

(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
23 septembre 2021 (23.09.2021)

WIPO | PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2021/185761 A1

(51) Classification internationale des brevets :

G05B 23/02 (2006.01) B64F 5/60 (2017.01)

G06N 20/00 (2019.01) G06N 5/00 (2006.01)

LES BORDEAUX 75-77, avenue Marcel Dassault, 33700
CS50108 MERIGNAC (FR).

(21) Numéro de la demande internationale :

PCT/EP2021/056531

(74) Mandataire : **HABASQUE, Etienne** et al. ; LAVOIX, 2,
Place d'Estienne d'Orves, 75441 PARIS CEDEX 09 (FR).

(22) Date de dépôt international :

15 mars 2021 (15.03.2021)

(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,
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.

(25) Langue de dépôt :

français

(26) Langue de publication :

français

(30) Données relatives à la priorité :

FR2002542 16 mars 2020 (16.03.2020) FR

(71) Déposant : **THALES** [FR/FR] ; Tour Carpe Diem Place
des Corolles Esplanade Nord, 92400 COURBEVOIE (FR).

(72) Inventeurs : **DUBEDAT, Philippe** ; c/o THALES DMS
France SAS Campus THALES BORDEAUX 75-77, avenue
Marcel Dassault, 33700 CS50108 MERIGNAC (FR). **LEY-
RONAS, Victor** ; c/o THALES DMS France SAS Cam-
pus THALES BORDEAUX 75-77, avenue Marcel Das-
sault, 33700 CS50108 MERIGNAC (FR). **CAILLAUD,
Yannick** ; c/o THALES DMS France SAS Campus THA-

(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), eurasien (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

(54) Title: METHOD FOR PREDICTING THE FAILURE OF AN ITEM OF EQUIPMENT OF A MOBILE PLATFORM, AND ASSOCIATED DEVICES

(54) Titre : PROCÉDÉ DE PRÉDICTION D'UNE PANNE D'UN ÉQUIPEMENT D'UNE PLATEFORME MOBILE ET DISPOSITIFS ASSOCIÉS

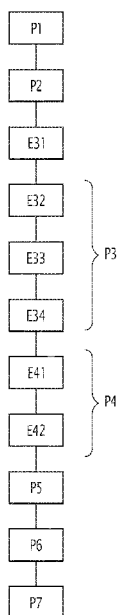


FIG.3

(57) Abstract: The invention relates to a method for predicting the failure of an item of aircraft equipment, based on maintenance data collected during a plurality of flights of the aircraft, the method comprising: - a phase of generating a training set and a test set for a prediction algorithm that predicts the failure of an item of equipment based on the maintenance data, the generation comprising a separate processing operation depending on the nature of the flight: flight not followed by removal of the item of equipment due to a failure within a time interval greater than a first time interval and flight followed by removal due to a failure within a time interval less than a second time interval, - a phase of establishing a prediction algorithm based on the generated sets, and - a phase of using the established prediction algorithm.

(57) Abrégé : L'invention concerne un procédé de prédiction d'une panne d'un équipement d'aéronef, à partir de données de maintenance collectées durant plusieurs vols de l'aéronef, le procédé comportant : - une phase de génération d'un jeu d'entraînement et d'un jeu de test pour un algorithme de prédiction prédisant une panne d'un équipement à partir des données de maintenance, la génération comportant un traitement distinct selon la nature du vol : vol non suivi d'une dépose de l'équipement pour cause de panne durant un intervalle de temps supérieur à un premier intervalle de temps et vol suivi d'une dépose pour cause de panne durant un intervalle de temps inférieur à un deuxième intervalle de temps, - une phase d'établissement d'un algorithme de prédiction à partir des jeux générés, et - une phase d'utilisation de l'algorithme de prédiction établi.

(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))

Procédé de prédiction d'une panne d'un équipement d'une plateforme mobile et dispositifs associés

5 La présente invention concerne un procédé de prédiction d'une panne d'un équipement d'une plateforme mobile. La présente invention se rapporte également à un système de prédiction, un produit programme d'ordinateur et un support lisible d'informations associés.

10 Dans le domaine de la maintenance prédictive, il s'agit d'anticiper un événement rare, tel qu'une panne ou une dépose d'un équipement, avant qu'un tel événement ne se produise. Par définition, un événement rare est un événement survenant, par exemple, moins de 20% du temps de fonctionnement de l'équipement et une dépose de l'équipement est une maintenance ou un changement de l'équipement.

15 Le rôle d'une telle maintenance prédictive est crucial pour les équipements avioniques dans la mesure où une faille d'un équipement entraîne une mise au sol de l'avion affecté.

20 L'utilisation d'un système de prédiction permet une telle anticipation, à partir de données de maintenance collectées, par exemple, lors de l'utilisation de l'équipement. Un tel système de prédiction fournit en sortie des données de prédiction représentatives de la probabilité que l'équipement subisse une panne.

Toutefois, en pratique, les systèmes de prédiction connus ne donnent pas entière satisfaction notamment du fait d'un taux de fausse alerte trop élevé, ce qui génère des opérations de maintenance coûteuses et inutiles.

25 Il existe donc un besoin pour un procédé permettant d'obtenir un système de prédiction présentant une meilleure précision, et notamment un taux de fausse alerte plus faible.

30 A cet effet, il est proposé un procédé de prédiction d'une panne d'un équipement d'une plateforme mobile, notamment un aéronef, à partir de données de maintenance collectées durant plusieurs phases d'utilisation de la plateforme mobile, notamment plusieurs vols de l'aéronef, le procédé de prédiction étant mis en œuvre par un système de prédiction, le procédé comportant une phase de génération d'un jeu d'entraînement et d'un jeu de test pour un algorithme de prédiction basé sur des techniques de machine learning (qui renvoie à la dénomination française de « apprentissage automatique ») propre à prédire une panne d'un équipement d'une plateforme mobile à partir de données
35 de maintenance collectées durant plusieurs phases d'utilisation de la plateforme mobiles, la génération comportant un traitement distinct selon la nature de la phase d'utilisation, la

nature de la phase d'utilisation comprenant au moins deux types de phases d'utilisation, un premier type correspondant à une phase d'utilisation n'ayant pas été suivie d'une dépose de l'équipement pour cause de panne durant un intervalle de temps supérieur ou égal à un premier intervalle de temps et un deuxième type correspondant à une phase d'utilisation suivie d'une dépose pour cause de panne de l'équipement durant un intervalle de temps inférieur ou égal à un deuxième intervalle de temps. Le procédé de prédiction comporte également une phase d'établissement d'un algorithme de prédiction à partir du jeu d'entraînement et du jeu de test générés, et une phase d'utilisation de l'algorithme de prédiction établi.

Suivant des modes de réalisation particuliers, le procédé de prédiction comprend une ou plusieurs des caractéristiques suivantes, prise(s) isolément ou suivant toutes les combinaisons techniquement possibles :

- lors de la phase de génération, le jeu d'entraînement et le jeu de test comportent un ensemble de données, chaque donnée étant les valeurs d'un ensemble de vecteurs de caractéristiques étiquetés par une étiquette dépendant de la nature de la phase d'utilisation.

