

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

⑫② Date de dépôt : 15.06.11.

③⑦ Priorité :

④③ Date de mise à la disposition du public de la
demande : 21.12.12 Bulletin 12/51.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule*

⑥⑦ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

⑦① Demandeur(s) : EUROCOPTER Société par actions
simplifiée — FR.

⑦② Inventeur(s) : PERO MARC et BECT PIERRE.

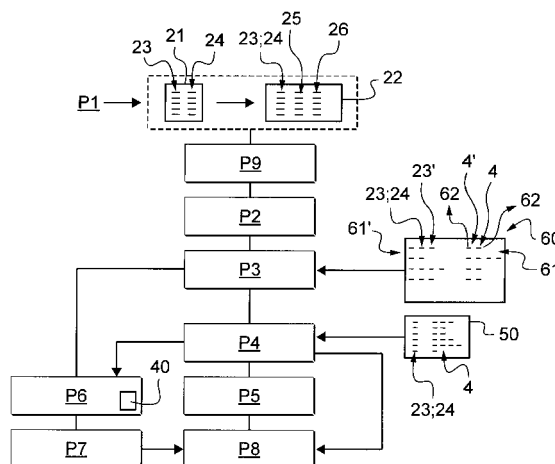
⑦③ Titulaire(s) : EUROCOPTER Société par actions sim-
plifiée.

⑦④ Mandataire(s) : GPI & ASSOCIES.

⑤④ PROCÉDE DE MAINTENANCE, SYSTEME ET AERONEF.

⑤⑦ L'invention concerne l'intégration de retour d'expé-
rience dans la maintenance d'équipements électroniques
embarqués dans un aéronef (1).

Selon l'invention, on regroupe temporellement des évé-
nements d'une liste de collecte d'événements, puis on seg-
mente des groupes ne correspondant pas à des règles de
localisation pour déterminer des organes incriminés devant
être manipulés par un opérateur.



Procédé de maintenance, système et aéronef.

L'invention concerne la maintenance. Elle s'applique notamment aux aéronefs à voilure tournante, par exemple aux hélicoptères. Son application à d'autres véhicules, entre autres aux
5 avions, est également tout à fait possible.

En particulier, l'invention vise la surveillance et les diagnostics automatiques de maintenance. Par diagnostic de maintenance, on entend l'utilisation d'informations en vue d'une part de savoir si une anomalie de fonctionnement est apparue et,
10 d'autre part de déterminer le cas échéant la cause de cette anomalie de fonctionnement qu'il s'agisse d'un équipement, d'un évènement de vol ou de l'environnement de vol e.g. la météorologie.

Dans un aéronef, diverses structures intègrent une
15 installation électronique embarquée (matérielle et / ou logicielle) dite « électronique embarquée » par simplification. A titre d'exemple, il peut s'agir de systèmes avioniques de pilotage automatique, de navigation, de vérification de fonctionnalités (e.g. les vérifications dites « H.U.M.S » pour l'anglais « Health and
20 Usage Monitoring Systems »), ou encore des systèmes de communication.

Ces structures comportent divers équipements électroniques embarqués, qui sont désignés par « L.R.U. » pour « Line Replaceable Unit ». Ces équipements comportent eux-mêmes divers
25 constituants dits composants d'équipement (e.g. sous forme de modules électroniques tels que cartes et / ou de logiciels embarqués) qui sont appelés « S.R.U. » pour « Shop-Replaceable Unit » dans le domaine aéronautique.

Par la suite, et sauf précision contraire, on entend par « organe » au moins un équipement électronique embarqué et / ou au moins un composant d'un équipement et/ ou au moins un logiciel.

5 Spécialement en aéronautique, la maintenance de l'électronique embarquée est cruciale.

La maintenance comprend des opérations, notamment de contrôle, de révision, de remplacement et de réparation.

10 En termes de coût, une part non négligeable des frais d'exploitation d'un aéronef est liée à la maintenance de l'électronique embarquée, qui influence la disponibilité d'exploitation d'un aéronef et donc sa rentabilité. Par exemple, sensiblement un quart des coûts directs de maintenance d'un hélicoptère actuel sont dédiés aux seuls systèmes avioniques
15 (matériel et / ou logiciels confondus).

Dans cette optique, on a proposé diverses techniques visant à planifier au mieux la maintenance. Notamment, on cherche à rendre aussi automatiques que possible les pronostics et diagnostics de maintenance.

20 Mais on comprend qu'il est difficile (voire antagoniste) d'optimiser l'étendue, le calendrier et la durée des opérations de maintenance, tout en améliorant la sécurité offerte.

En aéronautique, si un organe est suspecté d'être à la source d'une anomalie de fonctionnement, cet organe est appelé «organe
25 incriminé» par commodité.

On comprend que lorsque plusieurs organes sont incriminés, il peut être délicat de produire un message précis indiquant quel organe doit subir une opération de maintenance donnée.

Ainsi, on peut aboutir à une opération de maintenance superflue, voire au remplacement anticipé d'un organe encore utilisable. A l'inverse, si du fait d'une localisation incorrecte un organe défaillant ne subit pas une opération de maintenance
5 nécessaire, les risques sont inacceptables.

Ces difficultés sont exposées en rapport avec des techniques de maintenance aéronautique antérieures.

Selon une spécification ARINC624-1, un test intégré appelé « B.I.T » (pour l'anglais : « Built-In Test») est requis avant chaque
10 utilisation de l'aéronef, voire pendant ou après le vol. Ces tests intégrés sont notamment utilisés pour établir un diagnostic de défaillance.

Un calculateur de maintenance embarqué peut mettre en œuvre d'autres techniques connues pour mettre à jour des
15 anomalies de fonctionnement en utilisation appelées « événements », potentiellement synonymes d'un dysfonctionnement d'un organe de l'aéronef.

Dès lors, selon un procédé, lors du fonctionnement de l'aéronef, le calculateur de maintenance recense tous les
20 événements symptomatiques d'anomalies de fonctionnement de cet aéronef, en associant un identifiant de cet événement à un élément de datation de cet événement.

Par exemple, durant une étape de recensement, le calculateur de maintenance utilise une liste d'événements
25 associant un identifiant à chaque événement prédéterminé, cet identifiant étant communément dénommé « code de panne » par l'homme du métier.

Par suite, lorsqu'un desdits événements se produit, le calculateur de maintenance renseigne une liste de collecte

répertoriant les identifiants des événements survenus et les instants auxquels ces événements se sont produits, sous la forme d'une liste de collecte.

On se référera à la littérature pour obtenir des précisions sur un tel recensement d'événements représentatifs d'anomalies de fonctionnement.

Afin d'effectuer la maintenance de l'aéronef, il convient de repérer un organe potentiellement en panne à l'origine d'un ou plusieurs événements détectés.

Dès lors, un calculateur de traitement éventuellement embarqué et confondu avec le calculateur de maintenance, effectue un groupement temporel des événements mémorisés en fonction de critères temporels donnés. Ainsi, la liste de collecte est découpée en au moins un groupe d'événements.

