

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②② Date de dépôt : 06.09.13.

③③ Priorité :

④③ Date de mise à la disposition du public de la
demande : 13.03.15 Bulletin 15/11.

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

⑥③ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

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

⑦② Inventeur(s) : CABANAC NICOLAS et LESTRU-
HAUT ALEXANDRE.

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

⑦④ Mandataire(s) : IPSILON - BREMA-LOYER Société
par actions simplifiée.

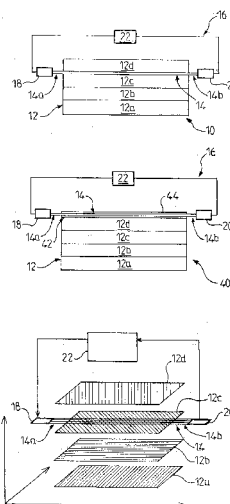
⑤④ **SYSTEME DE CONTROLE NON DESTRUCTIF D'UNE PIECE EN MATERIAU COMPOSITE ET AERONEF
COMPRENANT UN TEL SYSTEME.**

⑤⑦ L'invention est relative à un système (10) de contrôle
non destructif

d'une pièce en matériau composite qui comporte :

- une pièce en matériau composite (12),
- un faisceau de fibres optiques (14) fixé à la pièce,
- des moyens (16) de détection d'un endommagement du faisceau, les moyens (16) de détection comprenant :
- une unité (18) d'émission d'un signal lumineux dans le faisceau,
- une unité (20) de réception de signal lumineux qui est configurée pour fournir un signal de sortie,
- une unité de contrôle (22) qui est configurée pour analyser le signal de sortie fourni par l'unité de réception et donc la capacité du faisceau à transmettre un signal lumineux afin de détecter un endommagement du faisceau.

Un endommagement du faisceau qui est représentatif
d'un endommagement de la pièce peut ainsi être détecté.



L'invention est relative à la détection d'un endommagement d'une pièce en matériau composite, notamment en aéronautique.

Dans de nombreux domaines techniques, dont le secteur aéronautique, des pièces à structure en matériau composite sont fréquemment employées.

- 5 De telles pièces sont susceptibles d'être endommagées lors de leur utilisation en raison des différentes contraintes (ex : mécaniques....) auxquelles elles sont soumises. Les endommagements peuvent se traduire par d'éventuelles ruptures au sein de la matière.

10 La détection de tels endommagements est généralement effectuée par des contrôles non destructifs en utilisant par exemple des ondes ultrasonores. Toutefois, dans l'aéronautique, l'intégrité d'une pièce en matériau composite qui fait partie de la structure d'un aéronef ne peut pas être contrôlée durant le vol de l'aéronef par de tels contrôles qui nécessitent généralement de démonter la pièce.

15 Selon un premier aspect, l'invention prévoit de remédier à ce problème en proposant un système de contrôle non destructif d'une pièce en matériau composite, caractérisé en ce qu'il comporte :

- une pièce en matériau composite,
- au moins un faisceau de fibres optiques qui est fixé à ladite pièce,
- 20 - des moyens de détection d'un endommagement dudit au moins un faisceau, lesdits moyens de détection comprenant :

au moins une unité d'émission d'un signal lumineux dans ledit au moins un faisceau de fibres optiques (par exemple, à partir d'une extrémité dudit au moins un faisceau),

25 au moins une unité de réception de signal lumineux qui est configurée pour fournir un signal de sortie (par exemple, à une extrémité opposée dudit au moins un faisceau),

au moins une unité de contrôle qui est configurée pour analyser le signal de sortie fourni par l'unité de réception et donc la capacité dudit au moins un faisceau à transmettre un signal lumineux afin de détecter un endommagement dudit au moins un faisceau.

30

En adjoignant à la pièce au moins un faisceau de fibres optiques et en analysant la capacité dudit au moins un faisceau à transmettre un signal

lumineux il est possible de détecter un endommagement dudit au moins un faisceau (ex : rupture locale de fibre(s) optique(s)) lorsque ledit au moins un faisceau ne permet plus de transporter le signal. Un endommagement dudit au moins un faisceau est représentatif d'un endommagement de la pièce. Cette analyse peut être réalisée lorsque la pièce est en service à bord d'un aéronef, notamment durant le vol, et qu'elle ne peut pas être démontée.

Selon d'autres caractéristiques prises isolément ou en combinaison l'une avec l'autre :