- l'étiquette est une première étiquette pour les phases d'utilisation n'ayant pas été suivies d'une dépose de l'équipement pour cause de panne durant un intervalle de temps supérieur ou égal au premier intervalle de temps et une deuxième étiquette pour les phases d'utilisation suivies d'une dépose pour cause de panne de l'équipement durant un intervalle de temps inférieur ou égal au deuxième intervalle de temps, les deux étiquettes étant distinctes.

- la phase de génération comporte une étape de détermination de valeurs de vecteurs de caractéristiques initiaux, une étape de normalisation et lissage des vecteurs de caractéristiques initiaux pour obtenir des vecteurs de caractéristiques lissés, et une étape de filtrage des vecteurs de caractéristiques lissés pour obtenir des vecteurs de caractéristiques finaux, les vecteurs de caractéristiques finaux étant les vecteurs de caractéristiques du jeu d'entraînement et du jeu de test.

- les données de maintenance collectées durant plusieurs phases d'utilisation de la plateforme mobile comportent des messages de maintenance, un vecteur de caractéristiques initial étant associé à un message de maintenance respectif, l'étape de détermination de la valeur des vecteurs de caractéristiques initiaux étant, pour chaque vecteurs de caractéristiques initial, une étape de dénombrement du nombre de message de maintenance associé au vecteur de caractéristiques initial, la valeur du vecteurs de caractéristiques initial étant égal au nombre dénombré.

- lors de l'étape de filtrage, il est appliqué une corrélation de Pearson attribuant une note à chaque vecteur de caractéristiques lissé et un seuillage à l'aide d'un seuil prédéterminé, les vecteurs de caractéristiques finaux étant les vecteurs de caractéristiques ayant un score supérieur ou égal au seuil prédéterminé.

- la phase de génération comporte une étape de normalisation des valeurs des vecteurs de caractéristiques initiaux et une étape de lissage des vecteurs de caractéristiques normalisés sur au moins deux phases d'utilisation.

- l'algorithme de prédiction est un algorithme de classification entraîné par apprentissage supervisé.

- les données de maintenance collectées durant plusieurs phases d'utilisation de la plateforme mobile comprennent des premières données et des deuxièmes données, les premières données correspondant à un ensemble de déposes pour cause de pannes ayant eu lieu par le passé et les deuxièmes données correspondant aux données collectées lors d'au moins une phase d'utilisation de la plateforme mobile, le procédé comporte une phase de croisement des données par application d'une technique de jointure aux premières données et aux deuxièmes données.

La présente description concerne aussi un système de prédiction propre à prédire une panne d'un équipement d'une plateforme mobile à partir de données de maintenance collectées durant plusieurs phases d'utilisation de la plateforme mobile, notamment plusieurs vols de l'aéronef, le système de prédiction comportant un module de génération d'un jeu d'entraînement et d'un jeu de test pour un algorithme de prédiction propre à prédire une panne d'un équipement d'une plateforme mobile, le module de génération étant propre à appliquer un traitement distinct des phases d'utilisation n'ayant pas été suivies d'une dépose de l'équipement pour cause de panne durant un intervalle de temps supérieur ou égal à un premier intervalle de temps et des phases d'utilisation suivies d'une dépose pour cause de panne de l'équipement durant un intervalle de temps inférieur ou égal à un deuxième intervalle de temps, un module d'établissement d'un algorithme de prédiction à partir du jeu d'entraînement et du jeu de test générés, et un module d'utilisation de l'algorithme de prédiction établi.

La présente description se rapporte aussi à un produit programme d'ordinateur comportant un support lisible d'informations, sur lequel est mémorisé un programme d'ordinateur comprenant des instructions de programme, le programme d'ordinateur étant chargeable sur une unité de traitement de données et adapté pour entraîner la mise en œuvre d'étapes d'un procédé tel que précédemment décrit lorsque le programme d'ordinateur est mis en œuvre sur l'unité de traitement des données.

La présente description concerne aussi un support lisible d'informations comportant des instructions de programme formant un programme d'ordinateur, le programme d'ordinateur étant chargeable sur une unité de traitement de données et adapté pour entraîner la mise en œuvre d'étapes d'un procédé tel que précédemment décrit lorsque le programme d'ordinateur est mis en œuvre sur l'unité de traitement de données.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description qui suit de modes de réalisation de l'invention, donnée à titre d'exemple uniquement et en référence aux dessins qui sont :

- figure 1, une vue schématique d'un équipement et d'un système de prédiction d'un point de vue structurel,
- figure 2, une autre représentation schématique du système de prédiction de la figure 1 d'un point de vue fonctionnel, et
- figure 3, un ordinogramme d'un exemple de mise en œuvre d'un procédé de prédiction.

Un équipement 6 et un système de prédiction 10 sont représentés sur la figure 1.

L'équipement 6 est, par exemple, un équipement électronique tel qu'un équipement avionique.

Alternativement, l'équipement 6 est n'importe quel type d'équipement, électronique ou non, dont des déposes sont à anticiper au cours du temps.

Par exemple, l'équipement 6 est un système de pilotage d'un aéronef. Par définition, un aéronef est un moyen de transport capable de s'élever et de se mouvoir en altitude, au sein de l'atmosphère terrestre. Un hélicoptère ou un avion est un exemple d'aéronef.

Selon l'exemple décrit, l'aéronef est un avion.

Le système de prédiction 10 est propre à prédire une panne d'un équipement 6 d'un aéronef à partir de données de maintenance durant plusieurs vols de l'aéronef.

D'un point de vue strictement matériel, le système de prédiction 10 peut être vu comme un calculateur interagissant avec un produit programme d'ordinateur 12 comme schématiquement représenté sur la figure 1.

L'interaction entre le système de prédiction 10 et le produit programme d'ordinateur 12 permet la mise en œuvre d'un procédé de prédiction. Le procédé de prédiction est ainsi un procédé mis en œuvre par ordinateur.

Le système de prédiction 10 est un ordinateur de bureau. En variante, le système de prédiction 10 est un ordinateur monté sur un rack, un ordinateur portable, une tablette, un assistant numérique personnel (PDA) ou un smartphone.

Dans des modes de réalisation spécifiques, l'ordinateur est adapté pour fonctionner en temps réel et/ou est dans un système embarqué, notamment dans un véhicule tel qu'un avion.

Dans le cas de la figure 1, le système de prédiction 10 comprend une unité de calcul 14, une interface utilisateur 16 et un dispositif de communication 18.

L'unité de calcul 14 est un circuit électronique conçu pour manipuler et/ou transformer des données représentées par des quantités électroniques ou physiques dans des registres du système de prédiction 10 et/ou des mémoires en d'autres données similaires correspondant à des données physiques dans les mémoires de registres ou d'autres types de dispositifs d'affichage, de dispositifs de transmission ou de dispositifs de mémorisation.

