

①⑨ RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
—  
**INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE**  
—  
COURBEVOIE  
—

①① N° de publication :  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

**3 086 644**

②① N° d'enregistrement national : **18 01005**

⑤① Int Cl<sup>8</sup> : **b 64 d 43/02 (2018.01)**

⑫

## BREVET D'INVENTION

**B1**

⑤④ PROCÉDE DE DETECTION DU BLOCAGE D'AU MOINS UNE GIROUETTE D'UN AERONEF ET SYSTEME ASSOCIE.

②② Date de dépôt : 27.09.18.

③③ Priorité :

④③ Date de mise à la disposition du public de la demande : 03.04.20 Bulletin 20/14.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du brevet d'invention : 11.12.20 Bulletin 20/50.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de recherche :

*Se reporter à la fin du présent fascicule*

⑥⑥ Références à d'autres documents nationaux apparentés :

Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : *DASSAULT AVIATION Société anonyme — FR.*

⑦② Inventeur(s) : *D'ARBONNEAU FRANCOIS XAVIER.*

⑦③ Titulaire(s) : *DASSAULT AVIATION Société anonyme.*

⑦④ Mandataire(s) : *CABINET LAVOIX Société par actions simplifiée.*

**FR 3 086 644 - B1**



## **Procédé de détection du blocage d'au moins une girouette d'un aéronef et système associé**

La présente invention concerne un procédé de détection du blocage d'au moins une girouette d'un aéronef.

5 Dans un aéronef, des girouettes sont typiquement utilisées pour mesurer l'incidence de l'aéronef. Cependant, étant donné qu'elles sont en contact avec la masse d'air extérieure à l'aéronef, elles sont sensibles au givre ou à des éléments pouvant perturber leur fonctionnement (comme des cendres volcaniques). En particulier, elles peuvent se bloquer en position à cause du givrage et donc fournir une incidence erronée.

10 Il existe d'autres causes que le givrage qui peuvent entraîner un blocage en position de la girouette. Par exemple, un corps étranger peut coincer la girouette en position.

Par « blocage », on entend une forte limitation de la mobilité de la girouette, cette forte limitation pouvant être une immobilisation complète en position de la girouette ou un très fort ralentissement de la mobilité de la girouette.

15 Il est actuellement connu de détecter le blocage d'une girouette, notamment dû au givre, en comparant l'incidence mesurée par cette girouette aux incidences mesurées par les autres girouettes de l'aéronef, typiquement par l'intermédiaire d'une moyenne sur ces incidences mesurées.

20 Cependant, cette méthode ne donne pas entière satisfaction.

En effet, cette méthode peut être leurrée dans la mesure où elle se base sur la comparaison des mesures des girouettes entre elles. Dans le cas où plusieurs girouettes se retrouvent bloquées, cette méthode ne permet pas d'identifier précisément les girouettes bloquées.

25 De plus, la détection par cette méthode peut être tardive. Au cours d'une longue phase de vol stable, une girouette peut en effet se retrouver bloquée, notamment par le givre, dans une position qui est cohérente vis-à-vis de l'incidence mesurée attendue et vis-à-vis des autres girouettes. Ce blocage peut alors ne pas être détecté assez vite par la méthode connue.

30 Il est aussi actuellement connu des méthodes pour surmonter le blocage par givrage des girouettes, comme le réchauffage électrique des girouettes, ou le changement d'incidence ou de niveau de vol en cours pour rechercher une température supérieure ou des conditions différentes.

35 Cependant, ces méthodes ne donnent pas satisfaction non plus car elles sont compliquées et/ou consommatrices d'énergie.

Un but de l'invention est donc de fournir un procédé permettant d'assurer la détection du blocage en position d'une girouette d'un aéronef de manière précise et simple.

5 Un autre but de l'invention est de fournir un procédé permettant d'assurer un déblocage d'une girouette bloquée en position d'un aéronef de manière simple et peu consommatrice d'énergie.

10 A cet effet, l'invention a pour objet un procédé de détection du blocage d'au moins une girouette d'un aéronef caractérisé en ce que la girouette comprend un support, une palette montée mobile en rotation par rapport au support suivant un axe de rotation, un moteur propre à exercer un couple de rotation sur la palette suivant l'axe de rotation, le moteur étant connecté à une unité de traitement ; le procédé comprenant au moins les étapes suivantes :

- application d'un couple prédéterminé de détection de blocage sur la palette par le moteur ;

15 - mesure d'au moins une information représentative d'une résistance de la palette au couple prédéterminé de détection ;

- génération, par l'unité de traitement, d'un signal d'information de blocage de la girouette, si une condition prédéterminée basée sur l'information représentative est vérifiée.

20 Le procédé peut comprendre une ou plusieurs des caractéristiques optionnelles suivantes, prise(s) isolément ou selon toutes les combinaisons techniquement possibles :

- la girouette comprend un capteur angulaire propre à mesurer une position angulaire de la palette autour de l'axe de rotation ; le procédé comprenant, avant l'étape d'application du couple prédéterminé de détection de blocage, une étape de mesure par le capteur angulaire d'une position angulaire d'équilibre initiale de la palette ; l'étape de vérification de la condition prédéterminée comprenant les sous-étapes de :

- mesure par le capteur angulaire d'une position angulaire effective d'équilibre imposé de la palette soumise au couple prédéterminé, l'information représentative étant la position angulaire effective d'équilibre imposé ;

30 - calcul du désalignement angulaire effectif entre la position angulaire effective d'équilibre imposé et la position angulaire d'équilibre initiale et ;

- comparaison du désalignement angulaire effectif à un seuil angulaire, la condition prédéterminée étant vérifiée si le désalignement angulaire effectif calculé est inférieur au seuil angulaire ;

35 - le seuil angulaire est un seuil angulaire prédéterminé en fonction d'une vitesse maximale atteignable par l'aéronef lors d'une phase de vol stabilisée, le couple appliqué

étant avantageusement un couple prédéterminé pour que le désalignement angulaire théorique soit détectable par le capteur angulaire ;

5 - l'étape de vérification comprend, avant la sous-étape de comparaison, une sous-étape de détermination du seuil angulaire comprenant la mesure d'une vitesse du flux d'air circulant autour de la palette, le seuil angulaire étant déterminé en fonction de ladite vitesse mesurée du flux d'air circulant autour de la palette, et/ou dans lequel le procédé comprend, avant l'application du couple prédéterminé de détection, la détermination du couple prédéterminé de détection de blocage à appliquer en fonction de ladite vitesse mesurée du flux d'air ;

10 - l'étape de vérification comprend, avant la sous-étape de comparaison, une sous-étape de détermination du seuil angulaire comprenant :

- mesure de l'évolution temporelle de la position angulaire de la palette, dès le début de l'étape d'application du couple prédéterminé de détection, et ;

15 - détermination de la fréquence propre des oscillations autour de la position angulaire effective d'équilibre imposé de ladite évolution temporelle, le seuil angulaire étant déterminé en fonction de ladite fréquence propre ;

20 - la girouette comprend en outre un capteur du moteur propre à mesurer une grandeur électromagnétique au sein du moteur, l'étape de vérification de la condition prédéterminée étant mise en œuvre dès le début de l'étape d'application du couple prédéterminé de détection de blocage, l'étape de vérification comprenant les sous-étapes de :

- mesure de ladite grandeur électromagnétique par le capteur du moteur à une pluralité d'instant de mesure pendant un intervalle de temps déterminé, l'information représentative étant la grandeur électromagnétique ; et,

25 - comparaison de la grandeur électromagnétique, mesurée à chaque instant de mesure, à un seuil de grandeur électromagnétique prédéterminé, la condition prédéterminée étant vérifiée si la grandeur électromagnétique est supérieure au seuil de grandeur électromagnétique prédéterminé ;

30 - le procédé est mis en œuvre lors d'une phase de vol de l'aéronef, de préférence une phase de vol stabilisée de l'aéronef, par exemple une phase de vol de croisière de l'aéronef ;

- le procédé comprend, après l'étape de vérification, si la condition prédéterminée de détection de blocage est vérifiée, le déblocage de la girouette par l'application d'un couple prédéterminé de déblocage sur la palette par le moteur ;

