

①⑨ RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
—
**INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE**
—
COURBEVOIE
—

①① N° de publication : **3 035 510**

(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

②① N° d'enregistrement national : **15 53579**

⑤① Int Cl⁸ : **G 01 N 29/04 (2017.01), G 01 N 29/24**

⑫

BREVET D'INVENTION

B1

⑤④ MOYEN ACOUSTIQUE DE DETECTION, DE LOCALISATION ET D'EVALUATION AUTOMATIQUE D'IMPACTS SUBIS PAR UNE STRUCTURE.

②② Date de dépôt : 21.04.15.

③③ Priorité :

④③ Date de mise à la disposition du public
de la demande : 28.10.16 Bulletin 16/43.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du
brevet d'invention : 26.10.18 Bulletin 18/43.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche :

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑥⑥ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : AIRBUS GROUP SAS Société par
actions simplifiée — FR.

⑦② Inventeur(s) : COLIN NICOLAS.

⑦③ Titulaire(s) : AIRBUS GROUP SAS Société par
actions simplifiée.

⑦④ Mandataire(s) : CABINET SCHMIT CHRETIEN.

FR 3 035 510 - B1



Moyen acoustique de détection, de localisation et d'évaluation d'impacts subis par une structure

DOMAINE DE L'INVENTION

L'invention se rapporte au problème général du contrôle qualité dans les domaines de la fabrication et de la réparation de pièces et de structures.

5 L'invention concerne plus particulièrement la détection d'impacts pouvant être subis par des pièces pour lesquelles doit être assuré un suivi rigoureux de qualité, tel que par exemple les pièces et les structures aéronautiques en matériau composite pouvant subir des endommagements au cours de leur fabrication, de leur assemblage ou de leur réparation.

10

CONTEXTE DE L'INVENTION - ART ANTERIEUR

Les dommages structuraux n'apparaissent pas seulement au cours de l'exploitation commerciale ou opérationnelle d'un aéronef. Ils peuvent aussi
15 être causés par des intervenants qui opèrent au stade de la construction ou de l'assemblage final des pièces aéronautiques.

Ainsi, lorsqu'un opérateur fait, par exemple, tomber un outil sur un structure, ou lorsqu'un conducteur d'engin motorisé, se déplaçant à l'intérieur d'une aire d'assemblage, heurte accidentellement un fuselage en cours
20 d'assemblage, il peut arriver pour diverses raisons que cet incident ne soit pas détecté de sorte que des dommages éventuels, non décelables par simple inspection visuelle, en particulier dans le cas de structures en matériaux composites, ne peuvent pas être identifiés ni réparés avant la livraison d'un sous-ensemble, avant assemblage final des structures ou
25 avant la livraison au client.

Il s'ensuit que, pour atteindre le niveau exigé de fiabilité et de qualité des structures livrées, des contrôles doivent être réalisés et que, dans le cas où un dommage est constaté très tardivement lors de la phase d'assemblage, sa réparation occasionne une perte de temps pouvant
30 engendrer des retards de livraison qui se traduisent généralement par des pénalités financières supportées par le fabricant de l'aéronef.

Il n'existe pas à ce jour de moyen technique permettant de manière simple et automatique, autrement dit sans intervention d'un opérateur, de détecter et d'identifier des incidents de ce type survenant à l'intérieur d'une aire de fabrication ou d'assemblage et pour transmettre à une autorité de
5 contrôle une information d'alerte susceptible d'induire la mise en œuvre d'une procédure destinée à évaluer le dommage et de décider de la nécessité de procéder à une réparation.

Par suite, les seules mesures actuellement mises en œuvre, hormis un contrôle final systématique de l'ensemble de l'assemblage nécessitant
10 des moyens de contrôle capables de détecter un dommage non décelable par inspection visuelle, consiste en des procédures strictes visant à responsabiliser chaque opérateur de façon à ce que le signalement d'aucun incident de ce type, lorsqu'il est perçu, ne soit omis. De telles procédures peuvent, de manière extrême, inclure une surveillance visuelle constante de
15 l'aire de fabrication ou d'assemblage concernée par des opérateurs assignés à cette tâche.

PRESENTATION DE L'INVENTION

20 Un but de l'invention est de proposer un dispositif pouvant fonctionner de manière continue et sans interférer avec les personnes travaillant dans l'environnement d'une structure pour détecter en temps réel des événements anormaux du type « chocs sur la structure ».

Il est ainsi possible d'intervenir dans les meilleures conditions dans le
25 cas de la survenue de ces événements anormaux.

A cet effet l'invention a pour objet un dispositif pour réaliser la détection et la localisation d'un impact sur une structure, située dans un volume de mesure et dans lequel évoluent des opérateurs et/ou des
30 véhicules.