En tant qu'exemples spécifiques, l'unité de calcul 14 comprend un processeur monocœur ou multicœurs (tel qu'une unité de traitement centrale (CPU), une unité de traitement graphique (GPU), un microcontrôleur et un processeur de signal numérique (DSP)), un circuit logique programmable (comme un circuit intégré spécifique à une application (ASIC), un réseau de portes programmables *in situ* (FPGA), un dispositif logique programmable (PLD) et des réseaux logiques programmables (PLA)), une machine à états, une porte logique et des composants matériels discrets.

L'unité de calcul 14 comprend une unité de traitement de données 20 adaptée pour traiter des données, notamment en effectuant des calculs, des mémoires 22 adaptées à stocker des données et un lecteur 24 adapté à lire un support lisible par ordinateur.

L'interface utilisateur 16 comprend un dispositif d'entrée 26 et un dispositif de sortie 28.

Le dispositif d'entrée 26 est un dispositif permettant à l'utilisateur du système de prédiction 10 de saisir sur le système de prédiction 10 des informations ou des commandes.

Sur la figure 1, le dispositif d'entrée 26 est un clavier. En variante, le dispositif d'entrée 26 est un périphérique de pointage (tel qu'une souris, un pavé tactile et une tablette graphique), un dispositif de reconnaissance vocale, un oculomètre ou un dispositif haptique (analyse des mouvements).

Le dispositif de sortie 28 est une interface utilisateur graphique, c'est-à-dire une unité d'affichage conçue pour fournir des informations à l'utilisateur du système de prédiction 10.

Sur la figure 1, le dispositif de sortie 28 est un écran d'affichage permettant une présentation visuelle de la sortie. Dans d'autres modes de réalisation, le dispositif de

sortie est une imprimante, une unité d'affichage augmenté et/ou virtuel, un haut-parleur ou un autre dispositif générateur de son pour présenter la sortie sous forme sonore, une unité produisant des vibrations et/ou des odeurs ou une unité adaptée à produire un signal électrique.

5 Dans un mode de réalisation spécifique, le dispositif d'entrée 26 et le dispositif de sortie 28 sont le même composant formant des interfaces homme-machine, tel qu'un écran interactif.

Le dispositif de communication 18 permet une communication unidirectionnelle ou bidirectionnelle entre les composants du système de prédiction 10. Par exemple, le
10 dispositif de communication 18 est un système de communication par bus ou une interface d'entrée / sortie.

La présence du dispositif de communication 18 permet que, dans certains modes de réalisation, les composants du système de prédiction 10 soient distants les uns des autres.

15 Le produit programme informatique 12 comprend un support lisible par ordinateur 32.

Le support lisible par ordinateur 32 est un dispositif tangible lisible par le lecteur 24 de la calculatrice 14.

20 Notamment, le support lisible par ordinateur 32 n'est pas un signal transitoire en soi, tels que des ondes radio ou d'autres ondes électromagnétiques à propagation libre, telles que des impulsions lumineuses ou des signaux électroniques.

Un tel support de stockage lisible par ordinateur 32 est, par exemple, un dispositif de stockage électronique, un dispositif de stockage magnétique, un dispositif de stockage optique, un dispositif de stockage électromagnétique, un dispositif de stockage à semi-
25 conducteur ou toute combinaison de ceux-ci.

En tant que liste non exhaustive d'exemples plus spécifiques, le support de stockage lisible par ordinateur 32 est un dispositif codé mécaniquement, tel que des cartes perforées ou des structures en relief dans une gorge, une disquette, un disque dur, une mémoire morte (ROM), une mémoire vive (RAM), une mémoire effaçable
30 programmable en lecture seule (EPROM), une mémoire effaçable électriquement et lisible (EEPROM), un disque magnéto-optique, une mémoire vive statique (SRAM), un disque compact (CD-ROM), un disque numérique polyvalent (DVD), une clé USB, un disque souple, une mémoire flash, un disque à semi-conducteur (SSD) ou une carte PC telle qu'une carte mémoire PCMCIA.

Un programme d'ordinateur est stocké sur le support de stockage lisible par ordinateur 32. Le programme d'ordinateur comprend une ou plusieurs séquences d'instructions de programme mémorisées.

De telles instructions de programme, lorsqu'elles sont exécutées par l'unité de traitement de données 20, entraînent l'exécution d'étapes du procédé d'analyse.

Par exemple, la forme des instructions de programme est une forme de code source, une forme exécutable par ordinateur ou toute forme intermédiaire entre un code source et une forme exécutable par ordinateur, telle que la forme résultant de la conversion du code source via un interpréteur, un assembleur, un compilateur, un éditeur de liens ou un localisateur. En variante, les instructions de programme sont un microcode, des instructions firmware, des données de définition d'état, des données de configuration pour circuit intégré (par exemple du VHDL) ou un code objet.

Les instructions de programme sont écrites dans n'importe quelle combinaison d'un ou de plusieurs langages, par exemple un langage de programmation orienté objet (C++, JAVA, Python), un langage de programmation procédural (langage C par exemple).

Alternativement, les instructions du programme sont téléchargées depuis une source externe via un réseau, comme c'est notamment le cas pour les applications. Dans ce cas, le produit programme d'ordinateur comprend un support de données lisible par ordinateur sur lequel sont stockées les instructions de programme ou un signal de support de données sur lequel sont codées les instructions de programme.

Dans chaque cas, le produit programme d'ordinateur 12 comprend des instructions qui peuvent être chargées dans l'unité de traitement de données 20 et adaptées pour provoquer l'exécution du procédé d'analyse lorsqu'elles sont exécutées par l'unité de traitement de données 20. Selon les modes de réalisation, l'exécution est entièrement ou partiellement réalisée soit sur le système de prédiction 10, c'est-à-dire un ordinateur unique, soit dans un système distribué entre plusieurs ordinateurs (notamment via l'utilisation de l'informatique en nuage).

D'un point de vue fonctionnel, le système de prédiction 10 peut être vu comme un ensemble d'unités et de modules.

Ainsi, comme visible à la figure 2, le système de prédiction 10 comporte une unité de réception 40, une unité de croisement de données 42, une unité de génération de vecteurs de caractéristiques 44, une unité d'étiquetage 46, une unité d'établissement d'un algorithme de prédiction 48, une unité d'évaluation 49 et une unité d'exploitation 50.

L'unité de génération de vecteurs de caractéristiques 44 comporte un module de dénombrement 52, un module de normalisation 54, un module de lissage 56 et un module de sélection 58.

L'unité d'étiquetage 46 comporte un module de détermination 60 et un module de classification 62.

Le fonctionnement du système de prédiction 10 est maintenant décrit en référence à la figure 3 qui est un ordinogramme d'un exemple de mise en œuvre d'un procédé de prédiction.

Le procédé de prédiction vise à prédire si un vol est sain ou si une panne est à prévoir, notamment pour prévoir une action de maintenance anticipée.

Le procédé de prédiction propose un algorithme de prédiction par équipement 6.

Dans ce qui suit, le procédé de prédiction est illustré pour un équipement 6 particulier sachant que, pour effectuer une prédiction pour chacun des équipements 6, il convient de répéter le procédé qui va maintenant être décrit.

