filtre à air étant positionné au niveau d'une entrée air, la méthode d'évaluation permettant de générer une information relative au niveau de colmatage du filtre à air et comprenant à chaque cycle d'évaluation : (i) une première étape de mesure pour effectuer une mesure de pression différentielle Δp_t entre une pression de référence et une pression mesurée en aval du filtre à air dans l'entrée d'air, (ii) une deuxième étape de mesure permettant de déterminer une valeur d'une puissance d'utilisation du moteur, (iii) une étape de calcul pour générer l'information sous la dépendance de la mesure de pression différentielle Δp_t et de la valeur de la puissance d'utilisation du moteur et (iv) une troisième étape de mesure pour effectuer une mesure de vitesse de l'aéronef par rapport à l'air, où l'étape de calcul comprend une première sous étape de calcul pour déterminer une pression différentielle corrigée Δp_{tcor} de la pression différentielle Δp_t en fonction de la mesure de vitesse de l'aéronef par rapport à l'air ; et où l'étape de calcul génère l'information au moyen d'un taux de colmatage TC_{cor} , le taux de colmatage TC_{cor} étant déterminé en fonction de la mesure de pression différentielle corrigée Δp_{tcor} , d'une première limite Δp_c et d'une seconde limite Δp_d prédéterminées à la puissance d'utilisation du moteur, la première limite Δp_c étant une limite inférieure prédéterminée égale à une valeur de pression différentielle pour un filtre à air propre à la puissance d'utilisation du moteur et la seconde limite Δp_d étant une limite supérieure prédéterminée égale à une valeur de pression différentielle pour un filtre à air sale à la puissance d'utilisation du moteur.

Brève description des figures

L'invention et ses avantages apparaîtront avec plus de détails dans le cadre de la description qui suit avec des exemples donnés à titre illustratif en référence aux figures annexées qui représentent :

- 5 Fig. 1 - un schéma de principe illustrant en coupe un aéronef conforme à l'invention ;
- Fig. 2 - un schéma d'un premier exemple de système d'évaluation conforme à l'invention ;
- Fig. 3 - une courbe représentative des variations de la pression différentielle en fonction de la puissance d'utilisation d'un moteur, conformément à l'invention ;
- Fig. 4 - un schéma d'un deuxième exemple de système d'évaluation conforme à l'invention ;
- 10 Fig. 5 - un schéma d'un troisième exemple de système d'évaluation conforme à l'invention ;
- Fig. 6 - un logigramme illustrant une première variante de méthode d'évaluation, conforme à l'invention ;
- Fig. 7 - un logigramme illustrant une deuxième variante de méthode d'évaluation, conforme à l'invention ; et
- 15 Fig. 8 - un logigramme illustrant une troisième variante de méthode d'évaluation, conforme à l'invention.

Description détaillée de réalisations

Des variantes, des exemples et des réalisations préférées de l'invention sont décrits ci-dessous.

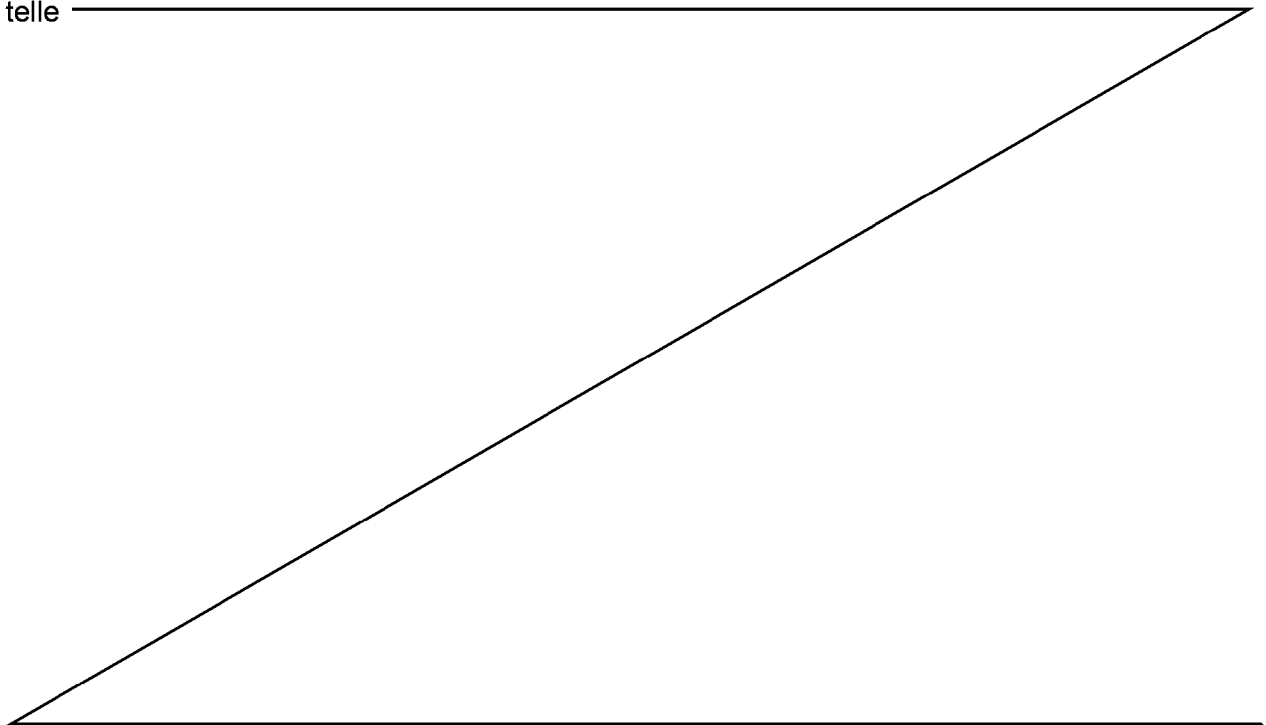
- 20 Les éléments présents dans plusieurs figures distinctes peuvent être affectés d'une seule et même référence.