Le dispositif comporte:

- au moins trois capteurs acoustiques agencés non alignés à l'intérieur du volume de mesure et de telle façon qu'une onde acoustique émise en un point quelconque du volume de mesure

puisse être reçue en propagation directe par chacun des capteurs ;

- des moyens de commande et de contrôle configurés pour traiter les signaux correspondants aux ondes acoustique reçues par les au moins trois capteurs acoustiques, détecter une occurrence d'un impact au niveau de la structure, localiser un point de ladite structure à l'origine de d'une onde acoustique consécutive à l'impact et détectée par les capteurs acoustiques.

10 Ainsi, sans aucune intervention des personnes travaillant sur la structure, et sans aucune gêne provoquée à ces personnes pendant leurs activités il est détecté les chocs se produisant sur la structure et l'emplacement des chocs sur la structure.

Par une sensibilité adaptée des capteurs acoustiques, 15 avantageusement des microphones, des chocs inaudibles ou dont l'intensité ne serait pas perçue par les personnes travaillant sur la structure peuvent être détectés et éviter des interventions tardives suite à un défaut découvert ultérieurement.

Dans une forme de réalisation, le dispositif comporte également au 20 moins un pointeur optique produisant à distance un éclairement ponctuel, par exemple sous la forme d'une tache lumineuse visible, et disposé dans le volume de mesure de façon à ce que des points d'une structure dans le volume de mesure puissent être éclairés par l'au moins un pointeur optique, ledit pointeur optique étant actionné par les moyens de commande et de 25 contrôle de façon à désigner un point d'impact localisé sur la structure en éclairant un emplacement correspondant de la structure.

Ainsi l'emplacement d'un impact supposé sur la structure est directement et visiblement identifié sans interprétation par un opérateur.

Dans une forme de réalisation, les moyens de commande et de 30 contrôle sont configurés de façon à n'identifier et désigner la source d'une émission acoustique que si celle-ci est située dans une zone limitée du volume de mesure englobant le volume occupé réellement par la structure.

Ainsi les zones non concernées par la surveillance réalisée par le 35 dispositif ne produisent pas d'alertes qui seraient sans intérêt a priori comme des chocs produits par une activité normale dans le contexte d'un atelier et

de la manutention d'outillages.

Dans une forme de réalisation, une analyse des ondes sonores reçues par les capteurs comporte une détermination continue des amplitudes et des fréquences respectives des ondes acoustiques reçues et une
5 détermination d'un niveau et d'un spectre de bruit ambiant, intégré sur une durée déterminée, un écart entre un niveau de signal acoustique mesuré à un instant donné et un niveau de signal acoustique du bruit ambiant étant comparé à un seuil fixé.

Il est ainsi discriminé les signaux acoustiques pouvant résulter d'un
10 événement exceptionnel comme dans le cas d'un choc sur la structure.

Dans une forme de réalisation, les moyens de commande et de contrôle sont également configurés de façon à caractériser l'impact détecté, à partir d'une amplitude et d'un spectre de l'onde acoustique reçue.

Il est ainsi apporté des informations à l'attention des opérateurs sur
15 la nature et l'intensité des causes ayant pu conduire à l'onde acoustique observée, par exemple en faisant référence à un catalogue d'événements connus.

Avantageusement, les moyens de commande et de contrôle sont également configurés pour éliminer des ondes acoustiques parasites telles
20 que les réflexions multiples des ondes acoustiques sur des parois et sur des objets, autres que la structure, contenus dans le volume de mesure.

Il est ainsi limité le nombre de fausses détections qui pourraient enclencher des investigations inutiles.

Les moyens de commande et de contrôle réalisent la localisation du
25 point d'impact par triangulation, et ou par trilatération, et ou par analyse des différences d'amplitude et/ou de phases entre les signaux correspondant aux ondes acoustiques reçues par les capteurs acoustiques.

Par la mise en œuvre de ces méthodes prises indépendamment, ou en combinaison pour en améliorer la précision si nécessaire, il est obtenu
30 une localisation sur la structure de la source de l'onde acoustique.

La précision de cette localisation peut être inférieure, au moins en théorie, à un centimètre sous réserve que la qualité de la chaîne de mesure mise en œuvre.

Les moyens de commande et de contrôle réalisent la désignation
35 visuelle d'un point d'impact localisé en dirigeant le faisceau lumineux émis

par l'au moins un pointeur optique de façon à éclairer le point d'impact.

De préférence, le dispositif comporte une pluralité de pointeurs optiques agencés dans le volume de mesure, a priori ou à proximité de celle-ci, pour permettre d'éclairer des points de différentes zones de la structure sur lesquelles zones il doit être détecté des impacts en cas d'occurrence d'un impact.