Plus précisément, pour la suite, l'exemple d'une alimentation électrique dans l'avion est détaillé.

Le procédé de prédiction comporte une phase de fourniture P1, une phase de croisement des données P2, une phase de génération de vecteurs de caractéristiques P3, une phase d'étiquetage P4, une phase d'établissement d'un algorithme de prédiction P5, une phase d'évaluation P6 et une phase d'exploitation P7.

Lors de la phase de fourniture P1, il est fourni des premières données et des deuxièmes données.

Plus précisément, les premières données et les deuxièmes données sont reçues par l'unité de réception 40.

Les premières données correspondent à un ensemble de déposes pour cause de panne ayant eu lieu par le passé.

Par exemple, les premières données sont des données de réparation issues des ateliers de réparation ou des données de dépose et réparation dans la société possédant l'équipement 6.

Il est à noter que les données des ateliers permettent d'expliciter la cause des pannes et d'exclure les pannes non confirmées.

Les deuxièmes données sont des données collectées lors d'au moins un vol de l'appareil.

Les deuxièmes données sont des données de maintenance.

Par exemple, les deuxièmes données sont des mesures ou des messages relatifs à la maintenance.

Un exemple de mesure est une mesure d'un capteur, par exemple, un capteur de température.

A titre d'illustration, un message relatif à la maintenance est un message demandant une maintenance ou un message alertant de la présence d'une panne.

A l'issue de la phase de fourniture, le système de prédiction 10 dispose ainsi d'un ensemble de données.

5 Lors de la phase de croisement des données P2, l'unité de croisement de données 42 met en œuvre une technique de jointure appliquée aux premières données et aux deuxièmes données.

Par exemple, la technique de jointure est appliquée sur les données fournissant les dates des événements (vols, déposes, réparations...) d'une part et les identifiants des
10 aéronefs sur lequel est monté l'équipement 6 d'autre part.

Cela permet d'obtenir un ensemble de données associant à des messages de maintenance les données permettant d'identifier si l'alimentation était présente dans l'aéronef durant le vol dont sont issus les messages de maintenance.

La phase de génération des vecteurs de caractéristiques P3 comporte une étape
15 de dénombrement E31, une étape de normalisation E32, une étape de lissage temporel E33 et une étape de sélection E34.

Pour ce qui suit, il est supposé qu'une liste de vecteurs de caractéristiques initiaux est fournie. Dans l'exemple proposé, un vecteur de caractéristiques est un type de message de maintenance.

20 Lors de l'étape de dénombrement E31, pour chaque type de message, le module de dénombrement 52 dénombre le nombre de messages appartenant audit type.

L'étape de dénombrement E31 est mise en œuvre sur des données correspondant à un seul vol.

Lors de l'étape de normalisation E32, le module de normalisation 54 normalise
25 chaque vecteur de caractéristiques par application d'une fonction de normalisation.

Une telle fonction de normalisation prend en compte une information spécifique au vol.

Selon l'exemple décrit, la fonction de normalisation associe à un vecteur de caractéristiques le rapport de la valeur du vecteur de caractéristiques obtenue à l'étape de
30 dénombrement E31 sur la durée du vol.

Lors de l'étape de lissage temporel E33, le module de lissage 56 applique une fonction de lissage prenant en compte les vecteurs de caractéristiques pour au moins deux vols consécutifs.

Par exemple, le nombre de vols consécutifs pris en compte par la fonction de
35 lissage est supérieur ou égal à 4.

Dans le présent procédé, la fonction de lissage est une moyenne arithmétique appliquée aux quatre vols précédents.

Autrement formulé, grâce à la fonction de lissage, pour un vol donné, les valeurs des vecteurs de caractéristiques sont mises à jour en prenant la moyenne de leur valeur
5 lors des quatre derniers vols avant lissage.

Les deux étapes de normalisation E32 et de lissage E33 visent à obtenir des vecteurs de caractéristiques les plus informatifs possibles.

A contrario, lors de l'étape de sélection E34, le module de sélection 58 vise à filtrer les vecteurs de caractéristiques pour ne garder que les plus pertinents.

10 Une telle sélection est, par exemple, effectuée à l'aide des jeux de données préparés lors de la phase d'étiquetage P4.

Pour cela, il est calculé une corrélation de Pearson entre chaque vecteur de caractéristiques et l'étiquette définie ci-après en référence à la phase d'étiquetage P4 et sont éliminés les vecteurs de caractéristiques pour lesquels le score de corrélation de
15 Pearson est inférieur à un seuil.

A l'issue de la phase de génération de vecteurs de caractéristiques P3, il est obtenu un ensemble de vecteurs de caractéristiques qui seront les entrées de l'algorithme de prédiction.

Lors de la phase d'étiquetage P4, l'unité d'étiquetage 46 classe les vols en deux
20 catégories pour l'équipement 6 considéré qui sont : « vol sain pour l'équipement » ou « vol précurseur de panne pour l'équipement ».

Par définition, un vol est considéré comme un vol sain lorsque le vol n'a pas été suivi d'une dépose de l'équipement 6 pour cause de panne durant un intervalle de temps supérieur ou égal à un premier intervalle de temps T1.

25 Par exemple, le premier intervalle de temps T1 est supérieur ou égal à 30 vols. Dans le cas décrit, le premier intervalle de temps T1 est égal à 50 vols.

A contrario, un vol est un vol précurseur de dépose pour cause de panne de l'équipement 6 lorsque le vol a été suivi d'une dépose pour cause de panne de l'équipement 6 durant un intervalle de temps inférieur ou égal à un deuxième intervalle de
30 temps T2.

Par exemple, le deuxième intervalle de temps T2 est inférieur ou égal à 70 vols. Dans le cas décrit, le deuxième intervalle de temps T2 est égal à 50 vols.

Ainsi, dans l'exemple, le premier intervalle T1 et le deuxième intervalle T2 sont identiques de sorte qu'une classification en deux catégories est utilisée.

En variante, le premier intervalle T1 et le deuxième intervalle T2 sont différents. Dans un tel cas, une troisième catégorie existe correspondant aux vols « intermédiaires » qui ne sont ni sains ni précurseur de dépose pour panne.

Pour mettre en œuvre un tel étiquetage, la phase d'étiquetage P4 comporte une étape de détermination E41 et une étape de classification E42.

L'étape de détermination E41 vise à déterminer les déposes ayant eu lieu à cause d'une panne de l'équipement 6 à l'aide du module de détermination 60.

Le module de détermination 60 permet de filtrer les autres causes conduisant à une dépose comme les prélèvements d'équipements 6, les changements d'avions et les changements de configuration des équipements 6.

Une technique pour mettre en œuvre une telle détermination est de filtrer dans une base de données répertoriant les déposes et leur motif l'ensemble des déposes n'ayant pas lieu à cause d'une panne de l'équipement 6. La base de données obtenue après filtrage comporte uniquement les déposes ayant eu lieu à cause d'une panne de l'équipement 6.

