

(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
12 avril 2018 (12.04.2018)



(10) Numéro de publication internationale
WO 2018/065731 A1

(51) Classification internationale des brevets :
B64F 5/60 (2017.01) *G01R 31/00* (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2017/052732

(22) Date de dépôt international :
04 octobre 2017 (04.10.2017)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
1659578 04 octobre 2016 (04.10.2016) FR

(71) Déposant : **SAFRAN ELECTRICAL & POWER**
[FR/FR] ; Parc d'activité d'Andromède, 1 Rue Louis Blériot
CS 80049, 31702 BLAGNAC CEDEX (FR).

(72) Inventeurs : **RESSENCOURT, Hervé** ; 36 rue Raymond
Grimaud, A l'attention de François Gogé, 31700 BLA-
GNAC (FR). **BHOLAH, Farad** ; 36 rue Raymond Gri-
maud, A l'attention de François Gogé, 31700 BLAGNAC
(FR). **POIGNANT, Sylvain** ; 36 rue Raymond Grimaud, A
l'attention de François Gogé, 31700 BLAGNAC (FR).

(74) Mandataire : **REGIMBEAU** ; 20, rue de Chazelles, 75847
PARIS CEDEX 17 (FR).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de
protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO,
AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA,
CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ,
EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR,
HU, ID, IL, IN, IR, IS, 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,

(54) Title: METHOD FOR LOCATING DEFECTS IN ELECTRICAL HARNESSES

(54) Titre : PROCÉDÉ DE LOCALISATION DE DÉFAUT DANS DES HARNAIS ÉLECTRIQUES

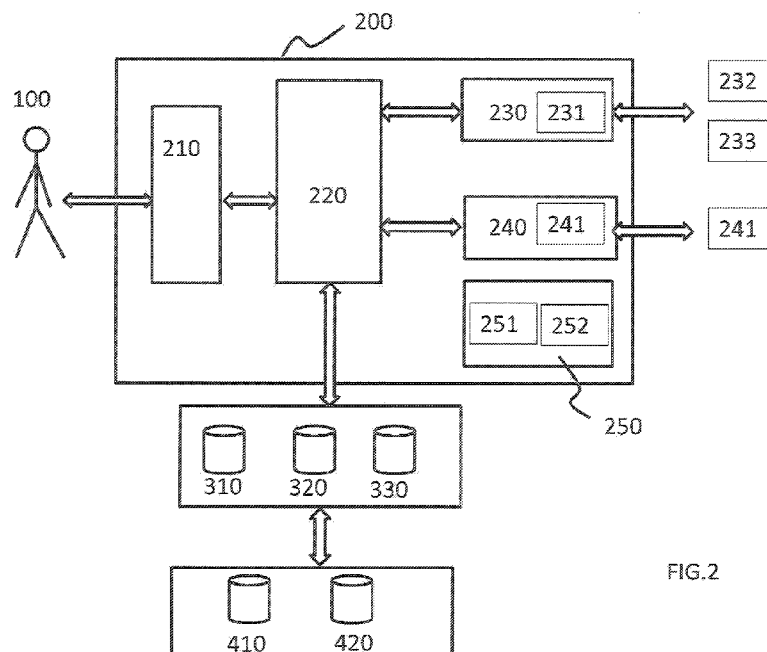


FIG.2

(57) Abstract: The invention relates to a method for locating defects in an electrical line of an aircraft, said line comprising a plurality of electrical harnesses, said method comprising the following steps: determining a distance of a defect on the line, from one end of said line, by means of a test tool (230), said test tool being configured with physical parameters of the line to be tested; calculating the position of said defect in a digital model of the aircraft on the basis of said determined distance; and viewing said position of the defect on a display means (210) of an augmented reality module (240), said module identifying the environment associated with the aircraft by matching equipment present in images captured by a camera (241) with equipment of the digital model (330) of the aircraft.

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

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

Publiée:

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

(57) Abrégé : Procédé de localisation de défaut dans des harnais électriques L'invention concerne un procédé de localisation de défaut dans une ligne électrique d'un aéronef, ladite ligne comportant une pluralité de harnais électriques, comprenant les étapes suivantes : - déterminer une distance d'un défaut sur la ligne au moyen d'un outil de test (230) à partir d'une extrémité de ladite ligne, ledit outil de test étant configuré avec des paramètres physiques de la ligne à tester, - calculer la position dudit défaut dans une maquette numérique de l'aéronef à partir de ladite distance déterminée, et - visualiser ladite position du défaut en réalité augmentée sur un moyen d'affichage (210) d'un module de réalité augmentée (240), ledit module identifiant l'environnement lié à l'aéronef par mise en correspondance d'équipements présents dans des images capturées par une caméra (241) avec des équipements de la maquette numérique (330) de l'aéronef.

PROCEDE DE LOCALISATION DE DEFAUT DANS DES HARNAIS
ELECTRIQUES

5 DOMAINE TECHNIQUE GENERAL

L'invention concerne le domaine de la maintenance sur des câbles électriques dans le cadre aéronautique.

Plus précisément, l'invention concerne un procédé de localisation de
10 défaut dans des harnais électriques d'un aéronef.

ETAT DE L'ART

Dans un contexte où les aéronefs deviennent de plus en plus
15 électriques, le nombre et la criticité des harnais électriques augmentent constamment, aussi bien en volume qu'en complexité des câblages électriques.

Par exemple, le modèle d'aéronef A380 d'Airbus comporte une longueur de câble de 530km. Cette augmentation est due à l'introduction de
20 nouveaux systèmes électriques et aux remplacements des systèmes hydrauliques et pneumatiques par des systèmes électriques.

Les pannes liées au câblage sont peu fréquentes, mais engendrent des coûts de maintenance très importants, et non maîtrisés à chaque occurrence. De plus, le taux de ces pannes augmente avec l'âge de
25 l'aéronef et la complexité du système de câblage.

Il est donc primordial d'aider les avionneurs et les compagnies aériennes à améliorer la détection et la localisation des défauts électriques afin de réduire les coûts de maintenance.

Des besoins sont clairement formulés par les compagnies aériennes,
30 mais également par les avionneurs pour disposer de meilleurs outils pour localiser les défauts de câblage en phase de maintenance, mais aussi pendant la phase d'assemblage des aéronefs.

Actuellement, il y a peu d'aide à la localisation des défauts de câblage dans les manuels de maintenance. Ainsi, de façon traditionnelle, le principal outil recommandé pour un opérateur de maintenance est le multimètre. De plus, l'opérateur peut avoir à tester un ensemble de

5 lignes fonctionnelles. Les opérations de recherche de défaut sont donc longues et fastidieuses.

En outre, les données de câblage sont essentiellement visualisables en 2D, il est donc difficile pour l'opérateur de transposer ces données en informations 3D.

10

Depuis quelques années, les avionneurs proposent de nouvelles interfaces 3D sur le manuel de maintenance de leurs derniers programmes aéronefs afin d'apporter une vue de la maquette numérique de l'aéronef aux opérateurs de maintenance.

