

PROCÉDÉ DE SURVEILLANCE DES BOUGIES D'ALLUMAGE D'UN TURBOMOTEUR EXPLOITANT UNE MESURE VIBRATOIRE

DESCRIPTION

DOMAINE TECHNIQUE

Le domaine de l'invention est celui de la surveillance de l'état de santé
5 de pièces de turbomoteur d'aéronef. L'invention concerne plus particulièrement la
surveillance de l'usure des bougies d'allumage pour chambre de combustion de
turbomoteur d'aéronef.

ÉTAT DE LA TECHNIQUE ANTÉRIEURE

Une bougie d'allumage est un dispositif électrique, présent sur les
10 moteurs à allumage commandé tels que les turbomoteurs d'aéronef, qui provoque
l'inflammation d'un mélange gazeux dans une chambre de combustion. Les bougies sont
plus particulièrement utilisées pour générer des centaines d'étincelles par minute,
désignées par le terme de claquages par la suite.

Chaque étincelle se produit entre deux électrodes. Des particules sont
15 ainsi arrachées aux électrodes à chaque claquage, ce qui entraîne une usure progressive
des électrodes. Par ailleurs, les bougies se retrouvent dans la flamme au cours du
fonctionnement du moteur, ce qui peut engendrer de la corrosion et des dépôts de
cokéfaction sur les électrodes. De plus, les particules fines en circulation dans le mélange
gazeux peuvent également provoquer une érosion des électrodes. Les bougies perdent
20 donc en efficacité au cours du temps, jusqu'à ne plus produire assez d'énergie pour
assurer l'allumage du mélange gazeux dans la chambre de combustion.

L'usure des bougies n'est pas la seule cause de non-allumage du
mélange gazeux. Ainsi, un non-allumage peut par exemple être provoqué par une panne
du circuit d'excitation des bougies qui leur délivre des impulsions de claquage sur
25 réception d'une commande d'allumage. Un travail d'investigation doit donc être réalisé
pour diagnostiquer la cause de non-allumage.

Afin d'éviter qu'une bougie devenue inefficace introduise sur le décollage d'un vol un retard lié à l'identification d'une telle cause de non-allumage, les bougies sont généralement remplacées de manière préventive en se basant sur une durée de fonctionnement fixe.

5 Mais une telle maintenance préventive n'est pas satisfaisante. En effet, en adoptant une durée de fonctionnement fixe trop importante, on n'exclut pas le risque d'un échec de l'allumage lié à une usure excessive d'une bougie. Et *a contrario*, en adoptant une durée de fonctionnement fixe trop faible, on risque de remplacer les bougies trop tôt alors qu'elles sont encore parfaitement aptes à assurer l'allumage.

10 Afin de contourner cette difficulté, il a été proposé de surveiller l'état de santé d'une bougie d'allumage pour en estimer un degré d'usure et en déduire une durée de vie restante avant remplacement conseillé. Cette surveillance de l'état de santé peut consister à compter le nombre de claquages de la bougie pour en estimer un indicateur d'usure et à prendre en compte le contexte de fonctionnement de la bougie (une
15 température moyenne dans l'environnement de la bougie par exemple) pour apporter une pondération d'aggravation à cet indicateur.

Afin de détecter et compter les claquages d'une bougie, il a été proposé dans le document FR 2 968 143 B1 d'exploiter un capteur dédié sensible au signal lumineux émis par la bougie lors de son claquage. Un tel capteur dédié présente
20 nécessairement un surcoût et une masse embarquée plus importante.

EXPOSÉ DE L'INVENTION

L'invention a pour objectif de proposer une technique pour surveiller l'état de santé d'une bougie d'allumage au moyen d'une détection des claquages de la bougie qui ne nécessite pas d'avoir recours à un capteur spécifiquement dédié à la
25 réalisation de cette fonction de détection.

A cet effet, l'invention propose un procédé de surveillance d'un turbomoteur d'aéronef comportant un capteur de vibration apte à délivrer un signal vibratoire et une bougie d'allumage. Ce procédé comprend, à partir du signal vibratoire

délivré par le capteur de vibration, à la fois la détermination d'un niveau de vibration du turbomoteur et la détermination d'un indicateur d'usure de la bougie d'allumage.