Lorsque l'équipement 6 est un sous-système présentant plusieurs unités, l'étape de filtrage est mise en œuvre pour chaque unité et une nouvelle base de données comportant l'ensemble des données obtenues à l'issue de chaque étape de filtrage est formée.

En complément ou en variante, un tel filtre est renforcé par une jointure avec les pannes confirmées (non plus celles identifiées mais celles qui ont été réparées).

A l'issue de l'étape de détermination E41, il est ainsi obtenu les déposes ayant eu lieu à cause d'une panne de l'équipement 6.

Lors de l'étape de classification E42, le module de classification 62 classe les vols selon les deux catégories précitées.

Pour cela, deux paramètres T1 et T2 sont fixés.

Selon l'exemple proposé, les paramètres T1 et T2 sont des entiers (en unité de vols).

En outre, les paramètres sont soit déterminés par un superviseur, soit par une analyse statistique. Par exemple, les paramètres T1 et/ou T2 peuvent être fixés au travers d'une démarche d'essai/erreur pour maximiser les corrélations entre les vecteurs de caractéristiques issues de P3 et l'étiquette. Par exemple, pour le cas d'alimentations électriques, $T1 = T2 = 40$.

En supposant que les deux paramètres sont connus par le module de classification 62 (soit fourni soit calculé par le module de classification 62), celui-ci classe chaque vol selon les règles précédentes.

Ainsi, pour chaque équipement 6, le module de classification 62 attribue une étiquette à chaque vol, cette étiquette étant « sain » ou « précurseur de pannes ».

A l'issue de la phase d'étiquetage P4, il est ainsi obtenu un ensemble d'étiquettes qui sont ce que l'algorithme de prédiction aura pour tâche de prédire lors des phases d'établissement d'un algorithme de prédiction P5 et d'évaluation P6.

Lors de la phase d'établissement de l'algorithme de prédiction P5, le module d'établissement 48 établit l'algorithme de prédiction P5 qui vise à trouver un lien entre les vecteurs de caractéristiques obtenus lors de la phase de génération P3 et les étiquettes obtenues à l'issue de la phase d'étiquetage P4.

Plus précisément, lors de la phase d'établissement d'un algorithme de prédiction P5, il est sélectionné et entraîné un algorithme de prédiction basé sur des techniques de machine learning (qui renvoie à la dénomination française de « apprentissage automatique »).

L'algorithme de prédiction cherche à prédire si un vol est sain ou précurseur de panne pour un équipement 6 donné. L'algorithme de prédiction est ainsi un algorithme de classification selon deux classes (classification binaire).

Dans le présent procédé, l'algorithme est un algorithme obtenu par apprentissage supervisé.

A titre d'exemple, l'algorithme de prédiction est une machine à vecteur de support. Un tel algorithme est plus connu sous l'abréviation SVM qui renvoie à la dénomination anglaise de « Support Vector Machine ».

En variante, l'algorithme de prédiction est un algorithme de forêt aléatoire, plus connu sous sa dénomination anglaise de « Random Forest ».

L'ensemble des données disponibles est séparé en deux pour obtenir un jeu d'apprentissage et un jeu de test. Le jeu de test est utilisé dans la phase d'évaluation P6.

La répartition entre jeu d'apprentissage et jeu de test est, par exemple, effectuée sur une base temporelle, le jeu d'apprentissage correspondant à des données antérieures au jeu de test.

Lors de l'entraînement, des hyper-paramètres peuvent être fixés par l'utilisation d'une technique de « grid search » (littéralement « recherche de grille ») ou de « random-search » (littéralement « recherche aléatoire ») dans le cadre d'une validation croisée. De telles techniques permettent d'entraîner un même classifieur mais avec des hyperparamètres différents et ensuite de sélectionner celui obtenant les meilleures performances sur le jeu de test/validation.

Par ailleurs, éventuellement, l'algorithme entraîné peut être normalisé par application d'une fonction sigmoïde.

Il est ainsi obtenu un algorithme de prédiction à tester.

Lors de la phase d'évaluation P6, l'unité d'évaluation 50 évalue les performances de l'algorithme de prédiction établi lors de la phase d'établissement P5.

Une telle évaluation est mise en œuvre à l'aide de données de test.

5 Selon l'exemple décrit, l'unité d'évaluation 50 utilise un évaluateur formé à partir de deux métriques.

La première métrique est la précision qui représente le taux d'alertes avérées lancées par l'algorithme de prédiction et la deuxième métrique est le volume de déposes qui ont été prédites par l'algorithme de prédiction. Les deux métriques sont concaténées,
10 par exemple, à l'aide d'une somme pondérée.

Selon un premier exemple, il est utilisé une technique souvent désignée sous la dénomination anglaise de « Precision-Recall-Curve » qui signifie littéralement courbe de rappel et précision.

En variante, l'évaluation est effectuée en utilisant des données postérieures aux
15 données ayant servi à entraîner l'algorithme de prédiction.

Lorsque l'évaluation n'est pas satisfaisante, la phase d'établissement de l'algorithme de prédiction P5 est à nouveau mise en œuvre.

Lorsque l'évaluation est satisfaisante, l'algorithme de prédiction est conservé et est prêt à être utilisé pour la phase d'exploitation P7.

20 Lors de la phase d'exploitation P7, l'unité d'exploitation 50 applique l'algorithme de prédiction à des nouvelles données pour déterminer si un vol est sain ou précurseur d'une panne.

Le procédé présenté est donc un procédé présentant notamment comme élément remarquable une phase de génération d'un jeu d'entraînement et d'un jeu de test pour un
25 algorithme de prédiction, c'est-à-dire destinés à l'établissement d'un algorithme de prédiction, l'algorithme de prédiction étant propre à prédire une panne d'un équipement 6 d'un aéronef à partir de données de maintenance collectées durant plusieurs vols, la génération comportant un traitement distinct selon la nature du vol, la nature du vol comprenant au moins deux types de vols, un premier type correspondant au vol n'ayant
30 pas été suivis d'une dépose de l'équipement 6 pour cause de panne durant un intervalle de temps supérieur ou égal au premier intervalle de temps T1 et un deuxième type correspondant au vol suivi d'une dépose pour cause de panne de l'équipement 6 durant un intervalle de temps inférieur ou égal au deuxième intervalle de temps T2.

Il est à noter que, en ce qui concerne les vecteurs de caractéristiques, la phase de
35 génération est originale en ce qu'elle propose de déterminer des valeurs de vecteurs de caractéristiques initiaux, de les consolider (normalisation et lissage temporel) puis de

filtrer les vecteurs de caractéristiques ainsi consolidés pour obtenir des vecteurs de caractéristiques finaux, les vecteurs de caractéristiques finaux étant les vecteurs de caractéristiques du jeu d'entraînement et du jeu de test.

Autrement formulé, le procédé améliore les jeux servant à établir l'algorithme de prédiction.

Un tel procédé de prédiction permet ainsi d'améliorer les performances du système de prédiction 10.