15 Cependant, ces interfaces ne proposent pas de liens dynamiques entre les plans de câblage 2D et les plans d'installation 3D. Ainsi, il n'est pas possible d'avoir une visualisation claire et immédiate du cheminement d'un câble ou d'une ligne fonctionnelle dans un harnais électrique complexe.

20 Egalement, l'utilisation de ces interfaces 3D nécessite un accès distant non compatible avec une utilisation dynamique et contextuelle lors d'une recherche de panne menée à l'intérieur de l'aéronef.

L'utilisation de ces interfaces 3D nécessite des équipements informatiques lourds (en termes de puissance de traitement et de

25 volume de données à traiter), spécifiques à un environnement dans lequel la maquette numérique de l'aéronef est conçue (par exemple le logiciel Catia® de Dassault Systèmes) non compatible avec un équipement mobile d'assistance au diagnostic.

30 On connaît le brevet US200160019212 (2016, Airbus, Maintenance assistance for an aircraft by augmented reality). Cette publication propose une méthode basée sur la réalité augmentée permettant

d'afficher des instructions de maintenance et/ou des données techniques sur les équipements de l'aéronef.

Cependant, ce brevet très général ne traite pas de la maintenance des harnais électriques et de la détection des défauts dans ceux-ci. Cette
5 publication ne décrit pas également de procédé de visualisation des câblages électriques en 3D.

Il existe donc un besoin de détection plus fiable et d'une localisation plus précise des défauts de câblage, pour identifier automatiquement les
10 opérations de maintenance appropriée.

Il existe également le besoin de proposer une méthode de localisation d'un défaut simple, directe et transparente pour un opérateur de maintenance permettant une procédure de recherche de panne dynamique et contextuelle.

15

PRESENTATION DE L'INVENTION

L'invention met en œuvre une assistance d'un opérateur de maintenance
20 dans les tâches de détection de défaut dans des câbles électriques.

Dans ce but, l'invention concerne un procédé de localisation de défaut dans une ligne électrique d'un aéronef, ladite ligne comportant une pluralité de harnais électriques, comprenant les étapes suivantes :

- 25 - déterminer une distance d'un défaut sur la ligne au moyen d'un outil de test à partir d'une extrémité de ladite ligne, ledit outil de test étant configuré avec des paramètres physiques de la ligne à tester,
- calculer la position dudit défaut dans une maquette numérique de
30 l'aéronef à partir de ladite distance déterminée, et
- visualiser ladite position du défaut en réalité augmentée sur un moyen d'affichage d'un module de réalité augmentée, ledit module identifiant l'environnement lié à l'aéronef par mise en

correspondance d'équipements présents dans des images capturées par une caméra avec des équipements de la maquette numérique de l'aéronef.

5

L'invention permet de localiser facilement une ligne à tester ainsi que de visualiser clairement son cheminement dans l'aéronef de manière interactive en 2D et 3D et cela même si les harnais ne sont pas visibles par l'opérateur, comme dans le cas d'une cabine aménagée. L'invention permet également de visualiser le résultat d'une localisation de défaut, de l'interpréter et d'identifier les opérations de dépose à réaliser pour accéder au défaut en le localisant précisément et rapidement.

10

L'invention permet de libérer du temps à l'opérateur, et donc de diminuer le coût financier de l'inspection.

15

L'invention peut en outre comprendre les caractéristiques suivantes :

20

- les éléments virtuels sont des éléments de câblage électrique,
- l'outil de diagnostic détermine la distance par réflectométrie,
- la réflectométrie est de type TDR, STDR, SSTDR, MCTDR, FDR ou tout autre principe de réflectométrie,
- l'outil de diagnostic est branché à un connecteur à une extrémité de la ligne à tester,
- l'étape de diagnostic est réalisée depuis un outil de test au sol ou intégré dans un système embarqué,
- les paramètres physiques de la ligne sont l'impédance, l'atténuation et la vitesse de propagation,
- les étapes de visualisation en réalité augmentée, et de calcul de distance au défaut comportent l'utilisation de bases de données contenant un modèle 3D de la structure de l'aéronef, un modèle 3D des harnais électriques, et des fichiers de compositions de chaque harnais,
- à partir de la base de données contenant un modèle 3D de la structure de l'aéronef et de la base de données électrique de

25

30

l'aéronef, une pluralité de fichiers est générée dans un format générique, chaque dit fichier définissant la composition d'un harnais et sa morphologie,

5 - la base de données électrique comprend un schéma de câblage, les modèles physiques des harnais, le détail des câbles et leurs terminaisons,

la base de données contenant un modèle 3D de la structure de l'aéronef, comporte des informations de zonage de la structure dudit aéronef, le procédé indiquant à l'opérateur dans une étape

10 préalable dans quelle zone de la structure opérer les étapes suivantes de localisation du défaut.

L'invention concerne aussi un dispositif de maintenance transportable comprenant un moyen d'affichage de réalité augmentée, une caméra,

15 un moyen d'accès à la maquette numérique et à la base de données électriques, un module de réalité augmentée, et une unité de calcul permettant la mise en œuvre du procédé tel que décrit précédemment.

L'invention peut en outre comprendre les caractéristiques suivantes :

20 - ledit dispositif comporte un capteur de défaut,

- le moyen d'affichage superpose à partir des images acquises par la caméra des informations d'identification d'une ligne à tester et/ou la localisation d'un défaut sur ladite ligne.

25 L'invention concerne aussi une unité de calcul, comprenant des moyens de traitement et une mémoire, ladite unité étant configurée pour mettre en œuvre les étapes un procédé de localisation de défaut dans une ligne électrique d'un aéronef par un opérateur de maintenance telles que décrites précédemment.

30 L'invention concerne aussi un produit programme d'ordinateur, configuré pour être exécuté pour une unité de calcul tel que décrite précédemment pour mettre en œuvre les étapes d'un procédé de

localisation de défaut dans une ligne électrique d'un aéronef par un opérateur de maintenance telles que décrites précédemment.

PRESENTATION DES FIGURES

5

D'autres caractéristiques, buts et avantages de l'invention ressortiront de la description qui suit, qui est purement illustrative et non limitative, et qui doit être lue en regard des dessins annexés, sur lesquels :

- 10 - La figure 1, illustre certaines étapes d'un mode de réalisation conforme à l'invention,
- La figure 2, illustre un dispositif mobile de localisation de défaut conforme à l'invention,
- La figure 3, illustre la composition d'une ligne fonctionnelle à tester,
- 15 - La figure 4 illustre certaines étapes d'un mode de réalisation alternatif conforme à l'invention.

DESCRIPTION DETAILLEE

20 En référence aux figures 1 et 2, un scénario opérationnel d'utilisation type est décrit ci-après. Celui-ci démarre lorsqu'un défaut de câble est suspecté comme étant la cause d'une panne système suite à l'exécution d'une procédure de résolutions de problèmes classique sur un aéronef (TSM – Troubleshooting Manual).

