

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international

(43) Date de la publication internationale
02 juin 2022 (02.06.2022)



(10) Numéro de publication internationale
WO 2022/112680 A1

(51) Classification internationale des brevets :
F01M 11/10 (2006.01) *F16N 29/04* (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2021/051992

(22) Date de dépôt international :
10 novembre 2021 (10.11.2021)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
FR2012137 25 novembre 2020 (25.11.2020) FR

(71) Déposants : **SAFRAN AIRCRAFT ENGINES** [FR/FR]
; 2, Boulevard du Général Martial Valin, 75015 PARIS
(FR). **CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE** [FR/FR] ; 3, Rue Michel Ange, 75016
PARIS (FR). **SORBONNE UNIVERSITE** [FR/FR] ; 21
rue de l'École de Médecine, 75006 PARIS (FR).

(72) Inventeurs : **DENEUE, Sébastien, Jean, Fernand** ; c/
o SAFRAN, Centre d'Excellence Propriété Intellectuelle,

Rond-Point René Ravaud-Réau, 77550 MOISSY-CRA-
MAYEL (FR). **LOYAL, Akshay** ; c/o SAFRAN, Centre
d'Excellence Propriété Intellectuelle, Rond-Point René Ra-
vaud-Réau, 77550 MOISSY-CRAMAYEL (FR). **ORIOU,
Sébastien** ; c/o SAFRAN, Centre d'Excellence Proprié-
té Intellectuelle, Rond-Point René Ravaud-Réau, 77550
MOISSY-CRAMAYEL (FR). **GAUTHIER, Gérard, Phi-
lippe** ; c/o SAFRAN, Centre d'Excellence Propriété Intel-
lectuelle, Rond-Point René Ravaud-Réau, 77550 MOISSY-
CRAMAYEL (FR).

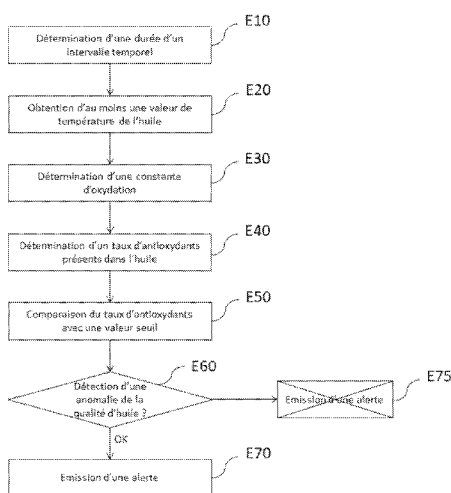
(74) Mandataire : **DELUMEAU, François** et al. ; CABINET
BEAU DE LOMENIE, 158 Rue de l'Université, 75340
PARIS CEDEX 07 (FR).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de
protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO,
AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA,
CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ,
EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR,
HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP,
KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME,
MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ,

(54) Title: METHOD FOR MONITORING THE QUALITY OF OIL CONTAINED IN AN OIL CIRCUIT OF AN AIRCRAFT ENGINE, ASSOCIATED MONITORING DEVICE

(54) Titre : PROCEDE DE SURVEILLANCE DE LA QUALITE D'HUILE CONTENUE DANS UN CIRCUIT D'HUILE D'UN MOTEUR D'AERONEF, DISPOSITIF DE SURVEILLANCE ASSOCIE

[Fig. 4]



E10 Determining a duration of a time interval
E20 Obtaining at least one oil temperature value
E30 Determining an oxidation constant
E40 Determining an amount of antioxidants present in the oil
E50 Comparing the amount of antioxidants with a threshold value
E60 Detection of an oil quality anomaly?
E70 Emission of an alert
E75 Emission of an alert

(57) Abstract: The invention relates to a method for monitoring the quality of the oil contained in an oil circuit of an aircraft engine. The method comprises a set of steps implemented for at least one time interval of at least one flight of the aircraft and during which the engine is operating, the set of steps comprising steps of: - determining (E10) a duration of the time interval, - obtaining (E20) at least one oil temperature value, - determining (E30) an oxidation constant of the oil as a function of the obtained temperature value, - determining (E40) an amount of antioxidants present in the oil at the end of the at least one time interval, as a function of the duration, the oxidation constant and an amount of antioxidants present in the oil at the start of the time interval.

(57) Abrégé : L'invention concerne un procédé de surveillance de la qualité de l'huile contenue dans un circuit d'huile d'un moteur d'aéronef. Ledit procédé comporte un ensemble d'étapes mises en œuvre pour au moins un intervalle temporel d'au moins un vol dudit aéronef et au cours duquel ledit moteur est en fonctionnement, ledit ensemble d'étapes comprenant des étapes de : - détermination (E10) d'une durée dudit intervalle temporel, - obtention (E20) d'au moins une valeur de température de l'huile, - détermination (E30) d'une constante d'oxydation de ladite huile en fonction de la valeur de température obtenue, - détermination (E40) d'un taux d'antioxydants présents dans l'huile à l'issue dudit au moins un intervalle temporel, en fonction de ladite durée, de ladite constante d'oxydation ainsi que d'un taux d'antioxydants présents dans l'huile au commencement dudit intervalle temporel.

OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA,
SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR,
TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

- (84) **États désignés** (*sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible*) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasién (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée:

— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

Description

Titre de l'invention : Procédé de surveillance de la qualité d'huile contenue dans un circuit d'huile d'un moteur d'aéronef, dispositif de surveillance associé

5 Technique antérieure

[0001] La présente invention appartient au domaine général de la surveillance du fonctionnement d'un moteur d'aéronef. Elle concerne plus particulièrement un procédé de surveillance de la qualité de l'huile contenue dans un circuit d'huile d'un moteur d'aéronef. Elle concerne également un dispositif de surveillance configuré pour mettre en œuvre un tel procédé de surveillance. L'invention trouve une application particulièrement avantageuse, bien que nullement limitative, dans le cas d'un aéronef comportant des moteurs de type turbomachine.

[0002] Un moteur d'aéronef comporte de nombreux éléments nécessitant, lors du fonctionnement de l'aéronef, d'être lubrifiés de manière dynamique à l'aide d'un système d'huile, comme par exemple des roulements, des pistons, des engrenages, etc., cela afin de réduire les frictions éventuelles entre ces derniers. Afin d'assurer une telle lubrification, ledit système d'huile comporte, de manière conventionnelle, un circuit d'huile formant un circuit fermé comprenant une ou plusieurs pompes configurées pour mettre en mouvement l'huile au sein de canalisations dudit circuit d'huile.

[0003] Outre le fait d'être configuré pour permettre une circulation d'huile, le système d'huile a également pour fonction, via ladite circulation d'huile et les caractéristiques physico-chimiques de celle-ci, de réguler la température d'éléments du moteur mis en mouvement lors du fonctionnement de l'aéronef, comme par exemple des roulements. Cette régulation thermique est par exemple mise en œuvre au niveau d'échangeurs de chaleur du type huile-carburant.

[0004] La lubrification et la régulation thermique ainsi assurées grâce à l'huile sont vitales pour le bon fonctionnement du moteur. Or, pour que l'huile puisse pleinement jouer son rôle au regard de ces deux aspects, il importe que sa qualité soit suffisante.

[0005] Par « qualité de l'huile », il est fait référence au taux d'antioxydants présents dans l'huile. Dit autrement, ledit taux d'antioxydants forme un indicateur de la qualité de l'huile. De tels antioxydants sont des additifs conventionnellement rajoutés à l'huile pour ralentir sa dégradation au cours du temps.

[0006] En effet, lorsque le moteur de l'aéronef est en fonctionnement, en particulier à hautes températures, ainsi qu'en présence d'oxygène, l'huile contenue dans le circuit d'huile est fortement sollicitée, ce qui a un impact sur sa stabilité à l'oxydation. Or, une augmentation de l'oxydation de l'huile peut conduire à un changement de viscosité de celle-ci. Des dépôts peuvent ainsi se former et de la corrosion apparaître, menant en définitive à une défaillance du système d'huile et donc du moteur.

[0007] Les antioxydants rajoutés à l'huile permettent donc de ralentir sa dégradation (i.e. son oxydation). Il n'en reste pas moins que de tels antioxydants sont également soumis à dégradation. En effet, et lorsqu'aucun ajout d'huile n'est réalisé dans le circuit d'huile, le taux d'antioxydants présents dans l'huile diminue suivant une réaction chimique dont la cinétique est d'autant plus grande que la température d'huile est élevée. Plus particulièrement, à température fixée T, cette cinétique suit dans le temps une loi de décroissance exponentielle selon la formule suivante :

$$C(t) = C_0 \times \exp[-k(T) \times t],$$

où :

- C est représentatif du taux d'antioxydants présents dans l'huile lorsqu'aucun ajout d'huile n'est réalisé dans le circuit d'huile,
- C₀ est une constante représentative d'un taux initial d'antioxydants présents dans l'huile (i.e. le taux d'antioxydants en t=0),
- t est représentatif du temps qui s'écoule à compter d'un instant initial en lequel la concentration d'antioxydants présents dans l'huile est égal à C₀, et
- k est un paramètre qui, à température fixée T de l'huile, est encore appelé « constante d'oxydation ». Ce paramètre k est un paramètre intrinsèque à l'huile utilisée, typiquement estimé lors d'essais de caractérisation de l'huile en question, et est donc représentatif de la vitesse de la décroissance exponentielle.

[0008] De manière connue, le coefficient k est une fonction croissante de ladite température. Par conséquent, plus la température de l'huile est grande, plus la diminution du taux d'antioxydants est rapide lorsqu'aucun ajout d'huile n'est réalisé dans le circuit d'huile.

[0009] Bien entendu, la détermination de l'évolution temporelle du taux d'antioxydants présents dans l'huile ne se réduit pas à l'utilisation de la formule précédente. En effet, il convient de tenir compte également de la consommation d'huile propre au moteur, et qui implique que de l'huile neuve est régulièrement ajoutée dans le circuit d'huile afin de compenser les pertes liées à cette consommation (éventuellement, toute l'huile contenue dans le circuit d'huile peut être renouvelée). Dans la mesure où le taux d'antioxydants présents dans l'huile neuve est plus élevé que dans l'huile déjà présente dans le circuit d'huile (et qui a donc déjà pu connaître une oxydation), on comprend que l'ajout d'huile neuve permet de compenser au moins en partie la diminution du taux d'antioxydants. Il ressort donc de ces aspects que plus un moteur consomme d'huile, plus il est nécessaire d'ajouter régulièrement de l'huile neuve dans son circuit d'huile, ce qui contribue alors, pour un volume moyen d'huile dans le circuit d'huile, à un taux moyen d'antioxydants qui se stabilise dans le temps à un niveau élevé. A contrario, moins un moteur consomme d'huile, moins il est nécessaire d'ajouter régulièrement de l'huile neuve dans son circuit d'huile, ce qui contribue alors, pour ledit volume moyen, à un taux moyen d'antioxydants qui se stabilise dans le temps à un niveau faible.

[0010] Ces aspects sont illustrés par la figure 1 qui est un graphique représentant l'évolution temporelle du taux d'antioxydants présents dans l'huile selon plusieurs cas. L'axe des abscisses (respectivement des ordonnées) de ce graphique indique le temps t en heures (respectivement indique le taux d'antioxydants $C(t)$ en pourcents).