- 10 - l'unité d'émission étant configurée pour émettre un signal lumineux dans ledit au moins un faisceau de fibres optiques à partir d'un signal d'entrée électrique, l'unité de contrôle est configurée pour analyser la capacité dudit au moins un faisceau à transmettre un signal lumineux par comparaison du signal de sortie fourni par l'unité de réception avec le signal d'entrée de l'unité d'émission ;
- 15 - les unités d'émission, de réception et de contrôle sont positionnées en dehors du périmètre de la pièce ;
 - ledit au moins un faisceau de fibres optiques et les unités d'émission et de réception qui y sont fixées forment un ensemble préassemblé ;
 - les fibres optiques dudit au moins un faisceau de fibres optiques ont
 - 20 chacune un diamètre qui est suffisamment petit pour être le moins intrusif possible et qui est par exemple inférieur ou égal à 0,05 mm ;
 - ledit au moins un faisceau de fibres optiques est intégré entre deux plis de la pièce en matériau composite ;
 - ledit au moins un faisceau de fibres optiques est orienté axialement
 - 25 dans une direction selon laquelle un ou plusieurs plis seront soumis aux contraintes mécaniques les plus élevées ;
 - ledit au moins un faisceau de fibres optiques est collé sur une face de la pièce en matériau composite ;
 - ledit au moins un faisceau de fibres optiques est enrobé à l'intérieur
 - 30 d'un film thermodurcissable qui est collé sur la face de la pièce en matériau composite.

Selon un deuxième aspect, l'invention vise un aéronef, caractérisé en ce qu'il comprend au moins un système de contrôle non destructif d'une pièce

en matériau composite selon le premier aspect tel que brièvement exposé ci-dessus.

Selon un troisième aspect, l'invention vise un procédé de fabrication d'un système de contrôle non destructif d'une pièce en matériau composite selon le premier aspect tel que brièvement exposé ci-dessus, caractérisé en ce qu'il comprend une étape de fixation dudit au moins un faisceau de fibres optiques à la pièce en matériau composite.

Selon d'autres caractéristiques prises isolément ou en combinaison l'une avec l'autre :

- 10 - le procédé comprend, lors du positionnement et de la fixation des différents plis de la pièce en matériau composite les uns au-dessus des autres, une étape d'interposition dudit au moins un faisceau de fibres optiques entre un pli inférieur et un pli supérieur consécutifs ;
- le procédé comprend une étape de collage dudit au moins un
15 faisceau de fibres optiques sur une face de la pièce en matériau composite ;
- préalablement à l'étape de collage, le procédé comprend une étape d'enrobage dudit au moins un faisceau de fibres optiques dans un film thermodurcissable.

Selon un quatrième aspect, l'invention vise un procédé de contrôle non destructif d'une pièce en matériau composite, caractérisé en ce qu'il comprend :

- 20 - l'émission, à partir d'une unité d'émission, d'un signal lumineux dans au moins un faisceau de fibres optiques fixé à une pièce en matériau composite, le signal lumineux étant émis dans ledit au moins un faisceau en
25 direction d'une unité de réception de signal lumineux,
- l'analyse de la capacité dudit au moins un faisceau à transmettre le signal lumineux, à partir de l'analyse du signal de sortie fourni par l'unité de réception,
- la détection d'un éventuel endommagement dudit au moins un
30 faisceau à partir du résultat de l'analyse précitée.

Selon une caractéristique possible, l'analyse de la capacité dudit au moins un faisceau à transmettre le signal lumineux comprend une

comparaison du signal de sortie fourni par l'unité de réception avec un signal d'entrée fourni à l'unité d'émission.

D'autres caractéristiques et avantages apparaîtront au cours de la description qui va suivre, donnée uniquement à titre d'exemple non limitatif et
5 faite en référence aux dessins annexés, sur lesquels :

- la figure 1 est une vue schématique générale en coupe axiale d'un système de contrôle non destructif d'une pièce en matériau composite selon un premier mode de réalisation de l'invention ;

- la figure 2 est une vue schématique générale en perspective d'un
10 exemple de fixation du faisceau de fibres optiques de la figure 1 à la pièce en matériau composite de la même figure ;

- la figure 3 est une vue schématique générale en coupe axiale d'un système de contrôle non destructif d'une pièce en matériau composite selon un deuxième mode de réalisation de l'invention ;

- la figure 4 est une vue partielle schématique agrandie d'un faisceau
15 de fibres optiques enrobé utilisé dans le système de la figure 3 ;

- la figure 5 est une vue schématique générale en perspective d'un exemple de fixation du faisceau de fibres optiques de la figure 3 à la pièce en matériau composite de la même figure ;

- les figures 6 à 9 illustrent un système de contrôle non destructif
20 selon un mode de réalisation de l'invention appliqué à une pièce d'un aéronef.

Comme représenté à la figure 1 et désigné sous la référence générale notée 10, un système de contrôle non destructif d'une pièce en matériau composite selon un premier mode de réalisation de l'invention comprend :

- une pièce en matériau composite 12 qui est formée d'un empilement
25 de plis 12a-d (dont seuls quatre plis ont été représentés par souci de simplification),

- un faisceau de fibres optiques 14 intégré à la pièce 12, le faisceau étant allongé et comporte deux extrémités opposées 14a et 14b débouchant à
30 l'extérieur de la pièce, hors de son périmètre,

- des moyens 16 de détection d'un endommagement de fibre(s) optique(s) dans le faisceau (endommagement du faisceau).

Les dimensions des différents éléments constitutifs du système et leurs proportions relatives ont été volontairement exagérées par souci de clarté.