35 - le procédé comprend, après l'application du couple prédéterminé de déblocage, la réitération au moins une fois des étapes d'application d'un couple prédéterminé de

détection, de vérification d'une condition prédéterminée représentative d'une résistance de la palette au couple prédéterminé de détection, et de génération, par l'unité de traitement, d'un signal d'information ;

- la valeur du couple prédéterminé de déblocage est élaborée en fonction du désalignement angulaire effectif calculé ;

- le couple prédéterminé de déblocage est un couple de valeur et/ou de sens variable(s) ;

- un système de pilotage de l'aéronef est configuré pour acquérir un signal représentatif d'une incidence de l'aéronef mesurée par ladite girouette, le procédé comprenant, si la condition prédéterminée est vérifiée, une étape de désactivation de l'acquisition du signal représentatif d'une incidence mesurée par la girouette bloquée ;

- l'aéronef comprend au moins une autre girouette, le procédé comprenant, successivement pour chaque girouette, l'application d'un couple prédéterminé de détection de blocage sur la palette de la girouette par le moteur de ladite girouette ; la vérification d'une condition prédéterminée représentative d'une résistance de ladite palette de ladite girouette au couple prédéterminé de détection ; et la génération, par l'unité de traitement, d'un signal d'information de blocage de ladite girouette, si la condition prédéterminée est vérifiée ; et

- le procédé comprend, avant la mise en œuvre de l'étape d'application du couple prédéterminé de détection, une étape de vérification d'autorisation de mise en œuvre, l'étape d'application du couple prédéterminé de détection n'étant mise en œuvre que si elle est autorisée, la mise en œuvre étant autorisée si l'aéronef comprend un nombre de girouettes apte à fonctionner supérieur au nombre de girouettes minimum requis pour qu'un système de pilotage de l'aéronef puisse fonctionner, et/ou si la phase de vol de l'aéronef est une phase de vol stabilisée.

L'invention concerne également un système de détection du blocage d'au moins une girouette d'un aéronef, le système comprenant :

- la girouette, la girouette comprenant un support, une palette mobile en rotation par rapport au support suivant un axe de rotation, un moteur propre à exercer un couple de rotation sur la palette suivant l'axe de rotation; et,

- une unité de traitement configurée pour commander le moteur pour qu'il applique un couple prédéterminé de détection de blocage sur la palette, le système comprenant un capteur de mesure d'une information représentative d'une résistance de la palette au couple prédéterminé de détection, l'unité de traitement étant configurée pour générer un signal d'information de blocage de la girouette, si une condition prédéterminée basée sur

l'information représentative d'une résistance de palette au couple prédéterminé de détection est vérifiée.

L'invention concerne de plus un aéronef comprenant le système de détection de blocage décrit plus haut.

5 L'invention concerne en outre un procédé de déblocage d'une girouette d'un aéronef, la girouette comprenant un support, une palette montée mobile en rotation par rapport au support suivant un axe de rotation, et un moteur propre à exercer un couple de rotation sur la palette suivant l'axe de rotation ; le procédé comprenant l'application d'un couple prédéterminé de déblocage sur la palette par le moteur.

10 L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui va suivre, donnée uniquement à titre d'exemple, et faite en référence aux dessins annexés, sur lesquels :

- la figure 1 est une vue schématique de dessus d'un aéronef comprenant un premier système de détection du blocage d'au moins une girouette de l'aéronef selon l'invention ;

- la figure 2 est une vue schématique de profil du premier système de détection de la figure 1 ;

- la figure 3 est une vue schématique suivant l'axe de rotation de la figure 2, de différentes positions de la girouette ; et

20 - la figure 4 est un organigramme d'un procédé de détection du blocage d'au moins une girouette de l'aéronef de la figure 1.

Un aéronef 10 selon l'invention est illustré sur la figure 1.

L'aéronef 10 comprend au moins une girouette 12 et un premier système 14 de détection du blocage de ladite girouette 12.

25 L'aéronef 10 comprend aussi un système de pilotage 16 de l'aéronef 10.

Le premier système 14 de détection comprend une unité de traitement 18.

La girouette 12 est illustrée plus en détail sur la figure 2.

30 Elle est portée par l'aéronef 10 à l'extérieur du fuselage de l'aéronef 10 et est propre à mesurer une incidence de l'aéronef 10. Le système de pilotage 16 de l'aéronef 10 est configuré pour acquérir, par exemple en continu, un signal représentatif de l'incidence de l'aéronef 10 mesurée par ladite girouette 12.

La girouette 12 comprend un support 20 et une palette 22 montée mobile en rotation par rapport au support 20 suivant un axe de rotation A.

35 Dans l'exemple de la figure 2, la girouette 12 comprend une embase 24 et un arbre 26 mobiles conjointement avec la palette 22.

La girouette 12 comprend aussi un moteur 28 propre à exercer un couple de rotation sur la palette 22 suivant l'axe de rotation A.

Dans le premier système 14 de détection, illustré sur la figure 2, la girouette 12 comprend en outre un capteur angulaire 30 propre à mesurer une position angulaire de la palette 22 autour de l'axe de rotation A.

Le support 20 est ici solidaire d'une paroi extérieure 32 de l'aéronef 10.

Le support 20 est par exemple rapporté contre une surface de la paroi extérieure 32.

La palette 22 fait saillie par rapport à une surface extérieure 36 de la paroi extérieure 32.

Elle est en contact avec une masse d'air extérieure entourant l'aéronef 10.

La palette 22 est mobile en rotation autour de l'axe de rotation A, par rapport au support 20, pour s'aligner avec la vitesse du flux d'air appliqué sur la palette 22.

L'embase 24 est mobile conjointement avec la palette 22 et est donc propre à tourner autour de l'axe de rotation A, par rapport au support 20.

L'embase 24 est interposée entre la palette et la paroi extérieure 32.

L'embase 24 est ici rapportée contre la surface extérieure 36 de la paroi extérieure 32.

Des roulements à billes sont par exemple interposés entre l'arbre 26 et le support 20 et entre l'embase 24 et la surface extérieure 36.

Le capteur angulaire 30 est avantageusement un potentiomètre. En variante, le capteur angulaire 30 est du type RVDT (de l'anglais « Rotary Variable Differential Transformer »).

Lors de son utilisation, la girouette 12 présente un état bloqué ou un état non-bloqué.

Dans l'état bloqué de la girouette 12, une force autre que le vent s'oppose à une rotation de la palette 22 autour de son axe de rotation A par rapport au support 20. Ainsi l'état bloqué correspond soit à un blocage en position de la palette, c'est-à-dire que ladite force est suffisante pour empêcher toute rotation de la palette, soit un fort ralentissement de la palette en rotation.

Ainsi, par « détection du blocage de la girouette 12 », on entend la détection si la girouette est dans l'état bloqué ou non-bloqué définis ci-dessus.

L'état bloqué correspond par exemple à un givrage de la girouette, où du givre est présent sur la palette 22, typiquement sur l'embase 24, et s'oppose à une rotation de la palette 22 autour de son axe de rotation A par rapport au support 20. Par exemple, ce givre bloque ou ralentit fortement cette rotation.

L'état bloqué correspond par exemple aussi à un corps étranger coinçant la girouette en position.

Par opposition à l'état bloqué, dans l'état non-bloqué de la girouette 12, aucune force autre que le vent ne s'oppose sensiblement à une rotation de la palette 22 autour de son axe de rotation A par rapport au support 20.

Il est à noter que, même dans l'état non-bloqué, du givre peut être présent sur la palette 22 mais ce givre est alors tel qu'il ne s'oppose à une rotation de la palette 22 autour de son axe de rotation A.

En d'autres termes, dans l'état non-bloqué, la palette 22 est propre à tourner librement autour de l'axe de rotation A et à s'aligner dans la direction du flux d'air circulant autour de la palette 22 en fonction de la vitesse du flux d'air circulant autour de la palette 22.

Le moteur 28 est ici un moteur électrique.

Il est propre à exercer un couple de rotation sur la palette 22 suivant l'axe de rotation A par exemple supérieur à 0.05 N.m, de préférence supérieur à 0.1 N.m, notamment supérieur à 0.2 N.m.

L'unité de traitement 18 est connectée au moteur 28 et au capteur angulaire 30.