5 [0011] Dans ce graphique sont représentées trois courbes respectivement associées à trois cas distincts : un premier cas associé à un moteur ayant une consommation élevée en huile (courbe A1), un deuxième cas associé à un moteur ayant une consommation faible en huile (courbe A2), et un troisième cas fictif associé à un moteur ne consommant pas d'huile (courbe A3). On note que les courbes A1 et A2 présentent chacune un profil en « dents de scie ». Le
10 fait que, pour une courbe A1 ou A2, le taux d'antioxydant remonte de manière sensiblement périodique est lié à un ajout d'huile neuve (on remarque donc que la fréquence de ces ajouts d'huile neuve est plus grande dans le premier cas). Par contre, dans la mesure où le moteur associé au troisième cas ne consomme pas d'huile, aucun ajout d'huile n'est réalisé (i.e. le profil de la courbe A3 est lisse suivant une exponentielle décroissante, comme mentionnée ci-
15 avant).

[0012] Comme cela peut être constaté, le taux d'antioxydants se stabilise aux alentours de 77% dans le premier cas. En ce qui concerne le deuxième cas, le taux moyen d'antioxydants se stabilise aux alentours de 53%. Enfin, pour le troisième cas, le taux d'antioxydants converge de façon attendue vers zéro.

20 [0013] Aussi, il ressort de ce qui précède que l'évolution temporelle du taux d'antioxydants présents dans l'huile, autrement dit la qualité de l'huile, dépend de deux facteurs concurrents, à savoir la température de l'huile ainsi que la consommation d'huile du moteur.

[0014] Une telle constatation est d'importance dans la mesure où le dimensionnement du système d'huile dépend notamment de la qualité de l'huile. Or, à ce jour, lorsque l'on cherche à
25 s'assurer que tous les moteurs d'une flotte disposent d'une qualité d'huile suffisante, le dimensionnement de leurs systèmes d'huile respectifs est généralement réalisé en considérant des contraintes au pire, c'est-à-dire en prenant pour référence le moteur de la flotte ayant le fonctionnement le plus extrême (faible consommation d'huile et limite de la température d'huile la plus élevée, le taux d'antioxydant moyen requis étant dès lors plus important). La
30 qualité de l'huile peut donc être vue comme une contrainte de dimensionnement du système d'huile en ce qu'elle implique la mise en œuvre de marges de conception bien trop importantes au regard de différences de fonctionnement entre moteurs.

[0015] Par ailleurs, à cette contrainte de dimensionnement s'ajoute également le fait que la surveillance de la qualité de l'huile s'effectue aujourd'hui par l'intermédiaire de prélèvements
35 d'huile dans le circuit d'huile, ces prélèvements faisant par la suite l'objet d'analyses en laboratoire pour évaluer le taux d'antioxydants qu'ils contiennent. A titre d'exemple, de telles

analyses peuvent mettre en œuvre des techniques de chromatographie liquide haute performance ou bien encore de chromatographie phase gaz. En tout état de cause, ces prélèvements et ces analyses sont fastidieux et coûteux à mettre en œuvre, ce qui compromet la possibilité de procéder à une surveillance efficace et régulière de la qualité d'huile, en particulier dans un contexte opérationnel.

Exposé de l'invention

[0016] La présente invention a pour objectif de remédier à tout ou partie des inconvénients de l'art antérieur, notamment ceux exposés ci-avant, en proposant une solution qui permette de surveiller de manière efficace et régulière, ainsi qu'à moindre coût, la qualité de l'huile contenue dans un circuit d'huile d'un moteur d'aéronef. Grâce à une telle surveillance, la solution proposée par l'invention permet en outre de relâcher ladite contrainte de dimensionnement du système d'huile, en particulier pour des moteurs destinés à fonctionner dans des conditions qui ne sont pas extrêmes. Autrement dit, le système d'huile de tels moteurs peut être dimensionné pour accepter une qualité d'huile plus faible que celle exigée pour un moteur ayant un fonctionnement extrême.

[0017] A cet effet, et selon un premier aspect, l'invention concerne un procédé de surveillance de la qualité de l'huile contenue dans un circuit d'huile d'un moteur d'aéronef. Ledit procédé comporte un ensemble d'étapes mises en œuvre pour au moins un intervalle temporel d'au moins un vol dudit aéronef et au cours duquel ledit moteur est en fonctionnement, ledit ensemble d'étapes comprenant des étapes de :

- détermination d'une durée dudit intervalle temporel,
- obtention d'au moins une valeur de température de l'huile,
- détermination d'une constante d'oxydation de ladite huile en fonction de ladite au moins une valeur de température obtenue,
- détermination d'un taux d'antioxydants présents dans l'huile à l'issue dudit au moins un intervalle temporel, en fonction de ladite durée, de ladite constante d'oxydation ainsi que d'un taux d'antioxydants présents dans l'huile au commencement dudit intervalle temporel.

[0018] Le procédé de surveillance proposé par l'invention permet donc de suivre dans le temps le taux d'antioxydants présents dans l'huile contenue dans le circuit d'huile. Plus particulièrement, le procédé de surveillance offre la possibilité de déterminer une ou plusieurs valeurs dudit taux d'antioxydants, si par exemple un ou plusieurs intervalles temporels sont considérés pour ledit au moins un vol. Cette ou ces valeurs du taux d'antioxydants peuvent être par exemple enregistrées pour être analysées très rapidement par la suite, sans qu'il soit nécessaire de faire appel à des tests coûteux et longs en laboratoire.

[0019] Pour chaque intervalle temporel considéré, le procédé de surveillance selon l'invention propose non seulement de déterminer la durée de cet intervalle, mais également d'obtenir au moins une valeur de température d'huile associée à cet intervalle temporel (i.e. au moins une valeur de température à laquelle est ou a été portée l'huile lors dudit intervalle temporel). Dès
5 lors, à partir d'une valeur de température ainsi obtenue, il est possible de déterminer une constante d'oxydation attachée à l'intervalle temporel considéré, pour finalement en déduire le taux d'antioxydants recherché sur la base de la formulation analytique mentionné auparavant.

[0020] La surveillance ainsi établie du taux d'antioxydants est donc particulièrement simple à mettre en œuvre, et offre la possibilité de suivre de manière efficace et régulière l'évolution
10 dudit taux d'antioxydants, et donc in fine de la qualité de l'huile contenue dans le circuit d'huile. Dit autrement, le procédé selon l'invention offre la possibilité de réaliser une surveillance active de la qualité de l'huile contenue dans le circuit d'huile.

[0021] Qui plus est, le ou les valeurs de température peuvent être acquises grâce à des moyens de d'acquisition de type connu en soi équipant classiquement chaque moteur de l'aéronef.
15 L'invention ne nécessite donc pas de déployer d'instrumentation autre que celle qui équipe conventionnellement un moteur d'aéronef, ce qui a pour avantage de limiter les coûts de mise en œuvre.

[0022] On comprend également que le fait de proposer une surveillance active de la qualité de l'huile offre également à une compagnie aérienne la possibilité de rentabiliser le coût en huile
20 de l'exploitation d'un moteur d'aéronef. En effet, en ayant une idée précise de la qualité de l'huile, ladite compagnie aérienne peut décider de manière éclairée si un renouvellement partiel ou total de l'huile contenue dans le circuit d'huile d'un moteur doit être envisagé.

[0023] Par ailleurs, le procédé de surveillance selon l'invention est également remarquable en ce qu'il permet de relâcher la contrainte de dimensionnement du système d'huile, en particulier
25 pour des moteurs destinés à fonctionner dans des conditions qui ne sont pas extrêmes. En effet, le fait de pouvoir surveiller de manière active (et donc régulière) le taux d'antioxydants favorise la détection d'une éventuelle anomalie quant à la valeur dudit taux d'antioxydants, et permet donc avantageusement d'envisager la conception de moteurs apte à fonctionner avec un taux d'antioxydants plus faible que dans l'état de l'art. Or, autoriser la baisse dudit taux
30 d'antioxydants revient à autoriser la baisse de la qualité de l'huile, ou encore, de manière équivalente, à autoriser qu'un moteur fonctionne avec une huile portée à une température plus élevée que dans l'état de l'art, ce qui revient donc à relâcher la contrainte de dimensionnement du système d'huile.

[0024] Dans des modes particuliers de mise en œuvre, le procédé de surveillance peut comporter
35 en outre l'une ou plusieurs des caractéristiques suivantes, prises isolément ou selon toutes les combinaisons techniquement possibles.

[0025] Dans des modes particuliers de mise en œuvre, ledit ensemble d'étapes comporte en outre des étapes de :

- comparaison du taux d'antioxydants déterminé pour ledit au moins un intervalle temporel avec une valeur seuil donnée,

5 et, si ledit taux d'antioxydants est inférieur à ladite valeur seuil,

- détection d'une anomalie de la qualité de l'huile contenue dans le circuit d'huile.

[0026] De telles dispositions permettent de réaliser de manière effective une détection d'anomalie quant à la qualité de l'huile contenue dans le circuit d'huile.

10 [0027] Dans des modes particuliers de mise en œuvre, ledit ensemble d'étapes comporte en outre une étape d'émission d'une alerte si une anomalie de la qualité de l'huile est détectée.

[0028] Le fait d'émettre une alerte en cas d'anomalie permet d'obtenir sans délai une information quant à l'existence d'une anomalie de la qualité de l'huile.

15 [0029] Dans des modes particuliers de mise en œuvre, ledit procédé comporte en outre, à l'issue dudit au moins un vol et si une anomalie de la qualité de l'huile a été détectée, des étapes de :

- renouvellement de tout ou partie de l'huile contenue dans le circuit d'huile, par ajout d'un

volume d'huile dans ledit circuit d'huile, l'huile ajoutée étant associée à un taux d'antioxydants donné dit « taux nouveau »,

20 - obtention d'un volume d'huile restant dans ledit circuit d'huile avant l'ajout d'huile, l'huile restante étant associée à un taux d'antioxydants dit « taux ancien » déterminé pour le dernier intervalle temporel considéré avant ledit renouvellement d'huile,

- détermination du volume d'huile ajouté,

- calcul d'une quantité égale à la somme des taux ancien et nouveau respectivement pondérés par lesdits volumes d'huile restant et ajouté, ladite quantité correspondant à un taux d'antioxydants présents dans l'huile contenue dans le circuit d'huile à l'issue du renouvellement

25 d'huile.

30 [0030] Ce mode de réalisation est particulièrement avantageux en ce qu'il permet d'éviter l'endommagement du moteur via un renouvellement total ou partiel de l'huile contenue dans le circuit d'huile. Cela est d'autant plus avantageux en ce qui concerne un moteur destiné à fonctionner dans des conditions extrêmes dans la mesure où il s'agit du moteur dont l'évolution asymptotique du taux d'antioxydants est la plus basse, et donc la plus proche d'un seuil en-dessous duquel une anomalie peut être détectée. En conséquence, en surveillant de manière fine l'évolution du taux d'antioxydants, notamment pour un moteur destiné à fonctionner dans des conditions extrêmes, une opération de maintenance visant un renouvellement partiel ou total de l'huile peut être envisagée afin de remplacer l'huile

35 dégradée par de l'huile neuve et ainsi repartir avec une huile avec un taux d'antioxydant élevé.

[0031] Dans des modes particuliers de mise en œuvre, ledit procédé comporte en outre, à l'issue dudit au moins un vol et si aucune anomalie n'a été détectée, des étapes de :

- détection d'un éventuel ajout d'un volume d'huile dans le circuit d'huile, le volume d'huile ajouté étant associé à un taux d'antioxydants donné dit « taux nouveau »,

5 et, si une étape d'ajout dudit volume d'huile dans le circuit d'huile a été mise en œuvre de sorte que l'ajout dudit volume d'huile est détecté,

- obtention d'un volume d'huile restant dans ledit circuit d'huile avant l'ajout d'huile, l'huile restante étant associée à un taux d'antioxydants dit « taux ancien » déterminé pour le dernier intervalle temporel considéré avant l'ajout d'huile,

10 - détermination du volume d'huile ajouté,

- calcul d'une quantité égale à la somme des taux ancien et nouveau respectivement pondérés par lesdits volumes d'huile restant et ajouté, ladite quantité correspondant à un taux d'antioxydants présents dans l'huile contenue dans le circuit d'huile à l'issue de l'ajout d'huile.