De manière générale, les moyens 16 de détection comprennent :

- une unité ou bloc 18 d'émission d'un signal lumineux (onde lumineuse) à partir d'un signal d'entrée électrique, l'unité 18 étant raccordée à une première extrémité 14a du faisceau de façon à émettre un signal lumineux dans le faisceau ;
- une unité ou bloc 20 de réception d'un signal lumineux et qui est raccordée à la deuxième extrémité opposée 14b du faisceau de façon à recevoir le signal lumineux émis et ayant traversé le faisceau ; l'unité de réception est configurée pour fournir un signal de sortie électrique représentatif du signal lumineux reçu ;
- une unité de contrôle 22 qui est configurée pour analyser le signal de sortie précité et donc la capacité du faisceau 14 à transmettre un signal lumineux entre l'unité d'émission et l'unité de réception.

L'unité de contrôle 22 est reliée à l'unité d'émission 18 et lui fournit le signal d'entrée électrique. L'unité de contrôle 22 est également reliée à l'unité de réception 20 et en reçoit le signal de sortie électrique.

Le faisceau 14 est positionné dans une zone de la pièce qui est susceptible d'être soumise à des contraintes élevées pouvant s'approcher des valeurs de contraintes admissibles pour cette zone, voire dépasser ces valeurs (zone pour laquelle le facteur contraintes admissibles/contraintes réelles est proche de 1). Le faisceau peut également, ou alternativement, être positionné dans une zone de la pièce qui est difficile d'accès (éventuellement non visible) lorsque cette pièce se trouve dans sa disposition finale d'utilisation.

Sur la figure 1 le faisceau de fibres optiques 14 est fixé à la pièce 12 en étant intégré entre deux plis de celle-ci, tels que les deux plis 12c et 12d. Le choix des plis entre lesquels le faisceau est interposé dépend du niveau de sollicitations des plis. En effet, l'orientation des efforts fait que certains plis sont plus sollicités que d'autres et risquent de casser avant.

On notera que le faisceau de fibres optiques 14 peut théoriquement ne comporter qu'une fibre optique.

Toutefois, pour des raisons de fiabilité il est préférable de disposer de plusieurs fibres optiques. Cela permet de s'assurer qu'une perte de signal lumineux n'est pas due à une rupture accidentelle d'une fibre (par exemple, en raison d'un défaut de fabrication de celle-ci ou d'un impact sur celle-ci), mais
5 plutôt par exemple à une sur-contrainte exercée sur la pièce.

Les fibres optiques sont par exemple agencées parallèlement les unes aux autres dans un même plan (elles forment ainsi une nappe), ce qui leur permet de couvrir une zone élargie du matériau et donc d'augmenter les chances de détecter un endommagement de la pièce.

10 Les fibres optiques ont chacune un diamètre qui est le plus petit possible afin de ne pas perturber la structure dans laquelle elles sont intégrées. Ainsi, les fibres optiques ont par exemple chacune un diamètre inférieur à 0,05 mm.

Les fibres sont par exemple des fibres monomodes, c'est-à-dire des
15 fibres qui n'admettent qu'un seul mode de dispersion. En effet, de telles fibres ont un diamètre de cœur plus petit que celui des fibres multimodes, ce qui leur permet d'être le moins intrusif possible dans la pièce.

L'unité d'émission 18 se présente sous la forme d'un boîtier qui est un transpondeur à diodes électroluminescentes transformant des impulsions
20 électriques (en entrée) en signaux optiques.

L'unité de réception 20 se présente sous la forme d'un boîtier de photodiodes transformant les signaux optiques en impulsions électriques (en sortie).

L'unité de contrôle 22 tient compte de l'atténuation intrinsèque des
25 fibres optiques lorsqu'elle effectue la comparaison des signaux émis et réceptionnés ou amplitudes de signaux émis et réceptionnés. Cette atténuation dépend du ou des matériaux constitutifs des fibres, de leur diamètre et de leur longueur.

En pratique, le système de contrôle 16 est étalonné, préalablement à
30 tout contrôle de pièce, avec un signal de référence d'entrée électrique fourni à l'unité d'émission 18 par l'unité de contrôle 22. L'unité de réception 20 reçoit un signal lumineux et fournit, à l'unité de contrôle 22, un signal électrique de sortie. Ce signal de sortie de référence prend en compte l'atténuation

intrinsèque des fibres du faisceau et permet ainsi de recalibrer cette atténuation pour les contrôles de pièces à venir.

Comme représenté à la figure 2, l'intégration du faisceau de fibres optiques 14 à la pièce en matériau composite 12 est réalisée en interposant le
5 faisceau 14 entre deux couches ou plis lors de la stratification (drapage) des plis de la pièce.

Ainsi, les plis pré-imprégnés tels que les plis 12a, 12b et 12c sont successivement drapés les uns au dessus des autres et le faisceau 14 est positionné sur le pli 12c (pli inférieur) sur lequel il adhère. L'empilement des
10 plis supérieurs (tels que le pli 12d) se poursuit ensuite.

On notera que les unités d'émission 18 et de réception 20 sont ensuite fixées aux extrémités 14a et 14b du faisceau qui sont positionnées à distance des parois latérales de la pièce, en dehors du périmètre de la pièce.