On utilise alors une liste de règles de localisation pour identifier les organes susceptibles d'avoir généré l'apparition d'un groupe d'événements. Une telle liste de règles comprend alors une pluralité de règles associant au moins un événement à au moins un organe, chaque organe étant associé à un coefficient d'occurrence.

Si un groupe d'événements correspond à une règle donnée, on indique à un opérateur de vérifier le fonctionnement des organes incriminés cités dans ladite règle donnée. Si un organe incriminé est effectivement en panne, un opérateur incrémente d'une unité le coefficient d'occurrence de cet organe dans la règle correspondante, et effectue la réparation requise.

Par contre, si un groupe d'événements ne correspond à aucune règle, on crée une règle provisoire. Un opérateur examine alors cette règle provisoire et la valide en l'ajoutant à la liste de règles si cet opérateur estime la règle provisoire utile. Une règle

provisoire est donc une proposition de règle soumise à l'approbation d'un opérateur.

Par ailleurs, on connaît divers documents relatifs au domaine de la maintenance d'aéronefs.

5 Le document FR2938676 décrit une reconnaissance de motifs séquentiels pour le traitement de messages de pannes. Pour le diagnostic de pannes d'équipements de systèmes aéronautiques, les messages de pannes sont analysés et filtrés. A partir de motifs séquentiels, on construit un modèle des messages parasites sous
10 forme d'un automate fini déterministe. Ce modèle est injecté dans un calculateur embarqué de traitement en temps réel. Par une succession d'algorithmes, on procède au sol à une analyse a posteriori, pour l'amélioration de l'outil de diagnostic en boucle longue. A mesure de l'apparition des pannes, on obtient une
15 adaptation aux nouvelles pannes et une amélioration automatique. Selon ce document, une segmentation est opérée uniquement par couplage simple d'un critère temporel.

Le document FR2934397 décrit l'organisation de la maintenance d'aéronefs. Dans ce document, un algorithme
20 concerne le calcul de la durée de vie de pièces mécaniques exclusivement.

Le document PENTOM 2007 ayant pour titre «Diagnostic d'équipements avioniques par corrélation temporelle » prévoit qu'une anomalie est détectée grâce à l'exécution de tests intégrés.
25 L'identification d'une fenêtre temporelle permet de déterminer un degré de corrélation entre pannes, pour distinguer les messages de pannes. Une phase de vol est mentionnée en tant qu'information mémorisée dans un calculateur embarqué à l'apparition de codes de panne, mais sans préciser la manière dont
30 elle peut être utilisée. On peut se référer à :

http://hal.archives-ouvertes.fr/docs/00/18/54/92/PDF/Pentom_Arnaud07.pdf

L'invention vise notamment à résoudre les problèmes de ces techniques connues.

En synthèse, un ou plusieurs aéronefs en opération
5 produisent des listes de collecte de maintenance qui, prises telles
quelles n'indiquent pas de manière évidente les causes ayant
occasionnées les événements mémorisés. L'invention permet de
déterminer lesdites causes par une exploitation judicieuse.
L'invention permet notamment d'intégrer les retours d'expérience
10 d'une flotte et / ou d'une gamme d'aéronefs.

A partir d'événements enregistrés en exploitation, l'invention
permet donc d'établir d'abord si ces événements sont
symptomatiques de pannes réelles, puis la réparation de ces
pannes.

15 Par suite, l'invention a pour objet un procédé technique pour
réparer un aéronef en utilisant un diagnostic de maintenance
fortement automatisé qui, à partir de l'intégration d'un grand
nombre de symptômes détermine les origines et causes de
défaillances avec précision et de manière particulièrement rapide
20 et fiable.

Avec un tel diagnostic de maintenance, l'efficacité et les
performances de la maintenance sont accrues, en termes de durée
et de coût, mais aussi par diminution des temps d'immobilisation
des aéronefs (augmentation de leur disponibilité opérationnelle)
25 pour cause d'anomalies de fonctionnement non résolues.

Selon l'invention, durant un procédé technique de
maintenance, on agit techniquement sur au moins un organe d'un
aéronef suite à un vol, en fonction d'une liste de collecte recensant
des événements survenus en vol et d'une liste de règles de

localisation, chaque règle de localisation associant au moins un organe à vérifier et au moins un événement, un coefficient d'occurrence étant associé à chaque organe d'une règle de localisation.

- 5 Ce procédé est notamment remarquable en ce que durant une étape de recensement, un calculateur de maintenance répertorie en vol des événements représentant des anomalies de fonctionnement dans une liste de collecte associant un événement et un élément de datation de cet événement.
- 10 Lorsqu'un événement de type anomalie de fonctionnement apparaît, le calculateur de maintenance sauvegarde un identifiant représentant cet événement dans la liste de collecte, et associe par exemple à cet identifiant la date et l'heure auxquelles l'événement est survenu voire la date et l'heure auxquelles
- 15 l'événement a disparu. Le calculateur de maintenance peut utiliser une liste d'événements pour déterminer l'identifiant d'un événement particulier.

- Ce procédé met aussi en œuvre les étapes suivantes, une ou plusieurs de ces étapes pouvant être réalisées dans l'aéronef ou
- 20 en dehors de l'aéronef.

Ainsi, durant une étape de regroupement, on partitionne la liste de collecte en au moins un groupe d'événements suivant au moins un critère temporel prédéfini.

- Ce critère temporel peut être une durée constante, de l'ordre
- 25 d'une seconde par exemple, ou encore être une durée variable. Une telle durée variable peut avoir éventuellement une première valeur constante avant un fait donné, tel que l'allumage d'un moteur éventuellement, et une deuxième valeur constante après ledit fait.

Par suite, durant une étape d'analyse, on compare les événements de chaque groupe avec les événements de chaque règle de localisation, un organe cité dans chaque règle de localisation élue correspondant à un groupe devenant un organe
5 incriminé, chaque groupe ne correspondant pas à une règle de localisation devenant un groupe non identifié.

Dès lors, un groupe résultant de l'étape de regroupement est :

- soit un groupe identifié correspondant à une règle de
10 localisation dénommée par suite règle de localisation élue par commodité, lorsqu'il y a identité entre les événements du groupe et les événements d'une règle de localisation,

- soit un groupe non identifié ne correspondant à aucune règle de localisation.

15 Si un groupe est un groupe identifié, les organes cités dans la règle de localisation élue correspondante sont dénommés « organes incriminés » par commodité, ces organes incriminés étant susceptibles d'être à l'origine d'une anomalie de fonctionnement.

20 Par contre, durant une étape d'identification, en utilisant une table de diagnostic associant un événement à au moins un organe, on crée et on enregistre une règle provisoire pour chaque groupe non identifié en associant les événements dudit groupe non identifié aux organes correspondants établis à l'aide de ladite table
25 de diagnostic, les organes associés à cette règle provisoire devenant des organes incriminés.

Dès lors, pour chaque événement, la table de diagnostic associe au moins un organe susceptible d'être à l'origine dudit

événement. Une telle table de diagnostic est établie par le constructeur de l'aéronef.