Plus précisément, un tel procédé de prédiction permet d'obtenir un système de prédiction 10 présentant une meilleure précision, et notamment un taux de fausse alerte plus faible.

Pour améliorer la précision, l'étape d'entraînement de l'algorithme de prédiction peut être répétée pour tenir compte de nouvelles arrivées de données, par exemple quand 10% du jeu de données a changé. Ainsi, l'algorithme de prédiction évolue au cours du temps.

Le procédé de prédiction qui vient d'être décrit peut également être utilisé pour d'autres plateformes mobiles, l'extension étant immédiate.

Les plateformes mobiles concernées sont, par exemple, un engin spatial, un véhicule terrestre, un sous-marin ou un porte-avion.

Dans un tel cas, les vols qui sont utilisés par le procédé pour prédire les pannes sont généralisables par des phases d'utilisation de la plateforme mobile.

Dans le cas d'un porte-avion ou d'un véhicule terrestre, une phase d'utilisation est un ensemble de déplacements correspondant chacun à un trajet (qui est équivalent au vol).

Pour un engin spatial, une phase d'utilisation est, par exemple, la réalisation d'un trajet prédéfini. Un exemple de trajet prédéfini est une révolution autour de la Terre. L'exploitation de l'engin spatial est ainsi découpée temporellement selon les trajets effectués par l'engin spatial.

Alternativement, l'exploitation est découpée en phases d'utilisation présentant la même durée temporelle, la durée temporelle étant choisie préalablement.

REVENDEICATIONS

1. Procédé de prédiction d'une panne d'un équipement (6) d'une plateforme mobile, notamment un aéronef, à partir de données de maintenance collectées durant plusieurs phases d'utilisation de la plateforme mobile, notamment plusieurs vols de l'aéronef, le procédé de prédiction étant mis en œuvre par un système de prédiction, le procédé comportant :

- une phase de génération d'un jeu d'entraînement et d'un jeu de test destinés à l'établissement d'un algorithme de prédiction, l'algorithme de prédiction étant notamment basé sur des techniques d'apprentissage automatique, l'algorithme de prédiction étant propre à prédire une panne d'un équipement (6) d'une plateforme mobile à partir de données de maintenance collectées durant plusieurs phases d'utilisation de la plateforme mobile, la génération comportant un traitement distinct selon la nature de la phase d'utilisation, la nature de la phase d'utilisation comprenant au moins deux types de phases d'utilisation, un premier type correspondant à une phase d'utilisation n'ayant pas été suivie d'une dépose de l'équipement (6) pour cause de panne durant un intervalle de temps supérieur ou égal à un premier intervalle de temps (T1) et un deuxième type correspondant à une phase d'utilisation suivie d'une dépose pour cause de panne de l'équipement (6) durant un intervalle de temps inférieur ou égal à un deuxième intervalle de temps (T2),
- une phase d'établissement de l'algorithme de prédiction à partir du jeu d'entraînement et du jeu de test générés, et
- une phase d'utilisation de l'algorithme de prédiction établi.

2. Procédé de prédiction selon la revendication 1, dans lequel, lors de la phase de génération, le jeu d'entraînement et le jeu de test comportent un ensemble de données, chaque donnée étant les valeurs d'un ensemble de vecteurs de caractéristiques étiquetés par une étiquette dépendant de la nature de la phase d'utilisation.

3. Procédé de prédiction selon la revendication 2, dans lequel l'étiquette est une première étiquette pour les phases d'utilisation n'ayant pas été suivies d'une dépose de l'équipement (6) pour cause de panne durant un intervalle de temps supérieur ou égal au premier intervalle de temps (T1) et une deuxième étiquette pour les phases d'utilisation suivies d'une dépose pour cause de panne de l'équipement (6) durant un

intervalle de temps inférieur ou égal au deuxième intervalle de temps (T2), les deux étiquettes étant distinctes.

4. Procédé de prédiction selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel, la phase de génération comporte une étape de :

- détermination de valeurs de vecteurs de caractéristiques initiaux,
- normalisation et lissage des vecteurs de caractéristiques initiaux pour obtenir des vecteurs de caractéristiques lissés, et
- filtrage des vecteurs de caractéristiques lissés pour obtenir des vecteurs de caractéristiques finaux, les vecteurs de caractéristiques finaux étant les vecteurs de caractéristiques du jeu d'entraînement et du jeu de test.

5. Procédé de prédiction selon la revendication 4, dans lequel les données de maintenance collectées durant plusieurs phases d'utilisation de la plateforme mobile comportent des messages de maintenance, un vecteur de caractéristiques initial étant associé à un message de maintenance respectif, l'étape de détermination de la valeur des vecteurs de caractéristiques initiaux étant, pour chaque vecteur de caractéristiques initial, une étape de dénombrement du nombre de messages de maintenance associés au vecteur de caractéristiques initial, la valeur du vecteurs de caractéristiques initial étant égal au nombre dénombré.

6. Procédé de prédiction selon la revendication 4 ou 5, dans lequel lors de l'étape de filtrage, il est appliqué une corrélation de Pearson attribuant une note à chaque vecteur de caractéristiques lissé et un seuillage à l'aide d'un seuil prédéterminé, les vecteurs de caractéristiques finaux étant les vecteurs de caractéristiques ayant un score supérieur ou égal au seuil prédéterminé.

7. Procédé de prédiction selon l'une quelconque des revendications 4 à 6, dans lequel la phase de génération comporte une étape de normalisation des valeurs des vecteurs de caractéristiques initiaux et une étape de lissage des vecteurs de caractéristiques normalisés sur au moins deux phases d'utilisation.

8. Procédé de prédiction selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, dans lequel l'algorithme de prédiction est un algorithme de classification entraîné par apprentissage supervisé.

9. Procédé de prédiction selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, dans lequel les données de maintenance collectées durant plusieurs phases d'utilisation de la plateforme mobile comprennent des premières données et des deuxièmes données, les premières données correspondant à un ensemble de déposes pour cause de pannes ayant eu lieu par le passé et les deuxièmes données correspondant aux données collectées lors d'au moins une phase d'utilisation de la plateforme mobile, le procédé comporte une phase de croisement des données par application d'une technique de jointure aux premières données et aux deuxièmes données.

10. Système de prédiction (10) propre à prédire une panne d'un équipement (6) d'une plateforme mobile à partir de données de maintenance collectées durant plusieurs phases d'utilisation de la plateforme mobile, notamment plusieurs vols de l'aéronef, le système de prédiction (10) comportant :

- un module de génération d'un jeu d'entraînement et d'un jeu de test destinées à l'établissement d'un algorithme de prédiction, l'algorithme de prédiction étant notamment basé sur des techniques d'apprentissage automatique, l'algorithme de prédiction étant propre à prédire une panne d'un équipement (6) d'une plateforme mobile, le module de génération étant propre à appliquer un traitement distinct des phases d'utilisation n'ayant pas été suivies d'une dépose de l'équipement (6) pour cause de panne durant un intervalle de temps supérieur ou égal à un premier intervalle de temps (T1) et des phases d'utilisation suivies d'une dépose pour cause de panne de l'équipement (6) durant un intervalle de temps inférieur ou égal à un deuxième intervalle de temps (T2),
- un module d'établissement de l'algorithme de prédiction à partir du jeu d'entraînement et du jeu de test générés, et
- un module d'utilisation de l'algorithme de prédiction établi.