Comme déjà indiqué, l'invention se rapporte au domaine technique de l'aéronautique et plus particulièrement des aéronefs équipés d'un système d'évaluation pour évaluer un niveau de colmatage d'un filtre à air.

Tel que représenté à la figure 1, un tel aéronef 1 comporte ainsi un filtre à air 3 positionné à l'intérieur d'une conduite formant une entrée d'air 4 pour par exemple alimenter en air frais au moins un moteur 5.

- En outre, un tel aéronef 1 comporte alors un système d'évaluation 2, 12, 22 permettant de
- 5 générer une information liée au niveau de colmatage du filtre à air 3. Cette information peut alors être transmise au pilote de l'aéronef 1 par différents moyens. En effet, l'information du niveau de colmatage du filtre à air 3 peut par exemple être affichée et transmise au pilote au moyen d'un voyant ou d'un écran. L'information peut également être transmise au pilote au moyen d'un signal sonore ou d'un signal sensoriel, par exemple vibratoire.
- 10 L'information peut ainsi être une représentation d'une valeur courante du niveau de colmatage du filtre à air 3 ou encore un signal d'alarme lorsqu'une valeur de seuil prédéterminée du niveau de colmatage est dépassée.

- Ainsi tel que représenté à la figure 2, un premier exemple de système d'évaluation 2 comporte un premier organe de mesure 7 effectuant une mesure de pression différentielle Δp_t entre une
- 15 pression de référence et une pression mesurée en aval du filtre à air 3 dans l'entrée d'air 4. Une telle



pression de référence peut par exemple être la pression atmosphérique de l'air situé en dehors de l'entrée d'air ou encore une pression d'entrée de l'air mesurée en amont du filtre à air 3 dans l'entrée d'air 4.

Le terme « amont » est à considérer au regard du sens de circulation de l'air du milieu extérieur vers le moteur 5 lors de son passage à l'intérieur de l'entrée d'air 4.

De plus, le premier organe de mesure 7 peut par exemple comporter un ou plusieurs capteurs de pression aptes à convertir des variations de pression en variations de tension électrique par exemple.

10 Par ailleurs, un tel système d'évaluation 2 comporte également un deuxième organe de mesure 8 permettant d'effectuer une mesure d'une puissance d'utilisation P , P_{cor} du moteur 5.

Un tel deuxième organe de mesure 8 peut par exemple comporter un ou plusieurs capteurs aptes à mesurer une vitesse de rotation et un couple moteur du moteur 5 et à convertir les variations de vitesse et de couple 15 moteur en variations de tension électriques. Alternativement, un débit d'air circulant dans l'entrée d'air peut également être mesuré par un capteur de débit pour permettre de déterminer une puissance d'utilisation P , P_{cor} en fonction d'un débit d'air alimentant le moteur 5.

20 En outre, le système d'évaluation 2 comporte également un organe 10 permettant la mémorisation d'une première limite Δp_c et d'une seconde limite Δp_d sous la forme par exemple d'équations de fonctions, de tableaux de valeurs, etc... Un tel organe 10 peut notamment comporter une mémoire.