Ces unités sont raccordées à l'unité de contrôle 22 qui, par exemple,
15 est un calculateur (embarqué dans le cas d'un aéronef) ou fait partie d'un tel calculateur.

Le faisceau 14 est orienté axialement par rapport aux plis dans une direction selon laquelle les plis, ou certains d'entre eux seulement, sont susceptibles d'être soumis aux contraintes mécaniques les plus élevées
20 lorsque la pièce sera en condition d'utilisation. Les valeurs de ces contraintes peuvent s'approcher des valeurs de contraintes admissibles par la pièce ou par certaines zones de celle-ci. Ces contraintes sont par exemple définies par simulation et par expérience.

L'unité de contrôle 22, étant reliée à l'unité d'émission du signal
25 lumineux dans le faisceau de fibres optiques et à l'unité de réception du signal lumineux en sortie du faisceau, est ainsi capable de comparer entre eux les signaux électriques d'entrée et de sortie précités sous forme analogique ou digitale.

En fonction du résultat de la comparaison, l'unité de contrôle 22
30 détermine si le faisceau 14 est capable ou non de transmettre un signal lumineux et, donc, détermine respectivement l'absence ou la présence d'un endommagement du faisceau (ex : rupture d'une ou de plusieurs fibres optiques dans le faisceau 14).

En effet, un endommagement/ rupture d'une fibre ou de plusieurs fibres optiques affecte la transmission du signal lumineux par la ou les fibres du faisceau. L'amplitude du signal lumineux transmis est ainsi diminuée, voire annulée suite à un tel endommagement. La comparaison des amplitudes des signaux d'entrée et de sortie permet de détecter cette variation d'amplitude et d'en déduire un endommagement du faisceau.

On notera qu'en cas d'annulation totale du signal lumineux, l'unité de réception 20 ne reçoit aucun signal et la seule analyse du signal de sortie électrique peut suffire généralement à détecter l'endommagement de l'ensemble des fibres du faisceau.

La présence d'un endommagement/rupture d'une ou de plusieurs fibres optiques dans le faisceau 14 est représentative d'un endommagement de la structure du matériau composite 12 et, notamment, d'une rupture dans la matière.

Le système de contrôle non destructif de la pièce 12 est ainsi particulièrement avantageux puisqu'il permet de détecter, de façon indirecte et simple, un éventuel dommage causé à la pièce en analysant la capacité d'au moins un faisceau de fibres optiques qui est adjoint à la pièce à transmettre un signal lumineux.

Les moyens de détection 16 (ou, à tout le moins, le faisceau 14) étant montés à demeure sur la pièce, le système de contrôle permet de réaliser une telle détection sur la pièce à tout moment de sa vie : par exemple, pendant ou après la mise en place de cette pièce dans sa disposition finale d'utilisation, voire durant l'utilisation de la pièce ou d'un ensemble qui inclut cette pièce. Il suffit par exemple de connecter à l'unité de contrôle 22 (si celle-ci n'est pas déjà associée aux unités d'émission 18 et de réception 20) les unités d'émission 18 et de réception 20 solidaires de la pièce 12.

Même si les conditions d'accès à la pièce sont difficiles après sa mise en place dans sa disposition finale d'utilisation (ex : encombrement réduit...), le système de contrôle est capable de réaliser la détection sans avoir besoin d'accéder à la pièce ni même de la démonter. Il n'en serait pas nécessairement de même avec un appareil de contrôle non destructif

indépendant qui devrait être approché de la pièce et peut être même mis en contact avec celle-ci pour les besoins du contrôle.

La figure 3 illustre un système 40 de contrôle non destructif d'une pièce en matériau composite selon un deuxième mode de réalisation de l'invention. Les éléments inchangés par rapport à ceux de la figure 1 conservent les mêmes références.

Le système 40 diffère du système 10 de la figure 1 par l'agencement et la constitution du faisceau de fibres optiques par rapport à la pièce en matériau composite. Le système diffère également par le fait que le faisceau est fixé à la pièce après la fabrication de celle-ci, comme le montre la figure 5 sur laquelle les différents plis 12a-d de la pièce sont drapés les uns au dessus des autres avant que le faisceau ne soit fixé à celle-ci.

Sur la figure 3, le faisceau de fibres optiques 42 du système 40 est fixé à la face supérieure du dernier pli (pli supérieur) 12d de la pièce 12, par exemple par collage.

Plus particulièrement, le faisceau 42 comprend le faisceau 14 de la figure 1 enrobé à l'intérieur d'un film ou d'une résine thermodurcissable 44 (figure 4) qui maintient les fibres 14c-f en position.

Le faisceau 42 est formé en répandant de la résine sur les fibres et l'ensemble ainsi formé est placé entre deux films protecteurs avant d'être entreposé en chambre froide pour ralentir le durcissement de la résine. Ensuite, lorsque l'on souhaite fixer le faisceau 42 à la pièce 12, l'ensemble revêtu de ses deux films protecteurs est sorti de la chambre froide. Les films sont retirés et l'ensemble 42 est collé sur la face supérieure du pli 12d. On notera que la résine utilisée présente des caractéristiques qui sont les plus proches possibles de la structure de la pièce à contrôler. Ainsi, le faisceau ou nappe de fibres 42 possède la même aptitude de déformation que celle de la surface sur laquelle il est fixé.