11. Produit programme d'ordinateur (12) comportant un programme d'ordinateur comprenant des instructions de programme, le programme d'ordinateur étant chargeable sur une unité de traitement de données (20) et adapté pour entraîner la mise en œuvre d'étapes d'un procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 9 lorsque le programme d'ordinateur est mis en œuvre sur l'unité de traitement des données (20).

12. Support lisible d'informations (32) comportant des instructions de programme formant un programme d'ordinateur, le programme d'ordinateur étant

chargeable sur une unité de traitement de données (20) et adapté pour entraîner la mise en œuvre d'étapes d'un procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 9 lorsque le programme d'ordinateur est mis en œuvre sur l'unité de traitement de données (20).

1/3

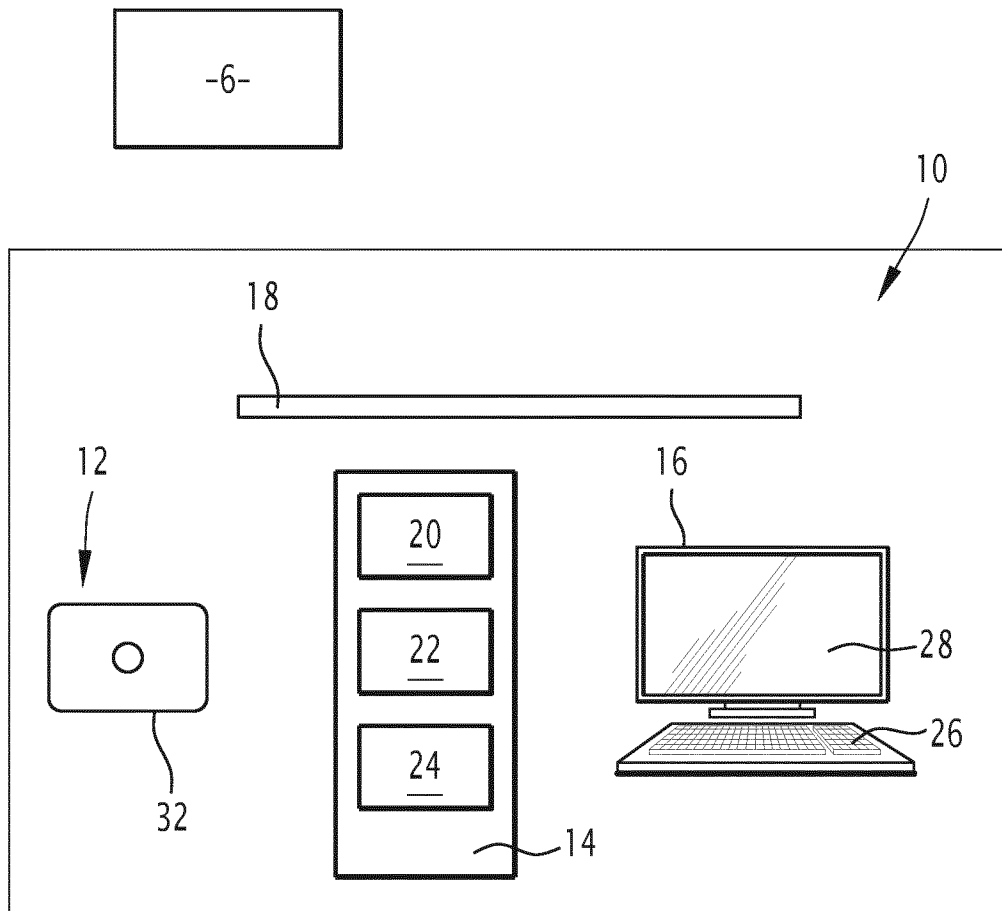


FIG.1

2/3

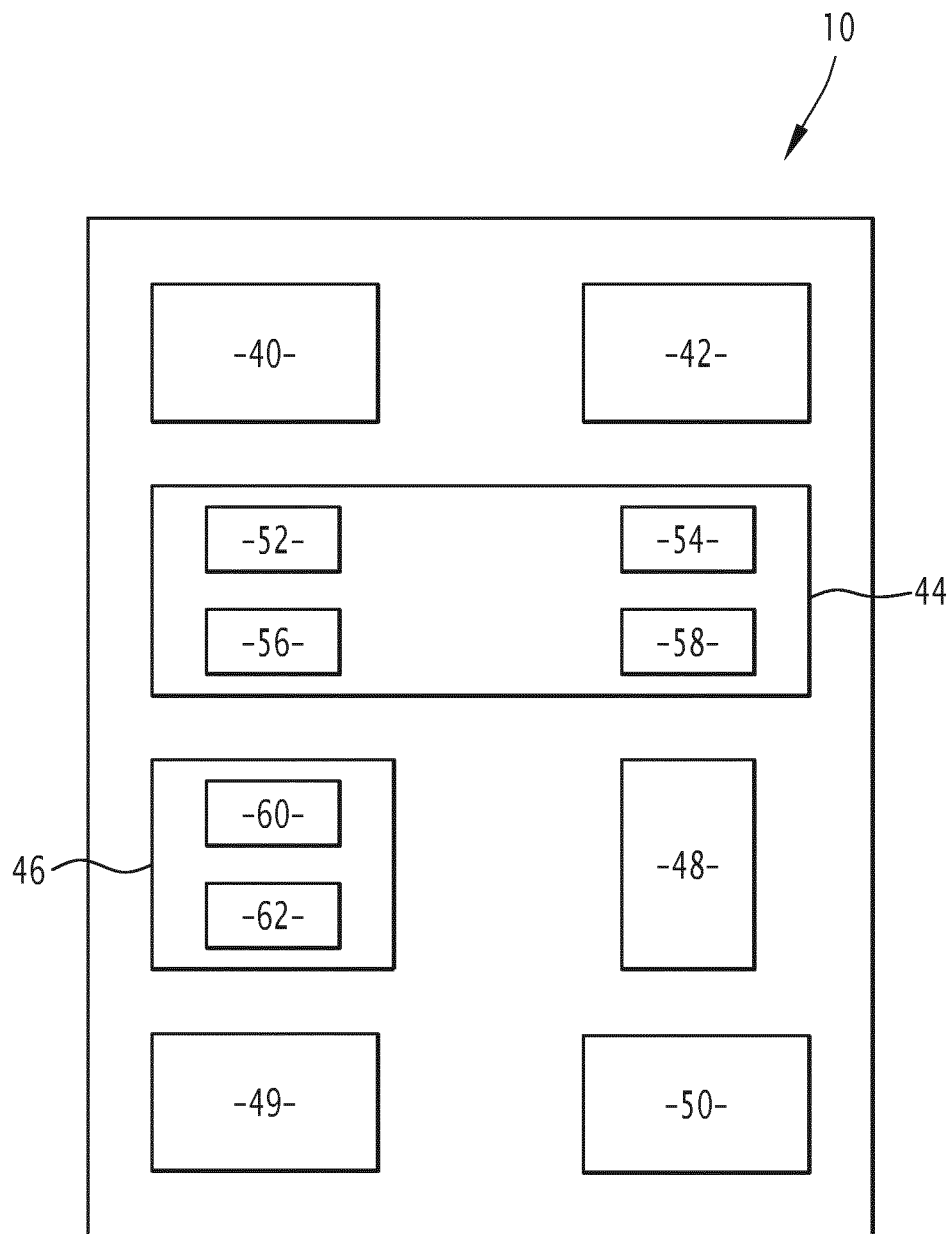


FIG.2

3/3

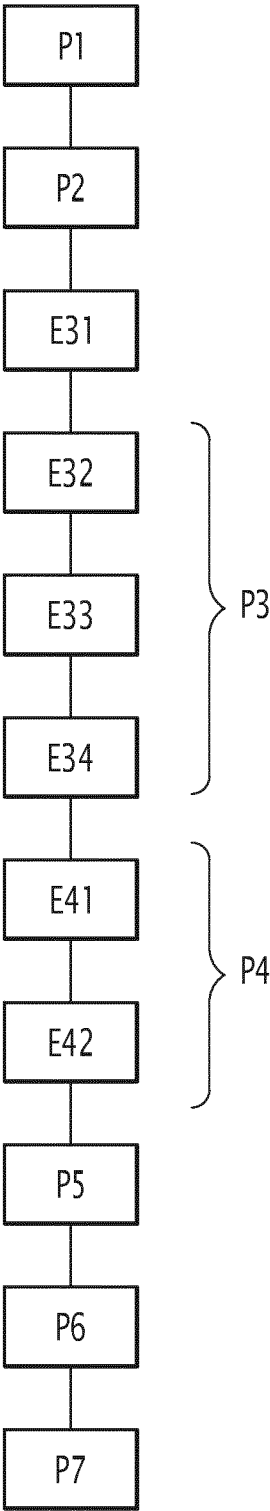


FIG.3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2021/056531

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**G05B 23/02**(2006.01)i; **G06N 20/00**(2019.01)i; **B64F 5/60**(2017.01)i; **G06N 5/00**(2006.01)n

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)

G05B; G06N; B64F

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	US 2013132001 A1 (YACOUT SOUMAYA [CA] ET AL) 23 May 2013 (2013-05-23) paragraph [0001] - paragraph [0018]; figure 1 paragraph [0061] - paragraph [0224]; figure 46	1-4,8-12 5-7
X A	EP 3208755 A1 (TALERIS GLOBAL LLP [GB]) 23 August 2017 (2017-08-23) paragraph [0001] - paragraph [0045]; figures 1, 5	1-4,8-12 5-7
A	EP 3460611 A1 (BOEING CO [US]) 27 March 2019 (2019-03-27) the whole document	1,10-12
A	EP 3260943 A1 (BOEING CO [US]) 27 December 2017 (2017-12-27) the whole document	1,10-12
A	SAI VAN CUONG ET AL. "PdM" INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGY, ACM, 2 PENN PLAZA, SUITE 701 NEW YORK NY 10121-0701 USA, 04 December 2019 (2019-12-04), pages 433-440 DOI: 10.1145/3368926.3369693 ISBN: 978-1-4503-7245-9. XP058445917 the whole document	1,10-12



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

21 May 2021

Date of mailing of the international search report

01 June 2021

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

Kuntz, Jean-Marc

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2021/056531

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
US	2013132001	A1	23 May 2013	US	2013132001	A1	23 May 2013
				WO	2012009804	A1	26 January 2012
EP	3208755	A1	23 August 2017	BR	102017003042	A2	27 February 2018
				CA	2957454	A1	16 August 2017