A partir de chaque groupe non identifié, on établit alors une règle provisoire en associant les événements de ce groupe non identifié aux organes correspondants, à savoir les organes établis à l'aide de la table de diagnostic éventuellement restreint par le constructeur suite à un retour d'expérience. Ces organes deviennent alors de fait des organes incriminés. De plus, on comprend que l'on associe un coefficient d'occurrence, par exemple nul, à chaque organe d'une règle provisoire.

On comprend que la liste de règles de localisation inclut des règles de localisation validées par un opérateur, mais aussi des règles de localisation à valider et des règles provisoires résultant du dernier vol.

On entend donc par « règles de localisation » les règles de localisation validées par un opérateur et les règles de localisation à valider établies avec des règles provisoires à la suite d'autres vols, et par « règles provisoires » les règles établies à la suite de l'étude des données de maintenance du dernier vol d'un aéronef.

Dès lors, durant une étape de segmentation, on segmente chaque groupe non identifié en au moins un groupe alternatif, chaque groupe alternatif comprenant au moins deux événements associés à un même organe, puis on crée une règle provisoire par groupe alternatif, chaque organe cité dans un groupe alternatif étant un organe incriminé. Ainsi, on regroupe tous les événements associés à un même organe dans un groupe alternatif.

On comprend qu'il est possible de ne pas obtenir de groupes alternatifs si chaque organe d'un groupe non identifié est associé à un unique événement.

Durant une étape de maintenance, on établit alors une liste de maintenance comportant au moins un organe incriminé cité dans au moins une règle de localisation élue et/ou au moins une règle provisoire mise à jour lors desdites étapes d'identification et de
5 segmentation, puis un opérateur agit techniquement sur chaque organe incriminé pour effectuer sa maintenance.

Il est à noter qu'un constructeur peut délibérément décider de ne d'utiliser que les règles validées pour établir la liste de maintenance.

10 Ce procédé technique permet donc de réparer un aéronef, en fournissant à un opérateur la liste des organes incriminés à vérifier suite à un vol ayant donné naissance à des anomalies de fonctionnement. Cet opérateur agit alors techniquement sur les organes incriminés pour les vérifier et les réparer voire les
15 remplacer le cas échéant.

Par conséquent, ce procédé permet d'extraire d'une liste de collecte des combinaisons d'événements ayant des connections logiques entre eux pour améliorer la performance du procédé.

De plus, ces combinaisons n'étant plus spécifiques à une
20 liste de collecte triée uniquement temporellement, la probabilité de retrouver ces combinaisons lors de prochains vols augmente.

En outre, chaque groupe non identifié est conservé par le biais d'une règle provisoire. Dès lors, on n'écarte pas le fait, que la partie « aléatoire » qui le constitue puisse avoir un intérêt dans
25 l'apprentissage.

Ce procédé peut par ailleurs comprendre une ou plusieurs des caractéristiques qui suivent.

Par exemple, préalablement à l'étape de regroupement, on effectue une étape de filtrage en supprimant des événements redondants.

5 Un organe peut envoyer un signal anormal à deux autres organes distincts par exemple. Le calculateur de maintenance peut alors mémoriser deux événements distincts relatifs audit signal. Durant l'étape de filtrage, on élimine alors un desdits événements.

10 De plus, préalablement à l'étape de regroupement, un événement apparaissant momentanément durant une durée d'apparition séparant un premier instant correspondant à l'apparition dudit événement et un deuxième instant correspondant à la disparition dudit événement, on peut effectuer une étape de filtrage en supprimant de la liste de collecte les événements apparaissant momentanément durant une durée d'apparition
15 inférieure à un seuil.

Par suite, on ne prend pas en considération un événement apparaissant et disparaissant rapidement.

De même, préalablement à l'étape de regroupement, en utilisant une liste d'événements indus identifiés comme n'étant pas
20 symptomatiques de pannes, on effectue une étape de filtrage de la liste de collecte en supprimant lesdits événements indus.

Selon un autre aspect, les étapes de regroupement, d'analyse, d'identification, de segmentation et de maintenance peuvent faire intervenir un calculateur de traitement. Le calculateur
25 de traitement et le calculateur de maintenance peuvent être confondus ou distincts, le calculateur de traitement pouvant être embarqué ou non embarqué.

Par ailleurs, durant l'étape de segmentation, si au moins deux groupes alternatifs donnés sont constitués des mêmes

événements, on concatène ces deux groupes alternatifs pour former un unique groupe alternatif associant lesdits mêmes événements aux organes des au moins deux groupes alternatifs.

5 Selon un autre aspect, durant une étape de mise à jour, une liste de maintenance comportant au moins un organe incriminé cité dans au moins une règle de localisation élue et/ou au moins une règle provisoire mise à jour lors desdites étapes d'identification et de segmentation, un opérateur incrémente d'une unité le coefficient d'occurrence de chaque organe incriminé jugé en panne
10 dans chaque règle de localisation élue et chaque règle provisoire citant cet organe incriminé jugé en panne.

A cet effet, ces règles de localisation élues et provisoires peuvent être stockées dans la liste de maintenance ou dans un fichier dédié par exemple.

15 En outre, durant une étape de mise à jour, un opérateur détermine si une règle provisoire doit être supprimée, ou conservée dans la liste de règles de localisation éventuellement en la validant pour la transformer en tant que règle validée.

20 On note que la liste de règles de localisation peut être établie en prenant en considération l'expérience accumulée sur l'ensemble des aéronefs d'un même type.

Selon l'invention, la table de diagnostic étant une table générique adaptable à une pluralité d'aéronefs, on peut modifier la table de diagnostic pour l'adapter à l'aéronef considéré.

25 Outre un procédé, l'invention vise un système de diagnostic de maintenance automatisé d'aéronef en fonction d'une liste de collecte recensant des événements survenus en vol et d'une liste de règles de localisation, chaque règle de localisation associant au moins un organe à vérifier et au moins un événement, un

coefficient d'occurrence étant associé à chaque organe d'une règle de localisation, ce système possédant au moins un calculateur de maintenance répertoriant en vol des événements représentant des anomalies de fonctionnement dans une liste de collecte associant
5 un événement et un élément de datation de cet événement.

Ce système comporte un outil de maintenance muni d'une mémoire et d'un calculateur de traitement comportant une unité de calcul, ladite unité de calcul exécutant des instructions mémorisées:

10 . durant une étape de regroupement, pour partitionner ladite liste de collecte en au moins un groupe d'événements suivant au moins un critère temporel prédéfini,

. durant une étape d'analyse, pour comparer les événements de chaque groupe avec les événements de chaque règle de localisation, un organe cité dans une règle de localisation élue
15 correspondant à un groupe devenant un organe incriminé mémorisé dans une liste de maintenance, chaque groupe ne correspondant pas à une règle de localisation devenant un groupe non identifié,

. durant une étape d'identification, en utilisant une table de diagnostic mémorisée associant un événement à au moins un
20 organe, pour créer et enregistrer une règle provisoire pour chaque groupe non identifié en associant les événements dudit groupe non identifié aux organes correspondants établis à l'aide de ladite table de diagnostic, les organes associés à cette règle provisoire
25 devenant des organes incriminés

. durant une étape de segmentation, pour segmenter chaque groupe non identifié en au moins un groupe alternatif, chaque groupe alternatif comprenant au moins deux événements associés à un même organe, puis pour créer une règle provisoire par groupe

alternatif, chaque organe cité dans un groupe alternatif étant un organe incriminé mémorisé,

5 . durant une étape de maintenance, pour établir une liste de maintenance comportant au moins un organe incriminé cité dans au moins une règle de localisation élue et/ou au moins une règle provisoire mise à jour lors desdites étapes d'identification et de segmentation afin qu'un opérateur agisse techniquement sur chaque organe incriminé pour effectuer sa maintenance.