[0032] Dans des modes particuliers de mise en œuvre, les étapes dudit ensemble d'étapes sont
15 itérées de manière récurrente au cours dudit au moins un intervalle temporel.

[0033] De cette manière, un suivi régulier de la qualité de l'huile est opéré au cours d'un vol.

[0034] Dans des modes particuliers de mise en œuvre, un seul intervalle temporel est considéré au cours dudit au moins un vol, ledit intervalle temporel comportant un instant initial et un instant final correspondant respectivement aux instants en lesquels l'aéronef débute une phase
20 de roulage avant décollage et termine une autre phase de roulage après atterrissage.

[0035] Dans des modes particuliers de mise en œuvre, une pluralité de vols de l'aéronef est considérée, les étapes du procédé étant itérées pour chacun desdits vols.

[0036] Selon un deuxième aspect, l'invention concerne un programme d'ordinateur comportant des instructions pour la mise en œuvre d'un procédé de surveillance selon l'invention, à
25 l'exception de ladite étape de renouvellement ainsi que de ladite étape d'ajout, lorsque ledit programme d'ordinateur est exécuté par un ordinateur.

[0037] Ce programme peut utiliser n'importe quel langage de programmation, et être sous la forme de code source, code objet, ou de code intermédiaire entre code source et code objet, tel que dans une forme partiellement compilée, ou dans n'importe quelle autre forme
30 souhaitable.

[0038] Selon un troisième aspect, l'invention concerne un support d'informations ou d'enregistrement lisible par un ordinateur sur lequel est enregistré un programme d'ordinateur selon l'invention.

[0039] Le support d'informations ou d'enregistrement peut être n'importe quelle entité ou
35 dispositif capable de stocker le programme. Par exemple, le support peut comporter un moyen

de stockage, tel qu'une ROM, par exemple un CD ROM ou une ROM de circuit microélectronique, ou encore un moyen d'enregistrement magnétique, par exemple une disquette (floppy disc) ou un disque dur.

[0040] D'autre part, le support d'informations ou d'enregistrement peut être un support transmissible tel qu'un signal électrique ou optique, qui peut être acheminé via un câble électrique ou optique, par radio ou par d'autres moyens. Le programme selon l'invention peut être en particulier téléchargé sur un réseau de type Internet.

[0041] Alternativement, le support d'informations ou d'enregistrement peut être un circuit intégré dans lequel le programme est incorporé, le circuit étant adapté pour exécuter ou pour être utilisé dans l'exécution du procédé en question.

[0042] Selon un quatrième aspect, l'invention concerne un dispositif de surveillance de la qualité de l'huile contenue dans un circuit d'huile d'un moteur d'aéronef. Ledit dispositif comporte :

- un premier module de détermination configuré pour déterminer, pour au moins un intervalle temporel d'au moins un vol dudit aéronef et au cours duquel ledit moteur est en fonctionnement, la durée dudit intervalle temporel,
- un module d'obtention configuré pour obtenir au moins une mesure de température de l'huile pour ledit au moins un intervalle temporel,
- un deuxième module de détermination configuré pour déterminer une constante d'oxydation de ladite huile en fonction de la température obtenue,
- un troisième module de détermination configuré pour déterminer un taux d'antioxydants présents dans l'huile à l'issue dudit au moins un intervalle temporel, en fonction de ladite durée, de ladite constante d'oxydation ainsi que d'un taux d'antioxydants présents dans l'huile au commencement dudit intervalle temporel.

[0043] Dans des modes particuliers de réalisation, ledit dispositif comporte en outre :

- un module de comparaison configuré pour comparer le taux d'antioxydants déterminé pour ledit au moins un intervalle temporel avec une valeur seuil donnée,
- un module de détection configuré pour détecter une anomalie de la qualité de l'huile contenue dans le circuit d'huile si ledit taux d'antioxydants est inférieur à ladite valeur seuil.

[0044] Selon un cinquième aspect, l'invention concerne un système de surveillance de la qualité d'huile contenue dans le circuit d'huile du moteur de l'aéronef, ledit système de surveillance comporte :

- des moyens d'acquisition configurés pour acquérir au moins une mesure de température de l'huile contenue dans le circuit d'huile,
- un dispositif de surveillance selon l'invention.

[0045] Selon un sixième aspect, l'invention concerne un aéronef comportant un système de surveillance selon l'invention.

Brève description des dessins

[0046] D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention ressortiront de la description faite ci-dessous, en référence aux dessins annexés qui en illustrent un exemple de réalisation dépourvu de tout caractère limitatif. Sur les figures :

[Fig. 1] la figure 1 est un graphique représentant l'évolution temporelle du taux d'antioxydants présents dans l'huile contenue dans le circuit d'huile d'un moteur d'aéronef, selon le type de moteur considéré, et conformément à l'état de l'art ;

[Fig. 2] la figure 2 représente schématiquement, dans son environnement, un mode particulier de réalisation d'un système de surveillance selon l'invention, ledit système de surveillance étant configuré pour surveiller la qualité d'huile contenue dans le circuit d'huile d'un moteur d'aéronef ;

[Fig. 3] la figure 3 représente schématiquement un exemple d'architecture matérielle d'un dispositif de surveillance selon l'invention appartenant au système de surveillance de la figure 1 ;

[Fig. 4] la figure 4 représente, sous forme d'ordinogramme, un premier mode particulier de mise en œuvre d'un procédé de surveillance selon l'invention par le dispositif de surveillance de la figure 3 ;

[Fig. 5] la figure 5 représente, sous forme d'ordinogramme, un deuxième mode particulier de mise en œuvre d'un procédé de surveillance selon l'invention par le dispositif de surveillance de la figure 3 ;

[Fig. 6] la figure 6 représente, sous forme d'ordinogramme, un troisième mode particulier de mise en œuvre d'un procédé de surveillance selon l'invention par le dispositif de surveillance de la figure 3.

Description des modes de réalisation

[0047] La présente invention trouve sa place dans le domaine de la surveillance du fonctionnement d'un moteur d'aéronef, pour un aéronef (non représenté sur les figures) comportant un ou plusieurs moteurs, par exemple deux moteurs identiques.

[0048] De manière conventionnelle, chaque moteur de l'aéronef est équipé d'un système d'huile comprenant un circuit d'huile, l'aéronef comportant dès lors autant de moteurs que de circuits d'huile. Le circuit d'huile de chaque moteur forme un circuit fermé comportant une ou plusieurs pompes configurées pour mettre en mouvement l'huile au sein de canalisations dudit circuit d'huile, de sorte à assurer une fonction de lubrification. Le circuit d'huile de chaque moteur comporte également un réservoir, dans lequel est stockée l'huile lorsque le moteur qu'il équipe

n'est pas en fonctionnement, et dans lequel l'huile est pompée pour la mise en circulation dans les canalisations.

[0049] Le circuit d'huile d'un moteur de l'aéronef est en outre en contact, au niveau d'une pluralité d'interfaces, comme par exemple des joints, des parois, des équipements, etc., avec un circuit de carburant dudit moteur, de sorte à assurer une fonction de régulation thermique par échange de chaleur entre lesdits circuits d'huile et de carburant.

[0050] La suite de la description vise plus spécifiquement, mais de manière nullement limitative, un aéronef de type avion, par exemple un avion civil apte à transporter des passagers, équipé d'une pluralité de moteurs identiques de type turbomoteur. A titre d'exemple, lesdits moteurs sont des turboréacteurs.

[0051] Rien n'exclut cependant, suivant d'autres exemples non détaillés ici, de considérer d'autres types de turbomoteurs, comme par exemple un turbopropulseur, mais également, et de manière plus générale, des moteurs qui ne sont pas des turbomoteurs, comme par exemple des moteurs à pistons. L'invention est en effet applicable à tout type de moteur pour lequel on souhaite surveiller la qualité de l'huile contenue dans le circuit d'huile dudit moteur, comme cela est décrit en détail ultérieurement. Rien n'exclut non plus de considérer un aéronef d'un autre type, comme par exemple un hélicoptère.

[0052] Par ailleurs, aucune limitation n'est attachée au nombre de moteurs équipant l'aéronef. Rien n'exclut non plus que l'aéronef puisse comporter, en sus d'un ou plusieurs moteurs identiques, un ou plusieurs moteurs qui, considérés individuellement, diffèrent de tous les autres moteurs.

[0053] La suite de la description s'attache à décrire l'invention (surveillance de la qualité d'huile) en relation avec un seul moteur de l'aéronef, auquel il sera désormais fait référence de manière définie en utilisant les expressions « le moteur/du moteur » de l'aéronef. Il importe toutefois de noter que la description qui suit est généralisable de manière évidente au cas où l'aéronef est équipé d'une pluralité de moteurs, la surveillance en question pouvant dès lors être mise en œuvre pour chacun des moteurs de ladite pluralité.

[0054] La figure 2 représente schématiquement, dans son environnement, un mode particulier de réalisation d'un système 10 de surveillance selon l'invention.

[0055] Ledit système 10 de surveillance est configuré pour surveiller la qualité d'huile contenue dans le circuit d'huile du moteur de l'aéronef, et, à cet effet, comporte des moyens d'acquisition 11 configurés pour acquérir :

- au moins une mesure de température de l'huile contenue dans le circuit d'huile
- au moins une mesure du volume d'huile présent dans le circuit d'huile.

[0056] De manière conventionnelle, lesdits moyens d'acquisition 11 comportent une chaîne d'acquisition comprenant au moins un capteur dédié aux mesures de volume, comme par exemple une sonde de niveau, et au moins un capteur dédié aux mesures de température, comme par exemple une sonde de température. Ladite chaîne d'acquisition peut encore
5 comporter d'autres éléments, comme par exemple une carte d'acquisition, des moyens électroniques d'amplification et/ou de filtrage, un convertisseur analogique-numérique, etc., ces aspects n'étant pas davantage détaillés ici car sortant du cadre de la présente invention.

[0057] D'une manière générale, l'homme du métier sait comment réaliser et acquérir des mesures de volume et de température, et saura donc, notamment, choisir des capteurs adéquats pour
10 chacune des grandeurs considérées (volume, température), par exemple dans les catalogues des produits offerts par les fabricants spécialisés. Il saura en outre positionner ces capteurs.

[0058] Les mesures acquises par les moyens d'acquisition 11 sont réalisées en différents instants de mesure. Plus particulièrement, les mesures de température sont réalisées lors du fonctionnement du moteur de l'aéronef. Les mesures de volume, quant à elles, ne nécessitent
15 pas que le moteur de l'aéronef soit en fonctionnement.

[0059] Par « fonctionnement du moteur de l'aéronef », on fait référence ici au fait que le moteur de l'aéronef a démarré. Une telle configuration couvre bien entendu les phases de roulage avant et après atterrissage (phases encore dénommées « taxi » dans la littérature anglo-saxonne), la phase de décollage, la phase de croisière, la phase d'atterrissage, mais également
20 les phases durant lesquelles l'aéronef n'a pas encore quitté son parking avant le décollage ou bien a déjà atteint son parking après l'atterrissage, ses moteurs étant néanmoins en fonctionnement.

[0060] Il convient de noter qu'aucune limitation n'est attachée aux instants de mesure en lesquels sont réalisées les mesures de volume et de température. En particulier, rien n'exclut que les
25 instants de mesure associés aux mesures de volume soient au moins en partie, voire tous, différents des instants de mesure associés aux mesures de température. Bien entendu, et de manière connue, l'obtention de la valeur d'une grandeur (volume d'huile ou bien température) en un instant où aucune mesure de cette grandeur n'a été effectuée reste possible, par exemple en utilisant des techniques d'interpolation entre mesures.