Il est avantageux de répartir ces pointeurs dans le volume de mesure ou à proximité de ce volume pour assurer la possibilité de pointer sinon toutes au moins le maximum de zones de la structure susceptibles de subir un choc. La multiplicité des pointeurs limite les zones d'ombres, par exemple créées par la structure elle-même ou par des outillages, susceptible d'interdire d'éclairer des points particuliers de la structure surveillée.

Dans une forme de réalisation, les capteurs acoustiques sont des capteurs directionnels disposés autour de la zone de l'enceinte dans laquelle se situe la structure et orientés en direction de cette dernière.

Il ainsi amélioré les limites de la zone surveillée et évité le traitement de signaux sans intérêt vis-à-vis de la détection des chocs.

Pour prendre en compte les conditions réelles dans le volume de mesure, avantageusement, il est relevé les positions des capteurs acoustiques et des pointeurs optiques, les positions relevées étant ensuite mémorisées par les moyens de commande et de contrôle.

Avantageusement, les pointeurs optiques sont des pointeurs laser produisant un éclairage quasi ponctuel, dont la tache lumineuse formée sur la structure est de dimensions réduite même avec des pointeurs relativement distant et reste visible dans les conditions d'éclairage ordinaire d'un atelier.

L'invention consiste donc essentiellement en un moyen acoustique sensible dans le domaine de l'audible et d'une électronique associée destinés à détecter, localiser et quantifier automatiquement les impacts sur des structures, telles que des structures aéronautiques, qui peuvent avoir lieu en usine de production ou en ligne d'assemblage final chez les industriels. Au moyen acoustique est de préférence associé un moyen optique de désignation de zones localisées sur les structures.

DESCRIPTION DES FIGURES

Les caractéristiques et avantages de l'invention seront mieux appréciés grâce à la description qui suit, description qui s'appuie à titre
5 d'exemple de réalisation sur les figures annexées qui présentent:

- la figure 1, une première illustration schématique présentant le dispositif selon l'invention;

- la figure 2, une seconde illustration schématique présentant le dispositif selon l'invention;

10 Les éléments présents sur les deux figures, sont référencés par un même nombre repère.

DESCRIPTION D'UN EXEMPLE

15 De manière générale l'invention consiste en premier lieu à mettre en œuvre dans une enceinte 12, un hangar de fabrication ou d'assemblage par exemple, délimitant dans cet exemple un volume de mesure 12a où est placée une structure 11 considérée, plusieurs "oreilles électroniques"
20 sensibles aux sons, de façon à capter les ondes acoustiques produites par ladite structure en réponse à des chocs reçus, chocs provoqués par exemple par la chute d'outils ou la collision d'engins 16 évoluant dans l'enceinte au voisinage de la structure 11.

La structure 11 considérée est par exemple, comme dans l'exemple illustré par les figures, une structure aéronautique (fuselage ou aile d'aéronef
25 notamment) réalisée en tout ou partie en matériau composite ou encore en métal. Cependant le dispositif est bien entendu applicable à d'autres types de structures.

Comme illustré par la figure 1, le dispositif selon l'invention comporte
30 une pluralité de capteurs acoustiques 13 disposés dans le volume de mesure 12a, ou à ses abords immédiats, agencés de façon à recevoir une onde acoustique 18 émise par la structure 11 en réponse à un choc.

Les capteurs acoustiques 13 sont en conséquence choisis avec une sensibilité et un domaine de fréquences adaptés aux sons émis et qui

doivent être détectés dans le cadre de la surveillance devant être assurée dans le volume de mesure.

De tels paramètres sont en pratique fonction des dimensions du volume de mesure, qui conditionne en partie une distance entre les capteurs acoustiques et les emplacements d'une structure pouvant être à l'origine
5 d'une onde acoustique, et éventuellement d'autres caractéristiques des capteurs acoustiques telles que leurs directivité.

Lesdits capteurs, au minimum trois capteurs, sont positionnés dans le volume de mesure de façon à ne pas se trouver tous alignés.

10 D'une façon générale les capteurs 13 peuvent être disposés, en nombre suffisant, de façon à détecter une onde acoustique avec au moins trois capteurs dans, autant que possible, la totalité de l'espace intérieur de l'enceinte. Cependant dans un mode de mise en œuvre particulier de l'invention, le nombre de capteurs 13 utilisés et leurs positions dans
15 l'enceinte 12 peuvent être définis de façon à couvrir un volume de mesure 12a à l'intérieur de l'enceinte plus restreinte, par exemple un volume englobant la structure 11 et son voisinage plus ou moins immédiat.

Selon l'invention, les capteurs acoustiques 13 utilisés sont préférentiellement des microphones présentant un diagramme de directivité,
20 privilégiant la détection des ondes acoustiques en direction de la structure de façon à couvrir au moins l'ensemble de la zone du volume de mesure dans lequel se situe la structure 11, ledit diagramme de directivité étant choisi pour limiter la sensibilité du microphone considéré aux ondes provenant d'autres directions que celles de la structure surveillée, aux ondes réfléchies par les
25 parois de l'enceinte 12 notamment.