L'unité de traitement 18 comprend un processeur 38 et au moins une mémoire 40.

Le processeur 38 est adapté pour exécuter des modules contenus dans la mémoire 40.

La mémoire 40 comprend un module de détection 42 d'un blocage de la girouette 12 et un module de déblocage 44 de la girouette 12.

Le module de détection 42 est propre à être déclenché par un membre d'équipage de l'aéronef 10, avantageusement depuis un cockpit 46 de l'aéronef 10, ou par le système de pilotage 16 de l'aéronef 10. Le membre d'équipage est notamment un pilote de l'aéronef 10.

Le module de détection 42 est configuré pour acquérir une position angulaire d'équilibre initiale  $\alpha_0$  de la palette 22, mesurée par le capteur angulaire 30.

Le module de détection 42 est configuré pour commander le moteur 28 pour qu'il applique un couple prédéterminé de détection de blocage CM1 sur la palette 22.

Le module de détection 42 est configuré pour acquérir une information représentative de la résistance de la palette 22 au couple prédéterminé de détection CM1 et pour déterminer si une condition prédéterminée basée sur l'information représentative d'une résistance de la palette 22 au couple prédéterminé de détection CM1 est vérifiée.

Cette condition prédéterminée est choisie telle que sa vérification implique que la girouette 12 soit dans l'état bloqué.

Dans le premier système 14 de détection, cette condition prédéterminée porte sur la position angulaire de la palette 22.

En effet, dans le cas où la girouette 12 est dans l'état non-bloqué, la palette 22 soumise au couple prédéterminé de détection CM1 tourne autour de son axe de rotation A. La palette 22 présente donc, à un instant donné, un désalignement angulaire  $\delta\alpha$  correspondant à la différence entre la position angulaire  $\alpha_t$  à l'instant donné de la palette 22, et la position angulaire d'équilibre initiale  $\alpha_0$ .

Le désalignement angulaire  $\delta\alpha$  à un instant donné vérifie :

$$\delta\alpha = \alpha_t - \alpha_0$$

A partir de l'application du couple prédéterminé CM1, le désalignement angulaire  $\delta\alpha$  vérifie l'équation suivante :

$$J\delta\ddot{\alpha} + K2\delta\dot{\alpha} + K1V^2\delta\alpha = CM1$$

où J est le moment d'inertie de la girouette ;

K2 est le coefficient de frottement de la girouette ;

K1 est désigné dans ce qui suit sous le terme de coefficient de couple de rappel aérodynamique de la girouette ; et,

V est la vitesse vraie (ou « True Air Speed » en anglais) de l'air appliqué sur l'ensemble des éléments de la girouette solidaires et mobiles en rotation.

En particulier, par « moment d'inertie de la girouette », on entend le moment d'inertie de l'ensemble des éléments mobiles de la girouette. De plus, par « coefficient de frottement de la girouette », on entend le coefficient de frottement entre l'ensemble des éléments mobiles et toute surface extérieure à cet ensemble et en contact avec lui, typiquement dans les roulements, les joints et les curseurs des potentiomètres.

Les coefficients K1 et K2 sont typiquement déterminés par des essais expérimentaux, notamment en soufflerie, préliminaires au procédé de détection de blocage décrit ci-après.

Dans le cas où la girouette 12 est dans l'état non-bloqué, la palette 22 se stabilise au niveau d'une position angulaire théorique d'équilibre imposé  $\alpha_{F,th}$ .

Cette position dépend du couple prédéterminé de détection CM1 qui est appliqué.

En particulier, la palette 22 présente un désalignement angulaire théorique  $\delta\alpha_{F,th}$ , correspondant à la différence entre la position angulaire théorique d'équilibre imposé  $\alpha_{F,th}$  et la position angulaire d'équilibre initiale  $\alpha_0$ .

Ce désalignement angulaire théorique  $\delta\alpha_{F,th}$  vérifie :

$$\delta\alpha_{F,th} = \frac{CM1}{K1V^2}$$

Le couple prédéterminé de détection de blocage CM1 est déterminé pour que le désalignement angulaire théorique  $\delta\alpha_{F,th}$  soit détectable par le capteur angulaire 30. Par exemple, le couple prédéterminé de détection de blocage CM1 est déterminé pour que le désalignement angulaire théorique  $\delta\alpha_{F,th}$  soit supérieur ou égal à  $1^\circ$ .

5 Pour cela, le couple prédéterminé de détection de blocage CM1 du moteur 28 est par exemple supérieur à 0.05 N.m, de préférence supérieur à 0.1 N.m, notamment supérieur à 0.2 N.m. Le moteur 28 est ainsi dimensionné pour répondre aux besoins du procédé de détection du blocage.

10 Dans le cas où la girouette 12 est dans l'état bloqué, la palette 22 se stabilise à une position angulaire effective d'équilibre imposé  $\alpha_{F,e}$  différente de la position angulaire théorique d'équilibre imposé  $\alpha_{F,th}$ , et plus rapprochée de la position angulaire d'équilibre initiale  $\alpha_0$ . En effet, une contrainte résistante due au blocage est exercée sur la palette 22 à l'encontre de sa rotation autour de l'axe de rotation A.

15 La position angulaire effective d'équilibre imposé  $\alpha_{F,e}$  constitue alors ladite information représentative acquise par le module de détection 42.

20 Le module de détection 42 est configuré pour mesurer, par l'intermédiaire du capteur angulaire 30, cette position angulaire effective d'équilibre imposé  $\alpha_{F,th}$ , par exemple après un temps prédéterminé à partir du début de l'application du couple prédéterminé CM1. Ce temps prédéterminé est choisi pour que la palette 22 soit stabilisée dans la position angulaire effective d'équilibre imposé  $\alpha_{F,th}$ .

Ce temps est généralement compris entre 0 s et 10 s.

La palette 22 présente alors un désalignement angulaire effectif  $\delta\alpha_{F,e}$ , correspondant à la différence entre la position angulaire effective d'équilibre imposé  $\alpha_{F,e}$  et la position angulaire d'équilibre initiale  $\alpha_0$ .

25 Le module de détection 42 est configuré pour calculer le désalignement angulaire effectif  $\delta\alpha_{F,e}$  et comparer le désalignement angulaire effectif  $\delta\alpha_{F,e}$  à un seuil angulaire.

Le seuil angulaire est par exemple inférieur à 50 % du désalignement angulaire théorique  $\delta\alpha_{F,th}$ .

30 De préférence, le seuil angulaire est un seuil angulaire prédéterminé en fonction d'une vitesse maximale atteignable par l'aéronef 10 lors d'une phase de vol stabilisée.

Si le désalignement angulaire calculé est inférieur au seuil angulaire, le module de détection 42 est configuré pour déterminer que la condition prédéterminée est vérifiée, et donc que la girouette 12 est dans son état bloqué.

35 En effet, si le désalignement angulaire effectif  $\delta\alpha_{F,e}$  calculé est inférieur au seuil angulaire, cela signifie en effet que la palette 22 n'a pas tourné autour de l'axe de rotation

A suffisamment pour atteindre la position et qu'elle est bloquée, par exemple par une accumulation de givre.

Si le désalignement angulaire calculé n'est pas inférieur au seuil angulaire, le module de détection 42 est configuré pour déterminer que la condition prédéterminée n'est pas vérifiée, et donc que la girouette 12 est dans son état non-bloqué.

Le module de détection 42 est par exemple configuré pour générer un signal d'information de blocage de la girouette 12, si la condition prédéterminée est vérifiée, et un signal d'information de non-blocage de la girouette 12, si la condition prédéterminée n'est pas vérifiée.

Le module de détection 42 est configuré pour envoyer le signal d'information de blocage ou de non-blocage de la girouette 12 à l'attention d'au moins un membre d'équipage, par exemple sous forme de signal lumineux ou de message d'alerte à afficher dans le cockpit 46 et/ou de message sonore à diffuser dans le cockpit 46.

De préférence, le module de détection 42 est configuré pour désactiver l'acquisition par le système de pilotage 16 du signal représentatif de l'incidence mesurée par la girouette 12, au moins à partir du début de l'application du couple prédéterminé de détection CM1 et au moins jusqu'à la génération du signal d'information de blocage ou de non-blocage de la girouette 12.