Certains aspects préférés mais non limitatifs de ce procédé sont les suivants :

- 5 - la détermination de l'indicateur d'usure de la bougie d'allumage comprend les étapes suivantes :
 - filtrage du signal vibratoire délivré par le capteur de vibration ;
 - détection de pics de claquage dans le signal vibratoire filtré ; et
 - caractérisation des pics de claquage détectés ;
- 10 - la caractérisation des pics de claquage détectés peut comprendre l'un et/l'autre d'un comptage des pics, d'une détermination d'une amplitude de chacun des pics, d'une détermination d'une fréquence des pics et d'un calcul d'un indicateur d'apériodicité des pics ;
- 15 - il comprend l'émission d'une commande d'allumage à destination d'un circuit d'excitation configuré pour délivrer des impulsions de claquage à la bougie d'allumage sur réception de la commande d'allumage et le filtrage du signal vibratoire est mis en œuvre uniquement lors de l'émission de la commande d'allumage et/ou la détection et la caractérisation des pics de claquage sont mises en œuvre uniquement lors de l'émission de la commande d'allumage ;
- 20 - il comprend, à partir de la caractérisation des pics détectés, la discrimination entre un défaut de la bougie d'allumage et un défaut d'un circuit d'excitation configuré pour délivrer des impulsions de claquage à la bougie d'allumage sur réception d'une commande d'allumage ;
- 25 - il comprend la détermination d'un indicateur d'usure consolidé au moyen de la fusion, par un modèle d'endommagement de la bougie, de la caractérisation des pics de claquage et de conditions opératoires de l'allumage du turbomoteur déterminées par exemple à partir de mesures d'au moins un paramètre opératoire parmi une température, une pression, une hygrométrie, une vitesse d'écoulement de jet d'air et un débit d'injection de carburant ;

- le modèle d'endommagement de la bougie détermine un paramètre de pondération à partir des conditions opératoires de l'allumage et pondère l'indicateur d'usure de la bougie d'allumage à l'aide du paramètre de pondération pour déterminer l'indicateur d'usure consolidé.

5 BRÈVE DESCRIPTION DES DESSINS

D'autres aspects, buts, avantages et caractéristiques de l'invention apparaîtront mieux à la lecture de la description détaillée suivante de formes de réalisation préférées de celle-ci, donnée à titre d'exemple non limitatif, et faite en référence aux dessins annexés sur lesquels :

- 10 - la figure 1 est un schéma représentant un système de surveillance de turbomoteur selon un mode de réalisation possible de l'invention ;
- la figure 2 est un schéma représentant l'enchaînement des étapes d'un procédé de surveillance de turbomoteur selon un mode de réalisation possible de l'invention ;
- les figures 3a, 3b et 3c illustrent respectivement un signal accélérométrique, le
15 signal accélérométrique filtré pour extraire un signal représentatif du claquage d'une bougie et la détection des pics de claquage dans le signal accélérométrique filtré.

EXPOSÉ DÉTAILLÉ DE MODES DE RÉALISATION PARTICULIERS

L'invention porte sur un système et un procédé de surveillance d'un turbomoteur d'aéronef. Comme représenté schématiquement sur la figure 1, le
20 turbomoteur M comporte une chambre de combustion 1 dans laquelle une ou plusieurs bougies 2 sont installées afin d'assurer l'allumage d'un mélange d'air et de carburant injecté dans la chambre de combustion. La ou les bougies 2 sont excitées par un circuit d'excitation 3 configuré pour délivrer des impulsions de claquage à la ou aux bougies 2 sur réception d'une commande d'allumage fournie par un circuit de régulation de
25 l'allumage 4.

Le turbomoteur M est par ailleurs équipé d'un ou plusieurs capteurs de vibration 5, généralement deux accéléromètres afin d'assurer une redondance. Ces

accéléromètres sont positionnés et utilisés en priorité pour déterminer un niveau vibratoire du turbomoteur.