25 La procédure concernant une panne donnée indique à un opérateur de maintenance 100, une ou plusieurs lignes fonctionnelle(s) susceptibles d'être impliquées dans la panne.

La méthode proposée est appliquée dans le cas d'investigation d'une ligne donnée pour y rechercher un défaut.

30

Dans une étape **E0**, la procédure indique à l'opérateur quelle ligne inspecter. L'indication de la ligne peut se faire depuis un appareil mobile 200 utilisé par l'opérateur 100. Ledit appareil mobile 200 comporte une

IHM 210, préférentiellement tactile. Il comporte également un module de maintenance électrique 220, permettant le traitement des différentes données à afficher sur l'interface 210.

Par exemple, l'indication du fil à inspecter est faite par l'intermédiaire du
5 module de maintenance 220 et l'affichage sur l'interface 210.

Dans une étape **E1**, l'opérateur 100 à partir, par exemple, de l'identifiant de la ligne à inspecter, depuis l'interface 210 ouvre les données techniques de la ligne, permettant à l'opérateur 100 de
10 disposer d'informations techniques sur une ligne fonctionnelle donnée. Ces informations peuvent être relatives à la documentation de maintenance EWIS (« Electrical Wiring Interconnection System ») de l'aéronef et sont traitées par le module de maintenance électrique 220.

15 La figure 3 illustre le schéma d'une ligne à tester.

La ligne fonctionnelle L1 à tester est composée d'un ensemble de harnais complexes (H1, H2).

Un harnais est composé d'une pluralité de câbles électriques, chacun composé de fils appartenant à une ligne fonctionnelle. Chaque fil
20 comporte un connecteur d'entrée ou de sortie. Ainsi, deux harnais successifs sont connectés ensemble par un connecteur.

Une ligne testée correspond à une ligne d'interconnexion de puissance ou de données qui chemine dans l'aéronef d'un connecteur de début à un connecteur de fin en traversant plusieurs harnais complexes.

25 Ainsi, la ligne L1 est définie par un connecteur d'entrée C1 et un connecteur de sortie C8.

Chaque fil est composé d'un ensemble de branches. Par exemple, la ligne à tester est définie par la pluralité de branches, b11-b12-b13-b14-b15.

30

Lors d'une étape **E2**, l'opérateur visualise le cheminement de la ligne à tester par un module de réalité augmentée 240 du dispositif mobile 200.

La réalité augmentée (RA) désigne des systèmes informatiques qui permettent de superposer, en temps réel et de manière contextuelle, des données virtuelles à la perception que l'utilisateur a de la réalité. Lorsque cette perception est visuelle, on vient incruster des objets
5 virtuels (3D et 2D) sur une séquence d'images afin de leur donner un caractère réaliste.

Le procédé permet ainsi d'afficher à l'opérateur 100 des informations relatives au processus de recherche de panne de manière contextuelle et dynamique (sans nécessité d'intervenir sur l'état courant de l'avion,
10 comme par exemple de retirer l'habillage cabine pour visualiser les harnais électriques).

Concrètement, le dispositif 200 comporte :

- un module de réalité augmentée 240, mettant en œuvre un
15 algorithme de recalage 3D afin de comprendre l'environnement, le mélanger avec des éléments virtuels (modélisés dans une maquette numérique) et afficher à l'utilisateur le résultat de cette combinaison. Le moyen d'affichage de réalité augmentée est composé, par exemple, d'un ordinateur portable, smartphone,
20 tablette tactile, lunette de réalité augmentée, projecteur, etc. Le moyen d'affichage peut correspondre à l'IHM 210;
- un ou plusieurs capteurs 241 permettant au module de réalité augmentée de capter l'environnement réel, les mouvements de l'opérateur (caméra haute définition, capteurs de profondeurs
25 gyroscope ...) et l'objet d'intérêt de la réalité augmentée (extérieur de l'aéronef, meuble électrique, environnement cabine...).

Les capteurs 241 peuvent être intégrés dans le dispositif mobile 200, ou être déportés de celui-ci. Les capteurs 241 sont dans ce
30 dernier cas en communication filaire ou non-filaire avec ledit dispositif 200.

- une unité de calcul 250 est prévue pour effectuer les traitements informatiques. Elle comprend des moyens de traitement 251 comme un micro-processeur et une mémoire 252.

5

Dans une étape **E3**, à partir des données techniques de la ligne, le procédé définit le connecteur d'entrée de la ligne à tester, permettant ainsi de caractériser un point d'entrée pour le test de la ligne.

- 10 Dans une étape **E4**, la visualisation en réalité augmentée permet à l'opérateur 100 de visualiser, sans démonter la structure de l'aéronef, le positionnement du connecteur d'entrée de la ligne à tester, afin de pouvoir brancher sur ledit connecteur un outil de diagnostic.

- 15 Comme illustré en figure 2, le module de maintenance 220 du dispositif mobile de réalité augmentée est en connexion avec différentes bases de données relatives à la structure de l'aéronef et à son schéma de câblage électrique.

- Ces bases de données sont extraites préférentiellement à partir de
20 données du fabricant de l'aéronef. Ces bases données sont, par exemple, composées de :

- la base de données 420 contenant la maquette numérique de l'aéronef (DMU : Digital Mock-Up), qui est une représentation géométrique et numérique de sa structure avec les éléments qui y
25 sont installés.
- La base de données électrique de l'aéronef 410 (eDB) contenant : le schéma de câblage de l'aéronef, les modèles physiques des harnais ainsi que le détail des câbles et de leurs terminaisons.

30

De ces bases de données du fabricant de l'aéronef sont extraites :

- Une base de données 330 stockant une représentation simplifiée de la maquette numérique de l'aéronef,

- Une base de données 320 stockant une représentation géométrique en 3D des harnais installés dans l'aéronef,
- Une base de données 310 stockant des fichiers de compositions de chaque harnais (décrits plus loin dans la description).

5

La base de données 330, relative à une représentation simplifiée de la maquette numérique de l'aéronef, permet au module de réalité augmentée 220 de mélanger des éléments virtuels de la structure de l'aéronef avec les éléments réels captés par la caméra 241.

10 La représentation simplifiée permet au dispositif mobile 200 de ne traiter que les informations nécessaires au procédé.

La base de données 320, relative à la représentation géométrique en 3D des harnais, permet au module 220 de représenter lesdits harnais sur le moyen d'affichage de réalité augmentée. Cependant, ladite base de données 320 ne définit que la structure géométrique des harnais, elle ne dispose pas d'informations sur la composition des harnais.

15 Ainsi, la base de données 310 permet également de représenter sur le moyen d'affichage de réalité augmentée la composition de chaque harnais, et plus particulièrement de représenter la disposition des connecteurs.

20 L'opérateur de maintenance 100 pour diagnostiquer la ligne à tester peut se brancher au connecteur d'entrée de la ligne. L'opérateur de maintenance 100, par le moyen d'affichage en réalité augmentée, peut donc visualiser rapidement le connecteur auquel il doit accéder.