				CN	107085591	A	22 August 2017
				EP	3208755	A1	23 August 2017
				JP	2017188083	A	12 October 2017
				JP	2019169170	A	03 October 2019
				US	2017235796	A1	17 August 2017
EP	3460611	A1	27 March 2019	CN	109557896	A	02 April 2019
				EP	3460611	A1	27 March 2019
				US	2019096145	A1	28 March 2019
				US	2020250905	A1	06 August 2020
EP	3260943	A1	27 December 2017	CN	107545095	A	05 January 2018
				EP	3260943	A1	27 December 2017
				JP	2018008685	A	18 January 2018
				SG	10201704249W	A	30 January 2018
				US	2017372000	A1	28 December 2017
				US	2020042670	A1	06 February 2020

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2021/056531

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. G05B23/02 G06N20/00 B64F5/60 ADD. G06N5/00		
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) G05B G06N B64F		
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	US 2013/132001 A1 (YACOUT SOUMAYA [CA] ET AL) 23 mai 2013 (2013-05-23)	1-4,8-12
A	alinéa [0001] - alinéa [0018]; figure 1 alinéa [0061] - alinéa [0224]; figure 46 -----	5-7
X	EP 3 208 755 A1 (TALERIS GLOBAL LLP [GB]) 23 août 2017 (2017-08-23)	1-4,8-12
A	alinéa [0001] - alinéa [0045]; figures 1, 5 -----	5-7
A	EP 3 460 611 A1 (BOEING CO [US]) 27 mars 2019 (2019-03-27) le document en entier -----	1,10-12
A	EP 3 260 943 A1 (BOEING CO [US]) 27 décembre 2017 (2017-12-27) le document en entier -----	1,10-12
-/-		
☒ 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
21 mai 2021		01/06/2021
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 Kuntz, Jean-Marc

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	SAI VAN CUONG ET AL: "PdM", INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGY, ACM, 2 PENN PLAZA, SUITE 701NEW YORKNY10121-0701USA, 4 décembre 2019 (2019-12-04), pages 433-440, XP058445917, DOI: 10.1145/3368926.3369693 ISBN: 978-1-4503-7245-9 le document en entier -----	1,10-12

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/EP2021/056531

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2013132001 A1	23-05-2013	US 2013132001 A1 WO 2012009804 A1	23-05-2013 26-01-2012
EP 3208755 A1	23-08-2017	BR 102017003042 A2 CA 2957454 A1 CN 107085591 A EP 3208755 A1 JP 2017188083 A JP 2019169170 A US 2017235796 A1	27-02-2018 16-08-2017 22-08-2017 23-08-2017 12-10-2017 03-10-2019 17-08-2017
EP 3460611 A1	27-03-2019	CN 109557896 A EP 3460611 A1 US 2019096145 A1 US 2020250905 A1	02-04-2019 27-03-2019 28-03-2019 06-08-2020
EP 3260943 A1	27-12-2017	CN 107545095 A EP 3260943 A1 JP 2018008685 A SG 10201704249W A US 2017372000 A1 US 2020042670 A1	05-01-2018 27-12-2017 18-01-2018 30-01-2018 28-12-2017 06-02-2020