Cependant, des microphones omnidirectionnels peuvent également être utilisés, d'autres méthodes, de traitement du signal en particulier ou encore le traitement de parois de l'enceinte 12 pour limiter les réflexions acoustiques, pouvant être mises en œuvre pour ne pas prendre en compte
30 les ondes acoustiques sans relation directe avec la structure.

Selon l'invention également, les capteurs acoustiques 13 sont reliés à un système de commande et de contrôle 15 auquel sont transmis des mesures acoustiques de chacun des capteurs, par exemple sous la forme de signaux électriques produits par la conversion des ondes acoustiques 18
35 reçues par chacun des capteurs 13. Les liaisons entre le système de

commande et de contrôle 15 et les capteurs acoustiques 13, représentées par les liaisons 131 sur la figure 1, peuvent être de simples liaisons filaires ou alternativement, dans le cas où les capteurs utilisés sont des microémetteurs, des liaisons radioélectriques de types divers (liaisons à 5 fréquences dédiées, liaisons Bluetooth™, etc...).

Suivant différentes architectures système, les mesures acoustiques effectuées par un capteur sont transmises au système de commande et de contrôle 15 sous forme analogique ou transmise sous forme numérique après avoir été converties par le capteur ou une électronique associée au 10 capteur.

Quelque soit le mode de transmission mis en œuvre entre les capteurs 13 et le système de commande et de contrôle 15, il sera pris es précautions nécessaires pour que les signaux acoustiques, ayant une même origine sur la structure 11, reçus par différents capteurs 13 et transmis au 15 système de commande et de contrôle 15 soit datés de sorte que le moment où un signal acoustique parvient sur un capteur soit identifié avec précision, au moins en relatif entre les différents capteurs.

La datation peut être réalisée par le capteur lui même sous réserve que chaque capteur reçoive un signal d'horloge ou dispose d'une horloge 20 synchronisée sur une base de temps commune à tous les capteurs.

La datation peut être réalisée par le système de commande et de contrôle lorsqu'il reçoit les signaux des différents capteurs, sous réserve que les chaînes de transmission du signal entre chaque capteur et le système de commande et de contrôle n'introduisent pas de différences de temps 25 significatives entre les différents capteurs, ou pour le moins que ces différences de temps de transmission des signaux soient connues et maîtrisées.

Il doit être pris en considération dans le présent dispositif que la synchronisation des mesures réalisées par les différents capteurs, dont la 30 précision conditionne le résultat recherché, s'adresse à des signaux acoustique dont les vitesses de propagation en conditions atmosphériques ordinaires sont de l'ordre de 300 m/s.

Il s'en déduit qu'une synchronisation avec une précision de 0,1 milliseconde introduit des erreurs de mesures de l'ordre du centimètre sur les distances, ce qui correspond à une précision suffisante pour les besoins de la localisation d'un événement sur la structure 11.

5 Les moyens électroniques ordinaires permettent sans difficulté à l'homme du métier de garantir une précision de datation des signaux de 0,1 milliseconde ou moins.

10 Le système de commande et de contrôle 15, quant à lui, comporte principalement des moyens d'acquisition et de mémorisation des signaux électriques transmis par les capteurs acoustiques, l'acquisition étant réalisée en continu; ces signaux étant éventuellement multiplexés sur une voie d'acquisition unique.

15 Le système de commande et de contrôle 15 comporte également des moyens pour réaliser le traitement de ces signaux sous forme numérique, de façon à identifier les signaux correspondant à une onde acoustique 18 consécutive à un choc 17 sur à la structure 11, ainsi qu'un calculateur (de type PC, par exemple) équipé d'un logiciel pour interpréter les signaux détectés, et pour caractériser le choc correspondant (nature, position 20 intensité, etc....).

Pour ce faire, les moyens de traitement numérique selon l'invention effectuent la mesure de l'amplitude de chacun des signaux reçus et procèdent à une analyse temporelle et fréquentielle.

25 Ils réalisent également en continu une estimation de l'amplitude et du spectre de l'ambiance sonore (i.e. du bruit ambiant) et enregistre l'ambiance sonore de manière répétitive sur des durées données, une durée d'une minute par exemple, de façon notamment à déterminer les fréquences et un seuil d'amplitude permettant de distinguer les signaux d'intérêt parmi des signaux constituant a priori le bruit ambiant.

30 Par ailleurs les moyens de traitement numérique effectuent également l'élimination par toute méthode connue appropriée, analyse spectrale ou corrélation notamment, des signaux correspondant aux ondes sonores parasites reçues par les capteurs acoustiques 13, les ondes provenant de réflexions multiples notamment.