Une telle première limite Δp_c correspond à une limite inférieure 25 prédéterminée égale à une valeur de pression différentielle pour un filtre à air propre, la valeur de la première limite Δp_c variant en fonction de la puissance d'utilisation P , P_{cor} du moteur 5.

La seconde limite Δp_d correspond quant à elle à une limite supérieure prédéterminée égale à une valeur de pression différentielle pour un filtre à air sale, la valeur de la seconde limite Δp_d variant en fonction de la puissance d'utilisation P , P_{cor} du moteur 5.

- 5 Une telle seconde limite Δp_d peut être mesurée ou fixée pour correspondre à une valeur choisie dans une plage acceptable pour permettre une utilisation du moteur. La valeur dans cette plage correspond alors à un compromis entre la performance du moteur et un temps de fonctionnement admissible du moteur dans cet environnement pollué.
- 10 Par conséquent et tel que représenté à la figure 3, à chaque instant le moteur 5 développe une puissance d'utilisation courante P_i , P_{cor_i} du moteur 5. Le calculateur 9 en déduit une valeur courante Δp_{c_i} de la première limite Δp_c et une valeur courante Δp_{d_i} de la seconde limite Δp_d directement ou via un paramètre variant avec la puissance d'utilisation P , P_{cor} du moteur
- 15 5. En outre, la mesure de pression différentielle courante Δp_{t_i} correspond à la valeur de la pression différentielle Δp_t à la puissance d'utilisation courante P_i , P_{cor_i} du moteur 5.

Le premier organe de mesure 7, le deuxième organe de mesure 8 et la mémoire 10 sont alors connectés par voie filaire ou non filaire à un

20 calculateur 9 configuré pour générer l'information relative au niveau de colmatage du filtre à air 3 sous la dépendance directe de la mesure de pression différentielle Δp_t et indirecte de la valeur de la puissance d'utilisation P , P_{cor} du moteur 5 via les première et seconde limite Δp_c et Δp_d .

- 25 Une fois l'information générée par le calculateur 9, cette information peut alors être transmise à un dispositif informateur 6 connectée à une sortie du calculateur 9 pour permettre d'indiquer au pilote de l'aéronef 1 le taux de colmatage du filtre à air 3.

Selon un autre aspect, un tel calculateur 9 peut être configuré pour générer l'information au moyen d'un taux de colmatage TCcor. Un tel taux de colmatage TCcor est variable en fonction de la première limite Δ_{pc} , de la seconde limite Δ_{pd} prédéterminées à la puissance d'utilisation P, Pcor du moteur 5 et de la mesure de pression différentielle corrigée Δ_{ptcor} .

Tel que représenté à la figure 4, un second exemple de système d'évaluation 12 peut comporter, en plus du premier organe de mesure 17 et du deuxième organe de mesure 18, un troisième organe de mesure 11 effectuant une mesure de vitesse de l'aéronef 1 par rapport à l'air. Un tel troisième organe de mesure 11 est alors également connecté au calculateur 19 configuré pour déterminer une pression différentielle corrigée Δ_{ptcor} de la pression différentielle Δ_{pt} en fonction de la mesure de vitesse de l'aéronef 1 par rapport à l'air.

Par exemple, la pression différentielle corrigée Δ_{ptcor} peut être calculée en retranchant à la mesure de la pression différentielle Δ_{pt} une valeur de correction directement fonction de la vitesse de l'aéronef 1 par rapport à l'air.

Dans cas, le taux de colmatage TCcor est alors égal à:

$$TC_{cor} = \frac{\Delta_{ptcor} - \Delta_{pc}}{\Delta_{pd} - \Delta_{pc}}$$

Tel que représenté à la figure 5, un troisième exemple de système d'évaluation 22 comporte un premier organe de mesure 27, un deuxième organe de mesure 28, un troisième organe de mesure 21 effectuant une mesure de vitesse de l'aéronef 1 par rapport à l'air. En outre, un tel troisième organe de mesure 21 est optionnel et pourrait être éventuellement être supprimé, conformément au premier exemple décrit à la figure 2.

Un tel système d'évaluation 22 peut aussi comporter un quatrième organe de mesure 23 effectuant une mesure d'un paramètre atmosphérique extérieur à l'aéronef 1. Un tel quatrième organe de mesure 23 peut par

exemple comporter un ou plusieurs capteurs permettant de mesurer une température et/ou une pression extérieure à l'aéronef 1.