10 L'unité de calcul peut aussi requérir le stockage des règles de localisation élues et provisoires à des fins d'ajustement ultérieur, afin qu'un opérateur puisse ajuster le coefficient d'occurrence d'un organe desdites règles en cas de panne avérée dudit organe.

15 On note que le système de diagnostic de maintenance peut comporter un moyen de commande manœuvrable par un opérateur pour notamment mettre à jour les règles provisoires et règles de localisation, tel qu'un moyen comportant un clavier et un écran par exemple.

20 Enfin, l'invention vise un aéronef du type prévu pour la mise en œuvre du procédé selon l'invention, cet aéronef comportant une voilure tournante.

L'invention et ses avantages apparaissent avec plus de détails dans la description qui suit. Cette description n'a aucun caractère limitatif, et illustre des exemples de réalisations de
25 l'invention, en référence aux figures annexées.

- la figure 1, un schéma d'un aéronef conforme à l'invention,

- la figure 2, un schéma illustrant le procédé selon l'invention,

- la figure 3, un schéma illustrant une liste de collecte, et
- la figure 4, un schéma illustrant une étape de segmentation d'un groupe non identifié

La figure 1 présente un aéronef 1 à voilure tournante. Cet
5 aéronef 1 comporte une pluralité d'organes 3, et notamment des
organes 3 d'un système avionique 2.

Dès lors, l'aéronef comprend des organes 3 incluant des
équipements électroniques embarqués 4, des composants
d'équipements électroniques embarqués 4, intégrés sous forme
10 matérielle 5 et / ou sous forme logicielle 6. Une forme matérielle 5
usuelle de tels composants d'équipements électroniques
embarqués 4 est une carte électronique intégrée. Une forme
logicielle 5 usuelle de tels composants d'équipements
électroniques embarqués 4 est un programme informatique, une
15 base de données ou analogues.

L'aéronef 1 possède par exemple une interface homme-
machine 8 avec au moins un équipement électronique embarqué 4
sous forme d'écran 9 d'affichage.

Par ailleurs, l'aéronef 1 comprend un système 7 de diagnostic
20 de maintenance automatisé.

Ce système 7 inclut notamment un calculateur de
maintenance 10 embarqué apte à enregistrer des événements
symptomatiques d'une anomalie de fonctionnement.

De plus, ce système 7 inclut un outil de maintenance 16
25 communiquant avec le calculateur de maintenance 10. Cet outil de
maintenance 16 est pourvu d'une mémoire 17, et d'une unité de
traitement 18 incluant une unité de calcul 19.

L'outil de maintenance 16 peut être embarqué dans l'aéronef 1, en étant confondu avec le calculateur de maintenance par exemple, ou être située en dehors de cet aéronef 1.

5 Ce système 7 a pour objectif de détecter des anomalies de fonctionnement et de localiser l'origine de ses anomalies afin de permettre l'intervention d'un opérateur.

10 Le procédé de diagnostic de maintenance réalisé facilite une intégration de retours d'expérience propres à l'aéronef 1 et / ou à d'autres aéronefs, et vise à éviter les ambiguïtés rencontrées avec les techniques connues, pour la localisation d'un organe 3 défaillant.

15 En référence à la figure 2, l'invention comprend un procédé technique, c'est-à-dire une suite d'actions, éventuellement réitératives, et exécutables typiquement sur un ordinateur tel que l'outil de maintenance 16.

Pour tracer le fonctionnement de l'aéronef 1 et les conditions d'opération de l'aéronef 1, des informations de maintenance sont mises à jour à bord, au sein d'une liste de collecte 22.

20 En effet, durant une étape de recensement P1, selon des techniques connues, le calculateur de maintenance 10 répertorie en vol des événements symptomatiques d'anomalies de fonctionnement.

25 Ainsi, le calculateur de maintenance établit en vol une liste de collecte répertoriant d'une part les événements 23 survenus en vol et, d'autre part un élément de datation de chaque événement incluant par exemple un premier instant 25 auquel est survenu un événement et un deuxième instant 26 auquel ledit événement a disparu.

Il est à noter qu'il peut être plus facile d'identifier un événement par un identifiant, plutôt que par un mot ou une expression.

Dès lors, le calculateur de maintenance 10 peut utiliser une
5 liste d'événements 21 associant chaque événement 23 à un identifiant 24, la liste de collecte répertoriant alors chaque événement par le biais de son identifiant 24.

La liste d'événements 21 est classiquement issue d'une phase de conception de l'aéronef 1, mais peut porter des
10 informations issues d'autres aéronefs.

La liste de collecte est transmise au calculateur de traitement 18 pour une exploitation dans l'aéronef ou en dehors de l'aéronef.

A ce stade, il n'est pas souhaitable dans toutes les réalisations de regrouper les événements 23 survenus à l'aide
15 critères temporels.

Ainsi, durant une étape de filtrage P9 optionnelle, le calculateur de traitement 18 filtre la liste de collecte 22 pour supprimer les événements 23 redondants, les événements 23 apparaissant momentanément et les événements 23 reproduits à
20 intervalles réguliers notamment.

Par suite, durant une étape de regroupement P2, le calculateur de traitement 18 partitionne la liste de collecte, éventuellement filtrée, en au moins un groupe suivant un critère temporel.

25 En référence à la figure 3, le calculateur de traitement 18 peut donc partitionner la liste de collecte en une pluralité de groupes 30, quatre groupes 30 selon l'exemple représenté, chaque événement 23 apparaissant par le biais de son identifiant 24.

En référence à la figure 3, durant une étape d'analyse P3, le calculateur de traitement 18 met en œuvre une liste de règles de localisation 60 comportant une pluralité de règles de localisation 61.

- 5 Chaque règle de localisation 61 associe au moins un événement 23 à au moins un organe 3. Par exemple, la première règle 61' associe trois événements 23', représentées par leur identifiant 24, à deux organes 3'.

10 Selon cette première règle 61', si un groupe 30 comprend seulement les trois événements 23', il convient d'examiner les deux organes 3'.

15 De plus, on note que chaque organe 3 est associé à un coefficient d'occurrence 62. Ce coefficient d'occurrence 62 indique le nombre d'occurrences de pannes d'un organe 3 donné ayant conduit à l'apparition de la règle concernée. Ainsi, si un premier organe d'une règle possède un taux d'occurrence élevé comparé aux autres organes de cette règle, il convient d'examiner en premier lieu ce premier organe.