Le premier accéléromètre est généralement positionné à l'avant du turbomoteur et le second plutôt à l'arrière du turbomoteur, souvent sur un carter afin de pouvoir être accessible en maintenance. L'arbre basse pression (BP) sur lequel est rattachée la soufflante du turbomoteur traverse tout le turbomoteur et un balourd basse pression s'exprime sur les différents roulements qui guident cet arbre, au moins un à l'avant et au moins un à l'arrière. La position exacte des accéléromètres varie d'un moteur à l'autre.

Les signaux délivrés par ces accéléromètres sont fournis à une unité de traitement de données 6 embarquée au sein de l'aéronef (selon les applications, cette unité peut être intégrée ou non au sein du circuit de régulation 4) et qui est en charge de déterminer le niveau vibratoire. Ce niveau vibratoire est transmis au cockpit pour affichage sur le tableau de bord. Le pilote dispose ainsi des informations nécessaires pour réaliser l'équilibrage du moteur.

Les accéléromètres 5 peuvent également être utilisés pour réaliser une surveillance de l'usure de composants moteur comme les roulements. Pour ce faire, des traitements des mesures délivrées par les accéléromètres sont réalisées, par exemple par l'unité de traitement de données 6. Comme représenté sur la figure 1, l'unité de traitement de données 6 peut déterminer des indicateurs de santé (typiquement des résultats de tests statistiques sur les signaux accélérométriques) tandis qu'un calculateur 7, typiquement un calculateur au sol, vient déterminer à partir de ces indicateurs une information représentative de l'endommagement des composants moteur et réaliser le cas échéant un diagnostic de panne.

L'invention propose de ne pas utiliser de capteur dédié à la détection de du claquage des bougies mais de s'appuyer sur le ou les capteurs 5 déjà utilisés pour la mesure du niveau vibratoire afin de détecter ce claquage. Ainsi, l'invention propose un procédé comprenant, à partir du signal vibratoire délivré par un capteur de vibration 5, à la fois la détermination d'un niveau de vibration du turbomoteur et la détermination d'un indicateur d'usure d'une bougie d'allumage 2.

Dans un mode de réalisation possible qui sera pris pour exemple par la suite, ce procédé est mis en œuvre conjointement par une unité embarquée au sein de l'aéronef, par exemple l'unité de traitement de données 6, en charge de détecter et caractériser les claquages de la bougie et par un calculateur au sol, par exemple le

5 calculateur 7, en charge de déduire l'indicateur d'usure de la bougie à partir de la caractérisation des claquages.

En référence à la figure 2, l'unité de traitement de données 6 procède aux étapes suivantes : une étape 10 d'acquisition du signal vibratoire délivré par un accéléromètre 5, une étape 20 de filtrage du signal vibratoire délivré par l'accéléromètre

10 5, une étape 30 de détection de pics de claquage dans le signal vibratoire filtré, et une étape 40 de caractérisation des pics de claquage détectés. Cette caractérisation est fournie au calculateur au sol 7 qui en déduit, au cours d'une étape 50, l'indicateur d'usure des bougies, par exemple sous la forme d'un temps restant avant remplacement conseillé Tre.

15 Le claquage d'une bougie vient perturber la mesure de vibration, et l'étape 20 de filtrage du signal vibratoire délivré par l'accéléromètre a pour objectif d'extraire du signal vibratoire un signal représentatif du claquage de la bougie. A titre illustratif, la figure 3a représente un signal vibratoire et la figure 3b représente le résultat du filtrage de signal vibratoire. On retrouve deux phases distinctes sur les figures 3a et 3b:

20 une première phase en mode rafale qui sert à allumer le mélange gazeux et une deuxième phase (mode normal) à plus basse fréquence de claquage qui sert à maintenir la flamme jusqu'à ce qu'elle soit auto-entretenu.

Le filtrage du signal vibratoire peut n'être réalisé que lors des périodes de temps où les bougies 2 sont commandées en claquage, i.e. pendant les périodes de

25 temps correspondant à l'émission de la commande d'allumage à destination du circuit d'excitation 3 des bougies 2.