Un tel quatrième organe de mesure 23 est alors connecté à au moins un calculateur 29 et le calculateur 29 est configuré pour déterminer la puissance d'utilisation P_{cor} du au moins un moteur 5 en fonction de la mesure du paramètre atmosphérique extérieur au aéronef 1.

Par ailleurs, les figures 6 à 8 illustrent trois variantes de méthode d'évaluation du niveau de colmatage d'un filtre à air 3.

Selon une première variante de méthode d'évaluation 40 telle que représentée à la figure 6, la méthode d'évaluation 40 comporte une étape de stockage 42 pour mémoriser la première limite Δ_{pc} et la seconde limite Δ_{pd} dans une mémoire 10, 20, 30 qui peut être avantageusement embarquée à bord de l'aéronef 1.

La méthode d'évaluation 40 comporte ensuite une première étape de mesure 43 pour effectuer une mesure de pression différentielle Δ_{pt} entre une pression de référence et une pression mesurée en aval du filtre à air 3 puis une deuxième étape de mesure 44 pour effectuer une mesure d'une puissance d'utilisation P , P_{cor} du moteur 5.

Selon cette première variante de méthode d'évaluation 40, la première étape de mesure 43 et la deuxième étape de mesure 44 peuvent être mises en œuvres l'une après l'autre. Bien entendu, selon un autre exemple de réalisation non représenté, la première étape de mesure 43 et la deuxième étape de mesure 44 peuvent également être mises en œuvres simultanément en parallèle.

Une fois ces étapes de mesure 43 et 44 effectuées, la méthode d'évaluation 40 comporte alors une étape de calcul 48 pour générer l'information sous la dépendance de la mesure de pression différentielle Δ_{pt} et de la valeur de la puissance d'utilisation P , P_{cor} du moteur 5.

Une telle étape de calcul 48 permet alors de générer l'information au moyen du taux de colmatage TCcor, ce taux de colmatage TCcor étant variable en fonction de la première limite Δ_{pc} et de la seconde limite Δ_{pd} prédéterminées à la puissance d'utilisation P, Pcor du moteur 5.

- 5 Un tel procédé d'évaluation 40 peut éventuellement également comporter une étape d'information 49 pour transmettre au pilote d'aéronef l'information relative au niveau de colmatage du filtre à air 3.

Selon une deuxième variante de méthode d'évaluation 50 telle que représentée à la figure 7, la première étape de mesure 53 et la deuxième
10 étape de mesure 54 peuvent être mises en œuvres en parallèle l'une de l'autre. De plus, la méthode d'évaluation 50 peut comporter une troisième étape de mesure 55 pour effectuer une mesure de vitesse de l'aéronef 1 par rapport à l'air.

Telle que représentée, cette troisième étape de mesure 55 peut également
15 être mise en œuvre en parallèle des première et deuxième étapes de mesure 53 et 54. Bien entendu selon un autre exemple de réalisation non représenté, la troisième étape de mesure 55 peut aussi être mise en œuvre après les première et deuxième étapes de mesure 53 et 54.

Par ailleurs, la méthode d'évaluation 50 peut également comporter une
20 étape de calcul 58 incluant une première sous étape de calcul 58'. Cette première sous étape de calcul 58' permet alors de générer l'information de colmatage pour déterminer une pression différentielle corrigée Δ_{ptcor} de la pression différentielle Δ_{pt} en fonction de la mesure de vitesse de l'aéronef 1 par rapport à l'air.

- 25 Eventuellement, une étape d'information 59 peut alors permettre d'indiquer au pilote d'aéronef l'information relative au niveau de colmatage du filtre à air 3 au moyen d'un taux de colmatage TCcor par exemple égal à:

$$TC_{cor} = \frac{\Delta_{ptcor} - \Delta_{pc}}{\Delta_{pd} - \Delta_{pc}}$$

Selon une troisième variante de méthode d'évaluation 60 telle que représentée à la figure 8, au moins une étape préliminaire de tests 61 peut être mise en œuvre préalablement au vol de l'aéronef pour déterminer la première limite Δ_{pc} et la seconde limite Δ_{pd} .

- 5 La méthode d'évaluation 60 comporte ensuite une étape de stockage 62 pour mémoriser la première limite Δ_{pc} et la seconde limite Δ_{pd} dans la mémoire 10, 20, 30.