De plus, si la condition prédéterminée est vérifiée, le module de détection 42 est configuré pour désactiver l'acquisition par le système de pilotage du signal représentatif de l'incidence mesurée par la girouette 12 dans l'état bloqué.

Si la condition prédéterminée n'est pas vérifiée, la girouette n'est donc pas dans un état bloqué, et le module de détection 42 est configuré pour réactiver l'acquisition du signal représentatif de l'incidence mesurée par la girouette 12.

Le module de déblocage 44 de la girouette 12 est configuré pour appliquer un couple prédéterminé de déblocage sur la palette 22 par le moteur 28 lorsque la condition prédéterminée de détection de blocage est vérifiée.

Le couple prédéterminé de déblocage est destiné à faire passer la girouette 12 de l'état bloqué à l'état non-bloqué, et au moins à débloquent la rotation de la palette 22 par rapport au support 20.

La valeur du couple prédéterminé de déblocage est par exemple supérieure à 5 fois la valeur du couple prédéterminé de détection de blocage CM1, notamment comprise entre 5 et 10 fois la valeur du couple prédéterminé de détection de blocage CM1.

De préférence, le couple prédéterminé de déblocage est un couple de valeur et/ou de sens variable(s). Cette variation de valeur ou de sens permet d'améliorer le déblocage de la palette 22.

Le module de déblocage 44 de la girouette 12 est configuré pour appliquer le couple prédéterminé de déblocage pendant une période de temps prédéterminée.

Le module de détection 42 et le module de déblocage 44 sont propres à interrompre le procédé de détection à tout moment sous l'action d'un membre d'équipage ou automatiquement en fonction des pannes détectées de l'aéronef 10, ou si la durée prise par le procédé est trop longue.

Lesdites « pannes détectées de l'aéronef 10 » sont par exemple des pannes de girouettes de l'aéronef 10, de telles pannes n'étant pas nécessairement dues au blocage, notamment dues au blocage par le givre.

Ainsi, le procédé est notamment automatiquement interrompu si le nombre de girouettes pour lesquelles une panne est détectée est suffisamment élevé pour que le nombre de girouettes restantes n'offre plus la redondance nécessaire à la sécurité de l'aéronef.

Le procédé est par exemple automatiquement interrompu s'il ne reste qu'une seule girouette non en panne.

Plus précisément, lorsque le module de détection 42 reçoit une commande d'interruption par un membre d'équipage ou par le système de pilotage 16, le module de détection 42 est configuré pour arrêter l'application du couple prédéterminé de détection CM1. La palette 22 n'est alors plus soumise au couple prédéterminé de détection CM1 du moteur 28 et, si la girouette 12 est dans son état non-bloqué, la palette 22 est de nouveau propre à tourner librement en fonction de la direction et de la vitesse du flux d'air.

De même, lorsque le module de déblocage 44 reçoit une commande d'interruption par un membre d'équipage ou par le système de pilotage 16, le module de déblocage 44 est configuré pour arrêter l'application du couple prédéterminé de déblocage. La palette 22 n'est alors plus soumise au couple prédéterminé de déblocage du moteur 28 et, si la girouette 12 est dans son état non-bloqué, la palette 22 est de nouveau propre à tourner librement en fonction de la direction et de la vitesse du flux d'air.

De plus, le module de détection 42 et le module de déblocage 44 sont propres à interdire toute commande intempestive à la girouette 12 autre qu'une commande d'interruption.

Un procédé 100 de détection de blocage d'au moins une girouette 12 de l'aéronef 10 va maintenant être décrit, en référence à la figure 4.

Le procédé 100 est propre à être mis en œuvre par le premier système 14 de détection, en particulier par le module de détection 42 de blocage et le module de déblocage 44.

Le procédé 100 est déclenché par exemple par un membre d'équipage de l'aéronef 10, avantageusement depuis le cockpit 46, le membre d'équipage étant notamment le pilote.

Ce déclenchement est désigné par la référence 102 sur la figure 4.

5 Il est mis en œuvre lors d'une phase de vol stabilisée de l'aéronef 10, par exemple une phase de vol de croisière de l'aéronef 10. Par l'expression « phase de vol stabilisée », on entend une phase de vol pour laquelle l'incidence avion mesurée par chaque girouette de l'aéronef 10 est sensiblement la même et sensiblement à la même valeur pendant une période de temps non nulle.

10 Le procédé 100 est mis en œuvre avantageusement avant une période de temps prédéterminée avant la fin de la phase de vol stabilisée, notamment en vue de préparer une phase de descente dans laquelle la mesure de l'incidence de l'aéronef 10 est un paramètre important. Ceci permet une sortie de la phase de vol stabilisée avec des valeurs d'incidence mesurées fiables.

15 Avant le déclenchement du procédé 100, le système de pilotage 16 de l'aéronef met typiquement en œuvre l'acquisition par le système de pilotage d'un signal représentatif d'une incidence de l'aéronef mesurée par ladite girouette 12. Cette acquisition est mise en œuvre en continu avant le déclenchement du procédé 100.

20 Le signal représentatif de l'incidence est par exemple alors affiché, avant le déclenchement du procédé 100, à l'attention d'un membre d'équipage dans le cockpit 46.

Une fois déclenché, le procédé 100 comprend la mesure 104 par le capteur angulaire 30 de la position angulaire d'équilibre initiale  $\alpha_0$  de la palette 22.

Un couple prédéterminé de détection de blocage CM1 est appliqué sur la palette 22 par le moteur 28.

25 Cette application, désignée sous la référence 106 sur la figure 4, est mise en œuvre en particulier après l'étape 104 de mesure de la position angulaire d'équilibre initiale  $\alpha_0$ .

30 Le couple prédéterminé CM1 est choisi de telle sorte que, dans l'état non-bloqué de la girouette 12, la palette 22 se stabilise au niveau de la position angulaire théorique d'équilibre imposé  $\alpha_{F,th}$ .

Le procédé 100 comprend une étape 108 de vérification d'une condition prédéterminée basée sur une information représentative d'une résistance de la palette 22 au couple prédéterminé de détection CM1.

35 Dans le procédé 100, l'étape 108 de vérification de la condition prédéterminée comprend la mesure 110, par le capteur angulaire 30, de l'information représentative, ici

formée par une position angulaire effective d'équilibre imposé  $\alpha_{F,th}$  de la palette 22 soumise au couple prédéterminé CM1.

La mesure 110 de la position angulaire effective d'équilibre imposé  $\alpha_{F,th}$  est par exemple mise en œuvre après un temps prédéterminé à partir du début de l'application du couple prédéterminé CM1. Ce temps prédéterminé est choisi pour que la palette 22 soit stabilisée dans la position angulaire effective d'équilibre imposé  $\alpha_{F,th}$ .

Ce temps est généralement compris entre 0 s et 10 s.

L'étape 108 de vérification comprend ensuite le calcul 112 du désalignement angulaire effectif  $\delta\alpha_{F,e}$  entre la position angulaire effective d'équilibre imposé  $\alpha_{F,th}$  et la position angulaire d'équilibre initiale  $\alpha_0$ .

Par la suite, l'étape 108 de vérification comprend la comparaison 114 du désalignement angulaire effectif  $\delta\alpha_{F,e}$  à un seuil angulaire. La condition prédéterminée est vérifiée si le désalignement angulaire effectif  $\delta\alpha_{F,e}$  calculé est inférieur au seuil angulaire.

Si le désalignement angulaire effectif  $\delta\alpha_{F,e}$  calculé est inférieur au seuil angulaire, cela signifie en effet que la palette 22 n'a pas tourné autour de l'axe de rotation A suffisamment pour atteindre la position.

De préférence, le seuil angulaire est un seuil angulaire prédéterminé en fonction d'une vitesse maximale atteignable par l'aéronef 10 lors d'une phase de vol stabilisée.

Ce seuil angulaire est fixe.

Cette solution préférée permet d'obtenir une meilleure fiabilité de la détection dans la mesure où elle permet de ne pas faire dépendre le seuil angulaire d'une vitesse d'un flux d'air mesurée par capteur. En effet, les capteurs mesurant la vitesse du flux d'air sont soumis aux mêmes problématiques de givrage que la girouette 12. De plus, dans certains cas, les capteurs déterminent la vitesse du flux d'air à partir de l'incidence dont on cherche à vérifier la fiabilité.