Dans un mode de réalisation possible, mis en œuvre notamment lorsque le capteur de vibration 5 est éloigné de la chambre de combustion et qu'il capte donc peu d'énergie liée au claquage des bougies, un filtrage passe-bas du signal vibratoire est mis

30 en œuvre pour ne conserver que l'information basse fréquence. A titre d'exemple, un

filtre passe-bas ayant une fréquence de coupure de 5 Hz peut être utilisé. Dans une variante de réalisation, un ré-échantillonnage du signal vibratoire, par exemple au moyen d'un filtre anti-repliement, est réalisé avant le filtrage passe-bas. On évite ainsi que le filtrage passe-bas n'introduise des distorsions dans le signal vibratoire échantillonné à haute fréquence (plusieurs dizaines de kHz typiquement).

Dans un autre mode de réalisation possible, mis en œuvre notamment lorsque le capteur de vibration 5 capte plus d'énergie liée au claquage des bougies et qu'un filtrage passe-bas risque alors de détruire de l'information utile, un filtrage par ondelette est réalisé, soit avec une ondelette standard (par exemple une ondelette de Daubechies) soit avec une ondelette spécifiquement adaptée à la forme du claquage capté par l'accéléromètre.

Une fois le signal vibratoire filtré, l'unité de traitement de données 6 procède à la détection de pics de claquage dans le signal vibratoire filtré. Cette détection est réalisée au moyen de méthodes conventionnelles, comme par exemple une détection d'extrema locaux par changement de signe de la dérivée du signal vibratoire ou par franchissement de seuil. Cette détection peut être restreinte aux périodes temporelles où les bougies 2 sont commandées en claquage, i.e. pendant les périodes temporelles correspondant à l'émission de la commande d'allumage à destination du circuit d'excitation 3 des bougies 2. A titre illustratif, la figure 3c représente la détection des pics dans le signal vibratoire filtré. Dans un mode de réalisation, il est possible d'exclure des pics parasites présentant une amplitude inférieure à un seuil, ce seuil étant par exemple calculé à partir de la médiane de tous les pics positifs.

Une fois les pics détectés, l'unité de traitement de données 6 procède à la caractérisation de ces pics (i.e. à la détermination d'une ou plusieurs caractéristiques des pics). Cette caractérisation comprend typiquement un comptage des pics.

Ce comptage peut s'accompagner :

- d'une détermination d'une amplitude de chacun des pics et de là d'une amplitude moyenne et de son écart-type par phase de claquage (mode rafale et mode normal) ; et/ou

- d'une détermination d'une fréquence des pics à partir d'une durée moyenne séparant chaque claquage sur une fenêtre temporelle correspondant à l'émission de la commande d'allumage, et plus particulièrement pour chaque phase de claquage (mode rafale et mode normal), accompagnée de son écart-type pour chaque phase de claquage.

Cette caractérisation peut également comprendre le calcul d'un indicateur d'apériodicité des pics. Une apériodicité des claquages est représentative d'un défaut du circuit d'excitation et le calcul de cet indicateur permet ainsi de discriminer entre un problème d'usure de la bougie (qui se caractérise notamment par une baisse progressive de l'amplitude des pics) et un problème du circuit d'excitation. Un exemple d'indicateur d'apériodicité est celui du temps maximum entre deux pics ou encore celui d'un compteur sur le nombre de fois où le temps entre deux pics dépasse (éventuellement avec une tolérance, par exemple de 25%) une valeur attendue.

Dans un mode de réalisation possible permettant d'éviter que le filtrage n'introduise des biais (par exemple une réduction de l'amplitude des pics), cette caractérisation est réalisée sur le signal vibratoire lui-même, la détection d'un pic dans le signal vibratoire filtré permettant de dater ce pic et d'identifier un pic correspondant dans le signal vibratoire non filtré.

A l'issue d'un vol par exemple, la caractérisation des pics de claquage est déchargée de l'unité embarquée 6 vers le calculateur au sol 7. Ce dernier se charge de calculer l'indicateur d'usure de la bougie en exploitant cette caractérisation des claquages réalisé au cours du vol et le cas échéant des caractérisations de claquages réalisées au cours de vols précédents. L'usure de la bougie est directement liée au nombre de claquages et le comptage de ceux-ci permet d'estimer une durée de vie restante avant remplacement conseillé. A titre d'exemple, une apériodicité est symptomatique d'une défaillance imminente et requiert un remplacement dès que possible tandis qu'une baisse d'amplitude est symptomatique d'une usure et requiert un remplacement programmé.