- 10 Telle que représentée, une quatrième étape de mesure 66 peut également être mise en œuvre en parallèle des première, deuxième et troisième étapes de mesure 63, 64 et 65. Comme précédemment selon un autre exemple de réalisation non représenté, la quatrième étape de mesure 66 peut aussi être mise en œuvre après les première et deuxième étapes de mesure 63 et 64.

Une telle quatrième étape de mesure 66 permet d'effectuer une mesure d'un paramètre atmosphérique extérieur à l'aéronef 1.

- 15 Par ailleurs, la méthode d'évaluation 60 peut également comporter une étape de calcul 68 incluant une seconde sous étape de calcul 68'' pour déterminer la puissance d'utilisation P_{cor} du moteur 5 en fonction de la mesure du paramètre atmosphérique extérieur à l'aéronef 1.

- 20 Des étapes de transmission de la mesure de pression différentielle Δ_{pt} et de la valeur de la puissance d'utilisation P , P_{cor} au calculateur 9, 19, 29 ne sont pas représentées mais sont bien entendues également mises en œuvre par le procédé d'évaluation 40, 50, 60.

- 25 De même, une autre étape de transmission de l'information relative au niveau de colmatage du filtre à air 3 peut être mise en œuvre préalablement à une étape d'information 49, 59, 69 éventuelle.

De telles étapes de transmissions peuvent être réalisées au moyen d'une liaison filaire ou non filaire entre d'une part les différents organes de mesure et le calculateur, et d'autre part, entre le calculateur et le dispositif

informateur.

Naturellement, la présente invention est sujette à de nombreuses variations quant à sa mise en œuvre. Bien que plusieurs modes de réalisation aient été décrits, on comprend bien qu'il n'est pas concevable d'identifier de
5 manière exhaustive 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.

REVENDECATIONS

1. Un système d'évaluation d'un niveau de colmatage d'un filtre à air, le filtre à air équipant un aéronef comprenant un moteur, le filtre à air étant positionné au niveau d'une entrée air, où
 5 le système d'évaluation permet de générer une information relative au niveau de colmatage du filtre à air et où le système d'évaluation comprend (i) un premier organe de mesure effectuant une mesure de pression différentielle Δp_t entre une pression de référence et une pression mesurée en aval du filtre à air dans l'entrée d'air, (ii) un deuxième organe de mesure permettant de déterminer une valeur d'une puissance d'utilisation du moteur, (iii) un troisième organe de
 10 mesure effectuant une mesure de vitesse de l'aéronef par rapport à l'air environnant et (iv) un calculateur configuré pour générer l'information sous la dépendance de la mesure de pression différentielle Δp_t et de la valeur de la puissance d'utilisation du moteur,
 où le premier organe de mesure et le deuxième organe de mesure sont respectivement connectés un calculateur ;
 15 où le troisième organe de mesure est connecté au calculateur ;
 où le calculateur est configuré pour déterminer une pression différentielle corrigée Δp_{tcor} de la pression différentielle Δp_t en fonction de la mesure de vitesse de l'aéronef par rapport à l'air ; et
 où le calculateur est configuré pour générer l'information au moyen d'un taux de
 20 colmatage TC_{cor} , le taux de colmatage TC_{cor} étant déterminé en fonction de la mesure de pression différentielle corrigée Δp_{tcor} , d'une première limite Δp_c et d'une seconde limite Δp_d prédéterminées à la puissance d'utilisation du moteur, la première limite Δp_c étant une limite inférieure prédéterminée égale à une valeur de pression différentielle pour un filtre à air propre à la puissance d'utilisation du moteur et la seconde limite Δp_d étant une limite supérieure
 25 prédéterminée égale à une valeur de pression différentielle pour un filtre à air sale à la puissance d'utilisation du moteur.

2. Le système d'évaluation selon la revendication 1, comprenant un dispositif informateur permettant d'indiquer à un pilote de l'aéronef l'information relative au niveau de colmatage du
 30 filtre à air.