Enfin, le procédé 100 comprend une étape 118 de génération, par l'unité de traitement 18, d'un signal d'information de blocage de la girouette 12, si la condition prédéterminée est vérifiée.

Avantageusement, le procédé 100 comprend aussi une étape 120 de génération, par l'unité de traitement 18, d'un signal d'information de non-blocage de la girouette 12, si la condition prédéterminée n'est pas vérifiée.

De préférence, au moins à partir du début de l'application du couple prédéterminé de détection CM1 et au moins jusqu'à l'étape 118 de génération du signal d'information de blocage ou de non-blocage de la girouette 12, l'acquisition par le système de pilotage 16 du signal représentatif de l'incidence mesurée par la girouette 12 est désactivée.

Par la suite, le procédé 100 comprend, si la condition prédéterminée est vérifiée, la désactivation de l'acquisition du signal représentatif d'une incidence mesurée par la girouette 12 bloquée.

5 Si la condition prédéterminée n'est pas vérifiée, le procédé 100 comprend la réactivation de l'acquisition du signal représentatif de l'incidence mesurée par la girouette 12.

De plus, après l'étape 108 de vérification, si la condition prédéterminée de détection de blocage est vérifiée, le procédé 100 comprend avantageusement l'application 122 du couple prédéterminé de déblocage sur la palette 22 par le moteur 28.

10 La valeur du couple prédéterminé de déblocage est par exemple supérieure à 5 fois la valeur du couple prédéterminé de détection de blocage CM1, notamment comprise entre 5 et 10 fois la valeur du couple prédéterminé de détection de blocage CM1.

De préférence, le couple prédéterminé de déblocage est un couple de valeur et/ou de sens variable(s). Cette variation de valeur ou de sens permet d'améliorer le déblocage de la palette 22.

15 Le couple prédéterminé de déblocage est appliqué pendant une période de temps prédéterminée.

Avantageusement, après l'application 122 du couple prédéterminé de déblocage, le procédé 100 comprend la réitération au moins une fois des étapes associées à la détection du blocage de la girouette 12, et, si la condition prédéterminée est vérifiée, de l'étape d'application 122 du couple prédéterminé de déblocage.

La réitération est par exemple mise en œuvre à la fin de ladite période de temps prédéterminée d'application du couple de déblocage.

25 Par exemple, le procédé 100 comprend la réitération de ces étapes jusqu'à ce que la condition prédéterminée ne soit pas vérifiée, c'est-à-dire jusqu'à ce que la girouette ne soit plus dans son état bloqué.

De préférence, le procédé comprend un nombre maximal prédéterminé de réitérations, au-delà duquel les étapes ne sont plus réitérées même si la condition prédéterminée est encore vérifiée.

30 Le procédé est propre à être interrompu par un membre d'équipage à tout moment ou automatiquement en fonction des pannes détectées de l'aéronef 10, ou si la durée prise par le procédé est trop longue.

En variante, avant de mettre en œuvre la comparaison du désalignement angulaire effectif  $\delta\alpha_{F,e}$  au seuil angulaire, le module de détection 42 est configuré pour déterminer le seuil angulaire par la mesure d'une vitesse du flux d'air circulant autour de

35

la palette 22, le seuil angulaire étant déterminé en fonction de ladite vitesse mesurée du flux d'air.

Cette vitesse est par exemple une vitesse air mesurée par des capteurs de l'aéronef 10.

5 Ainsi, au cours du procédé 100, avant cette comparaison, l'étape 108 de vérification comprend la détermination 116 du seuil angulaire. Cette détermination comprend par exemple la mesure d'une vitesse du flux d'air circulant autour de la palette 22, le seuil angulaire étant déterminé en fonction de ladite vitesse mesurée du flux d'air circulant autour de la palette 22.

10 En variante, avant l'application du couple prédéterminé de détection CM1, le module de détection 42 est configuré pour déterminer le couple prédéterminé de détection de blocage CM1 à appliquer en fonction de ladite vitesse mesurée du flux d'air.

Dans une autre variante, le module de détection 42 est configuré pour déterminer le seuil angulaire à partir de la mesure de l'évolution temporelle de la position angulaire  $\alpha_t$  de la palette 22, dès le début de l'application 106 du couple prédéterminé de détection CM1.

Pour cela, le module de détection 42 est par exemple configuré pour calculer la fréquence propre  $f_0$  des oscillations autour de la position angulaire effective d'équilibre imposé  $\alpha_{F,e}$  de ladite évolution temporelle.

20 Cette fréquence propre  $f_0$  dépend de la vitesse du flux d'air circulant autour de la palette 22 et vérifie :

$$f_0 = v * \sqrt{\frac{K1}{J}}$$

Le module de détection 42 est alors configuré pour déterminer le seuil angulaire en fonction de ladite fréquence propre  $f_0$ . En effet, le désalignement angulaire théorique  $\delta\alpha_{F,th}$  vérifie alors :

$$\delta\alpha_{F,th} = \frac{CM1}{Jf_0^2}$$

25 Ainsi, dans le procédé de détection, la détermination du seuil angulaire comprend la mesure de l'évolution temporelle de la position angulaire  $\alpha_t$  de la palette 22, dès le début de l'application 106 du couple prédéterminé de détection CM1.

30 Ensuite, la fréquence propre  $f_0$  des oscillations autour de la position angulaire effective d'équilibre imposé  $\alpha_{F,e}$  de ladite évolution temporelle est calculée, le seuil angulaire étant déterminé en fonction de ladite fréquence propre  $f_0$ .

Comme ci-dessus, déterminer le seuil angulaire à partir de ladite fréquence propre permet d'améliorer encore la fiabilité de la détection dans la mesure où elle permet de ne pas faire dépendre le seuil angulaire d'une vitesse du flux d'air mesurée par capteur.

5 En variante non représentée, l'aéronef 10 comprend au moins une autre girouette, avantageusement une pluralité d'autres girouettes.

De préférence, chaque autre girouette est similaire à la girouette décrite ci-dessus. Le premier système 14 de détection comprend alors chacune des girouettes.

Le moteur de chacune des autres girouettes est connecté à l'unité de traitement 18.

10 Les fonctions du module de détection 42 et du module de déblocage 44 décrites ci-dessus pour la girouette 12 sont applicables pour chacune des autres girouettes.

Le module de détection 42 et le module de déblocage 44 sont propres à mettre en œuvre le procédé de détection de blocage et/ou le déblocage de chaque girouette de manière successive. Ils sont propres à interdire la mise en œuvre simultanée de procédés 15 de détection de blocage et/ou de déblocage.

Ainsi, en fonctionnement, le procédé comprend, successivement pour chaque girouette, les mêmes étapes décrites précédemment.

Par exemple, les étapes sont mises en œuvre pour la girouette suivante seulement si la condition prédéterminée n'a pas été vérifiée pour la girouette précédente 20 ou après le nombre maximal prédéterminé d'itérations mises en œuvre pour ladite girouette précédente.

Dans cette variante aussi, le procédé est propre à être interrompu par un membre d'équipage à tout moment ou automatiquement en fonction des pannes détectées de l'aéronef 10, ou si la durée prise par le procédé est trop longue.

25 En complément avantageux, le module de détection 42 est configuré pour vérifier, avant l'application 106 du couple prédéterminé de détection CM1, une autorisation de mise en œuvre de la détection de blocage.

Le module de détection 42 est alors configuré pour n'appliquer le couple prédéterminé de détection CM1 que si l'autorisation est vérifiée.

30 De plus, le module de détection 42 est configuré pour afficher, à l'attention du membre d'équipage qui a déclenché le procédé de détection, une indication que le procédé n'a pas été autorisé.

La mise en œuvre est de préférence autorisée si l'aéronef 10 comprend un nombre de girouettes apte à fonctionner supérieur au nombre de girouettes minimum 35 requis pour que le système de pilotage 16 puisse fonctionner, et/ou si la phase de vol de l'aéronef 10 est une phase de vol stabilisée.

Ainsi, lors du procédé, avant la mise en œuvre de l'étape 106 d'application du couple prédéterminé de détection, le procédé comprend une étape de vérification d'autorisation de mise en œuvre, l'étape 106 d'application du couple prédéterminé de détection CM1 n'étant mise en œuvre que si elle est autorisée.