Les extrémités 14a, 14b sont toujours positionnées à distance des parois latérales de la pièce et sont raccordées aux unités 18 et 20 comme sur la figure 1.

Comme représenté sur la figure 3, le faisceau 42 fait saillie par rapport à la face supérieure de la pièce 12. Toutefois, l'épaisseur du faisceau est

contrôlée de manière à ce qu'elle soit suffisamment faible pour perturber le moins possible la pièce et son environnement. En particulier, l'épaisseur est contrôlée pour ne pas perturber les caractéristiques aérodynamiques de cette face supérieure lorsqu'elle est exposée à un écoulement d'air comme cela est le cas sur un panneau externe d'un aéronef.

L'épaisseur du faisceau 42 (par exemple formé de fibres monomodes) est ainsi de préférence inférieure à 0,05 mm.

Comme pour le mode des figures 1 et 2, le faisceau 42 peut être positionné dans une zone de la pièce qui est susceptible d'être soumise à des contraintes élevées pouvant s'approcher des valeurs de contraintes admissibles pour cette zone, voire dépasser ces valeurs. Plus particulièrement, le faisceau 42 est orienté axialement dans une direction selon laquelle un ou plusieurs plis seront soumis aux contraintes mécaniques les plus élevées en condition d'utilisation de la pièce.

Un tel système peut par exemple être appliqué sur un panneau d'aéronef destiné à former la peau externe de celui-ci. Le système est par exemple disposé sous un revêtement de peinture. Le faisceau est de préférence orienté suivant l'axe longitudinal de l'aéronef qui correspond à la direction des plus fortes contraintes et à la direction privilégiant l'aérodynamisme.

Le système selon ce deuxième mode de réalisation présente les mêmes avantages et caractéristiques que ceux du système des figures 1 et 2.

Les figures 6 à 9 illustrent une application possible à un aéronef d'un système de contrôle non destructif selon un mode de réalisation de l'invention.

La figure 6 illustre une section transversale d'une poutre ventrale (« keel beam » en terminologie anglosaxonne) d'un aéronef.

La poutre 50 est formée d'un panneau inférieur 52 incurvé vers le haut, de deux panneaux latéraux 54, 56 sensiblement parallèles, assemblés sur le panneau inférieur et d'un panneau supérieur 58 sensiblement horizontal coiffant les deux panneaux latéraux.

Ces panneaux sont réalisés en matériau composite et sont susceptibles d'être endommagés par des contraintes mécaniques trop élevées (supérieures

aux contraintes admissibles du matériau) lors de l'exploitation de l'aéronef. C'est par exemple le cas du panneau inférieur 52.

Par souci de simplification les moyens 16 de détection d'un endommagement de fibres optiques du système de contrôle non destructif
5 utilisé ne sont pas représentés sur la figure 6. Ils sont par contre représentés (à l'exception de l'unité de contrôle) sur la vue de côté de la figure 7 et sur la vue de dessous de la figure 8.

Le système utilisé est par exemple celui des figures 3 à 5.

Les deux boîtiers des unités d'émission et de réception 18 et 20 du
10 système sont installés sur des supports de montage 60, 62 (ex : équerres) fixés au panneau latéral 56. Des raccords électriques 64, 66 partent des boîtiers respectifs 18, 20 pour rejoindre un calculateur embarqué (non représenté) qui assure les fonctions de l'unité de contrôle 22.

Le faisceau 70, quant à lui, comprend une portion 72 longitudinale qui
15 est collée sur la face inférieure (externe) du panneau inférieur 52 et s'étend suivant l'axe longitudinal de l'aéronef pour perturber le moins possible l'écoulement d'air sur la face du panneau.

Le faisceau 70 comprend également, de part et d'autre de cette
portion longitudinale, deux portions transversales 74, 76 qui relient la portion
20 longitudinale 72 aux unités 18 et 20 (figure 7).

Les deux portions s'étendent successivement sur la face inférieure du
panneau inférieur 52, suivant la tranche ou bord des panneaux 52 et 56, puis sur la face supérieure concave et la face latérale du panneau 56. Les portions transversales 74, 76 sont collées sur les panneaux concernés.

25 Un tel système peut s'avérer très utile pour contrôler des pièces d'aéronef qui sont situées dans des zones particulièrement difficiles d'accès, notamment durant le vol.

Un tel système peut s'avérer très utile pour détecter un
endommagement de pièces qui sont soumises à de fortes charges, comme les
30 zones basses de l'aéronef (panneaux inférieurs, panneau inférieur de poutre ventrale, panneau intrados du caisson central...) qui sont soumises à une forte compression, par exemple lors de l'atterrissage.

Un tel système est capable d'effectuer les contrôles durant le vol de l'aéronef, de façon régulière ou non, en continu ou non pendant toutes les phases de vol.