[0061] Le système de surveillance 10 comporte également un dispositif de surveillance 12 configuré pour réaliser, à partir notamment des mesures acquises par les moyens d'acquisition 11, des traitements permettant de surveiller (i.e. de réaliser un suivi de) la qualité de l'huile contenue dans le circuit d'huile du moteur, en mettant en œuvre un procédé de surveillance selon l'invention.

[0062] Dans le présent mode de réalisation, le dispositif de surveillance 12 est intégré à une unité de calcul équipant l'aéronef et encore connue sous le nom de FADEC (acronyme de

l'expression anglo-saxonne « Full Authority Digital Engine Control »). Ladite unité FADEC est, de manière connue en soi, configurée pour piloter et réguler de manière optimale le fonctionnement du moteur. Toutefois, et à la différence d'une unité FADEC de l'état de l'art, l'unité FADEC décrite ici permet également, du fait que le dispositif de surveillance 12 y est
 5 intégré, de surveiller la qualité de l'huile contenue dans le circuit d'huile.

[0063] Le choix selon lequel le dispositif de surveillance 12 est intégré à l'unité FADEC de l'aéronef ne constitue toutefois qu'une variante d'implémentation de l'invention. Ainsi, rien n'exclut d'avoir, par exemple, un dispositif de traitement 12 externe (i.e. non intégré électroniquement) à l'unité FADEC.

10 [0064] La figure 3 représente schématiquement un exemple d'architecture matérielle du dispositif de surveillance 12 selon l'invention appartenant au système de surveillance 10 de la figure 1.

[0065] Tel qu'illustré par la figure 3, le dispositif de surveillance 12 dispose de l'architecture matérielle d'un ordinateur. Ainsi, le dispositif de surveillance 12 comporte, notamment, un processeur 1, une mémoire vive 2, une mémoire morte 3 et une mémoire non volatile 4. Il
 15 comporte en outre des moyens de communication 5.

[0066] La mémoire morte 3 du dispositif de surveillance 12 constitue un support d'enregistrement conforme à l'invention, lisible par le processeur 1 et sur lequel est enregistré un programme d'ordinateur PROG conforme à l'invention, comportant des instructions pour l'exécution d'étapes du procédé de surveillance selon l'invention. Le programme PROG définit des modules
 20 fonctionnels du dispositif de surveillance 12, qui s'appuient ou commandent les éléments matériels 1 à 5 du dispositif de surveillance 12 cités précédemment, et qui comprennent notamment :

- un premier module de détermination MOD_DET_1 configuré pour déterminer, pour au moins un intervalle temporel INT_i (i « tant un indice entier ») d'au moins un vol dudit aéronef et au
 25 cours duquel ledit moteur est en fonctionnement, la durée D_i dudit intervalle temporel INT_i,
- un module d'obtention MOD_OBT configuré pour obtenir au moins une valeur T_i_j (j étant un indice entier) de température de l'huile (contenue dans le circuit d'huile) pour ledit au moins intervalle INT_i,
- un deuxième module de détermination MOD_DET_2 configuré pour déterminer une constante d'oxydation k_i de ladite huile en fonction de ladite au moins une valeur de température T_i_j
 30 obtenue,
- un troisième module de détermination MOD_DET_3 configuré pour déterminer un taux d'antioxydants C_i présents dans l'huile à l'issue dudit au moins un intervalle temporel INT_i, en fonction de ladite durée D_i, de ladite constante d'oxydation k_i ainsi que d'un taux
 35 d'antioxydants C_0_i présents dans l'huile au commencement dudit intervalle temporel INT_i.

[0067] En outre, dans le présent exemple, lesdits modules fonctionnels comportent également :

- un module de comparaison MOD_COMP configuré pour comparer le taux d'antioxydants C_i déterminé pour ledit au moins un intervalle temporel INT_i avec une valeur seuil S_i donnée,
- un module de détection MOD_DETECT configuré pour détecter une anomalie de la qualité de l'huile contenue dans le circuit d'huile si ledit taux d'antioxydants C_i est inférieur à ladite valeur seuil S_i ,
- un module d'alerte MOD_ALERT configuré pour émettre une alerte si une anomalie de la qualité de l'huile est détectée.

[0068] Les moyens de communication 5 sont configurés pour permettre au dispositif de

surveillance 12 de communiquer, notamment, avec les moyens d'acquisition 11, de sorte à pouvoir obtenir directement une ou plusieurs mesures de volume et/ou de température acquises par ces derniers. A cet effet, les moyens de communication 5 s'appuient sur une interface de communication, filaire ou non filaire, apte à mettre en œuvre tout protocole connu (Ethernet, Wifi®, Bluetooth®, 3G, 4G, 5G, etc.) adapté à un échange de données entre le dispositif de surveillance 12 et les moyens d'acquisition 11. On note que, dans cet exemple de réalisation, les moyens de communication 5 intègrent ledit module d'obtention MOD_OBT. Bien entendu, les moyens d'acquisition 11 sont eux-mêmes pourvus de moyens de communication adaptés à la transmission d'une ou plusieurs mesures de volume et/ou de température.

[0069] Rien n'exclut non plus que le dispositif de surveillance 12 obtienne, via son module

d'obtention MOD_OBT, une ou plusieurs mesures de volume et/ou de température après que celles-ci aient été acquises et stockées dans des moyens de mémorisation externes au dispositif de surveillance 12, comme par exemple une base de données dédiée.

[0070] D'une manière générale, aucune limitation n'est attachée à la manière dont le dispositif de surveillance 12 peut obtenir une ou plusieurs mesures de volume et/ou de température.

[0071] Comme mentionné ci-avant, les déterminations de la constante d'oxydation k_i et du taux d'antioxydants C_i , par respectivement le deuxième module de détermination MOD_DET_2 et le troisième module de détermination MOD_DET_3, s'effectuent pour au moins un intervalle INT_i d'au moins un vol de l'aéronef. En conséquence, il ne peut y avoir de renouvellement de tout ou partie de l'huile du circuit d'huile au cours dudit au moins intervalle temporel INT_i, de sorte que le taux d'antioxydants C_i peut être déterminé conformément à la formule décrite auparavant. Ainsi, pour ledit au moins un intervalle INT_i, on a :

$$C_i = C_{0_i} \times \exp[-k_i \times D_i].$$

[0072] Selon un exemple particulier de réalisation, une pluralité d'intervalles temporels INT_1, ...,

INT_N (N étant un nombre entier strictement supérieur à 1) consécutifs est considérée pour ledit au moins vol. Ces intervalles INT_1, ..., INT_N peuvent être de durées respectives D_1, ..., D_N identiques ou bien au moins en partie distinctes. Par exemple, chaque intervalle

temporel correspond à une phase de vol donnée de l'aéronef (phases taxi, phase de décollage, phase de croisière, la phase d'atterrissage, etc.) ou bien à une combinaison de plusieurs de ces phases de vol (voire de l'entièreté du vol).

5 [0073] En alternative, un unique intervalle temporel INT_1 est considéré pour ledit au moins un vol. De manière similaire à ce qui a été mentionné ci-avant dans le cadre d'une pluralité d'intervalles temporels, ledit unique intervalle temporel INT_1 peut correspondre à une phase de vol donnée de l'aéronef (phases taxi, phase de décollage, phase de croisière, phase d'atterrissage, etc.) ou bien à une combinaison de plusieurs de ces phases de vol (voire de l'entièreté du vol).

10 [0074] D'une manière générale, aucune limitation n'est attachée au nombre d'intervalles temporels INT_i pouvant être considéré pour un même vol, ni même à la manière dont ces intervalles sont distribués dans le temps au cours d'un vol. Aucune limitation n'est non plus attachée au nombre de vols pouvant être considéré dans le cadre de l'invention.

15 [0075] On comprend aussi que le taux d'antioxydants C_0_i présents dans l'huile au commencement d'un intervalle temporel INT_i peut dépendre de plusieurs facteurs, dont notamment le nombre d'intervalles temporels qui sont considérés au cours d'un vol et le fait que tout ou partie de l'huile contenue dans le circuit d'huile soit renouvelée.

20 [0076] Pour illustrer ceci, on peut considérer à titre d'exemple deux vols de l'aéronef, à savoir un premier vol et un deuxième vol. On considère également que deux intervalles temporels INT_1 et INT_2 partitionnent la durée du premier vol. On a alors, pour ledit premier vol, que le taux d'antioxydants C_0_2 est égal au taux d'antioxydants C_1 déterminé à l'issue de l'intervalle INT_1 dans la mesure où les deux intervalles INT_1 et INT_2 sont consécutifs (i.e. l'instant initial de INT_2 correspond à l'instant final de INT_1). Le taux d'antioxydants C_2 déterminé à l'issue de l'intervalle INT_2 dans le cadre dudit premier vol peut quant à lui :

25 - correspondre au taux d'antioxydants présents dans l'huile au commencement d'un premier intervalle considéré pour le deuxième vol, si aucun renouvellement d'huile n'a lieu entre lesdits premier et deuxième vols, ou bien
- être utilisé pour déterminer le taux d'antioxydants présents dans l'huile au commencement d'un premier intervalle considéré pour le deuxième vol, selon que tout ou partie de l'huile est
30 renouvelée entre lesdits premier et deuxième vols, et comme cela est expliqué en détail ultérieurement dans le cadre de la description du procédé de surveillance selon l'invention.

[0077] La suite de la description vise à décrire des modes particuliers de mise en œuvre du procédé de surveillance selon l'invention. Aussi, pour la suite de la description, et à des fins uniquement de simplification de celle-ci, on se place désormais dans la configuration selon
35 laquelle un seul vol de l'aéronef est considéré, mais également selon laquelle un seul intervalle temporel INT_1 est considéré au cours dudit vol. On considère en outre à titre purement

illustratif que ledit intervalle temporel INT_1 comporte un instant initial et un instant final correspondant respectivement aux instants en lesquels l'aéronef débute une phase de roulage avant décollage (début de la phase de taxi-out) et termine une autre phase de roulage après atterrissage (fin de la phase de taxi-out).

5 [0078] La figure 4 représente, sous forme d'ordinogramme, un premier mode particulier de mise en œuvre du procédé de surveillance selon l'invention par le dispositif de surveillance 12 de la figure 3.

[0079] Tel qu'illustré par la figure 4, le procédé de surveillance comporte, pour ledit intervalle temporel INT_1, un ensemble d'étapes. Ledit ensemble d'étapes comprend notamment une
10 étape E10 de détermination d'une durée D_1 dudit intervalle temporel INT_1. Ladite étape E10 est mise en œuvre par le premier module de détermination MOD_DET_1 équipant le dispositif de surveillance 12.

[0080] La détermination de ladite durée D_1 s'effectue de manière conventionnelle, en retranchant à l'instant final de l'intervalle INT_1 l'instant initial dudit intervalle INT_1. A cet
15 effet, l'unité de calcul FADEC est configurée pour enregistrer dans des moyens de mémorisation qui l'équipent lesdits instants initial et final au cours du vol de l'aéronef, de sorte qu'ils sont ensuite accessibles pour la mise en œuvre de l'étape E10.

[0081] Ledit ensemble d'étapes comporte également une étape E20 d'obtention d'au moins une valeur T_1_j de température de l'huile (pour ledit un intervalle temporel INT_1). Ladite étape
20 E20 est mise en œuvre par le module d'obtention MOD_OBT équipant le dispositif de surveillance 12.