20 Par ailleurs, on note que la liste de règles de localisation 60 est mise à jour en fonction des actions de maintenance élaborées sur tous les aéronefs d'un type donné.

25 En outre, on note que la liste de règles de localisation 60 peut comporter des règles validées et des règles à valider soumises à l'approbation d'un expert en fonction du retour d'expérience.

Dès lors, le calculateur de traitement 18 compare chaque groupe 30 avec les règles de localisation 61.

Si les événements d'un groupe correspondent aux événements d'une règle de localisation donnée, ce groupe est

dénommé « groupe identifié » 31 par commodité, la règle de localisation étant dénommée « règle de localisation élue » par commodité.

5 Chaque organe d'une règle de localisation élue est alors un organe dénommé « organe incriminé » par commodité, à exploiter lors d'une étape de maintenance P6 ultérieure.

A l'inverse, les groupes ne correspondant à aucune règle de la liste de règles de localisation 60 sont dénommés « groupes non identifié » par commodité.

10 Pour chaque groupe non identifié, le calculateur de traitement 18 met en œuvre une étape d'indentification P4 et une étape de segmentation P5.

Durant une étape d'identification P4, le calculateur de traitement 18 met en œuvre une table de diagnostic 50 associant à
15 chaque événement 23 au moins un organe 3.

Cette table de diagnostic est établie à la conception de l'aéronef par un constructeur, cette table pouvant être mise à jour si nécessaire en fonction d'un retour d'expérience. La table de diagnostic peut être une table générique modifiée pour être
20 adaptée à un aéronef particulier.

Par exemple, l'outil de maintenance comprend un moyen de commande 15 pour indiquer le type d'aéronef, la table de diagnostic étant modifiée en fonction de cette information.

Lorsque l'étape d'identification est mise en œuvre à
25 l'intérieur de l'aéronef, un calculateur peut déterminer les organes présents à bord et restreindre la table de diagnostic à ces organes.

Indépendamment de la variante, la table de diagnostic 50 vise à indiquer les organes susceptibles d'être à l'origine d'un

événement, ces organes étant représentés sous la forme d'un identifiant parfois appelé « valeur d'incrimination ».

Dès lors, pour chaque groupe non identifié, le moyen de traitement 18 détermine une proposition de règle sous la forme
5 d'une règle provisoire associant les événements du groupe non identifié, et les organes susceptibles d'induire lesdits événements.

Ces organes deviennent des organes incriminés à exploiter lors de l'étape de maintenance P6. En outre, la règle provisoire est exploitée durant une étape de mise à jour P8.

10 Durant une étape de segmentation P5, le calculateur de traitement 18 segmente alors chaque groupe non identifié en groupes alternatifs conduisant à l'élaboration de règles provisoires et à la détermination d'organes incriminés.

En référence à la figure 4, on détermine les organes 3
15 correspondant à chaque événement 23 à l'aide de la table de diagnostic, à savoir les organes connus sous les identifiants « 132, 140, 144, 131 » pour l'événement ayant pour identifiant « 124019 », les organes connus sous les identifiants « 135, 140, 144, 131 » pour l'événement ayant pour identifiant « 125019 », les
20 organes connus sous les identifiants « 134, 140, 144, 133 » pour l'événement ayant pour identifiant « 126019 » et les organes connus sous les identifiants « 133, 140, 144 » pour l'événement ayant pour identifiant « 127019 ».

Chaque groupe alternatif est obtenu en regroupant les
25 événements par organe commun, chaque groupe alternatif comprenant au moins deux événements associés à un même organe.

De plus, si deux groupes alternatifs 33', 33'' comprennent les mêmes événements, on fusionne ces deux groupes alternatifs.

Dès lors, le calculateur de traitement crée une règle provisoire par groupe alternatif soit selon notre exemple:

- une première règle provisoire composée de quatre événements ayant pour identifiant les codes « 124019, 125019, 5 126019, 127019 » et étant associés à deux équipements ayant pour identifiant les valeurs « 140, 144 »,

- une deuxième règle provisoire composée de deux événements ayant pour identifiant les codes « 124019, 125019 » et étant associés à un équipement ayant pour identifiant la valeur 10 « 131 »,

- une troisième règle provisoire composée de deux événements ayant pour identifiant les codes « 126019, 127019 » et étant associés à un équipement ayant pour identifiant la valeur « 133 ».

15 Chaque équipement d'une règle provisoire est en outre associé à un coefficient d'occurrence, égal à zéro par exemple.

On note que chaque règle provisoire peut être sauvegardée automatiquement pour les prochains vols dans la liste de règles de localisation 60 en tant que règle à valider.

20 En référence à la figure 2, durant une étape de maintenance, le calculateur de traitement 18 génère une liste de maintenance comportant l'ensemble des organes incriminés durant les étapes d'analyse P3, d'identification P4 et de segmentation P5.

25 Durant une étape de contrôle et de réparation P7, un opérateur agit techniquement sur ces organes incriminés pour les inspecter. Si un organe incriminé s'avère défectueux, l'opérateur le répare ou le remplace, et mémorise la panne de l'organe incriminé pour son exploitation lors d'une étape de mise à jour ultérieure.

En effet, durant une étape de mise à jour P8, l'opérateur peut incrémenter d'une unité le coefficient d'occurrence associé à un organe particulier incriminé s'étant avéré défectueux dans l'ensemble des règles de localisation élues et des règles provisoires faisant référence à cet organe particulier.

En option, la liste de maintenance peut inclure les règles de localisation élues et les règles provisoires résultant du vol. De manière alternative, ces règles de localisation élues et provisoires peuvent être stockées dans une mémoire afin que l'opérateur puisse déterminer aisément les règles à amender.

De plus, on note qu'un opérateur peut déterminer si une règle provisoire doit être supprimée ou conservée dans la liste de règles de localisation éventuellement en la validant pour la transformer en tant que règle validée.

Cet opérateur peut aussi supprimer ou modifier des règles de localisations validées.

De plus, cet opérateur peut modifier la table de diagnostic en fonction du retour d'expérience.

Cette boucle de traitement humain fait intervenir les savoirs personnels de l'opérateur, mais aussi des savoirs propres accessibles à cet opérateur tels que de la documentation 15. Un opérateur peut soit valider chaque règle à valider qui lui est soumise, soit conserver ou modifier la règle à valider, soit révoquer cette règle à valider. Il en va de même pour les règles provisoires.