25

Dans une étape E5, l'opérateur dispose d'un outil 231 lui permettant de diagnostiquer la ligne L1.

L'outil de test 231 comporte un dispositif de connexion adapté à se connecter au connecteur de début de la ligne à tester. Les dispositifs de connexions aux harnais incluent généralement des adaptateurs standardisés.

30

Dans une étape **E6**, l'outil de test 231 est configuré en fonction de paramètres physiques spécifiques de la ligne à tester et des câbles électriques qui la compose.

5 Dans un mode de réalisation particulier, l'outil de test 231 comporte un capteur de mesure de la distance au défaut.

On utilise de préférence un capteur mesurant ladite distance par réflectométrie.

10 La réflectométrie est une méthode non destructive qui permet à la fois de détecter un défaut dans un câble électrique, de le localiser et de le caractériser. Son principe repose sur l'injection d'une onde se propageant à travers le câble.

Le point d'injection de l'onde est le connecteur de début de la ligne à tester.

15 Si ladite onde rencontre une discontinuité et donc un changement local d'impédance, une partie de son énergie sera alors renvoyée vers le point d'injection et ne sera donc pas transmise. L'état du câble et la localisation du défaut ne seront connus que lorsque l'impulsion émise sera revenue à son point de départ.

20 La méthode de réflectométrie permet une mesure de distance au défaut très précise, en général de l'ordre de 1% de la longueur maximale de la ligne, voire de l'ordre de la dizaine de centimètre, voire du centimètre (potentiellement au détriment de la distance maximale atteignable).

25 Les paramètres physiques de la ligne fonctionnelle à tester permettant la configuration de l'outil 231 sont par exemple : l'atténuation, l'impédance de ladite ligne, la vitesse de propagation d'une onde dans ladite ligne. Les paramètres de configuration peuvent être déterminés automatiquement par le module de maintenance 220 traitant la documentation de maintenance EWIS (« Electrical Wiring
30 Interconnection System »).

Dans ce mode de réalisation, l'outil de test est intégré au dispositif mobile 200. Par exemple les moyens de réalité augmentée et l'outil de

test d'une ligne peuvent être ainsi intégrés dans une mallette de transport.

- Dans un mode de réalisation alternatif, le capteur de distance au défaut
- 5 peut être intégré dans un équipement au sol ou être embarqué à bord d'un aéronef. Dans ce mode de réalisation alternatif, les étapes E2 à E5 ne sont pas réalisées, l'opérateur n'ayant pas à connecter d'outil de diagnostic à la ligne à tester.
- 10 Dans le cadre d'un capteur embarqué, il est possible d'envisager plusieurs types d'intégration :
- intégration à l'intérieur de dispositifs de coupure tels que des CB (Circuit Breakers), RCCB (Remote Control Circuit Breakers) ou SSPC (Solid state power controllers),
 - 15 - intégration dans un calculateur dédié au diagnostic des harnais,
 - intégration dans les fonctions de monitoring d'un calculateur système de l'aéronef.

Le capteur de distance au défaut peut également :

- 20
- surveiller d'une à plusieurs lignes,
 - détecter et localiser des défauts intermittents, les enregistrer pour pouvoir ensuite les localiser via la réalité augmentée,
 - détecter, localiser et identifier des défauts francs (circuits ouverts et court-circuit),
 - 25 - détecter et localiser des singularités dues à des défauts non francs,
 - détecter, localiser et identifier des arcs électriques sur des lignes de puissance.
- 30 Bien entendu, toute autre technique permettant d'obtenir une distance au défaut peut être mise en œuvre dans le procédé décrit ci-avant.

Préférentiellement, on utilise une réflectométrie de type TDR (Time Domain Reflectometry), la mesure du décalage temporel entre le signal émis et la réception du signal réfléchi permet de calculer la distance du défaut par rapport au point d'injection du signal. La localisation est dite
5 « curviligne », c'est-à-dire le long du câble et associée à la connaissance de la vitesse de propagation du signal dans le câble.

La réflectométrie peut être également du type STDR, SSTDR, MCTDR, FDR ou tout autre principe de réflectométrie.

10

Après avoir lancé le diagnostic de la ligne dans une étape **E7**, le résultat est affiché, l'opérateur obtient donc comme information la localisation curviligne du défaut. Cette information est difficilement exploitable directement par l'opérateur de maintenance 100. Il est alors nécessaire
15 de convertir cette localisation le long d'un câble en coordonnées cartésiennes tridimensionnelles (x, y, z) avec comme point d'origine le connecteur de début de ligne.

Dans une étape **E8**, on calcule donc les coordonnées cartésiennes (x, y, z) d'un défaut dans un harnais à partir d'une coordonnée curviligne obtenue par le capteur de défaut (231, 232, 233).
20

La conversion d'une distance au défaut en coordonnées cartésiennes (x, y, z) consiste à parcourir la ligne en partant du connecteur de début et nécessite de connaître sa définition physique ainsi que sa géométrie 3D.

25 Pour réaliser cette conversion, une approche simple serait de développer un script de conversion de la distance dans l'environnement CAO qui a servi à développer la maquette numérique. Cette approche présente néanmoins plusieurs inconvénients :

- le script de conversion est spécifique à l'environnement de CAO et
30 surtout empêche le procédé d'être indépendante de cet environnement,
- de plus, il est difficile, voire impossible avec cette solution d'avoir une application fonctionnant sur un dispositif mobile 200,

l'environnement CAO nécessitant des ressources matérielles (processeur, mémoire, stockage...) importantes.

5 Le procédé utilise donc un format de données générique indépendant de l'environnement de CAO de la maquette numérique et qui permet de travailler sur des données pouvant être facilement embarquées sur un dispositif mobile, et donc disposant de moins de puissance de calcul qu'une station de travail CAO typique.

10 Un ensemble de fichiers dit PH (Process Harness) est issu des processus d'ingénierie des câblages des aéronefs, en utilisant la base de données 420 contenant les données de la maquette numérique de l'aéronef et la base de données électrique 410.

15 Chaque fichier PH définit ainsi le détail de la composition d'un harnais, grâce à la base de données électrique 410:

- la liste des câbles électriques chacun composé de fils appartenant à une ligne fonctionnelle de l'aéronef,
- la liste des extrémités des fils,
- la liste des connecteurs des harnais.

20

Le fichier PH définit également la morphologie 3D dudit harnais (suite de points par lesquels chaque fil du harnais électrique passe).

Ainsi, un fichier PH permet une représentation géométrique (voir de nouveau en figure 3) et en 3D d'un harnais installé dans l'aéronef par :

- 25
- la liste des branches décomposées en segments élémentaires,
 - la liste des ports servant de jonction entre les segments, élémentaires ainsi que les coordonnées XYZ de ces ports,
 - pour chaque fil du harnais, la séquence des branches du harnais par lesquelles le fil chemine.

30

La base de données 310 comporte donc un fichier PH par harnais installés dans l'aéronef.

Le fichier PH est structuré dans un format générique, standard et d'échange. Par exemple, de préférence au format XML.