5 Un deuxième mode de réalisation du système de détection va maintenant être décrit.

Dans le deuxième système, la girouette 12 comprend en outre un capteur du moteur propre à mesurer une grandeur électromagnétique au sein du moteur 28.

10 Cette grandeur électromagnétique, qui constitue ici l'information représentative, est choisie de telle sorte que sa valeur varie en fonction d'une résistance de la palette 22 au couple prédéterminé de détection CM1.

La condition prédéterminée sur la base de l'information représentative d'une résistance de la palette 22 au couple prédéterminé de détection CM1 porte alors sur la grandeur électromagnétique.

15 Le module de détection 42 de blocage est alors configuré pour détecter, à partir de la grandeur électromagnétique, un couple résistant au couple prédéterminé de détection CM1, le couple résistant étant appliqué sur la palette 22. Le couple résistant et son absence sont respectivement représentatifs d'un état bloqué et d'un état non-bloqué de la girouette 12.

20 Dans un exemple de réalisation, la grandeur électromagnétique est l'intensité consommée du moteur 28.

Le module de détection 42 de blocage est ainsi configuré pour mesurer ladite grandeur électromagnétique par l'intermédiaire du capteur du moteur à une pluralité d'instantes de mesure pendant un intervalle de temps déterminé.

25 L'intervalle de temps déterminé débute à partir du début de l'application 106 du couple prédéterminé de détection CM1.

L'intervalle de temps déterminé est choisi suffisamment long pour que le module de détection 42 de blocage puisse déterminer si la condition prédéterminée est vérifiée ou non.

30 Le module de détection 42 de blocage est alors configuré pour comparer la grandeur électromagnétique, mesurée à chaque instant de mesure, à un seuil de grandeur électromagnétique prédéterminé.

35 Le module de détection 42 est configuré pour déterminer que la condition prédéterminée est vérifiée si la grandeur électromagnétique est supérieure au seuil de grandeur électromagnétique prédéterminé.

En d'autres termes, la condition prédéterminée est vérifiée lorsque l'intensité consommée par le moteur 28 est supérieure audit seuil prédéterminé. En effet, une intensité consommée par le moteur 28 supérieure au seuil traduit un blocage du moteur 28.

5 Dans le deuxième système, le module de déblocage 44 est propre à élaborer la valeur du couple prédéterminé de déblocage en fonction de la grandeur électromagnétique.

10 En fonctionnement, lors du procédé mis en œuvre par le deuxième mode de réalisation du système, l'étape 108 de vérification de la condition prédéterminée est mise en œuvre dès le début de l'étape 106 d'application du couple prédéterminé de détection CM1.

L'étape 108 de vérification comprend la mesure de ladite grandeur électromagnétique par le capteur du moteur à une pluralité d'instant de mesure pendant l'intervalle de temps déterminé.

15 La grandeur électromagnétique, mesurée à chaque instant de mesure, est comparée au seuil de grandeur électromagnétique prédéterminé, et la condition prédéterminée est vérifiée si la grandeur électromagnétique est supérieure au seuil de grandeur électromagnétique prédéterminé.

20 En variante, toute autre grandeur électromagnétique du moteur 28 dont la valeur varie en fonction de l'état bloqué ou non-bloqué de la girouette 12 peut être utilisée à la place de l'intensité consommée.

25 En variante non représentée, le deuxième mode de réalisation est en complément du premier système 14. La condition prédéterminée porte alors à la fois sur la position angulaire de la palette 22 et sur la grandeur électromagnétique, la position angulaire effective d'équilibre imposé  $\alpha_{F,th}$  étant une première information représentative et la grandeur électromagnétique étant une deuxième information représentative.

En complément, le système comprend en outre un dispositif de chauffage électrique de la girouette 12. Un tel dispositif est connu de l'état de la technique et ne sera pas décrit plus en détail ici.

30 L'invention porte aussi sur un procédé de déblocage d'une ou d'une pluralité de girouette(s), et un système associé, tels que décrits ci-dessus, sans détection préliminaire du blocage de chaque girouette. Le procédé comprend alors en option, pour la ou chaque girouette, après l'application du couple prédéterminé de déblocage, les étapes ci-dessus associées à la détection de blocage de la girouette.

Grâce aux caractéristiques précédemment décrites, il est possible de détecter le blocage d'une girouette de l'aéronef 10, notamment dû au givre, de manière précise et simple pendant la phase de vol.

5 De plus, il est possible d'identifier précisément quelle(s) girouette(s) (est)sont bloquée(s) et donc d'isoler les valeurs fournies par cette ou ces girouette(s) des autres valeurs fiables.

En outre, l'invention fournit un procédé de déblocage d'une girouette bloquée, notamment par le givre, simple et peu consommatrice d'énergie car ne nécessitant pas de chauffage électrique.

20  
REVENDEICATIONS

1.- Procédé de détection du blocage d'au moins une girouette (12) d'un aéronef (10), la girouette (12) comprenant un support (20), une palette (22) montée mobile en rotation par rapport au support (20) suivant un axe de rotation (A), un moteur (28) propre à exercer un couple de rotation sur la palette (22) suivant l'axe de rotation (A), le moteur (28) étant connecté à une unité de traitement (18) ; le procédé comprenant au moins les étapes suivantes :

- application d'un couple prédéterminé de détection de blocage sur la palette (22) par le moteur (28) ;

- mesure d'au moins une information représentative d'une résistance de la palette (22) au couple prédéterminé de détection ;

- génération, par l'unité de traitement (18), d'un signal d'information de blocage de la girouette (12), si une condition prédéterminée basée sur l'information représentative est vérifiée.

2.- Procédé selon la revendication 1, dans lequel la girouette (12) comprend un capteur angulaire (30) propre à mesurer une position angulaire de la palette (22) autour de l'axe de rotation (A) ; le procédé comprenant, avant l'étape d'application du couple prédéterminé de détection de blocage, une étape de mesure par le capteur angulaire (30) d'une position angulaire d'équilibre initiale ( $\alpha_0$ ) de la palette (22) ;

l'étape de vérification de la condition prédéterminée comprenant les sous-étapes de :

- mesure par le capteur angulaire (30) d'une position angulaire effective d'équilibre imposé ( $\alpha_{F,th}$ ) de la palette (22) soumise au couple prédéterminé, l'information représentative étant la position angulaire effective d'équilibre imposé ( $\alpha_{F,th}$ ) ;

- calcul du désalignement angulaire effectif ( $\delta\alpha_{F,e}$ ) entre la position angulaire effective d'équilibre imposé ( $\alpha_{F,th}$ ) et la position angulaire d'équilibre initiale ( $\alpha_0$ ), et ;

- comparaison du désalignement angulaire effectif ( $\delta\alpha_{F,e}$ ) à un seuil angulaire, la condition prédéterminée étant vérifiée si le désalignement angulaire effectif ( $\delta\alpha_{F,e}$ ) calculé est inférieur au seuil angulaire.

3.- Procédé selon la revendication 2, dans lequel le seuil angulaire est un seuil angulaire prédéterminé en fonction d'une vitesse maximale atteignable par l'aéronef (10) lors d'une phase de vol stabilisée, le couple appliqué étant avantageusement un couple

prédéterminé pour que le désalignement angulaire théorique ( $\delta\alpha_{F,th}$ ) soit détectable par le capteur angulaire (30).

5 4.- Procédé selon la revendication 2, dans lequel l'étape de vérification comprend, avant la sous-étape de comparaison, une sous-étape de détermination du seuil angulaire comprenant la mesure d'une vitesse du flux d'air circulant autour de la palette (22), le seuil angulaire étant déterminé en fonction de ladite vitesse mesurée du flux d'air circulant autour de la palette (22),

10 et/ou dans lequel le procédé comprend, avant l'application du couple prédéterminé de détection, la détermination du couple prédéterminé de détection de blocage à appliquer en fonction de ladite vitesse mesurée du flux d'air.