Selon l'invention la détection et la caractérisation des signaux d'intérêt peut être effectuée de différentes façons.

5 La détection peut ainsi être réalisée en comparant l'amplitude mesurée à un ou plusieurs seuils d'amplitude caractérisant l'amplitude de l'onde acoustique émise par la structure ainsi que par analyse spectrale, ces paramètres fournissant des informations qualitatives générales sur la nature de l'impact, simple chute d'outils ou collision avec une engin 16 en déplacement 19 à proximité de la structure.

10 Alternativement, dans le cas où le système de commande et de contrôle comporte une base de données dans laquelle sont mémorisés des seuils d'énergie acoustique couplés à certains spectres fréquentiels précédemment déterminés et correspondant à des chocs connus entre des outils ou autre objets et des structures de même type que la structure 11
15 considérée, l'identification d'un signal d'intérêt à l'un ou l'autre des chocs déjà répertoriés permet de disposer d'information plus précises sur l'amplitude, l'origine et la nature du dommage potentiel occasionné.

Les moyens de traitement numérique effectuent également, lorsque
20 que des signaux d'intérêt ont été détectés, une localisation d'une zone 17 de la structure comme étant à l'origine probable de l'onde acoustique 18 correspondant à ces signaux, en pratique la zone de la structure ayant subi un choc, et potentiellement un endommagement.

Cette localisation est réalisée par toute méthode connue à partir des
25 signaux acoustiques captés par les différents capteurs 13 disposés dans le volume de mesure 12a, par exemple par triangulation (analyse goniométrique), et ou par trilatération (analyse des différences de dates de réception des signaux), et ou analyse des différences d'amplitude et/ou de phases entre les signaux acoustiques reçus par les différents capteurs.

30 Il doit être noté que si trois capteurs au moins doivent être mis en œuvre pour déterminer une localisation sans ambiguïté, une augmentation du nombre de capteurs 13 dans la volume de mesure 12a, outre qu'il permet de limiter le nombre ou les dimensions de zones masquées de la structure 11, permet d'améliorer la précision avec laquelle la zone d'un
35 impact sur la structure peut être localisée.

Une fois localisée la position de la zone d'impact 17 est mémorisée, avec éventuellement les paramètres descriptifs de la nature de l'événement, tel qu'il a été interprété, à l'origine de l'impact (collision, chute d'objet, etc....).

5 Selon l'invention, le système de commande et de contrôle comporte également des moyens permettant d'avertir des intervenants chargés de la gestion de tels incidents, qu'une occurrence de choc a été identifiée sur la structure 11 et à quel endroit 17 l'impact s'est probablement produit. Ces moyens peuvent entreprendre des actions diverses, selon le mode opératoire
10 souhaité. Lesdits moyens peuvent par exemple communiquer la survenue d'un incident à un opérateur situé dans une salle de contrôle et chargé de la gestion des incidents pouvant survenir dans l'enceinte considérée.

La communication peut alors prendre la forme d'un message envoyé directement par le système de commande et de contrôle à la console de
15 l'opérateur, le message comportant principalement une position de l'incident (coordonnée du point d'impact sur la structure) ainsi qu'éventuellement un message indiquant la cause probable du dommage.

La communication peut également être complétée, dans une forme de réalisation préférée illustré par la figure 2, par l'émission d'un faisceau
20 lumineux 21 pointé sur la zone localisée de l'impact 17 et destiné à signaler visuellement cette zone, par un spot lumineux 22, à un opérateur 23 chargé d'évaluer les dommages causés et de décider d'une procédure de réparation.

Dans cette forme de réalisation, le dispositif selon l'invention comporte alors un ensemble de pointeurs optiques 14 associé au volume de
25 mesure 12a, par exemple disposés à l'intérieur de l'enceinte 12, en des positions connues, de façon à pouvoir diriger un faisceau lumineux sur n'importe quel point de la structure 11. Selon l'invention les pointeurs 14 sont orientables et pilotés par le système de commande et de contrôle 15 auquel ils sont reliés par des liaisons 141, liaisons filaires ou radio électriques pour
30 recevoir des signaux d'orientation.

Dans une forme de réalisation préférée, les pointeurs optiques sont des sources laser émettant un faisceau lumineux produisant sur la structure un éclairage sensiblement ponctuel.

Ainsi, si un incident a été détecté, le dispositif selon l'invention évalue l'énergie du choc occasionné en fonction de l'amplitude de l'onde sonore puis alarme un opérateur de surveillance et indique éventuellement de manière visuelle l'emplacement sur la structure à l'origine de l'onde
5 acoustique ayant été détectée.