[0082] A titre d'exemple nullement limitatif, plusieurs valeurs T_1_1, ..., T_1_M (M étant un entier strictement supérieur à 1) sont obtenues pour ledit intervalle temporel INT_1, ces valeurs T_1_1, ..., T_1_M correspondant à des mesures acquises par les moyens d'acquisition 11 au
25 cours de l'intervalle temporel INT_1. Ainsi, dans cet exemple, l'étape E20 consiste en l'obtention desdites mesures acquises par le dispositif de surveillance 12 via une transmission de données entre les moyens d'acquisition 11 et ledit dispositif de surveillance 12.

[0083] Rien n'exclut bien entendu que seule une valeur T_1_1 de température soit obtenue au pour ledit intervalle temporel INT_1, cette valeur T_1_1 correspondant dès lors à une mesure
30 acquise au cours de l'intervalle temporelle INT_1. Ainsi, l'obtention faisant l'objet de l'étape E20 concerne uniquement la transmission de cette seule mesure de température.

[0084] Ledit ensemble d'étapes comporte également une étape E30 de détermination d'une constante d'oxydation k_1 de l'huile en fonction de ladite au moins une valeur T_1_j de température obtenue. Ladite étape E30 est mise en œuvre par le deuxième module de
35 détermination MOD_DET_2 équipant le dispositif de surveillance 12.

[0085] Par exemple, lorsque seule une valeur T_{1_1} de température est obtenue pour l'intervalle temporel INT_1 suite à la mise en œuvre de l'étape E20, ladite constante d'oxydation k_1 est déterminée à partir de cette seule valeur T_{1_1} de température. La détermination de la constante d'oxydation k_1 s'effectue de manière connue en soi, par exemple par consultation d'une table de valeurs (abaque) stockée dans des moyens de mémorisation du dispositif de surveillance 12 (exemple : la mémoire non volatile 4), ou bien encore en exécutant des instructions de code contenues dans le programme PROG et dédiées au calcul de ladite constante d'oxydation k_1 .

[0086] Selon un autre exemple de mise en œuvre, lorsqu'une pluralité de valeurs T_{1_1} , ..., T_{1_M} sont obtenues pour l'intervalle INT_1 suite à la mise en œuvre de l'étape E20, l'étape E30 comporte tout d'abord un calcul d'une moyenne des valeurs T_{1_1} , ..., T_{1_M} , la constante d'oxydation k_1 étant alors déterminée à partir de la moyenne ainsi calculée.

[0087] Le choix selon lequel une moyenne est calculée lorsqu'une pluralité de valeurs T_{1_1} , ..., T_{1_M} sont acquises ne constitue qu'une variante d'implémentation de l'invention. Ainsi, d'autres variantes sont envisageables, comme par exemple : calcul d'une moyenne d'une partie seulement des valeurs T_{1_1} , ..., T_{1_M} acquises (ladite moyenne pouvant en outre être pondérée), sélection d'une valeur parmi les valeurs T_{1_1} , ..., T_{1_M} , etc. En définitive, ce qui importe avant tout est de déterminer une unique valeur de température à partir de ladite pluralité de valeurs T_{1_1} , ..., T_{1_M} , de sorte que la constante d'oxydation k_1 puisse être déterminée à partir de ladite unique valeur de température (k_1 pouvant être vue comme une fonction réelle à une seule variable).

[0088] Il importe de noter que, lorsqu'une pluralité de mesures sont acquises au cours de l'intervalle INT_1, rien n'exclut que ladite unique valeur soit déterminée à partir de ladite pluralité de mesures acquises lors de la mise en œuvre de l'étape E20 d'obtention et non pas lors de la mise en œuvre de l'étape E30 de détermination de la constante k_1 . Dit encore autrement, et au sens de la présente invention, le terme « obtention » en relation avec l'étape E20 peut tout aussi bien faire référence, comme cela a été décrit ci-avant, à une transmission de mesures de température entre les moyens d'acquisition 11 et le dispositif de surveillance 12, mais également à l'obtention en tant que tel de ladite unique valeur de température.

[0089] Bien entendu, encore d'autres exemples de mise en œuvre peuvent être envisagés lorsqu'une pluralité de valeurs T_{1_1} , ..., T_{1_M} sont obtenues pour ledit l'intervalle INT_1, comme par exemple une détermination de constantes d'oxydation k_{1_1} , ..., k_{1_M} pour chacune de ces valeurs T_{1_1} , ..., T_{1_M} , la constante d'oxydation k_1 étant dès lors déterminée comme étant égale à une moyenne pondérée de tout ou partie desdites constantes k_{1_1} , ..., k_{1_M} , ou bien égale à l'une quelconque desdites constantes k_{1_1} , ..., k_{1_M} , etc.

[0090] Dans ledit premier mode de mise en œuvre, ledit ensemble d'étapes comporte également une étape E40 de détermination d'un taux d'antioxydants C₁ présents dans l'huile à l'issue dudit au moins un intervalle temporel INT₁, en fonction de ladite durée D₁, de ladite constante d'oxydation k₁ ainsi que d'un taux d'antioxydants C_{0_1} présents dans l'huile au commencement dudit intervalle temporel. Ladite étape E40 est mise en œuvre par le troisième module de détermination MOD_DET_3 équipant le dispositif de surveillance 12.

[0091] Comme déjà détaillé ci-avant, la détermination dudit taux d'antioxydants C₁ s'effectue suivant la formule suivante :

$$C_1 = C_{0_i} \times \exp[-k_1(T_i) \times D_1]$$

[0092] Tel qu'illustré par la figure 4, ledit ensemble d'étapes comporte en outre une étape E50 de comparaison du taux d'antioxydants C₁ déterminé pour l'un intervalle temporel INT₁ avec une valeur seuil S₁ donnée. Ladite étape E50 est mise en œuvre par le module de comparaison MOD_COMP équipant le dispositif de surveillance 12.

[0093] Ladite valeur seuil S₁ correspond à une valeur limite en dessous de laquelle il est considéré que le taux d'antioxydants C₁ présents dans l'huile contenue dans le circuit moteur est trop faible, impliquant dès lors une qualité d'huile jugée comme insatisfaisante.

[0094] Aucune limitation n'est attachée à ladite valeur seuil S₁, l'homme du métier étant en mesure de la fixer dans la mesure où il connaît les contraintes de conception et de dimensionnement qui sont associées au moteur de l'aéronef. Ainsi, et selon un exemple plus particulier de mise en œuvre, ladite valeur seuil S₁ est fixée en prenant en compte une marge par rapport à un taux d'antioxydants considéré comme non satisfaisant car présentant un risque pour le maintien de l'intégrité du moteur.

[0095] Ladite étape E50 de comparaison permet donc de tester si le taux d'antioxydants C₁ est inférieur ou supérieur à la valeur seuil S₁. En fonction du résultat de cette comparaison, le procédé de surveillance peut comporter un ou plusieurs étapes supplémentaires.

[0096] Ainsi, dans ledit premier mode de mise en œuvre, et si le taux d'antioxydants C₁ est inférieur à la valeur seuil S₁, ledit ensemble d'étapes comporte une étape E60 de détection d'une anomalie de la qualité de l'huile contenue dans le circuit d'huile. Ladite étape E60 est mise en œuvre par le module de détection MOD_DETECT équipant le dispositif de surveillance 12.

[0097] Comme mentionné ci-avant, la détection d'une anomalie de la qualité de l'huile correspond ici au résultat d'une comparaison entre des quantités numériques (quantités C₁ et S₁). Autrement dit, à ce stade du procédé de surveillance, l'information selon laquelle la qualité de l'huile n'est éventuellement pas suffisante correspond à une information numérique, typiquement encodée sous forme de bits, qui est par exemple enregistrée par des moyens de

mémorisation du dispositif de surveillance 12 pour être analysée en temps réel ou bien en temps différé.

5 [0098] Aussi, dans ledit premier mode de mise en œuvre, ledit ensemble d'étapes comporte en outre une étape E70 d'émission d'une alerte si une anomalie de la qualité de l'huile est détectée. Ladite étape E70 est mise en œuvre par le module d'alerte MOD_ALERT équipant le dispositif de surveillance 12.

[0099] Ladite alerte correspond par exemple à un signal sonore, à un signal lumineux, etc., ce signal pouvant être transmis à un opérateur au sol en charge de la maintenance de l'aéronef, voire également au cockpit de l'aéronef afin d'alerter le personnel naviguant.

10 [0100] On note que si aucune anomalie n'est détectée, alors, bien entendu, aucune alerte n'est émise (étape E75 sur la figure 5).

[0101] Le procédé de surveillance a jusqu'à présent été décrit en considérant que ledit ensemble d'étapes comportaient l'étape de comparaison E50 ainsi que lesdites étapes de détection E60 et d'émission ou non d'une alerte E70/E75 le cas échéant. Il convient toutefois de noter que
15 ces étapes E50, E60 et E70/E75 ne sont pas essentielles à l'invention dans la mesure où le fait de mettre en œuvre uniquement les étapes E10, E20, 30 et E40 pour ledit ensemble d'étapes permet déjà de surveiller de manière efficace (et éventuellement de manière régulière si plusieurs vols et/ou plusieurs intervalles sont considérés), ainsi qu'à moindre coût, la qualité de l'huile contenue dans le circuit d'huile d'un moteur d'aéronef. En effet, l'accès au taux
20 d'antioxydants C_1 déterminé suite à la mise en œuvre de l'étape E40 offre déjà la possibilité d'effectuer une surveillance du moteur, ce taux C_1 pouvant par exemple être mémorisé pour être analysé ultérieurement au vol. En conséquence, le fait que le dispositif de surveillance 12 soit équipé des modules de comparaison MOD_COMP, de détection MOD_DETECT et d'alerte MOD_ALERT n'est également pas essentiel à l'invention.

25 [0102] D'ailleurs, si les étapes E10 à E70/E75 sont exécutées pour l'intervalle temporel INT_1, elles ne sont pas nécessairement exécutées pendant le vol de l'aéronef. Ainsi, rien n'exclut que tout ou partie des étapes E10 à E70/E75 soient exécutées une fois que le vol de l'aéronef est terminé, les différentes données nécessaires aux étapes exécutées une fois le vol terminé ayant été mémorisées et étant dès lors accessibles.

30 [0103] La suite de la description vise à détailler d'autres modes particuliers de mise en œuvre du procédé de surveillance selon l'invention.

[0104] La figure 5 représente, sous forme d'ordinogramme, un deuxième mode particulier de mise en œuvre du procédé de surveillance selon l'invention par le dispositif de surveillance 12 de la figure 3.

[0105] Ledit deuxième mode de mise en œuvre reprend les étapes E10 à E70/E75 du premier mode de mise en œuvre (l'étape E70/E75 étant facultative dans ledit deuxième mode).

[0106] Selon ledit deuxième mode de mise en œuvre, et tel qu'illustré par la figure 5, le procédé de surveillance comporte également, à l'issue du vol et si une anomalie de la qualité de l'huile a été détectée, une étape E80 de renouvellement de tout ou partie de l'huile contenue dans le circuit d'huile. Ledit renouvellement s'effectue par ajout d'un volume d'huile dans ledit circuit d'huile, l'huile ajoutée étant associée à un taux d'antioxydants donné dit « taux nouveau ».

[0107] Le fait de renouveler tout ou partie de l'huile découle bien entendu du fait qu'une anomalie quant à la qualité de l'huile a été détectée. Le niveau de cette anomalie (i.e. dans le cas présent, l'écart entre le taux d'antioxydants C_1 et le seuil S_1) détermine si toute l'huile ou seulement une partie doit être renouvelée.

[0108] Selon ledit deuxième mode de mise en œuvre, le procédé de surveillance comporte également une étape E90 d'obtention d'un volume d'huile restant dans ledit circuit d'huile avant l'ajout d'huile, l'huile restante étant associée à un taux d'antioxydants dit « taux ancien » déterminé pour le dernier intervalle temporel considéré avant ledit renouvellement d'huile. Dans le présent mode, ledit dernier intervalle temporel correspond à l'intervalle INT_1 dans la mesure où seul ce dernier est considéré au cours du vol. En conséquence, ledit taux ancien correspond au taux d'antioxydants C_1 précédemment déterminé.