Le fichier est basé sur des listes d'objets caractéristiques définis de la manière suivante :

- 5
 - Des listes de harnais contenant des objets harnais,
 - Des listes de lignes fonctionnelles contenant des objets câbles.

De même :

- Chaque objet harnais a :
 - 10
 - o un identifiant
 - o une liste de câble.
 - Chaque objet câble a :
 - o un identifiant
 - o une liste de fils
 - 15
 - Chaque objet fil a :
 - o un identifiant
 - o des connecteurs (entrée/sortie)
 - o des pins
 - o une liste de branches
 - 20
 - o une liste de branches inverses
 - Chaque objet branche a :
 - o un identifiant
 - o une distance max
 - o une distance min
 - 25
 - une liste de segments
 - Chaque objet segment a :
 - o un identifiant
 - o une distance max
 - o une distance min
 - 30
 - o une taille
 - o un port d'entrée
 - o un port de sortie
 - Chaque objet port a :

- un identifiant
- une distance
- des coordonnées X, Y et Z

- 5 Grâce à ce modèle générique, il est possible de parcourir les lignes fonctionnelles et de calculer la position en coordonnées cartésiennes d'un défaut de harnais dans l'aéronef en fonction d'un connecteur de départ, d'un pin de départ et d'une distance au défaut.
- 10 Dans une étape **E9**, le système permet la visualisation du défaut en réalité augmentée sur l'IHM 210. Si la localisation du défaut n'est pas directement visible par la caméra. L'IHM 210 indique la direction vers laquelle se rendre pour visualiser le défaut. Cette indication est faite par exemple via un fléchage sur l'IHM 210. L'opérateur peut ensuite
- 15 visualiser le défaut en réalité augmentée, il peut donc l'interpréter et identifier aisément les opérations de dépose à réaliser pour accéder au défaut. Les dites opérations peuvent être affichées sur l'IHM 210.

Dans un mode de réalisation particulier de l'invention, la base de

20 données représentant le modèle simplifié de l'aéronef contient également des informations de zones de la cabine de l'aéronef. En effet, la technologie de réalité augmentée utilisée est préférentiellement une technologie fonctionnant sans marqueur, c'est-à-dire que l'objet augmenté lui-même est un marqueur. Ces technologies fonctionnent

25 bien lorsque l'opérateur est à l'extérieur de l'objet, mais il y a plusieurs difficultés pour la faire fonctionner à l'intérieur d'un aéronef de ligne de grande dimension :

- le volume de la maquette numérique de l'aéronef est beaucoup plus important et ne peut pas être traitée d'un seul bloc
- 30 - une cabine d'aéronef a la particularité de contenir des objets répétitifs et similaires (hublots, cadres, sièges...) qui peut entraîner une confusion sur l'algorithme de recalage 3D : il se

peut que le recalage ne se fasse pas sur le bon panneau de cabine mais sur un autre qui lui ressemble.

- il faut pouvoir aussi localiser l'opérateur qui se situe à l'intérieur de l'objet augmenté.

5

Pour répondre à ce problème, la maquette numérique est segmentée en zones (ou sections). Ainsi, à ce mode de réalisation particulier, illustré en figure 4, correspond la séquence opérationnelle suivante, qui va guider l'opérateur vers la zone où le défaut est présent avant de

10 démarrer l'expérience de réalité augmentée :

- E6' : L'opérateur se situe en soute d'un aéronef et réalise un diagnostic des harnais électrique (via un outil de test sol ou via une interaction avec un système embarqué),

15 - E8' : Lorsque l'opérateur demande au système de localiser le défaut dans l'aéronef, le système lui indique dans quelle zone de l'aéronef il doit se rendre. Cette indication peut avoir la forme d'une information textuelle ou plus directement être un affichage de la localisation du défaut dans maquette 3D de l'aéronef. Le système indique également à l'opérateur un objet de la cabine, facilement distinguable, sur laquelle il devra initialiser la réalité augmentée (une porte de l'aéronef, un marqueur d'initialisation, une rangée de sièges...),

20

- E9' : Une fois rendu dans la zone, l'opérateur initialise la réalité augmentée et le système lui indique via des flèches sur l'écran la direction vers laquelle aller pour visualiser le défaut sur l'écran.

25

L'invention permet ainsi à un opérateur de maintenance d'avoir une visualisation virtuelle et contextuelle des éléments, des opérations de maintenance (en relation avec l'EWIS) et de la localisation d'un défaut dans un câble sans avoir à démonter de panneaux de la structure d'un aéronef (cabine, cargo...).

30

Revendications

1. Procédé de localisation de défaut dans une ligne électrique d'un aéronef, ladite ligne comportant une pluralité de harnais électriques, comprenant les étapes suivantes :
 - déterminer une distance d'un défaut sur la ligne au moyen d'un outil de test (230) à partir d'une extrémité de ladite ligne, ledit outil de test (230) étant configuré avec des paramètres physiques de la ligne à tester,
 - calculer la position dudit défaut dans une maquette numérique de l'aéronef à partir de ladite distance déterminée, et
 - visualiser ladite position du défaut en réalité augmentée sur un moyen d'affichage (210) d'un module de réalité augmentée (240), ledit module (240) identifiant l'environnement lié à l'aéronef par mise en correspondance d'équipements présents dans des images capturées par une caméra (241) avec des équipements de la maquette numérique (330) de l'aéronef.
2. Procédé de localisation de défaut dans une ligne électrique selon la revendication 1, dans lequel si le défaut n'est pas localisé en réalité augmentée sur le moyen d'affichage de réalité augmentée (210), une information de direction vers le défaut est affichée sur ledit moyen d'affichage de réalité augmentée (210),
3. Procédé de localisation de défaut dans une ligne électrique selon la revendication 1 ou 2, dans lequel des éléments virtuels de câblage électrique de la maquette numérique de l'aéronef sont superposés aux images acquises par la caméra (241) sur le moyen d'affichage (210) d'un module de réalité augmentée (240).
4. Procédé de localisation de défaut dans une ligne électrique selon l'une des revendications précédentes, dans lequel l'outil de test (230) détermine la distance par réflectométrie.