REVENDICATIONS

1. Procédé technique de maintenance au cours duquel on agit techniquement sur au moins un organe (3) d'un aéronef (1) suite à un vol, en fonction d'une liste de collecte (22) recensant des événements (23) survenus en vol et d'une liste de règles de localisation (60), chaque règle de localisation (61) associant au moins un organe (3) à vérifier et au moins un événement (23), un coefficient d'occurrence (62) étant associé à chaque organe (3) d'une règle de localisation (61), caractérisé en ce que :
- 5
- 10 . durant une étape de recensement (P1), un calculateur de maintenance (10) répertorie en vol des événements représentant des anomalies de fonctionnement dans une liste de collecte (22) associant un événement (23) et un élément de datation (25, 26) de cet événement,
- 15 . durant une étape de regroupement (P2), on partitionne ladite liste de collecte (22) en au moins un groupe (30) d'événements suivant au moins un critère temporel prédéfini,
- 20 . durant une étape d'analyse (P3), on compare les événements de chaque groupe (30) avec les événements de chaque règle de localisation (61), un organe qui est cité dans chaque règle de localisation (61) élue correspondant à un groupe (30) devenant un organe incriminé, chaque groupe (30) ne correspondant pas à une règle de localisation devenant un groupe non identifié (32),
- 25 . durant une étape d'identification (P4), en utilisant une table de diagnostic (50) associant un événement (23) à au moins un organe (3), on crée et on enregistre une règle provisoire pour chaque groupe non identifié (32) en associant les événements dudit groupe non identifié (32) aux organes (3) correspondants

établis à l'aide de ladite table de diagnostic (50), les organes associés à cette règle provisoire devenant des organes incriminés,

5 . durant une étape de segmentation (P5), on segmente chaque groupe non identifié (32) en au moins un groupe alternatif (33), chaque groupe alternatif (33) comprenant au moins deux événements (23) associés à un même organe (3), puis on crée une règle provisoire par groupe alternatif (33), chaque organe cité dans un groupe alternatif (33) étant un organe incriminé,

10 . durant une étape de maintenance (P6), on établit une liste de maintenance (40) comportant au moins un organe incriminé cité dans au moins un règle de localisation élue et/ou au moins une règle provisoire mise à jour lors desdites étapes d'identification (P4) et de segmentation (P5), puis un opérateur agit techniquement sur chaque organe incriminé pour effectuer sa maintenance (P7).

15 2. Procédé technique selon la revendication 1,

caractérisé en ce que, préalablement à l'étape de regroupement (P3), on effectue une étape de filtrage (P9) en supprimant des événements redondants.

20 3. Procédé technique selon l'une quelconque des revendications 1 à 2,

caractérisé en ce que, préalablement à l'étape de regroupement (30), un événement apparaissant momentanément durant une durée d'apparition séparant un premier instant (25) correspondant à l'apparition dudit événement et un deuxième instant (26)
25 correspondant à la disparition dudit événement, on effectue une étape de filtrage (P9) en supprimant de la liste de collecte les événement apparaissant momentanément durant une durée d'apparition inférieure à un seuil.

4. Procédé technique selon l'une quelconque des revendications 1 à 3,

caractérisé en ce que, préalablement à l'étape de regroupement (30), en utilisant une liste d'événements indus, on effectue une
5 étape de filtrage (P9) de la liste de collecte en supprimant lesdits événements indus.

5. Procédé technique selon l'une quelconque des revendications 1 à 4,

caractérisé en ce que, lesdites étapes de regroupement (P2),
10 d'analyse (P3), d'identification (P4), de segmentation (P5) et de maintenance (P6) font intervenir un calculateur de traitement.

6. Procédé technique selon l'une quelconque des revendications 1 à 5,

caractérisé en ce que, durant l'étape de segmentation (P5), si au
15 moins deux groupes alternatifs (33', 33'') donnés sont constitués des mêmes événements, on concatène ces deux groupes alternatifs pour former un unique groupe alternatif associant lesdits mêmes événements aux organes desdits au moins deux groupes alternatifs.

20 7. Procédé technique selon l'une quelconque des revendications 1 à 6,

caractérisé en ce que, durant une étape de mise à jour (P8), une liste de maintenance comportant au moins un organe incriminé cité dans au moins un règle de localisation élue et/ou au moins une
25 règle provisoire mise à jour lors desdites étapes d'identification et de segmentation, un opérateur incrémente le coefficient d'occurrence de chaque organe incriminé jugé en panne dans chaque règle de localisation élue et chaque règle provisoire citant cet organe incriminé jugé en panne.

8. Procédé technique selon l'une quelconque des revendications 1 à 7,

caractérisé en ce que, durant une étape de mise à jour (P8), un opérateur détermine si une règle provisoire doit être supprimée ou
5 conservée dans la liste de règles de localisation en tant que règle à valider ultérieurement voire en tant que règle validée.

9. Procédé technique selon l'une quelconque des revendications 1 à 8,

caractérisé en ce que, ladite table de diagnostic étant une table
10 générique, on modifie ladite table de diagnostic pour l'adapter à l'aéronef considéré.

10. Système (7) de diagnostic de maintenance automatisé d'aéronef (1) en fonction d'une liste de collecte (22) recensant des événements (23) survenus en vol et d'une liste de règles de
15 localisation (60), chaque règle de localisation (61) associant au moins un organe (3) à vérifier et au moins un événement (23), un coefficient d'occurrence (62) étant associé à chaque organe (3) d'une règle de localisation (61), ce système possédant au moins un
calculateur de maintenance (10) répertoriant en vol des
20 événements représentant des anomalies de fonctionnement dans une liste de collecte (22) associant un événement (24) et une datation (25, 26) de cet événement ,

caractérisé en ce que ce système comporte un outil de maintenance (16) muni d'une mémoire (17) d'un calculateur de
25 traitement (18) comportant une unité de calcul (19), ladite unité de calcul (19) exécutant des instructions mémorisées pour :

. durant une étape de regroupement (P2), partitionner ladite liste de collecte (22) en au moins un groupe (30) d'événements suivant au moins un critère temporel prédéfini,

. durant une étape d'analyse (P3), comparer les événements de chaque groupe (30) avec les événements de chaque règle de localisation (61), un organe cité dans une règle de localisation élue correspondant à un groupe (31) devenant un organe incriminé
 5 mémorisé dans une liste de maintenance (40), chaque groupe (30) ne correspondant pas à une règle de localisation (61) devenant un groupe non identifié (32),

. durant une étape d'identification (P4), en utilisant une table de diagnostic (50) mémorisée associant un événement (23) à au
 10 moins un organe (3), créer et enregistrer une règle provisoire pour chaque groupe non identifié (32) en associant les événements (23) dudit groupe non identifié (32) aux organes (3) correspondants établis à l'aide de ladite table de diagnostic (60), les organes associés à cette règle provisoire devenant des organes incriminés,

. durant une étape de segmentation (P5), segmenter chaque
 15 groupe non identifié (32) en au moins un groupe alternatif (33), chaque groupe alternatif (33) comprenant au moins deux événements (23) associés à un même organe (3), puis pour créer une règle provisoire par groupe alternatif (32), chaque organe cité
 20 dans un groupe alternatif (32) étant un organe incriminé mémorisé,

. durant une étape de maintenance (P6), pour établir une liste de maintenance (40) comportant au moins un organe incriminé cité dans au moins une règle de localisation élue et/ou au moins une règle provisoire mise à jour lors desdites étapes d'identification et
 25 de segmentation afin qu'un opérateur agisse techniquement sur chaque organe incriminé pour effectuer sa maintenance (P7).