[0109] Ladite étape E90 est mise en œuvre par un module dédié (non représenté sur les figures) du dispositif de surveillance 12. Par exemple, une mesure de volume d'huile présent dans le circuit d'huile avant l'ajout d'huile est acquise par un capteur idoine appartenant aux moyens d'acquisition 11, puis transmise au dispositif de surveillance 12.

[0110] Selon un autre exemple, ledit volume d'huile restant est calculé, de manière connue en soi, à partir du volume d'huile contenue dans le circuit d'huile au début du vol de l'aéronef ainsi que de la valeur de la consommation d'huile du moteur et de la durée du vol.

[0111] Selon ledit deuxième mode de mise en œuvre, le procédé de surveillance comporte également une étape E100 de détermination du volume d'huile ajouté. Ladite étape E100 est mise en œuvre, de manière connue en soi, par un module dédié (non représenté sur les figures) du dispositif de surveillance 12.

[0112] Par exemple, une mesure de volume d'huile présent dans le circuit d'huile après le renouvellement est acquise par un capteur idoine appartenant aux moyens d'acquisition 11, puis transmises au dispositif de surveillance 12 qui peut dès lors déterminer le volume d'huile ajouté à partir dudit volume d'huile restant et dudit volume d'huile présent dans le circuit d'huile après le renouvellement.

[0113] Finalement, le procédé de surveillance comporte également, dans ledit deuxième mode de mise en œuvre, une étape E110 de calcul d'une quantité Q1 égale à la somme des taux ancien et nouveau respectivement pondérés par lesdits volumes d'huile restant et ajouté, ladite quantité Q1 correspondant à un taux d'antioxydants présents dans l'huile contenue dans le circuit d'huile à l'issue du renouvellement d'huile. Ladite étape E110 est mise en œuvre par un module dédié (non représenté sur les figures) du dispositif de surveillance 12.

[0114] Il convient de noter que dans le cas où un autre vol serait envisagé à l'issue de la mise en œuvre du procédé de surveillance selon ce deuxième mode, ladite quantité Q1 constituerait dès lors le taux d'antioxydants présents dans l'huile au commencement du premier intervalle qui serait considéré pour cet autre vol. Il en serait de même en ce qui concerne le volume d'huile présent dans le circuit d'huile à l'issue du renouvellement.

[0115] La figure 6 représente, sous forme d'ordinogramme, un troisième mode particulier de mise en œuvre du procédé de surveillance selon l'invention par le dispositif de surveillance 12 de la figure 3.

[0116] Ledit troisième mode de mise en œuvre reprend les étapes E10 à E110 des premier et deuxième modes de mise en œuvre.

[0117] Selon ledit troisième mode de mise en œuvre, et tel qu'illustré par la figure 6, le procédé de surveillance comporte également, à l'issue du vol et si aucune anomalie n'a été détectée, une étape E130 de détection d'un éventuel ajout d'un volume d'huile dans le circuit d'huile, le volume d'huile ajouté étant associé à un taux d'antioxydants donné dit « taux nouveau ».

[0118] Ladite étape E130 est mise en œuvre par un module dédié (non représenté sur les figures) du dispositif de surveillance 12. Par exemple, et de manière similaire à ce qui a été décrit ci-avant en référence à la figure 5, une mesure de volume d'huile présent dans le circuit d'huile à l'issue d'une période temporelle donnée (i.e. le temps requis pour effectuer un éventuel complément d'huile) est acquise par un capteur idoine appartenant aux moyens d'acquisition 11, puis transmises au dispositif de surveillance 12. Cette mesure de volume est alors comparée à une autre mesure du volume d'huile restant dans le circuit d'huile dont l'obtention est décrite ci-après.

[0119] Pour la suite de la description dudit troisième mode de mise en œuvre, on suppose qu'un volume d'huile est ajouté dans le circuit d'huile à l'issue du vol et avant que ne soit mis en œuvre l'étape E130 de détection. Plus particulièrement, et tel qu'illustré par la figure 6, le procédé de surveillance comporte ici une étape E120 d'ajout d'un volume d'huile, de sorte que le résultat de l'étape E130 de détection est positif. On comprend bien entendu qu'une telle étape E120 d'ajout d'un volume d'huile est facultative, et que si aucun ajout d'huile n'est effectué (non représenté sur la figure 6), le résultat de l'étape E130 de détection est cette fois-ci négatif.

[0120] Selon ledit troisième mode de mise en œuvre, le procédé de surveillance comporte également une étape E140 obtention d'un volume d'huile restant dans ledit circuit d'huile avant l'ajout d'huile, l'huile restante étant associée à un taux d'antioxydants dit « taux ancien » déterminé pour le dernier intervalle temporel considéré avant l'ajout d'huile, ainsi qu'une étape E150 de détermination du volume d'huile ajouté. Lesdites étapes E140 et E150 sont respectivement mises en œuvre de manière similaire aux mises en œuvre des étapes E90 et E100 décrites ci-avant.

[0121] Finalement, le procédé de surveillance comporte également, dans ledit troisième mode de mise en œuvre, une étape E160 de calcul d'une quantité Q2 égale à la somme des taux ancien et nouveau respectivement pondérés par lesdits volumes d'huile restant et ajouté, ladite quantité Q2 correspondant à un taux d'antioxydants présents dans l'huile contenue dans le circuit d'huile à l'issue de l'ajout d'huile. Ladite étape E160 est mise en œuvre de manière similaire à la mise en œuvre de l'étape E110 décrite ci-avant.

[0122] Par ailleurs, il convient de noter que dans le cas où un autre vol serait envisagé à l'issue de la mise en œuvre du procédé de surveillance selon ce troisième mode, ladite quantité Q2 constituerait dès lors le taux d'antioxydants présents dans l'huile au commencement du premier intervalle qui serait considéré pour cet autre vol. Bien entendu, si aucun ajout de volume d'huile n'a été détecté, le taux d'antioxydants à prendre en compte pour ledit autre vol correspondrait audit taux d'antioxydants ancien.

[0123] On note également que le troisième mode de mise en œuvre de la figure 6 a été écrit ci-avant comme étant combiné aux premier et deuxième modes de mise en œuvre des figures 4 et 5 respectivement. Rien n'exclut cependant d'envisager, suivant encore un autre mode de mise en œuvre, une combinaison des étapes E120 à E160 avec les seules étapes E10 à E70/E75 (l'étape E70/E75 étant facultative dans ledit troisième mode), autrement dit sans que le deuxième mode de mise en œuvre soit envisagé.

[0124] Le procédé de surveillance selon l'invention a été décrit jusqu'à présent en considérant un seul vol de l'aéronef. Ledit procédé reste néanmoins applicable au cas où une pluralité de vols est considérée, auquel cas les étapes du procédé, et ce quel que soit le mode de mise en œuvre envisagé, sont itérées pour chacun desdits vols. On note que la valeur seuil du taux d'antioxydants considérée pour un vol peut être différente pour un autre vol.

[0125] Le procédé de surveillance a en outre été décrit en considérant que les étapes dudit ensemble d'étapes étaient mises en œuvre une seule fois au cours dudit intervalle INT_1. Toutefois, rien n'exclut d'envisager que lesdites étapes de l'ensemble d'étapes soient itérées de manière récurrente, par exemple suivant un pas de temps donné, au cours dudit intervalle INT_1. Il convient de noter qu'une telle option de mise en œuvre est équivalente au fait de considérer une pluralité d'intervalles temporels pour un même vol, lesdites étapes de

l'ensemble d'étapes étant alors exécutées une seule fois pour chacun des intervalles temporels de ladite pluralité d'intervalles temporels.

Revendications

[Revendication 1] Procédé de surveillance de la qualité de l'huile contenue dans un circuit d'huile d'un moteur d'aéronef, ledit procédé comportant un ensemble d'étapes mises en œuvre pour au moins un intervalle temporel d'au moins un vol dudit aéronef et au cours duquel ledit

moteur est en fonctionnement, ledit ensemble d'étapes comprenant des étapes de :

- détermination (E10) d'une durée dudit intervalle temporel,
- obtention (E20) d'au moins une valeur de température de l'huile,
- détermination (E30) d'une constante d'oxydation de ladite huile en fonction de ladite au moins une valeur de température obtenue,
- détermination (E40) d'un taux d'antioxydants présents dans l'huile à l'issue dudit au moins un intervalle temporel, en fonction de ladite durée, de ladite constante d'oxydation ainsi que d'un taux d'antioxydants présents dans l'huile au commencement dudit intervalle temporel.

[Revendication 2] Procédé selon la revendication 1, dans lequel ledit ensemble d'étapes comporte en outre des étapes de :

- comparaison (E50) du taux d'antioxydants déterminé pour ledit au moins un intervalle temporel avec une valeur seuil donnée,
- et, si ledit taux d'antioxydants est inférieur à ladite valeur seuil,
- détection (E60) d'une anomalie de la qualité de l'huile contenue dans le circuit d'huile.

[Revendication 3] Procédé selon la revendication 2, dans lequel ledit ensemble d'étapes comporte en outre une étape d'émission (E70) d'une alerte si une anomalie de la qualité de l'huile est détectée.

[Revendication 4] Procédé selon l'une quelconque des revendications 2 et 3, ledit procédé comportant en outre, à l'issue dudit au moins un vol et si une anomalie de la qualité de l'huile a été détectée, des étapes de :

- renouvellement (E80) de tout ou partie de l'huile contenue dans le circuit d'huile, par ajout d'un volume d'huile dans ledit circuit d'huile, l'huile ajoutée étant associée à un taux d'antioxydants donné dit « taux nouveau »,
- obtention (E90) d'un volume d'huile restant dans ledit circuit d'huile avant l'ajout d'huile, l'huile restante étant associée à un taux d'antioxydants dit « taux ancien » déterminé pour le dernier intervalle temporel considéré avant ledit renouvellement d'huile,
- détermination (E100) du volume d'huile ajouté,
- calcul (E110) d'une quantité égale à la somme des taux ancien et nouveau respectivement pondérés par lesdits volumes d'huile restant et ajouté, ladite quantité correspondant à un taux d'antioxydants présents dans l'huile contenue dans le circuit d'huile à l'issue du renouvellement d'huile.

[Revendication 5] Procédé selon l'une quelconque des revendications 2 à 4, ledit procédé comportant en outre, à l'issue dudit au moins un vol et si aucune anomalie n'a été détectée, des

étapes de :

- détection (E130) d'un éventuel ajout d'un volume d'huile dans le circuit d'huile, le volume d'huile ajouté étant associé à un taux d'antioxydants donné dit « taux nouveau »,
et, si une étape d'ajout (E120) dudit volume d'huile dans le circuit d'huile a été mise en œuvre de
5 sorte que l'ajout dudit volume d'huile est détecté,
- obtention (E140) d'un volume d'huile restant dans ledit circuit d'huile avant l'ajout d'huile, l'huile restante étant associée à un taux d'antioxydants dit « taux ancien » déterminé pour le dernier intervalle temporel considéré avant l'ajout d'huile,
- détermination (E150) du volume d'huile ajouté,
- 10 - calcul (E160) d'une quantité égale à la somme des taux ancien et nouveau respectivement pondérés par lesdits volumes d'huile restant et ajouté, ladite quantité correspondant à un taux d'antioxydants présents dans l'huile contenue dans le circuit d'huile à l'issue de l'ajout d'huile.

[Revendication 6] Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel, au
cours dudit au moins un intervalle temporel, les étapes dudit ensemble d'étapes sont itérées de
15 manière récurrente.