3. Le système d'évaluation selon la revendication 1 ou 2, où le taux de colmatage TC_{cor} est égal à :

$$TC_{cor} = \frac{\Delta p_{tcor} - \Delta p_c}{\Delta p_d - \Delta p_c}$$

4. Le système d'évaluation selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, où la première limite Δp_c et la seconde limite Δp_d sont variables en fonction de la puissance d'utilisation du moteur.
5. Le système d'évaluation selon la revendication 4, où la première limite Δp_c et la seconde limite Δp_d sont des fonctions croissantes variant avec la puissance d'utilisation du moteur.
- 10 6. Le système d'évaluation selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, comprenant un quatrième organe de mesure effectuant une mesure d'un paramètre atmosphérique extérieur de l'aéronef, le quatrième organe de mesure étant connecté au calculateur, le calculateur étant configuré pour déterminer la puissance d'utilisation du moteur en fonction de la mesure du paramètre atmosphérique extérieur de l'aéronef.
- 15 7. Le système d'évaluation selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, comprenant une mémoire dans laquelle la première limite Δp_c et la seconde limite Δp_d sont stockées, la mémoire étant connectée au calculateur.
- 20 8. Un aéronef comprenant un système d'évaluation tel que défini selon l'une quelconque des revendications 1 à 7.
- 25 9. Une méthode d'évaluation d'un niveau de colmatage d'un filtre à air pour indiquer à un pilote d'aéronef une information relative au niveau de colmatage du filtre à air équipant un aéronef muni d'un moteur, le filtre à air étant positionné au niveau d'une entrée air, la méthode d'évaluation permettant de générer une information relative au niveau de colmatage du filtre à air et comprenant à chaque cycle d'évaluation : (i) une première étape de mesure pour effectuer une mesure de pression différentielle Δp_t entre une pression de référence et une pression mesurée en aval du filtre à air dans l'entrée d'air, (ii) une deuxième étape de mesure permettant de déterminer une valeur d'une puissance d'utilisation du moteur, (iii) une étape de calcul pour générer l'information sous la dépendance de la mesure de pression différentielle Δp_t et de la valeur de la puissance d'utilisation du moteur et (iv) une troisième étape de mesure pour effectuer une mesure de vitesse de l'aéronef par rapport à l'air,
- 30

où l'étape de calcul comprend une première sous étape de calcul pour déterminer une pression différentielle corrigée Δp_{tcor} de la pression différentielle Δp_t en fonction de la mesure de vitesse de l'aéronef par rapport à l'air ; et

- 5 où l'étape de calcul génère l'information au moyen d'un taux de colmatage TC_{cor} , le
 10 taux de colmatage TC_{cor} étant déterminé en fonction de la mesure de pression différentielle corrigée Δp_{tcor} , d'une première limite Δp_c et d'une seconde limite Δp_d prédéterminées à la puissance d'utilisation du moteur, la première limite Δp_c étant une limite inférieure prédéterminée égale à une valeur de pression différentielle pour un filtre à air propre à la puissance d'utilisation du moteur et la seconde limite Δp_d étant une limite supérieure
 15 prédéterminée égale à une valeur de pression différentielle pour un filtre à air sale à la puissance d'utilisation du moteur.

10. La méthode d'évaluation selon la revendication 9, comprenant une étape d'information pour indiquer au pilote d'aéronef l'information relative au niveau de colmatage du filtre à air.

15

11. La méthode d'évaluation selon la revendication 9 ou 10, où le taux de colmatage TC_{cor} est égal à :

$$TC_{cor} = \frac{\Delta p_{tcor} - \Delta p_c}{\Delta p_d - \Delta p_c}$$

- 20 12. La méthode d'évaluation selon l'une quelconque des revendications 9 à 11, comprenant une quatrième étape de mesure pour effectuer une mesure d'un paramètre atmosphérique extérieur à l'aéronef et une seconde sous étape de calcul pour déterminer la puissance d'utilisation du moteur en fonction de la mesure du paramètre atmosphérique extérieur à l'aéronef.

25

13. La méthode d'évaluation selon l'une quelconque des revendications 9 à 12, où la première limite Δp_c et la seconde limite Δp_d sont déterminées par une étape préliminaire de tests mise en œuvre préalablement à une utilisation de l'aéronef.

- 30 14. La méthode d'évaluation selon l'une quelconque des revendications 9 à 13, comprenant une étape de stockage pour mémoriser la première limite Δp_c et la seconde limite Δp_d .