11. Système selon la revendication 10,

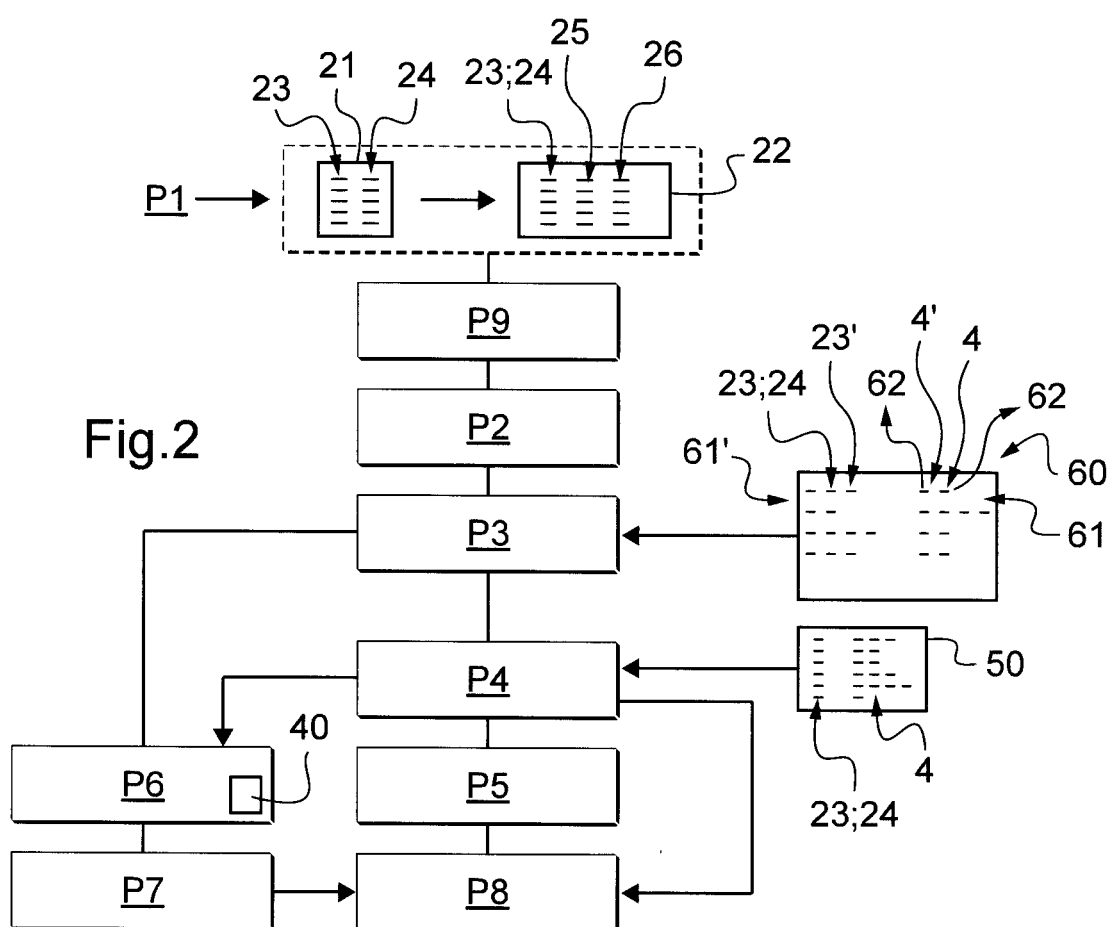
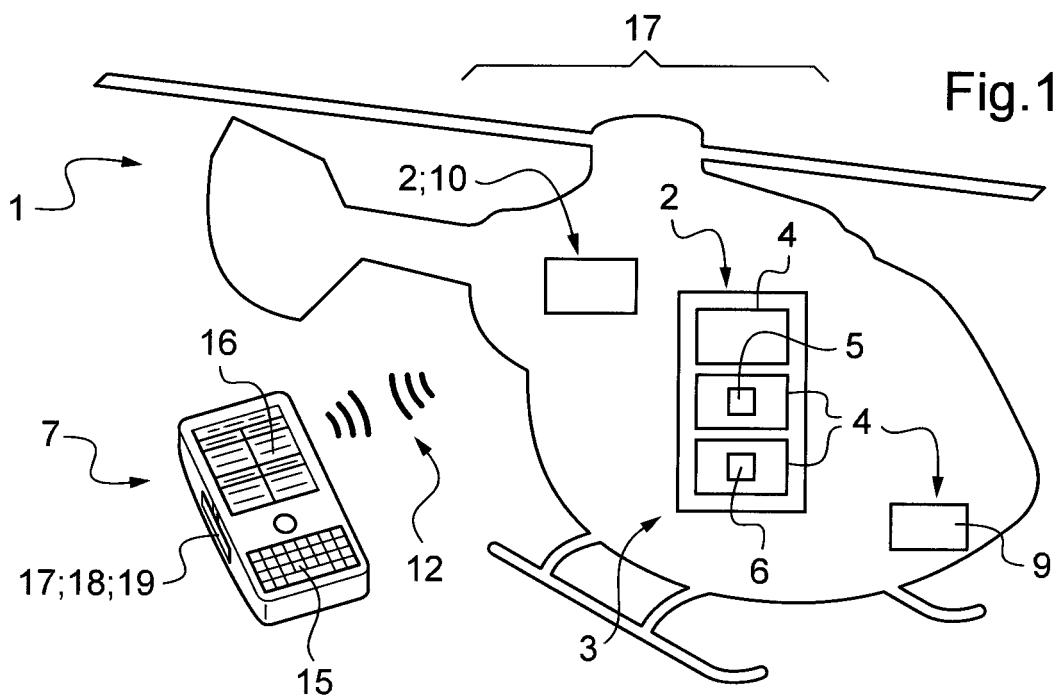
caractérisé en ce que ce système de diagnostic de maintenance comporte un moyen de commande manœuvrable par un opérateur

pour mettre à jour les règles provisoire et les règles de localisation.