5 Selon une variante de réalisation des modes des figures précédentes, les unités d'émission 18 et de réception 20 sont fixées aux extrémités 14a et 14b du faisceau de fibres optiques 14 ou 42 avant même que celui-ci ne soit interposé entre deux plis consécutifs (fig.1) ou collé sur la pièce (fig.3).

10 Les unités d'émission 18 et de réception 20 et le faisceau 14 forment ainsi un ensemble pré-assemblé qui peut être préparé à l'avance en différentes longueurs et largeurs afin de s'adapter à différents environnements et différentes pièces.

Selon une autre variante non représentée, une même pièce peut être pourvue de plusieurs faisceaux de fibres optiques positionnés à des endroits appropriés où la pièce est susceptible d'être soumise à des contraintes qui
15 peuvent avoisiner ou dépasser les contraintes admissibles des zones considérées.

Selon encore une autre variante non représentée, le faisceau de fibres optiques n'a pas nécessairement une forme rectiligne ou uniquement rectiligne et peut, par exemple, comprendre plusieurs tronçons rectilignes ou une forme
20 générale courbe, voire une combinaison des deux.

Les variantes précédentes s'appliquent également au mode des figures 6 à 9.

On notera que le système de contrôle non destructif du mode des figures 6 à 9 peut alternativement être le système des figures 3 à 5.

REVENDEICATIONS

1. Système (10) de contrôle non destructif d'une pièce en matériau composite, caractérisé en ce qu'il comporte :

- une pièce en matériau composite (12),
- au moins un faisceau de fibres optiques (14) qui est fixé à ladite

5 pièce,

- des moyens (16) de détection d'un endommagement dudit au moins un faisceau de fibres optiques, les moyens (16) de détection comprenant:

- au moins une unité (18) d'émission d'un signal lumineux dans ledit au moins un faisceau de fibres optiques,

10 - au moins une unité (20) de réception de signal lumineux qui est configurée pour fournir un signal de sortie,

- au moins une unité de contrôle (22) qui est configurée pour analyser le signal de sortie fourni par l'unité de réception et donc la capacité dudit au moins un faisceau à transmettre un signal lumineux afin de détecter

15 un endommagement dudit au moins un faisceau.

2. Système selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'unité d'émission (18) étant configurée pour émettre un signal lumineux dans ledit au moins un faisceau de fibres optiques (14) à partir d'un signal d'entrée électrique, l'unité de contrôle (22) est configurée pour analyser la capacité

20 dudit au moins un faisceau de fibres optiques à transmettre un signal lumineux par comparaison du signal de sortie fourni par l'unité de réception (20) avec le signal d'entrée.

3. Système selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que les unités d'émission (18), de réception (20) et de contrôle (22) sont positionnées

25 en dehors du périmètre de la pièce (12).

4. Système selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que ledit au moins un faisceau de fibres optiques (14) et les unités d'émission (18) et de réception (20) qui y sont fixées forment un ensemble préassemblé.

5. Système selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce

30 que ledit au moins un faisceau de fibres optiques (14) est intégré entre deux plis (12c, 12d) de la pièce en matériau composite.

6. Système selon la revendication 5, caractérisé en ce que ledit au moins un faisceau de fibres optiques (14) est orienté axialement dans une direction selon laquelle un ou plusieurs plis sont susceptibles d'être soumis aux contraintes mécaniques les plus élevées.

5 7. Système selon l'une des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que ledit au moins un faisceau de fibres optiques (42) est collé sur une face de la pièce en matériau composite (12).

10 8. Système selon la revendication 7, caractérisé en ce que ledit au moins un faisceau de fibres optiques (14) est enrobé à l'intérieur d'un film thermodurcissable (44) qui est collé sur la face de la pièce en matériau composite.

9. Aéronef, caractérisé en ce qu'il comprend au moins un système selon l'une des revendications 1 à 8.

15 10. Procédé de fabrication d'un système selon l'une des revendications 1 à 8, caractérisé en ce qu'il comprend une étape de fixation dudit au moins un faisceau de fibres optiques (14) à la pièce en matériau composite (12).

20 11. Procédé selon la revendication 10, caractérisé en ce qu'il comprend une étape de collage dudit au moins un faisceau de fibres optiques (42) sur une face de la pièce en matériau composite.

12. Procédé selon la revendication 11, caractérisé en ce que, préalablement à l'étape de collage, le procédé comprend une étape d'enrobage dudit au moins un faisceau de fibres optiques (14) dans un film thermodurcissable (44).

25 13. Procédé de contrôle non destructif d'une pièce en matériau composite, caractérisé en ce qu'il comprend :

30 - l'émission, à partir d'une unité d'émission, d'un signal lumineux dans au moins un faisceau de fibres optiques (14) fixé à une pièce en matériau composite (12), le signal lumineux étant émis dans ledit au moins un faisceau en direction d'une unité de réception de signal lumineux,

- l'analyse de la capacité dudit au moins un faisceau de fibres optiques (14) à transmettre le signal lumineux, à partir de l'analyse du signal de sortie fourni par l'unité de réception,

- la détection d'un éventuel endommagement dudit au moins un faisceau (14) à partir du résultat de l'analyse précitée.