Le calculateur 7 peut notamment être configuré pour fusionner, au moyen d'un modèle d'endommagement de la bougie (i.e. une modélisation de la

physique de l'usure), la caractérisation des pics de claquage avec des conditions opératoires de l'allumage du turbomoteur pour synthétiser un indicateur d'usure consolidé. Le modèle d'endommagement peut notamment déterminer un paramètre de pondération à partir des conditions opératoires de l'allumage et pondérer l'indicateur d'usure de la bougie d'allumage à l'aide du paramètre de pondération pour synthétiser l'indicateur d'usure consolidé. Le paramètre de pondération caractérise le fait que la bougie a été utilisée, non seulement dans des conditions opératoires nominales, mais également dans des conditions opératoires sévères (fortes pressions ou fortes températures par exemple) venant aggraver son endommagement.

Les conditions opératoires peuvent être déterminées à partir de mesures d'au moins un paramètre opératoire parmi une température, une pression, une hygrométrie, une vitesse d'écoulement de jet d'air et un débit d'injection de carburant. Ces mesures sont acquises lors d'une étape portant la référence 60 sur la figure 2, potentiellement pré-traitées par l'unité embarquée 6 et déchargées vers le calculateur au sol 7 pour y être fusionnées avec l'indicateur d'usure.

A titre d'exemple, le modèle d'endommagement peut, pour déterminer l'indicateur d'usure consolidé, exploiter :

- la caractérisation des pics de claquage,
- une mesure de température à proximité de la chambre de combustion (par exemple une température en entrée de la chambre de combustion et une température à la sortie de la turbine haute pression),
- une mesure de la pression à proximité de la chambre de combustion (par exemple une pression en entrée de la chambre de combustion et une pression en sortie de la chambre de combustion),
- une information d'hygrométrie (extraite par exemple de rapports d'observation météorologiques de type METAR),
- un calcul de la vitesse d'écoulement du jet d'air dans la chambre de combustion (cette vitesse pouvant être estimée à l'aide d'un modèle thermodynamique à partir des régimes de rotation du moteur, de la position des géométries variables, des

pressions et températures mesurées au niveau de la soufflante, du compresseur haute pression et, le cas échéant, du compresseur basse pression),

- une information relative au débit de carburant injecté,
- du courant injecté par le circuit d'excitation quand il est mesurable,
- le temps passé à différentes températures et différents débits lorsque les bougies ne claquent pas.

On a pris dans ce qui précède l'exemple d'une mise en œuvre du procédé par une unité de traitement de données embarquée au sein de l'aéronef pour détecter et caractériser les pics d'allumage et par un ordinateur au sol pour déterminer l'indicateur d'usure de la bougie d'allumage. L'invention n'est pas limitée à cette architecture, et s'étend également à la mise en œuvre de ce procédé intégralement par l'unité embarquée, intégralement par le ordinateur au sol ou encore selon une répartition différentes de la mise en œuvre des étapes du procédé entre l'unité embarquée et le ordinateur au sol.

L'invention s'étend également à un produit programme d'ordinateur comprenant des instructions de code pour la mise en œuvre de tout ou partie des étapes du procédé, lorsque ledit programme est exécuté sur un ordinateur, notamment les étapes de filtrage du signal vibratoire, de détection et de caractérisation des pics de claquage.

REVENDEICATIONS

1. Procédé de surveillance d'un turbomoteur d'aéronef (M) comportant un capteur de vibration (5) apte à délivrer un signal vibratoire et une bougie d'allumage (2), le
 5 procédé comprenant, à partir du signal vibratoire délivré par le capteur de vibration, à la fois la détermination d'un niveau de vibration du turbomoteur et la détermination d'un indicateur d'usure (Tre) de la bougie d'allumage.
2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel la détermination de l'indicateur
 10 d'usure de la bougie d'allumage comprend les étapes suivantes :