[Revendication 7] Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, dans lequel un
seul intervalle temporel est considéré au cours dudit au moins un vol, ledit intervalle temporel
comportant un instant initial et un instant final correspondant respectivement aux instants en
lesquels l'aéronef débute une phase de roulage avant décollage et termine une autre phase de
20 roulage après atterrissage.

[Revendication 8] Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, dans lequel une
pluralité de vols de l'aéronef est considérée, les étapes du procédé étant itérées pour chacun
desdits vols.

[Revendication 9] Programme d'ordinateur comportant des instructions pour la mise en
25 œuvre d'un procédé de surveillance selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, à l'exception
de l'étape de renouvellement selon la revendication 4 ainsi que de l'étape d'ajout selon la
revendication 5, lorsque ledit programme d'ordinateur est exécuté par un ordinateur.

[Revendication 10] Support d'enregistrement lisible par un ordinateur sur lequel est enregistré
un programme d'ordinateur selon la revendication 9.

30 [Revendication 11] Dispositif (12) de surveillance de la qualité de l'huile contenue dans un
circuit d'huile d'un moteur d'aéronef, ledit dispositif comportant :

- un premier module de détermination (MOD_DET_1) configuré pour déterminer, pour au moins un intervalle temporel d'au moins un vol dudit aéronef et au cours duquel ledit moteur est en fonctionnement, la durée dudit intervalle temporel,
- 35 - un module d'obtention (MOD_OBT) configuré pour obtenir au moins une mesure de température de l'huile pour ledit au moins un intervalle temporel,
- un deuxième module de détermination (MOD_DET_2) configuré pour déterminer une constante d'oxydation de ladite huile en fonction de la température obtenue,

- un troisième module de détermination (MOD_DET_3) configuré pour déterminer un taux d'antioxydants présents dans l'huile à l'issue dudit au moins un intervalle temporel, en fonction de ladite durée, de ladite constante d'oxydation ainsi que d'un taux d'antioxydants présents dans l'huile au commencement dudit intervalle temporel.

5 [Revendication 12] Dispositif (12) de surveillance selon la revendication 11, ledit dispositif comportant en outre :

- un module de comparaison (MOD_COMP) configuré pour comparer le taux d'antioxydants déterminé pour ledit au moins un intervalle temporel avec une valeur seuil donnée,

10 - un module de détection (MOD_DETECT) configuré pour détecter une anomalie de la qualité de l'huile contenue dans le circuit d'huile si ledit taux d'antioxydants est inférieur à ladite valeur seuil.

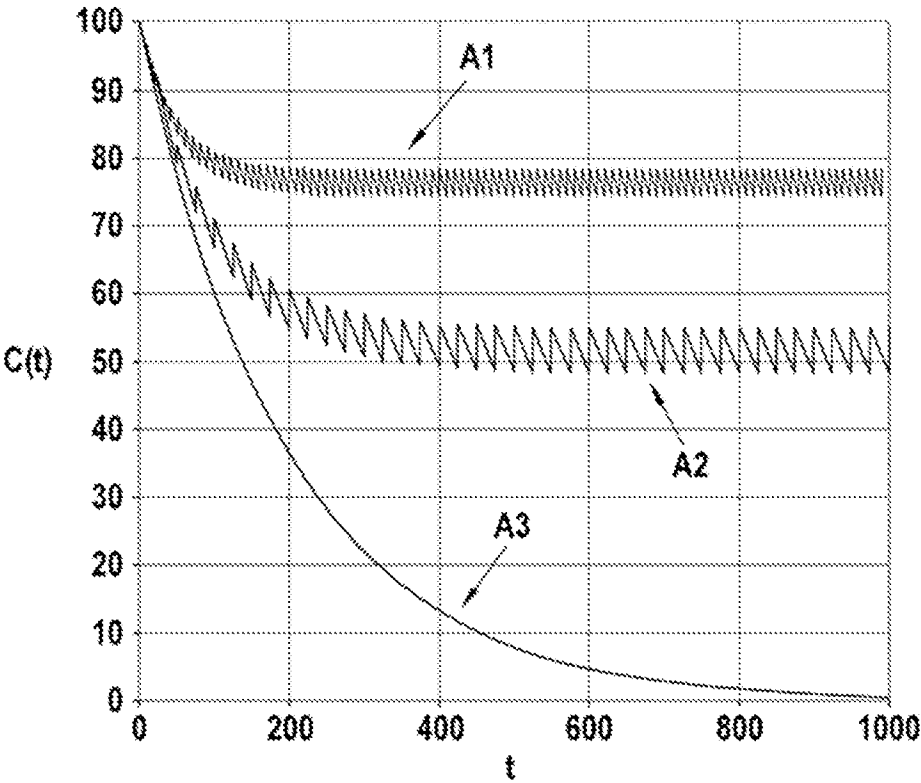
[Revendication 13] Système (10) de surveillance de la qualité d'huile contenue dans le circuit d'huile du moteur de l'aéronef, ledit système de surveillance comporte :

- des moyens d'acquisition (11) configurés pour acquérir au moins une mesure de température de l'huile contenue dans le circuit d'huile,

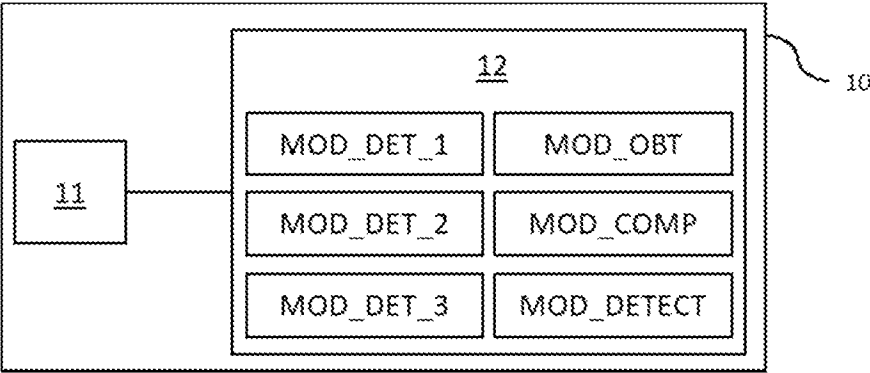
15 - un dispositif (12) de surveillance selon l'une quelconque des revendications 11 à 12.

[Revendication 14] Aéronef comportant un système (10) de surveillance selon la revendication 13.

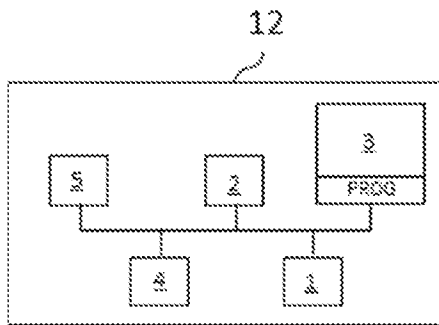
[Fig. 1]



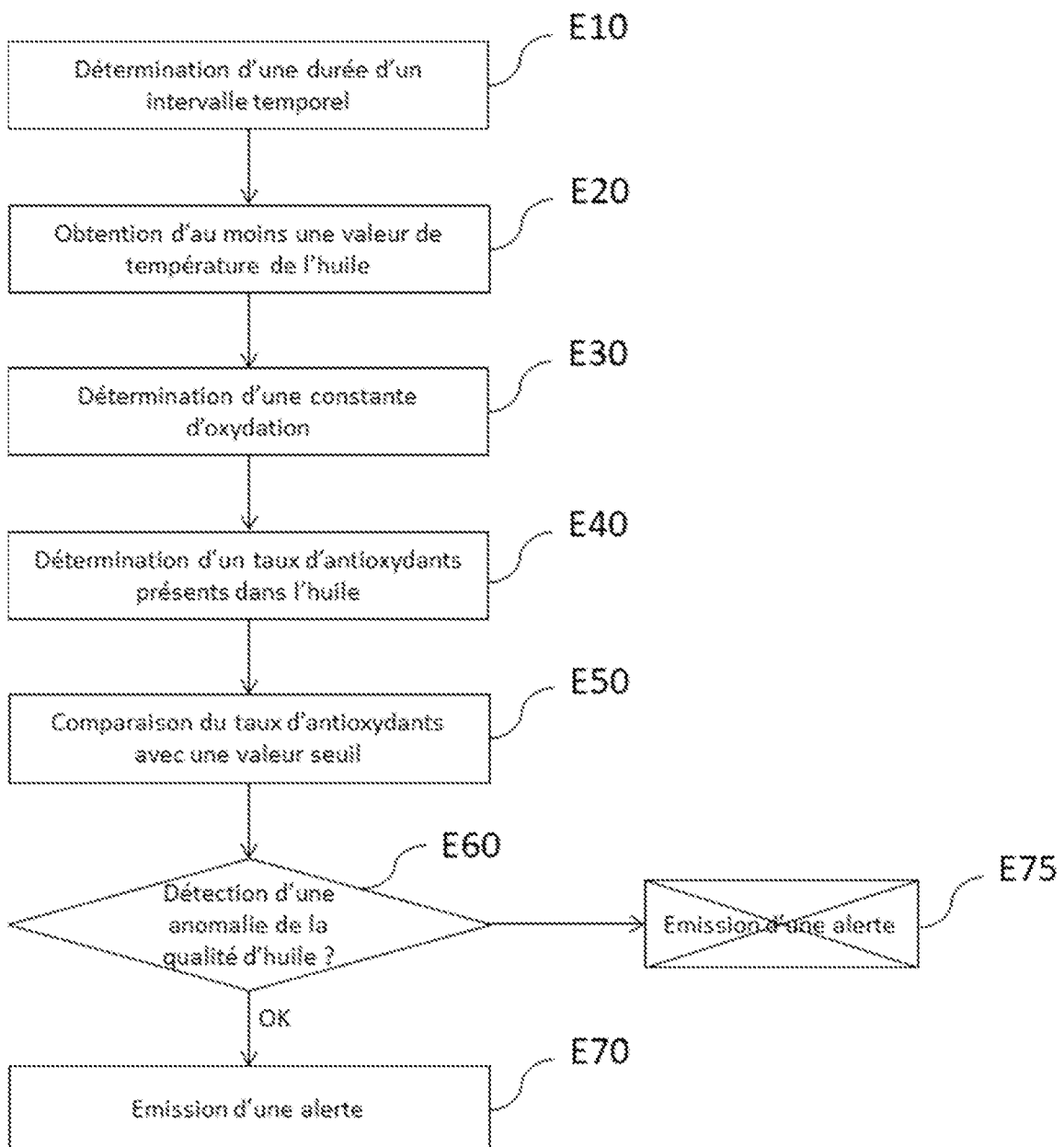
[Fig. 2]