14. Procédé selon la revendication 13, caractérisé en ce que l'analyse de la capacité dudit au moins un faisceau de fibres optiques (14) à
5 transmettre le signal lumineux comprend une comparaison du signal de sortie fourni par l'unité de réception (20) avec un signal d'entrée fourni à l'unité d'émission (18).

1/3

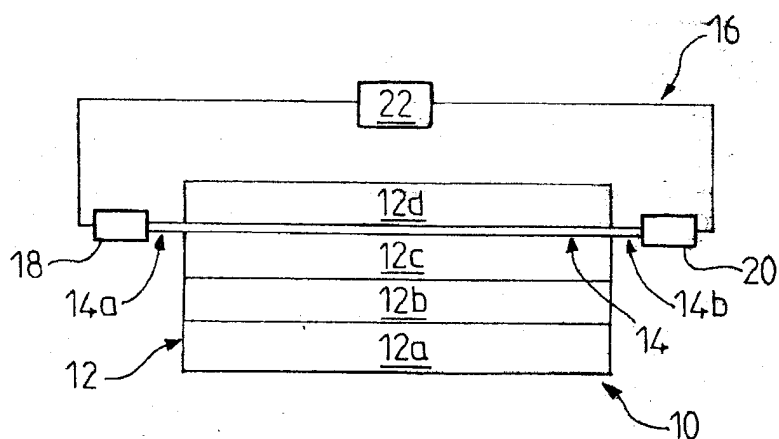


FIG. 1

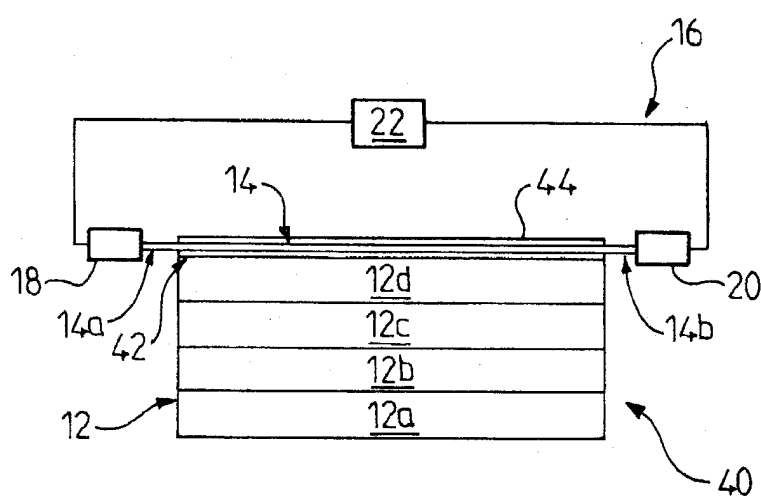


FIG. 3

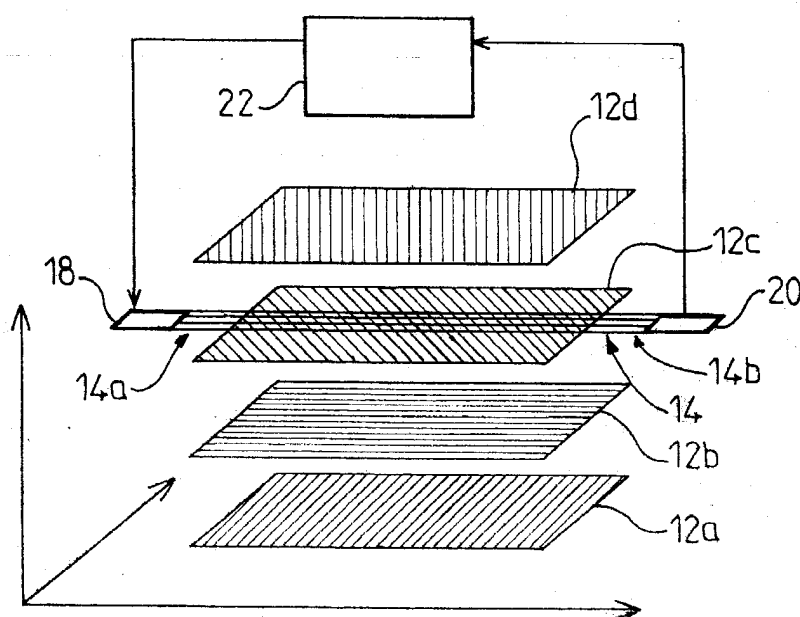


FIG. 2

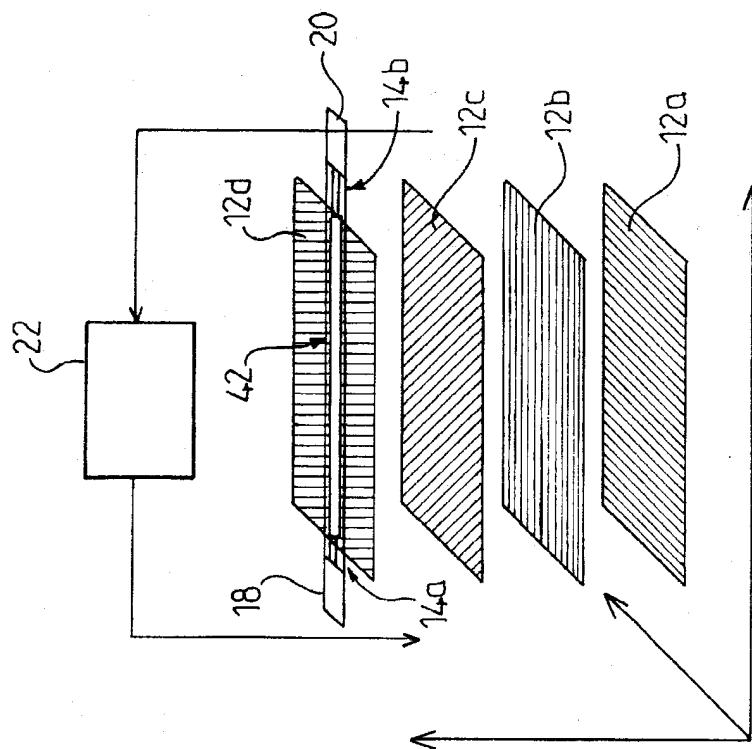


FIG. 5