5. Procédé de localisation de défaut dans une ligne électrique selon la revendication précédente, dans lequel les paramètres physiques de la ligne sont l'impédance, l'atténuation et la vitesse de propagation.
- 5
6. Procédé de localisation de défaut dans une ligne électrique selon l'une des revendications précédentes, dans lequel l'outil de test (230) est branché à un connecteur à une extrémité de la ligne à tester.
- 10
7. Procédé de localisation de défaut dans une ligne électrique selon l'une des revendications 1 à 4, dans lequel l'étape la détermination d'une distance du défaut est réalisée depuis un outil de test au sol (232) ou intégré dans un système embarqué (233).
- 15
8. Procédé de localisation de défaut dans une ligne électrique selon l'une des revendications précédentes, dans lequel les étapes de visualisation en réalité augmentée, et de calcul de distance au défaut comportent l'utilisation de bases de données contenant un modèle 3D de la structure de l'aéronef (330), un modèle 3D des harnais électriques (320), et des fichiers de compositions de chaque harnais (310).
- 20
9. Procédé de localisation de défaut dans une ligne électrique selon la revendication 8, dans lequel à partir de la base de données contenant un modèle 3D de la structure de l'aéronef (420) et de la base de données électriques de l'aéronef (eDB) une pluralité de fichiers (PH – Process Harness) est générée dans un format générique, chaque dit fichier définissant la composition d'un harnais et sa morphologie.
- 25
- 30

10. Procédé de localisation de défaut dans une ligne électrique selon l'une des revendications 7 à 9, dans lequel la base de données électrique(410) comprend un schéma de câblage, les modèles physiques des harnais, le détail des câbles et leurs terminaisons.
- 5
11. Procédé de localisation de défaut dans une ligne électrique selon l'une des revendications précédentes, dans lequel la base de données contenant un modèle 3D de la structure de l'aéronef (330), comporte des informations de zonage de la structure dudit
- 10 aéronef, le procédé indiquant dans une étape préalable à l'étape de visualisation de défaut dans quelle zone de la structure opérer la localisation du défaut sur le moyen d'affichage de réalité augmenté (210).
- 15
12. Dispositif de maintenance transportable (200) comprenant un moyen d'affichage de réalité augmentée (210), une caméra (241), un moyen d'accès à la maquette numérique (420) et à la base de données électriques (410), un module de réalité augmentée (240), et une unité de calcul (250) permettant la mise
- 20 en œuvre du procédé définit selon l'une des revendications 1 à 11.
13. Dispositif de maintenance transportable (200) selon la revendication précédente, dans lequel ledit dispositif comporte un
- 25 capteur de distance au défaut.
14. Dispositif de maintenance transportable (200) selon la revendication précédente, dans lequel le moyen d'affichage superpose à partir des images acquises par la caméra (241) des
- 30 informations d'identification d'une ligne à tester et/ou la localisation d'un défaut sur ladite ligne.

15. Produit programme d'ordinateur, destiné à être exécuté par des moyens de traitement (250) d'une unité de calcul (251) d'un dispositif de maintenance transportable (200), ladite unité de calcul (251) comprenant en outre une mémoire (252), et
- 5 configuré pour la mise en œuvre du procédé défini selon l'une des revendications 1 à 11.