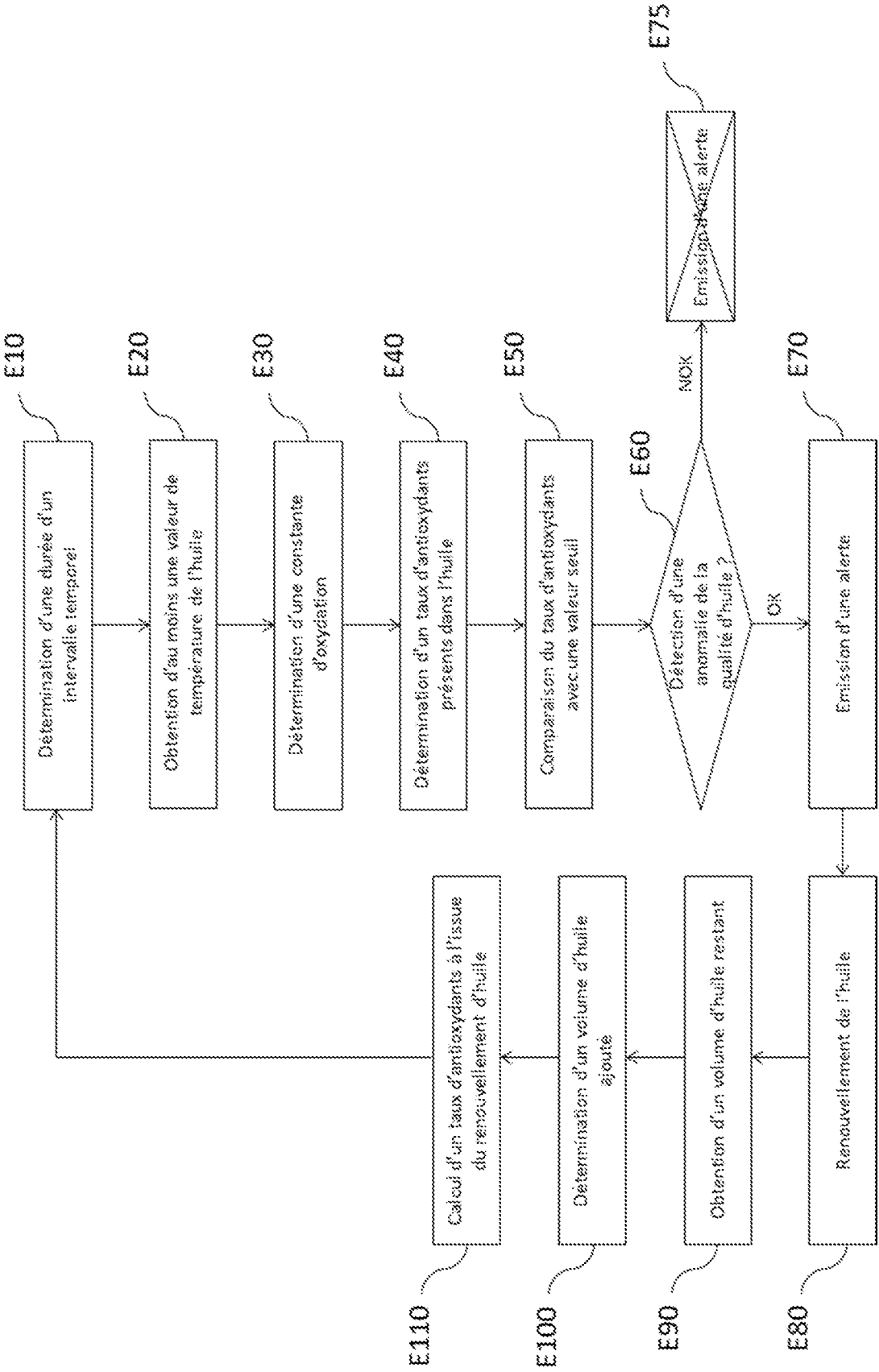
[Fig. 3]



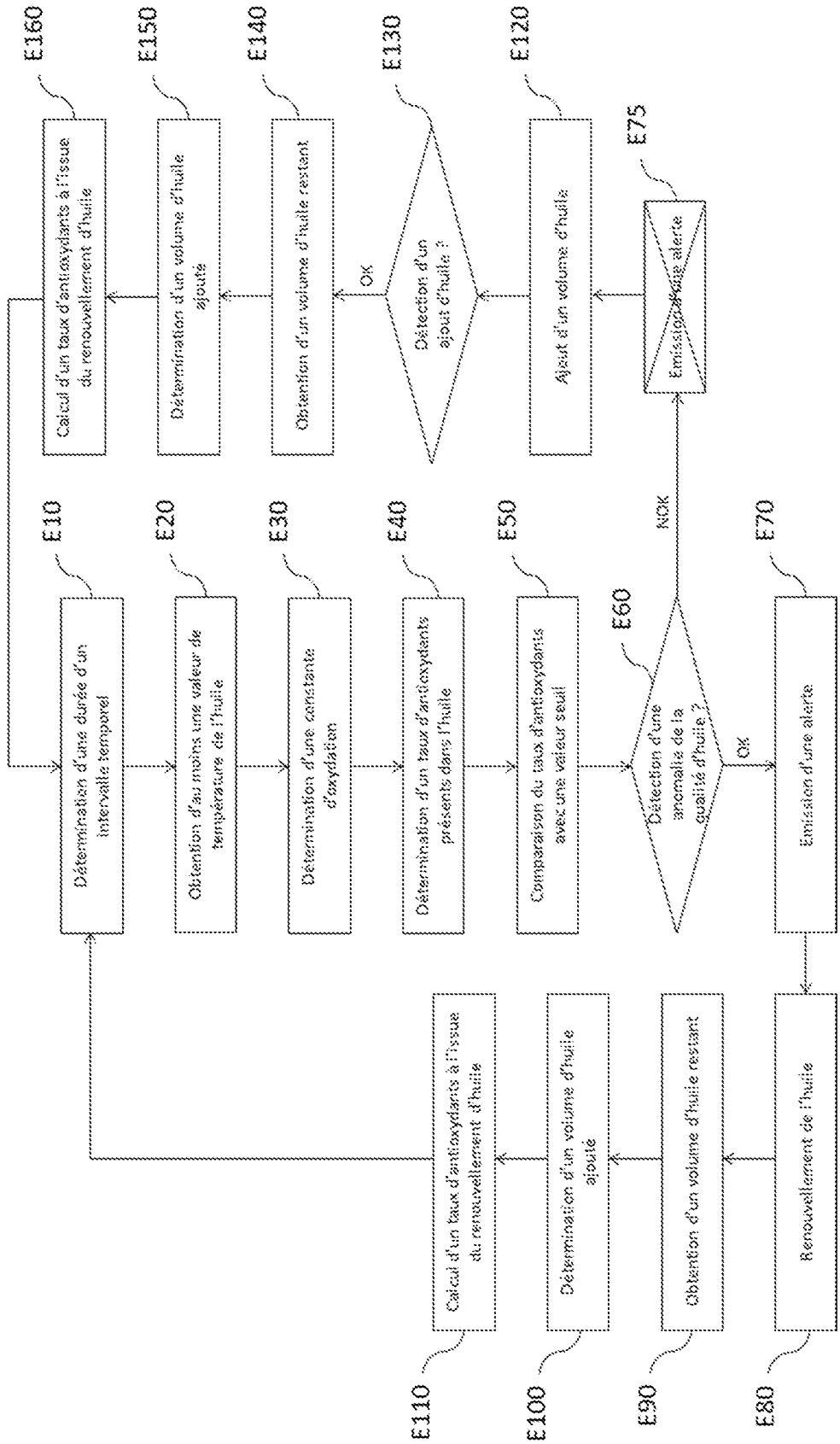
[Fig. 4]



[Fig. 5]



[Fig. 6]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/FR2021/051992**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER****F01M 11/10**(2006.01)i; **F16N 29/04**(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

F01M; F16N

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	FR 2807469 A1 (RENAULT [FR]) 12 October 2001 (2001-10-12) page 4, lines 14-16; figures 1-8 page 7, lines 10-15 page 10, line 11 - page 12, line 13	1-6,8-14 7
X	US 2010180671 A1 (OKUYAMA YOSUKE [JP] ET AL) 22 July 2010 (2010-07-22) paragraphs [0014] - [0015], [0017] - [0018], [0029], [0071] - [0077], [0089], [0106] - [0114]; figures 8, 10	1,9-11
A	US 5071527 A (KAUFFMAN ROBERT E [US]) 10 December 1991 (1991-12-10) column 3, lines 3-20	1-14
A	US 6421588 B1 (JANATA JIRI [US]) 16 July 2002 (2002-07-16) column 6, line 66 - column 7, line 13 column 8, line 64 - column 9, line 9	1-14
A	JP 2007146674 A (TOYOTA MOTOR CORP) 14 June 2007 (2007-06-14) paragraphs [0009] - [0012], [0031] - [0034]	1,9-11



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

02 February 2022

Date of mailing of the international search report

10 February 2022

Name and mailing address of the ISA/EP

European Patent Office
p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk
Netherlands

Telephone No. (+31-70)340-2040

Facsimile No. (+31-70)340-3016

Authorized officer

Ducloyer, Stéphane

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/FR2021/051992

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
FR	2807469	A1	12 October 2001	NONE			
US	2010180671	A1	22 July 2010	CN	101680318	A	24 March 2010
				CN	102278169	A	14 December 2011
				EP	2161419	A1	10 March 2010
				US	2010180671	A1	22 July 2010
				WO	2009004973	A1	08 January 2009
US	5071527	A	10 December 1991	AU	637958	B2	10 June 1993
				CA	2045053	A1	30 December 1991
				DE	69112140	T2	25 April 1996
				EP	0463796	A1	02 January 1992
				JP	H0593713	A	16 April 1993
				JP	H0816672	B2	21 February 1996
				KR	920001198	A	30 January 1992
				US	5071527	A	10 December 1991
US	6421588	B1	16 July 2002	AU	1820600	A	05 June 2000
				US	6128561	A	03 October 2000
				US	6421588	B1	16 July 2002
				WO	0029817	A1	25 May 2000
JP	2007146674	A	14 June 2007	NONE			

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2021/051992

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. F01M11/10 F16N29/04 ADD.		
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB		
B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) F01M F16N		
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche		
Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	FR 2 807 469 A1 (RENAULT [FR]) 12 octobre 2001 (2001-10-12)	1-6, 8-14
A	page 4, lignes 14-16; figures 1-8 page 7, lignes 10-15 page 10, ligne 11 - page 12, ligne 13 -----	7
X	US 2010/180671 A1 (OKUYAMA YOSUKE [JP] ET AL) 22 juillet 2010 (2010-07-22) alinéas [0014] - [0015], [0017] - [0018], [0029], [0071] - [0077], [0089], [0106] - [0114]; figures 8, 10 -----	1, 9-11
A	US 5 071 527 A (KAUFFMAN ROBERT E [US]) 10 décembre 1991 (1991-12-10) colonne 3, lignes 3-20 ----- -/-	1-14
☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents ☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe		
* Catégories spéciales de documents cités: "A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée) "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée "T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier "&" document qui fait partie de la même famille de brevets		
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale
2 février 2022		10/02/2022
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Fonctionnaire autorisé Ducloyer, Stéphane

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	US 6 421 588 B1 (JANATA JIRI [US]) 16 juillet 2002 (2002-07-16) colonne 6, ligne 66 - colonne 7, ligne 13 colonne 8, ligne 64 - colonne 9, ligne 9 -----	1-14
A	JP 2007 146674 A (TOYOTA MOTOR CORP) 14 juin 2007 (2007-06-14) alinéas [0009] - [0012], [0031] - [0034] -----	1, 9-11

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2021/051992

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
FR 2807469	A1	12-10-2001	AUCUN	
US 2010180671	A1	22-07-2010	CN 101680318 A	24-03-2010
			CN 102278169 A	14-12-2011
			EP 2161419 A1	10-03-2010
			US 2010180671 A1	22-07-2010
			WO 2009004973 A1	08-01-2009
US 5071527	A	10-12-1991	AU 637958 B2	10-06-1993
			CA 2045053 A1	30-12-1991
			DE 69112140 T2	25-04-1996
			EP 0463796 A1	02-01-1992
			JP H0593713 A	16-04-1993
			JP H0816672 B2	21-02-1996
			KR 920001198 A	30-01-1992
			US 5071527 A	10-12-1991
US 6421588	B1	16-07-2002	AU 1820600 A	05-06-2000
			US 6128561 A	03-10-2000
			US 6421588 B1	16-07-2002
			WO 0029817 A1	25-05-2000
JP 2007146674	A	14-06-2007	AUCUN	