Dans une forme de réalisation particulière, les moyens de commande et de contrôle 15 sont configurés de façon à n'identifier et désigner la source 17 d'une émission acoustique que si celle-ci est identifiée comme étant située dans une zone limitée du volume de mesure 12a englobant le
10 volume occupé réellement par la structure 11.

Avantageusement dans ce cas, les moyens de commande et de contrôle 15 ne procèdent à la désignation optique que sur instructions d'un opérateur, par exemple émises par l'opérateur lorsqu'il est à poste dans la zone de mesure.

15

Il est à noter qu'un dispositif tel que celui selon l'invention étant destiné à un fonctionnement autonome, sa mise en place dans une enceinte 12 donnée inclut, autant que de besoins, une phase de calibration, durant laquelle le dispositif fait l'acquisition des positions respectives des
20 différents capteurs acoustiques et des positions et orientations des différents pointeurs optiques, ainsi que l'acquisition de courbes de réponse de chacun des capteurs dans les conditions des mesures, par exemple par la mise en œuvre de sources sonores étalonnées.

REVENDEICATIONS

1. Dispositif pour détecter et localiser en temps réel un impact (17) reçu sur une structure (11), ledit impact produisant une onde acoustique (18) se propageant dans l'air environnant ladite structure, ladite structure étant située dans un volume de mesure (12a) dans lequel évoluent des opérateurs (23) et/ou des véhicules (16), caractérisé en ce qu'il comporte:

- au moins trois capteurs acoustiques (13) agencés non alignés à l'intérieur du volume de mesure (12a) ou à proximité immédiate pour être distants de la structure et de telle façon qu'une onde acoustique émise en un point quelconque du volume de mesure (12a) puisse être reçue en propagation directe par au moins trois capteurs parmi lesdits au moins trois capteurs;

- des moyens de commande et de contrôle (15) configurés pour traiter des signaux correspondants aux ondes acoustiques reçues par les au moins trois capteurs (13) acoustiques, détecter l'occurrence de l'impact (17), localiser un point de ladite structure probablement à l'origine de l'onde acoustique (18) détectée par les capteurs acoustiques (13).

- au moins un pointeur optique (14) produisant à distance dudit pointeur un éclairage ponctuel (22) et disposé dans le volume de mesure (12a) de façon à ce que des points de la structure (11) dans le volume de mesure (12a) puissent être éclairés par l'au moins un pointeur optique (14), ledit au moins un pointeur optique étant actionné par les moyens de commande et de contrôle (15) de façon à désigner un point d'impact (17) localisé sur la structure en éclairant (22) un emplacement correspondant de ladite structure.

2. Dispositif selon la revendication 1 dans lequel les moyens de commande et de contrôle (15) sont configurés de façon à n'identifier et désigner la source d'une émission acoustique que si celle-ci est située dans une zone limitée du volume de mesure (12a) englobant un volume occupé réellement par la structure (11).

3. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, dans lequel l'analyse des ondes sonores reçues par les au moins trois capteurs (13) comporte une détermination continue des amplitudes et des fréquences respectives des ondes acoustiques reçues et une détermination d'un niveau et d'un spectre de bruit ambiant, intégré sur une durée déterminée, un écart entre un niveau de bruit mesuré à un instant donné et le niveau du bruit ambiant étant comparé à un seuil fixé.

4. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel les moyens de commande et de contrôle (15) sont également configurés de façon à caractériser l'impact détecté, à partir d'une amplitude et d'un spectre de l'onde acoustique reçue.

5. Dispositif selon l'une des revendications 3 ou 4, dans lequel les moyens de commande et de contrôle (15) sont également configurés pour éliminer des ondes acoustiques parasites telles que les réflexions multiples des ondes acoustiques sur des parois et sur des objets, autres que la structure (11), contenus dans le volume de mesure.

6. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel les moyens de commande et de contrôle (15) réalisent la localisation du point d'impact (17) par au moins une des méthodes de : triangulation, trilatération, analyse des différences d'amplitude et ou de phases, appliquées aux ondes acoustiques reçues par les capteurs acoustiques (13).

7. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel les moyens de commande et de contrôle (15) réalisent la désignation visuelle (22) du point d'impact (17) localisé en dirigeant un faisceau lumineux (21) émis par l'au moins un pointeur optique (14) de façon à éclairer le point d'impact (17).

8. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, comportant une pluralité de pointeurs optiques (14) agencés dans le volume de mesure (12a) ou à proximité dudit volume pour permettre d'éclairer des points de différentes zones de la structure (11) sur lesquelles zones il doit être détecté des impacts en cas d'occurrence d'un impact.

9. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel les capteurs acoustiques (13) utilisés sont des capteurs directionnels disposés autour de la zone de l'enceinte (12) dans laquelle se situe la structure (11) et orientés en direction de cette dernière.

10. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que, à sa mise en service, on relève les positions des au moins trois capteurs acoustiques (13) et des pointeurs optiques (14), les positions relevées étant ensuite mémorisées par les moyens de commande et de contrôle (15).

11. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel les pointeurs optiques (14) sont des pointeurs laser produisant un éclairage quasi ponctuel.

1/2

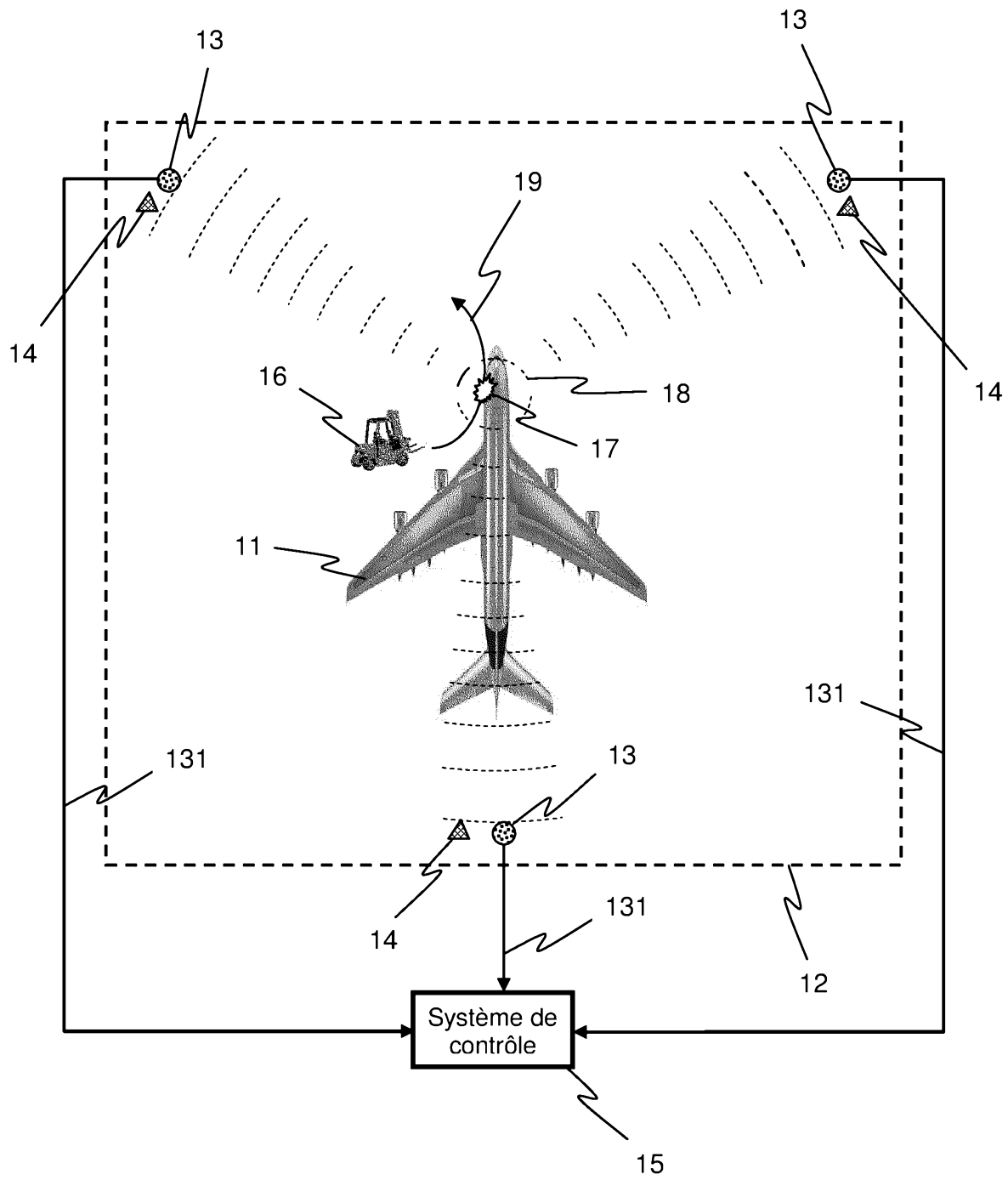


Fig. 1

2/2

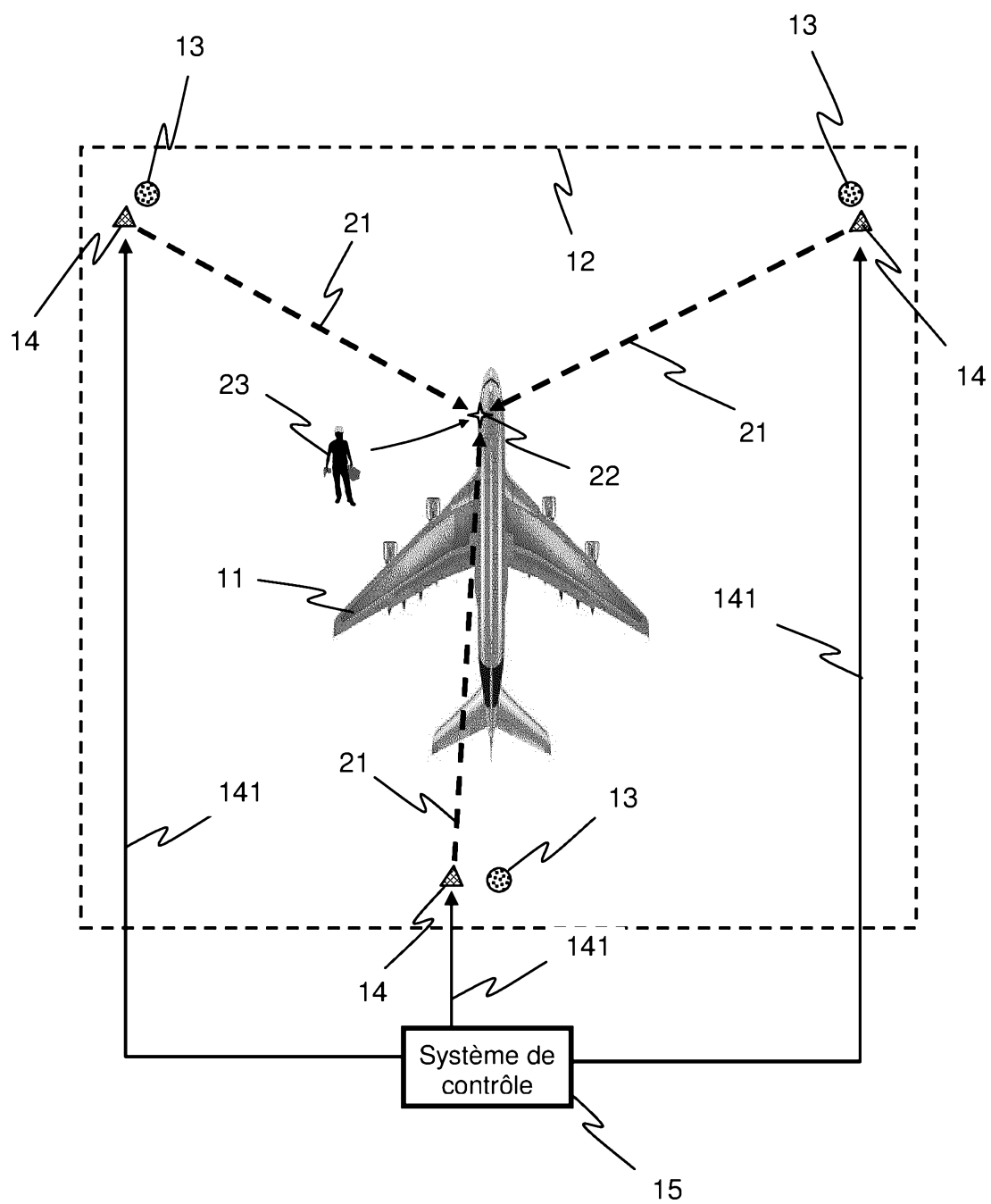


Fig. 2

RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-17 et R.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveau) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.

Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

CONDITIONS D'ÉTABLISSEMENT DU PRÉSENT RAPPORT DE RECHERCHE

- Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.
- Le demandeur a maintenu les revendications.
- Le demandeur a modifié les revendications.
- Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.
- Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.
- Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

DOCUMENTS CITÉS DANS LE PRÉSENT RAPPORT DE RECHERCHE

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

- Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.
- Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.
- Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.
- Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION

US 2011/112775 A1 (BRAMBAN DIDIER HONORE [FR])
12 mai 2011 (2011-05-12)

US 2014/165728 A1 (CHAUME OLIVIER [FR] ET AL)
19 juin 2014 (2014-06-19)

FR 2 882 596 A1 (EADS CCR GROUPEMENT D INTERET [FR]; EADS EUROP AERONAUTIC DEFENCE [FR])
1 septembre 2006 (2006-09-01)

GB 2 492 456 A (GEN ELECTRIC [US])
2 janvier 2013 (2013-01-02)

EP 2 538 241 A2 (BOEING CO [US])
26 décembre 2012 (2012-12-26)

US 2013/160553 A1 (GRUCA JR KARL M [US] ET AL)
27 juin 2013 (2013-06-27)

2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN TECHNOLOGIQUE GENERAL

NEANT

3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND DE LA VALIDITE DES PRIORITES

NEANT