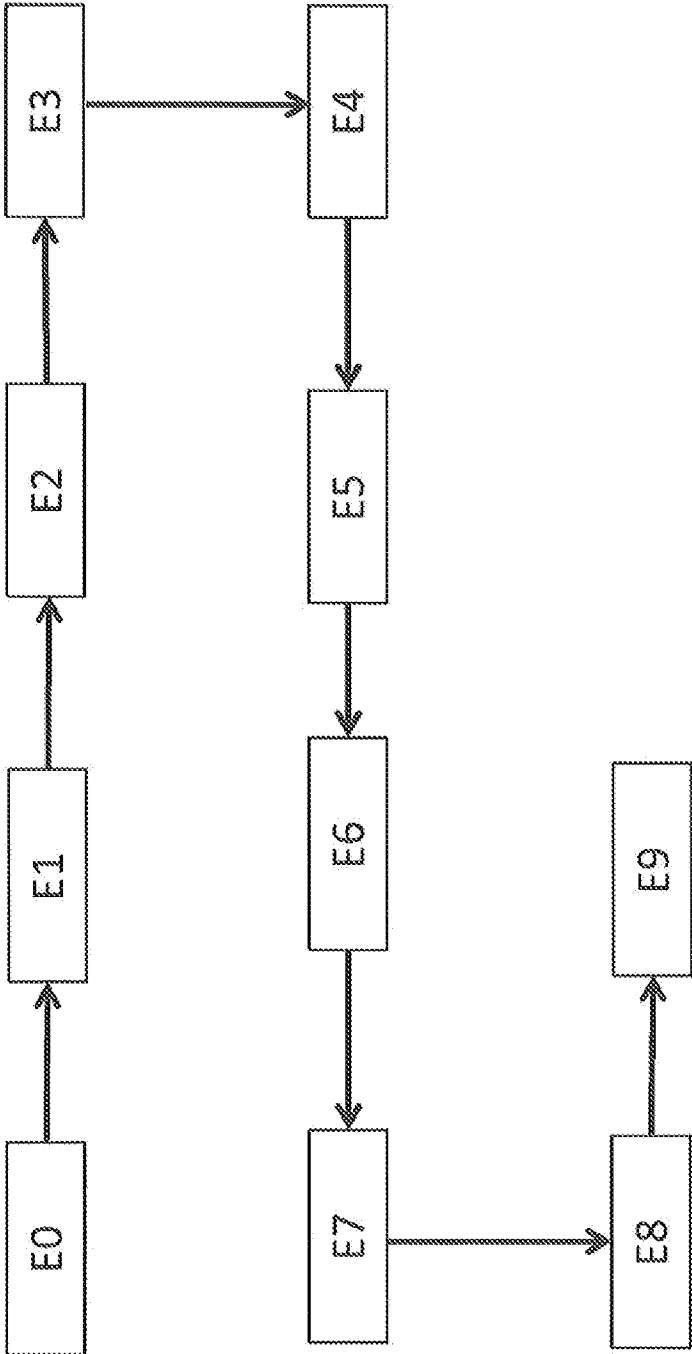


FIG.1

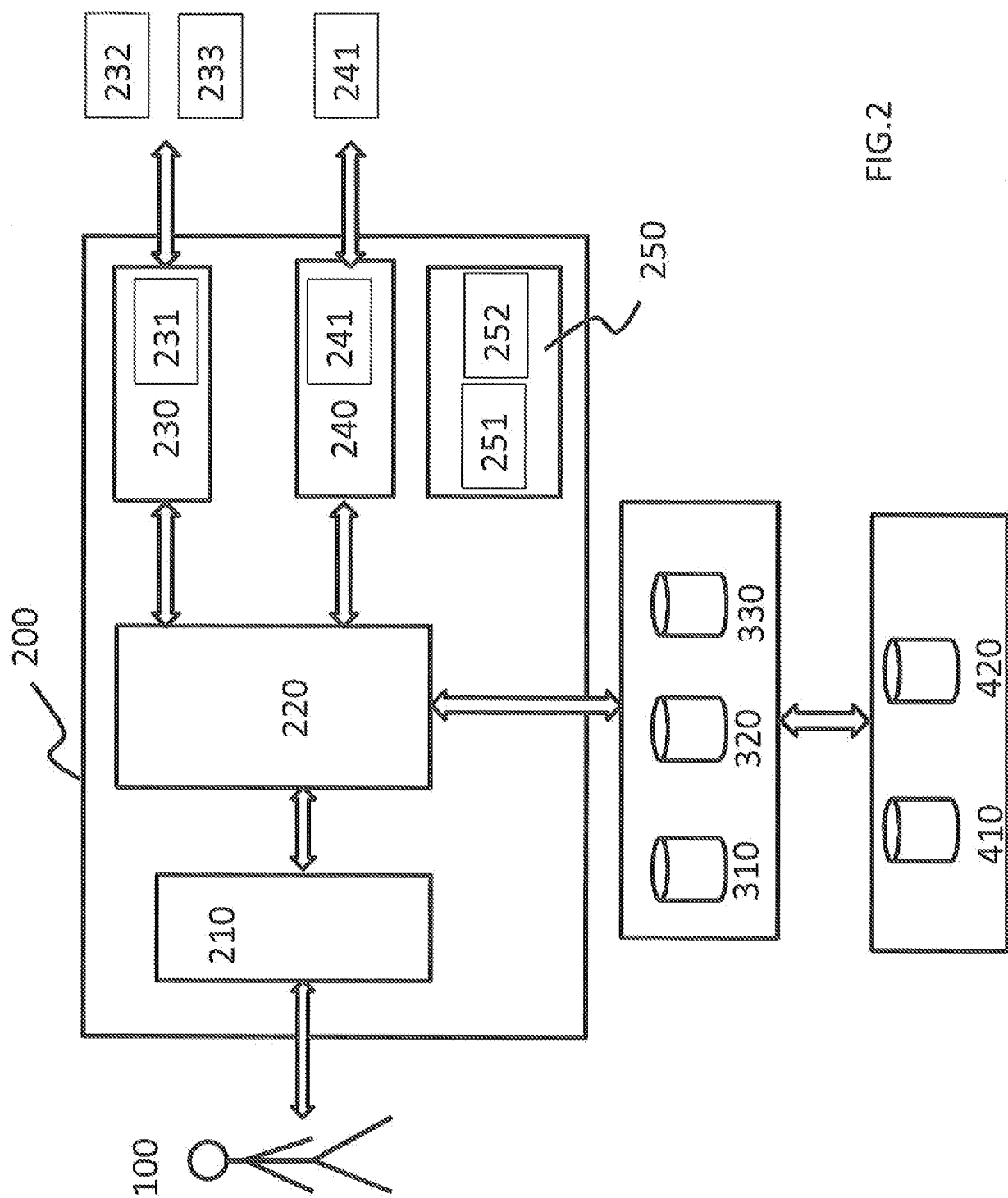


FIG.2

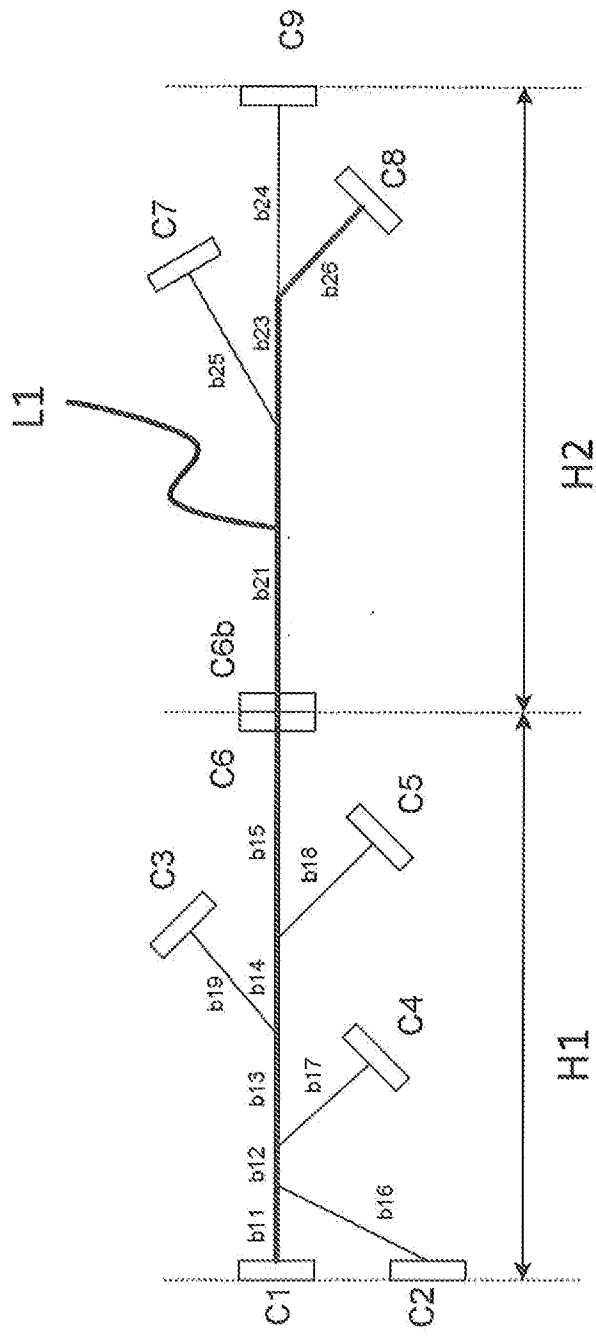


FIG.3

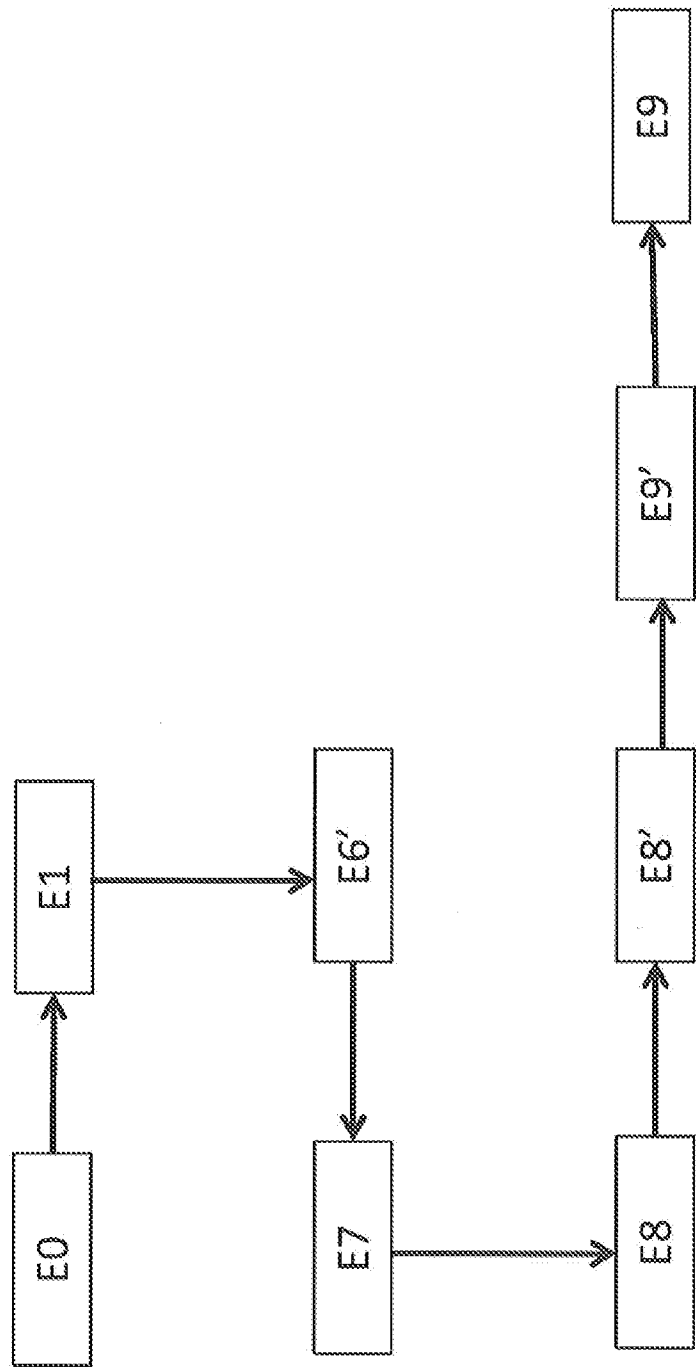


FIG.4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/FR2017/052732

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. B64F5/60 G01R31/00
ADD.

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)
B64F G01R

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.
Y	FR 2 962 589 A1 (LABINAL [FR]) 13 January 2012 (2012-01-13) page 8, line 29 - page 15, line 18; figures 1-4 page 18, line 2 - page 20, line 10; figure 7	1-15
Y	----- US 2016/019212 A1 (SOLDANI SIEGFRIED [FR]) 21 January 2016 (2016-01-21) cited in the application paragraph [0079] - paragraph [0179]; figures 1-7	1-15
Y	----- US 2006/043976 A1 (GERVAIS FRANCOIS [CA]) 2 March 2006 (2006-03-02) paragraph [0004] - paragraph [0009] paragraph [0025] - paragraph [0069]; figures 1-4 ----- -/-	1-7, 11-15



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

23 November 2017

Date of mailing of the international search report

04/12/2017

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Hillebrand, Sabine

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/FR2017/052732

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 2004/232919 A1 (LACEY GLENN [GB]) 25 November 2004 (2004-11-25) paragraph [0004] - paragraph [0031]; figures 1-6 -----	1-7, 11-15
A	FR 3 005 744 A1 (AIRBUS OPERATIONS SAS [FR]) 21 November 2014 (2014-11-21) page 5, line 11 - page 8, line 2; figure 1 -----	7
A	US 6 442 498 B1 (KRIGEL HENRICK YOUVAL [US]) 27 August 2002 (2002-08-27) the whole document -----	1-15
A	US 6 272 387 B1 (YOON SOO [US]) 7 August 2001 (2001-08-07) the whole document -----	1-15

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/FR2017/052732

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
FR 2962589	A1	13-01-2012	FR 2962589 A1 13-01-2012
		WO 2012004260 A2	12-01-2012
US 2016019212	A1	21-01-2016	FR 3023948 A1 22-01-2016
		US 2016019212 A1	21-01-2016
US 2006043976	A1	02-03-2006	CA 2621196 A1 09-03-2006
		EP 1831706 A1	12-09-2007
		US 2006043976 A1	02-03-2006
		US 2008238438 A1	02-10-2008
		US 2010073007 A1	25-03-2010
		WO 2006024176 A1	09-03-2006
US 2004232919	A1	25-11-2004	AT 289686 T 15-03-2005
		CA 2450344 A1	19-12-2002
		DE 60203043 D1	31-03-2005
		DE 60203043 T2	16-03-2006
		EP 1395840 A1	10-03-2004
		HK 1063504 A1	24-06-2005
		JP 2004529370 A	24-09-2004
		US 2004232919 A1	25-11-2004
		WO 02101401 A1	19-12-2002
FR 3005744	A1	21-11-2014	CN 104155536 A 19-11-2014
		FR 3005744 A1	21-11-2014