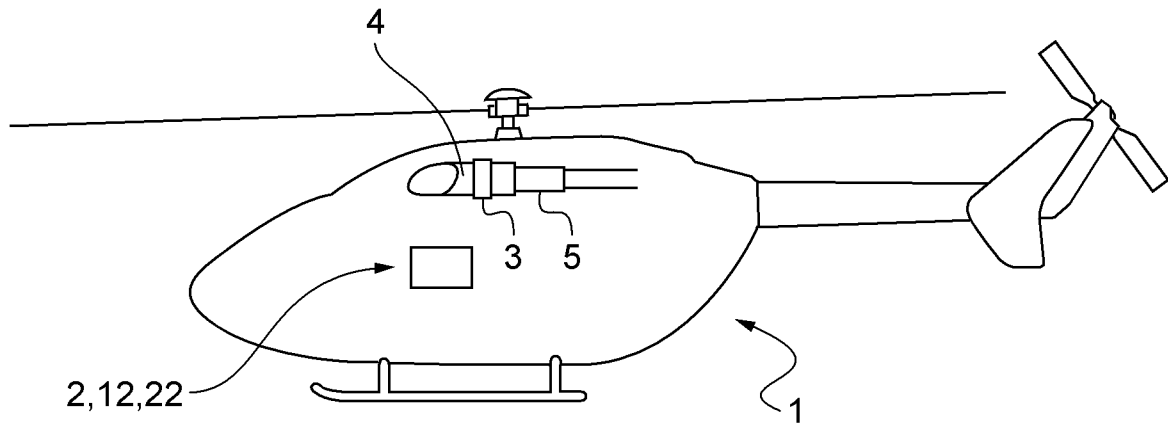


Fig.1

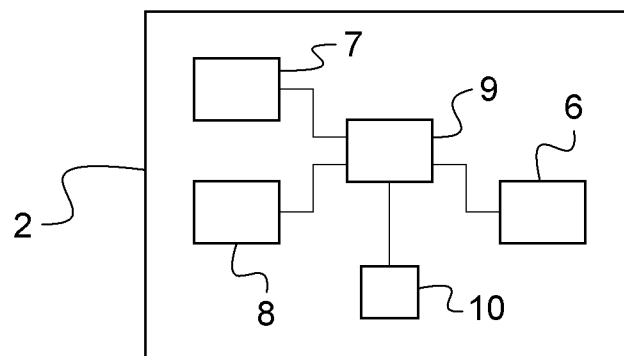


Fig.2

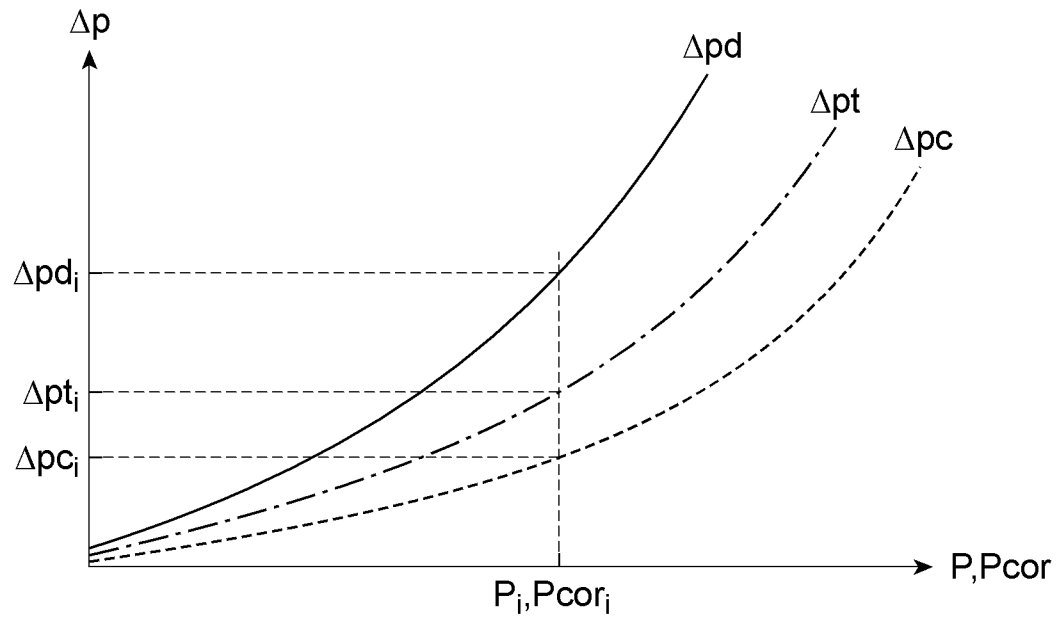


Fig.3

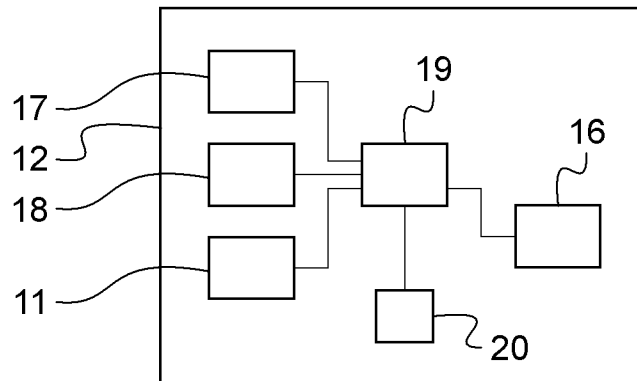


Fig.4