 - filtrage (20) du signal vibratoire délivré par le capteur de vibration ;
 - détection (30) de pics de claquage dans le signal vibratoire filtré ; et
 - caractérisation (40) des pics de claquage détectés.
- 15 3. Procédé selon la revendication 2, dans lequel la caractérisation des pics de claquage détectés comprend un comptage des pics.
- 20 4. Procédé selon la revendication 2, dans lequel la caractérisation des pics de claquage détectés comprend la détermination d'une amplitude de chacun des pics.
5. Procédé selon la revendication 2, dans lequel la caractérisation des pics de claquage détectés comprend la détermination d'une fréquence des pics.
- 25 6. Procédé selon la revendication 5, dans lequel la caractérisation des pics de claquage détectés comprend le calcul d'un indicateur d'apériodicité des pics.
7. Procédé selon l'une des revendications 2 à 6, comprenant l'émission d'une commande d'allumage à destination d'un circuit d'excitation (3) configuré pour délivrer des impulsions de claquage à la bougie d'allumage (2) sur réception de la

commande d'allumage et dans lequel le filtrage du signal vibratoire est mis en œuvre uniquement lors de l'émission de la commande d'allumage.

8. Procédé selon l'une des revendications 2 à 6, comprenant l'émission d'une commande d'allumage à destination d'un circuit d'excitation (3) configuré pour délivrer des impulsions de claquage à la bougie d'allumage sur réception de la commande d'allumage et dans lequel la détection et la caractérisation des pics de claquage sont mises en œuvre uniquement lors de l'émission de la commande d'allumage.

9. Procédé selon l'une des revendications 2 à 6, comprenant, à partir de la caractérisation des pics détectés, la discrimination entre un défaut de la bougie d'allumage (2) et un défaut d'un circuit d'excitation (3) configuré pour délivrer des impulsions de claquage à la bougie d'allumage sur réception d'une commande d'allumage.

10. Procédé selon l'une des revendications 2 à 9, comprenant la détermination d'un indicateur d'usure consolidé au moyen de la fusion, par un modèle d'endommagement de la bougie, de la caractérisation des pics de claquage et de conditions opératoires de l'allumage du turbomoteur.

11. Procédé selon la revendication 10, dans lequel le modèle d'endommagement de la bougie détermine un paramètre de pondération à partir des conditions opératoires de l'allumage et pondère l'indicateur d'usure de la bougie d'allumage à l'aide du paramètre de pondération pour déterminer l'indicateur d'usure consolidé.

12. Procédé selon l'une des revendications 10 et 11, dans lequel les conditions opératoires sont déterminées à partir de mesures d'au moins un paramètre opératoire parmi une température, une pression, une hygrométrie, une vitesse d'écoulement de jet d'air et un débit d'injection de carburant.

13. Unité de traitement de données (6) configurée pour la mise en œuvre des étapes de filtrage, de détection et de caractérisation du procédé selon l'une des revendications 2 à 9.

5 14. Produit programme d'ordinateur comprenant des instructions de code pour la mise en œuvre des étapes de filtrage, de détection et de caractérisation du procédé selon l'une des revendications 2 à 9, lorsque ledit programme est exécuté sur un ordinateur.

10 15. Système de surveillance d'un turbomoteur, comprenant un calculateur au sol (7) configuré pour déterminer l'indicateur d'usure de la bougie d'allumage à partir de la caractérisation des pics d'allumage réalisée par une unité de traitement de données (6) selon la revendication 13 embarquée au sein de l'aéronef.