15 5.- Procédé selon la revendication 2, dans lequel l'étape de vérification comprend, avant la sous-étape de comparaison, une sous-étape de détermination du seuil angulaire comprenant :

- mesure de l'évolution temporelle de la position angulaire de la palette (22), dès le début de l'étape d'application du couple prédéterminé de détection, et ;

20 - détermination de la fréquence propre des oscillations autour de la position angulaire effective d'équilibre imposé ( $\alpha_{F,th}$ ) de ladite évolution temporelle, le seuil angulaire étant déterminé en fonction de ladite fréquence propre.

25 6.- Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel la girouette (12) comprend en outre un capteur du moteur propre à mesurer une grandeur électromagnétique au sein du moteur (28), l'étape de vérification de la condition prédéterminée étant mise en œuvre dès le début de l'étape d'application du couple prédéterminé de détection de blocage, l'étape de vérification comprenant les sous-étapes de :

30 - mesure de ladite grandeur électromagnétique par le capteur du moteur à une pluralité d'instant de mesure pendant un intervalle de temps déterminé, l'information représentative étant la grandeur électromagnétique ; et,

- comparaison de la grandeur électromagnétique, mesurée à chaque instant de mesure, à un seuil de grandeur électromagnétique prédéterminé, la condition prédéterminée étant vérifiée si la grandeur électromagnétique est supérieure au seuil de grandeur électromagnétique prédéterminé.

7.- Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, dans lequel le procédé est mis en œuvre lors d'une phase de vol de l'aéronef (10), de préférence une phase de vol stabilisée de l'aéronef (10), par exemple une phase de vol de croisière de l'aéronef (10).

5

8.- Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, comprenant, après l'étape de vérification, si la condition prédéterminée de détection de blocage est vérifiée, le déblocage de la girouette (12) par l'application d'un couple prédéterminé de déblocage sur la palette (22) par le moteur (28).

10

9.- Procédé selon la revendication 8, comprenant, après l'application du couple prédéterminé de déblocage, la répétition au moins une fois des étapes d'application d'un couple prédéterminé de détection, de vérification d'une condition prédéterminée représentative d'une résistance de la palette (22) au couple prédéterminé de détection, et de génération, par l'unité de traitement (18), d'un signal d'information.

15

10.- Procédé selon l'une quelconque des revendications 8 ou 9, pris en combinaison avec la revendication 2, dans lequel la valeur du couple prédéterminé de déblocage est élaborée en fonction du désalignement angulaire effectif ( $\delta\alpha_{F,e}$ ) calculé.

20

11.- Procédé selon l'une quelconque des revendications 8 à 10, dans lequel le couple prédéterminé de déblocage est un couple de valeur et/ou de sens variable(s).

25

12.- Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, dans lequel un système de pilotage (16) de l'aéronef (10) est configuré pour acquérir un signal représentatif d'une incidence de l'aéronef (10) mesurée par ladite girouette (12), le procédé comprenant, si la condition prédéterminée est vérifiée, une étape de désactivation de l'acquisition du signal représentatif d'une incidence mesurée par la girouette (12) bloquée.

30

13.- Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, dans lequel l'aéronef (10) comprend au moins une autre girouette,

le procédé comprenant, successivement pour chaque girouette, l'application d'un couple prédéterminé de détection de blocage sur la palette (22) de la girouette par le moteur (28) de ladite girouette ; la vérification d'une condition prédéterminée représentative d'une résistance de ladite palette (22) de ladite girouette au couple

35

prédéterminé de détection ; et la génération, par l'unité de traitement (18), d'un signal d'information de blocage de ladite girouette, si la condition prédéterminée est vérifiée.

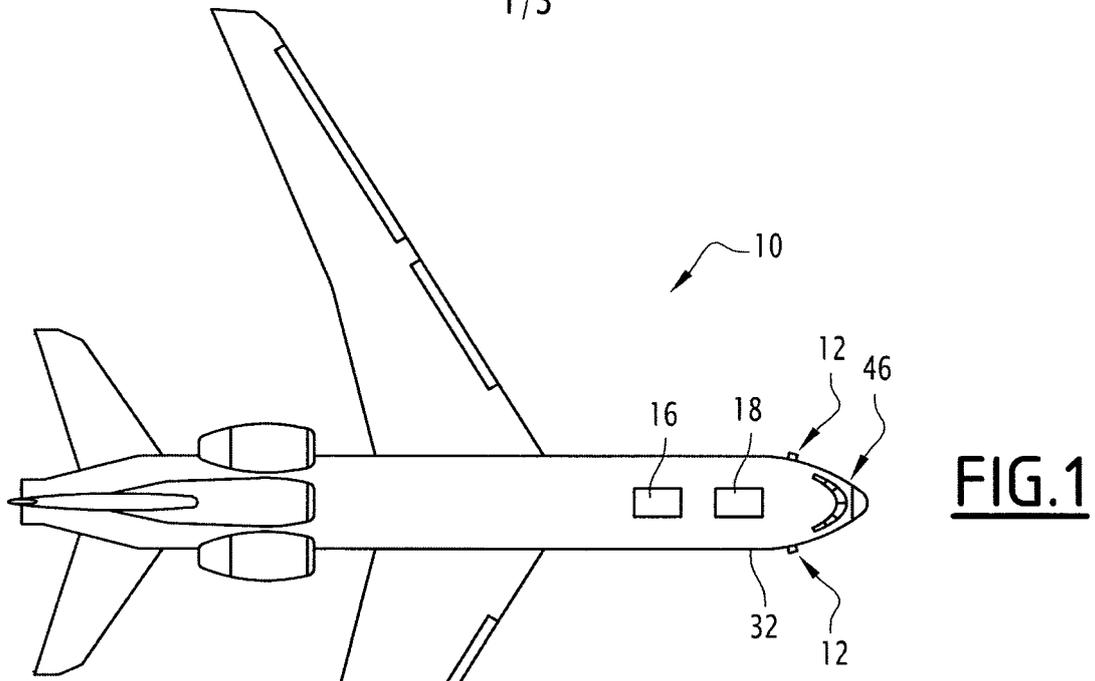
5 14.- Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 13, comprenant, avant la mise en œuvre de l'étape d'application du couple prédéterminé de détection, une étape de vérification d'autorisation de mise en œuvre, l'étape d'application du couple prédéterminé de détection n'étant mise en œuvre que si elle est autorisée,

10 la mise en œuvre étant autorisée si l'aéronef (10) comprend un nombre de girouettes apte à fonctionner supérieur au nombre de girouettes minimum requis pour qu'un système de pilotage (16) de l'aéronef puisse fonctionner, et/ou si la phase de vol de l'aéronef (10) est une phase de vol stabilisée.

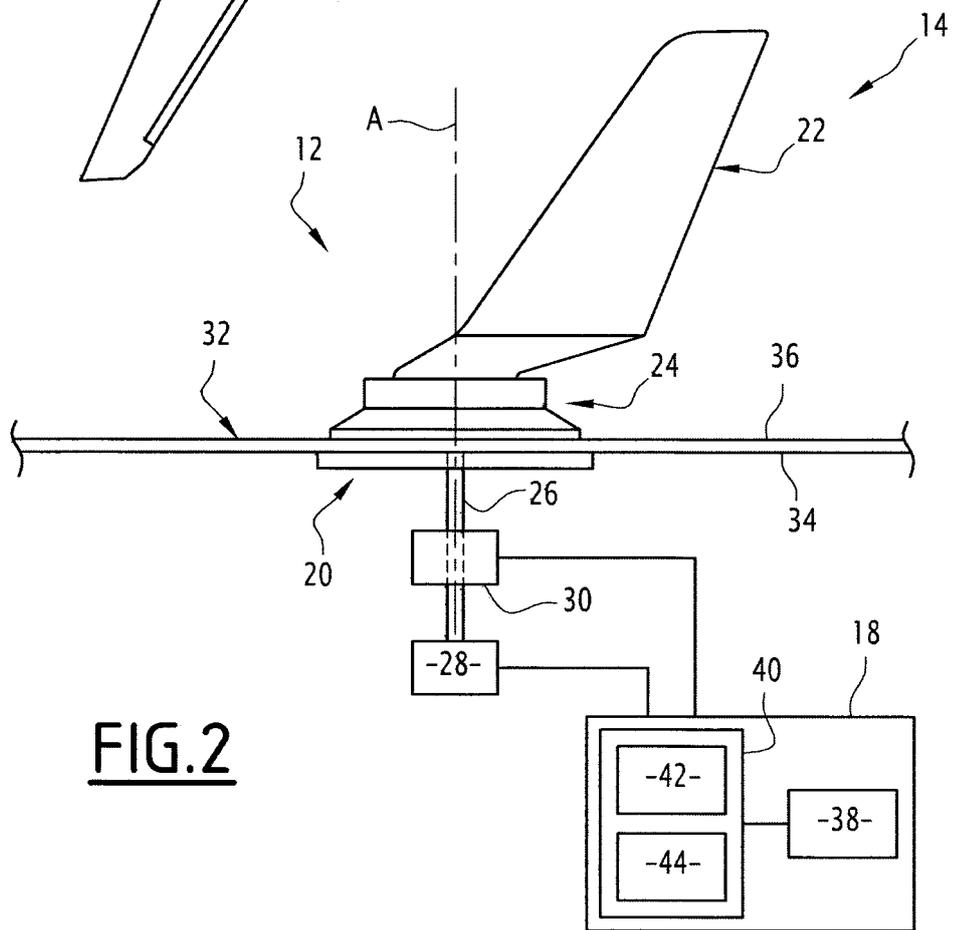
15 15.- Système de détection de blocage d'au moins une girouette (12) d'aéronef (10), le système comprenant :