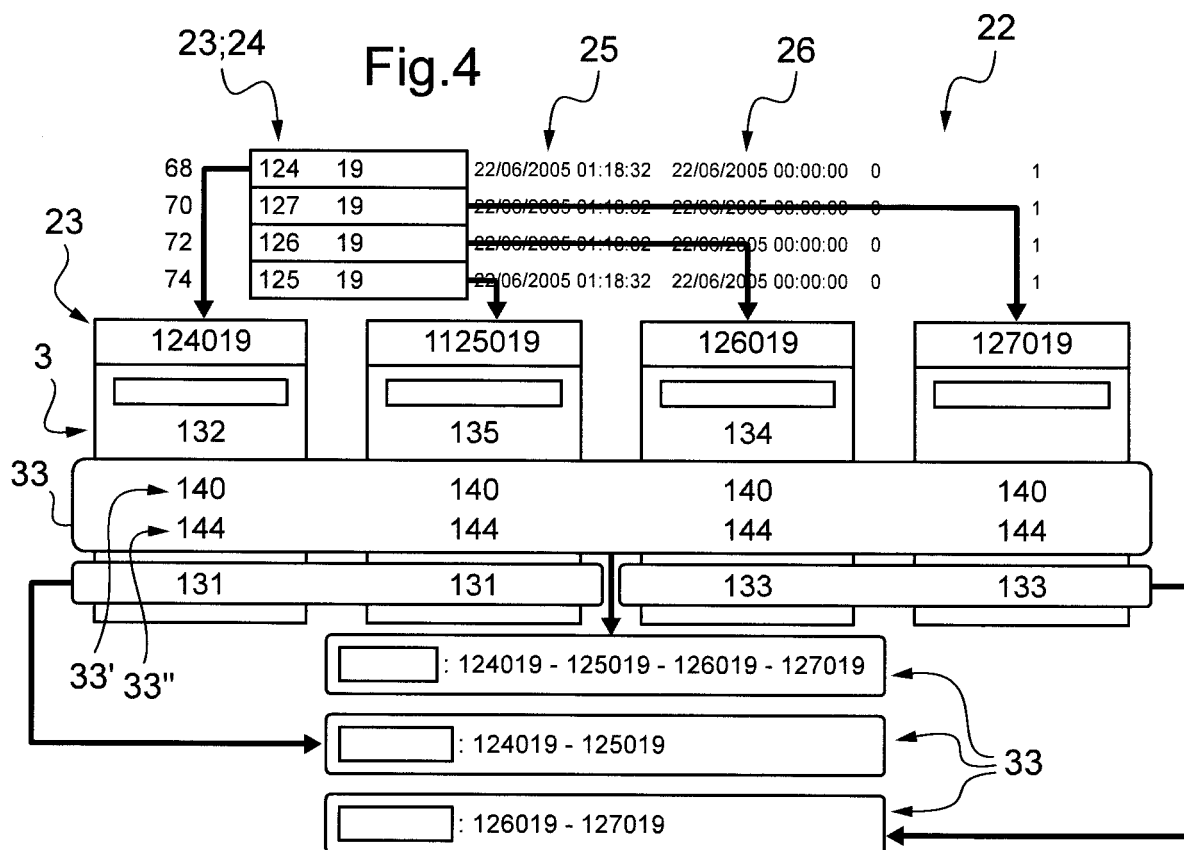
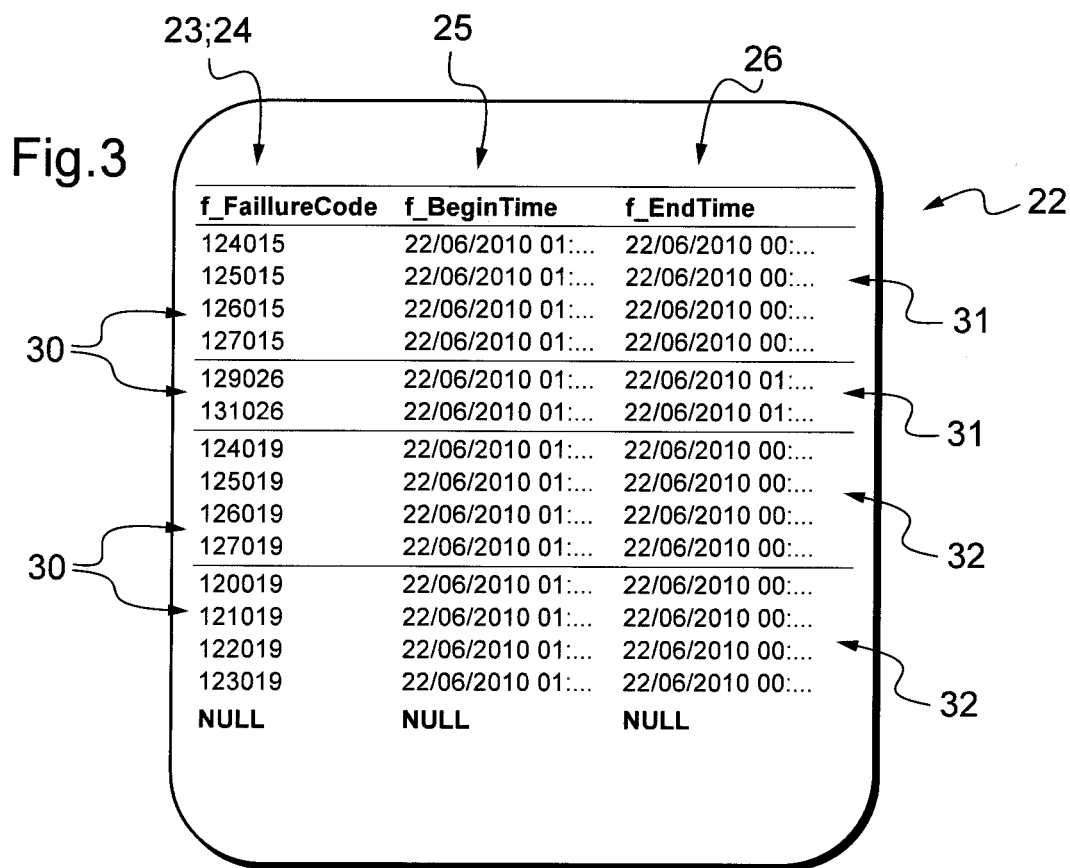
12. Aéronef (1) du type prévu pour la mise en œuvre du procédé selon l'une des revendications 1 à 9,

- 5 caractérisé en ce que cet aéronef (1) est à voilure tournante.

1/2



2/2





RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

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

N° d'enregistrement
national

FA 751948
FR 1101828

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		
A	WO 02/099550 A1 (ABB AB [SE]; DAHLQUIST ERIK [SE]; WEIDL GALIA [SE]) 12 décembre 2002 (2002-12-12) * page 5, ligne 1 - ligne 33 * * page 8, ligne 13 - page 14, ligne 22 * -----	1-12	B64F5/00 G07C5/08
A	EP 2 124 120 A1 (PEUGEOT CITROEN AUTOMOBILES SA [FR]) 25 novembre 2009 (2009-11-25) * alinéa [0017] - alinéa [0046]; figure 1 * -----	1-12	
A	FR 2 927 435 A1 (AIRBUS FRANCE SAS [FR] AIRBUS FRANCE [FR]) 14 août 2009 (2009-08-14) * page 3, ligne 19 - page 5, ligne 12 * * page 7, ligne 1 - page 9, ligne 7 * -----	1-12	
A	EP 1 376 362 A1 (EUROCOPTER FRANCE [FR]) 2 janvier 2004 (2004-01-02) * alinéa [0007] - alinéa [0016] * -----	1-12	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			G05B G07C
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
19 octobre 2011		Papastefanou, M	
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 1101828 FA 751948

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 **19-10-2011**

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
WO 02099550	A1	12-12-2002	AT 329300 T	15-06-2006
			DE 60212121 T2	04-01-2007
			EP 1393141 A1	03-03-2004
			GB 2379752 A	19-03-2003
			US 2004250166 A1	09-12-2004

EP 2124120	A1	25-11-2009	FR 2931266 A1	20-11-2009

FR 2927435	A1	14-08-2009	US 2009210104 A1	20-08-2009

EP 1376362	A1	02-01-2004	FR 2841340 A1	26-12-2003
			US 2004153864 A1	05-08-2004