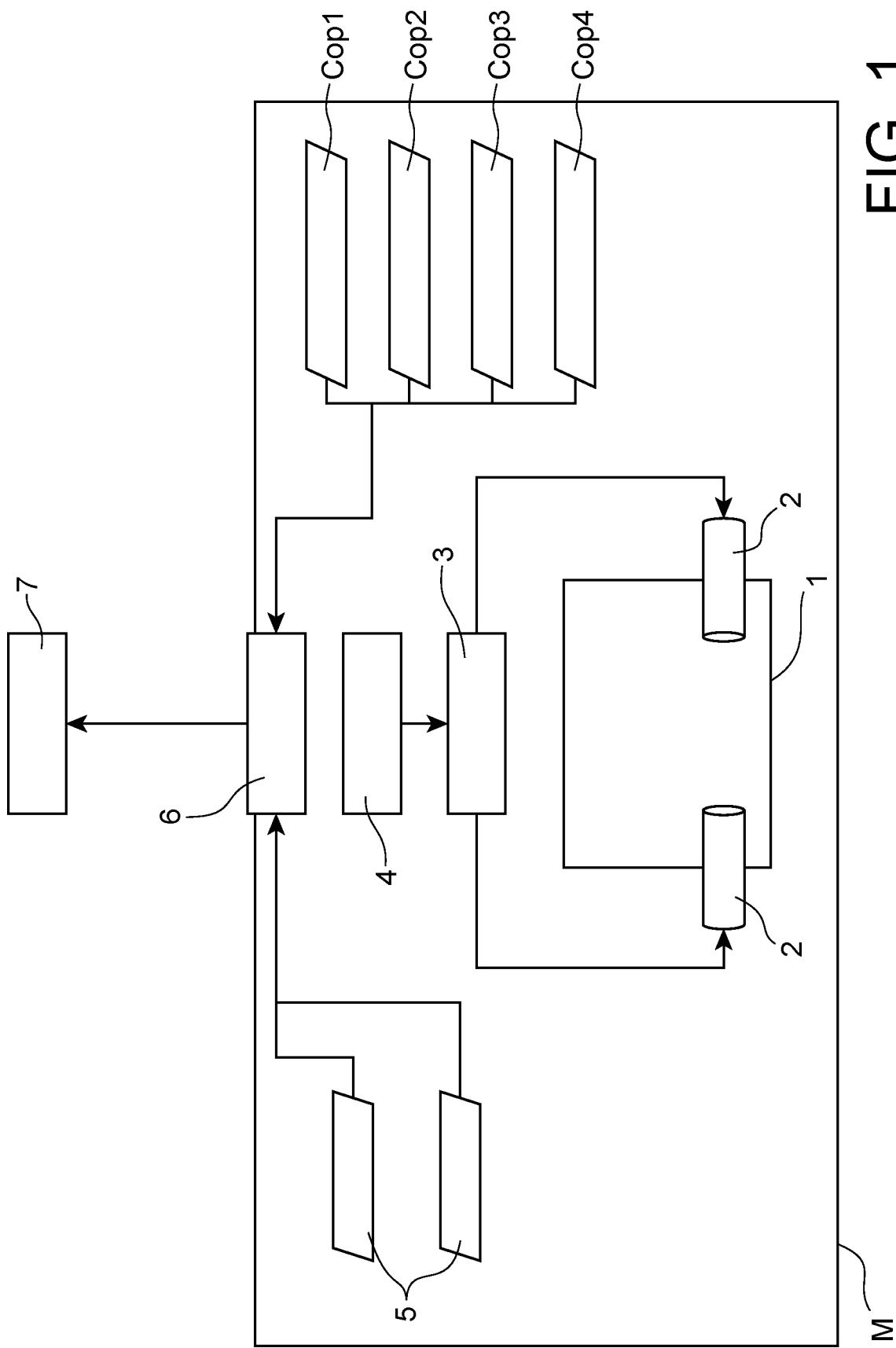


FIG. 1

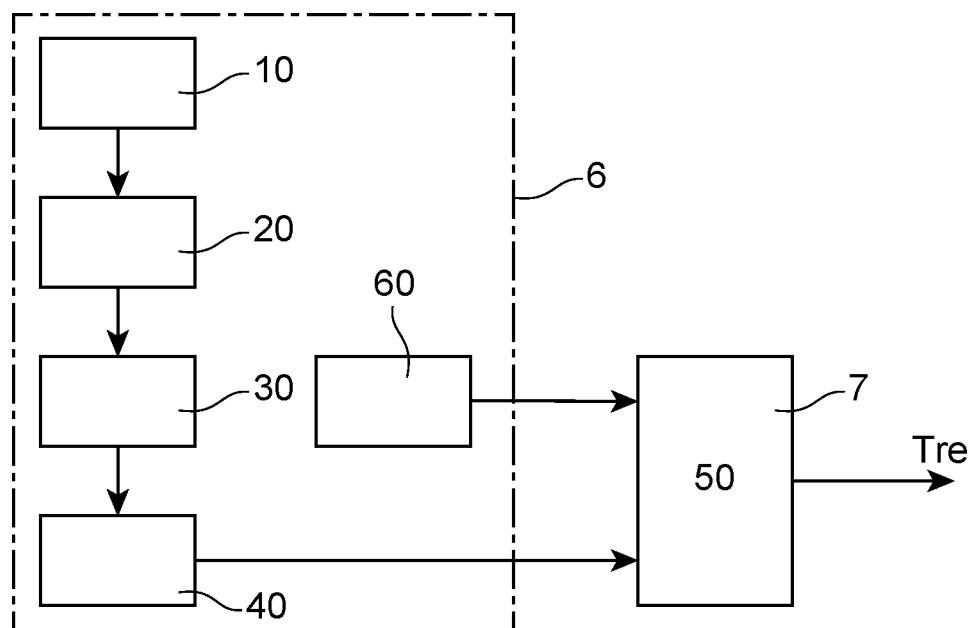


FIG. 2



FIG. 3a



FIG. 3b

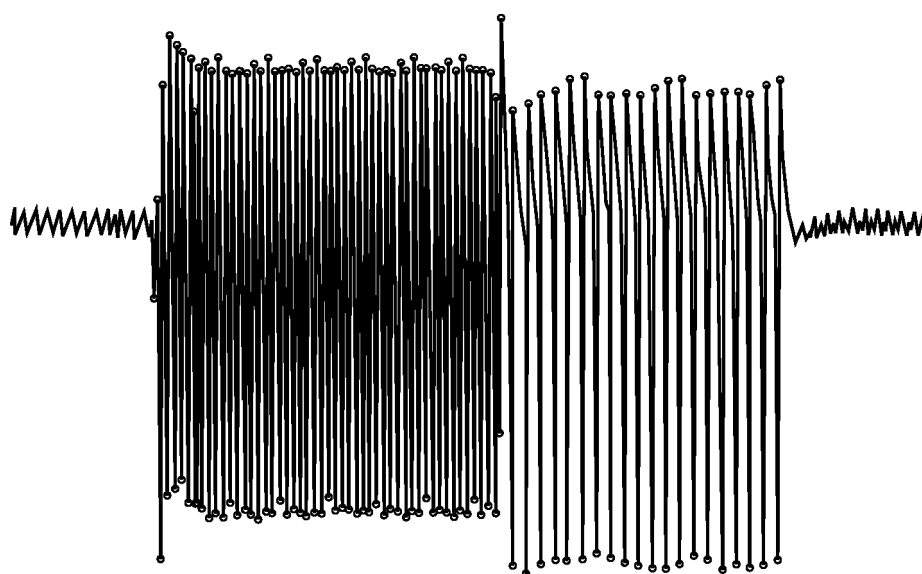


FIG. 3c

RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

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

N° d'enregistrement
national

FA 854966
FR 1854573

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	US 2017/089577 A1 (DESILVA UPUL P [US] ET AL) 30 mars 2017 (2017-03-30)	15	F02C7/00 F02C7/266
A	* alinéa [0027] - alinéa [0099]; figures 1-11 *	1-14	
A	----- FR 2 998 003 A1 (SNECMA [FR]) 16 mai 2014 (2014-05-16) * page 2 - page 3 *	1-15	
A	----- US 2015/036781 A1 (YOUSSEF MICHAEL [CA]) 5 février 2015 (2015-02-05) * abrégé; figures 2-5 *	1-15	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			F02C
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
6 février 2019		Robelin, Bruno	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1854573 FA 854966**

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

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **06-02-2019**

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

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2017089577 A1	30-03-2017	DE 102016118432 A1	30-03-2017
		US 2017089577 A1	30-03-2017

FR 2998003 A1	16-05-2014	BR 112015010774 A2	17-07-2018
		CA 2890619 A1	15-05-2014
		CN 104813005 A	29-07-2015
		EP 2917536 A1	16-09-2015
		FR 2998003 A1	16-05-2014
		RU 2015122765 A	10-01-2017
		US 2015285093 A1	08-10-2015
		WO 2014072652 A1	15-05-2014

US 2015036781 A1	05-02-2015	CA 2855800 A1	02-02-2015
		US 2015036781 A1	05-02-2015