15 - la girouette (12), la girouette (12) comprenant un support (20), une palette (22) mobile en rotation par rapport au support (20) suivant un axe de rotation (A), un moteur (28) propre à exercer un couple de rotation sur la palette (22) suivant l'axe de rotation (A) ; et,

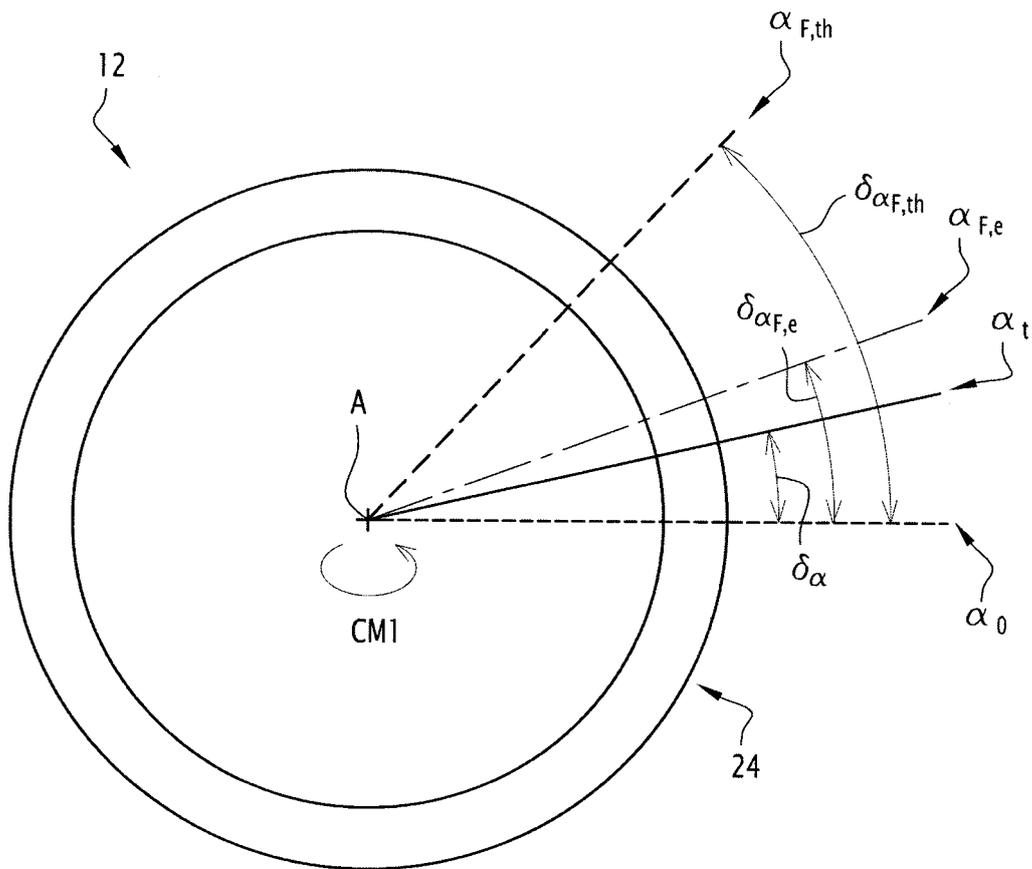
20 - une unité de traitement (18) configurée pour commander le moteur (28) pour qu'il applique un couple prédéterminé de détection de blocage sur la palette (22), le système comprenant un capteur de mesure d'une information représentative d'une résistance de la palette (22) au couple prédéterminé de détection, l'unité de traitement (18) étant configurée pour générer un signal d'information de blocage de la girouette (12), si une condition prédéterminée basée sur l'information représentative d'une résistance de palette  
25 (22) au couple prédéterminé de détection est vérifiée.



**FIG. 1**



**FIG. 2**

**FIG.3**

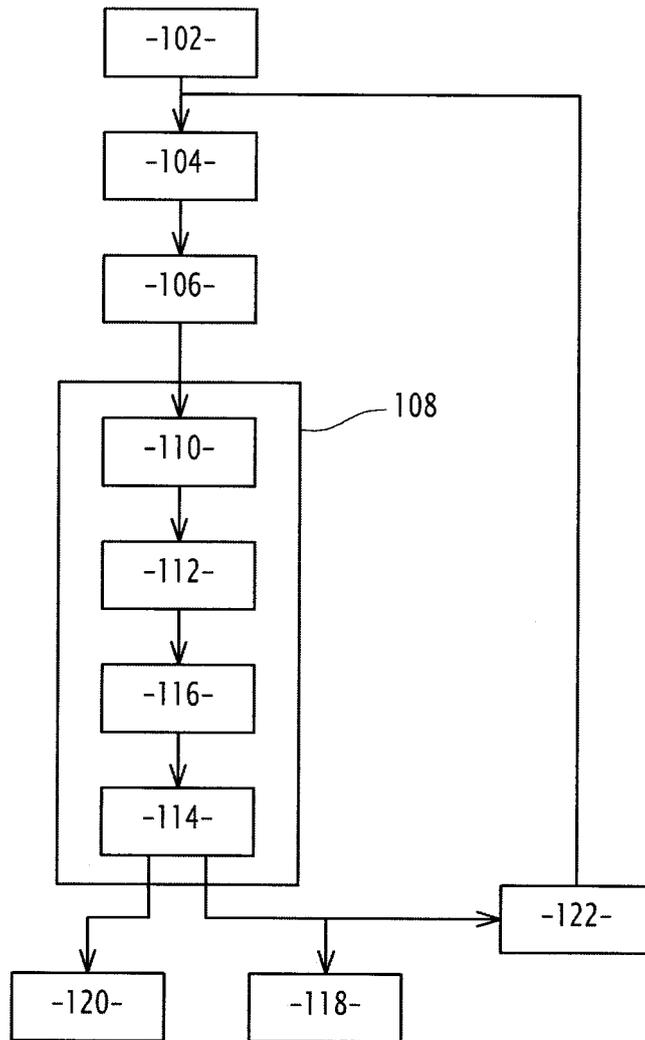


FIG.4

# RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

## OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveau) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.

Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

## CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.

Le demandeur a maintenu les revendications.

Le demandeur a modifié les revendications.

Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.

Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.

Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

## DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.

Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.

Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.

Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

**1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN  
CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION**

NEANT

**2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN  
TECHNOLOGIQUE GENERAL**

EP 2 642 302 A1 (AIRBUS OPERATIONS SAS  
[FR]) 25 septembre 2013 (2013-09-25)

EP 3 190 420 A1 (ROSEMOUNT AEROSPACE INC  
[US]) 12 juillet 2017 (2017-07-12)

US 5 257 536 A (BEIGBEDER GERARD [FR] ET  
AL) 2 novembre 1993 (1993-11-02)

FR 2 847 673 A1 (THALES SA [FR])  
28 mai 2004 (2004-05-28)

**3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND  
DE LA VALIDITE DES PRIORITES**

NEANT