		US 2014340111 A1	20-11-2014
US 6442498	B1	27-08-2002	NONE
US 6272387	B1	07-08-2001	NONE

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2017/052732

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. B64F5/60 G01R31/00 ADD.		
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB		
B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) B64F G01R		
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
Y	FR 2 962 589 A1 (LABINAL [FR]) 13 janvier 2012 (2012-01-13) page 8, ligne 29 - page 15, ligne 18; figures 1-4 page 18, ligne 2 - page 20, ligne 10; figure 7 -----	1-15
Y	US 2016/019212 A1 (SOLDANI SIEGFRIED [FR]) 21 janvier 2016 (2016-01-21) cité dans la demande alinéa [0079] - alinéa [0179]; figures 1-7 -----	1-15
Y	US 2006/043976 A1 (GERVAIS FRANCOIS [CA]) 2 mars 2006 (2006-03-02) alinéa [0004] - alinéa [0009] alinéa [0025] - alinéa [0069]; figures 1-4 ----- -/--	1-7, 11-15
☒ 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 23 novembre 2017		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale 04/12/2017
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 Hillebrand, Sabine

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
Y	US 2004/232919 A1 (LACEY GLENN [GB]) 25 novembre 2004 (2004-11-25) alinéa [0004] - alinéa [0031]; figures 1-6 -----	1-7, 11-15
A	FR 3 005 744 A1 (AIRBUS OPERATIONS SAS [FR]) 21 novembre 2014 (2014-11-21) page 5, ligne 11 - page 8, ligne 2; figure 1 -----	7
A	US 6 442 498 B1 (KRIGEL HENRICK YOUVAL [US]) 27 août 2002 (2002-08-27) le document en entier -----	1-15
A	US 6 272 387 B1 (YOON SOO [US]) 7 août 2001 (2001-08-07) le document en entier -----	1-15

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2017/052732

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
FR 2962589	A1	13-01-2012	FR 2962589 A1	13-01-2012
			WO 2012004260 A2	12-01-2012
US 2016019212	A1	21-01-2016	FR 3023948 A1	22-01-2016
			US 2016019212 A1	21-01-2016
US 2006043976	A1	02-03-2006	CA 2621196 A1	09-03-2006
			EP 1831706 A1	12-09-2007
			US 2006043976 A1	02-03-2006
			US 2008238438 A1	02-10-2008
			US 2010073007 A1	25-03-2010
			WO 2006024176 A1	09-03-2006
US 2004232919	A1	25-11-2004	AT 289686 T	15-03-2005
			CA 2450344 A1	19-12-2002
			DE 60203043 D1	31-03-2005
			DE 60203043 T2	16-03-2006
			EP 1395840 A1	10-03-2004
			HK 1063504 A1	24-06-2005
			JP 2004529370 A	24-09-2004
			US 2004232919 A1	25-11-2004
			WO 02101401 A1	19-12-2002
FR 3005744	A1	21-11-2014	CN 104155536 A	19-11-2014
			FR 3005744 A1	21-11-2014
			US 2014340111 A1	20-11-2014
US 6442498	B1	27-08-2002	AUCUN	
US 6272387	B1	07-08-2001	AUCUN	