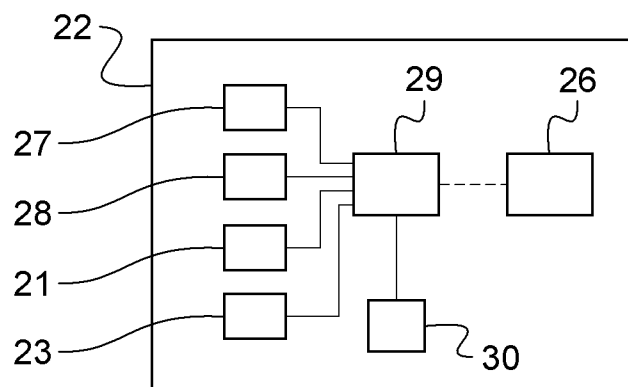


Fig.5

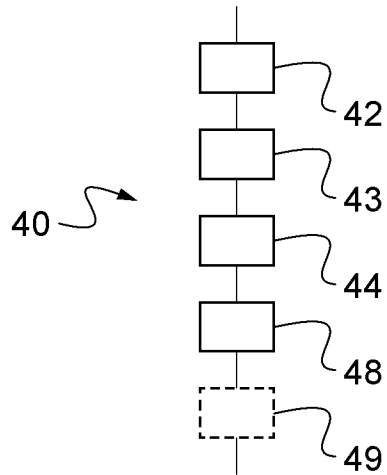


Fig.6

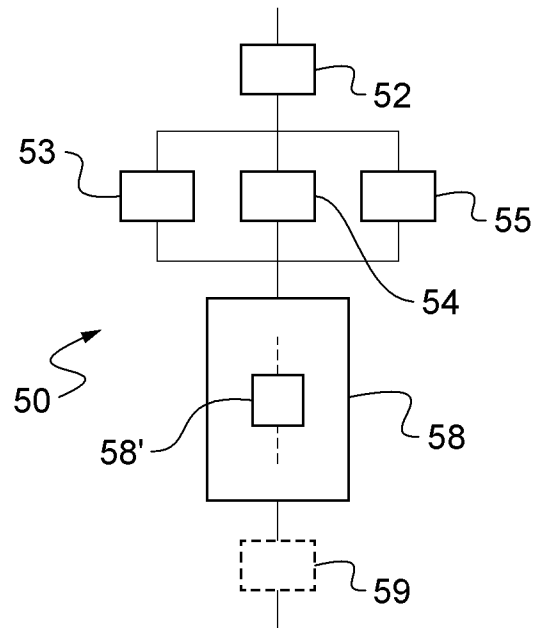


Fig.7

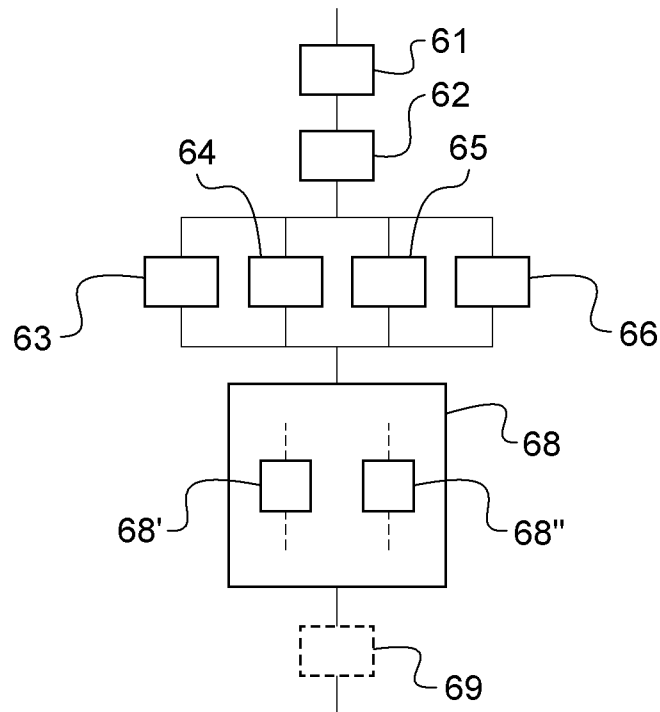


Fig.8