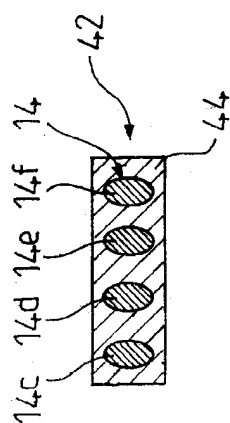


FIG. 4

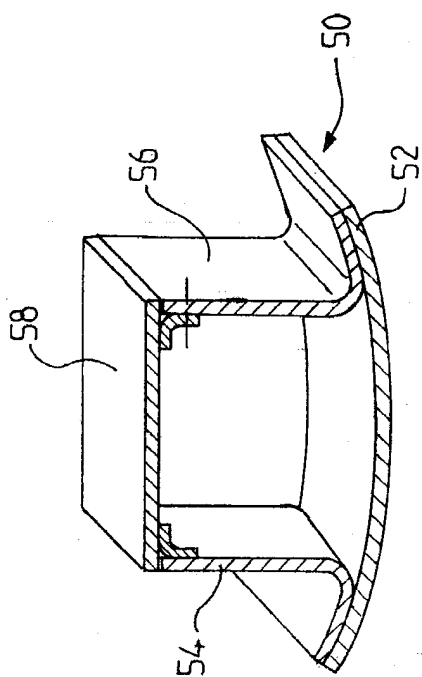


FIG. 6

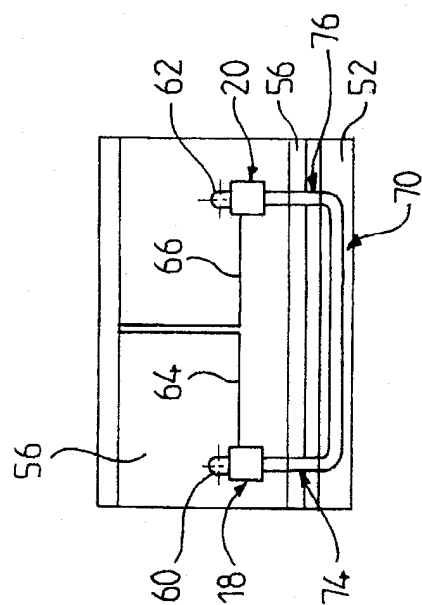


FIG. 7

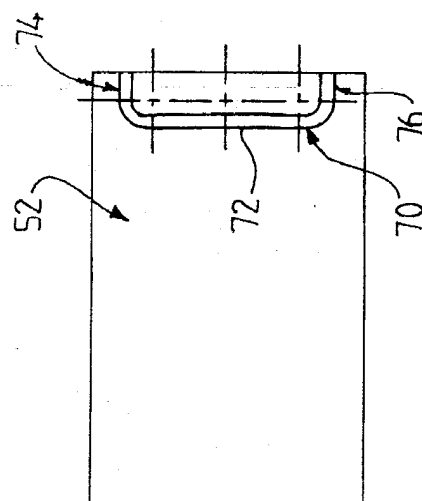


FIG. 8

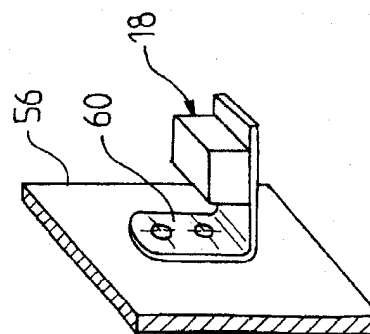


FIG. 9



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

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

N° d'enregistrement
national

FA 784702
FR 1358574

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	EP 2 112 374 A1 (SIEMENS AG [DE]) 28 octobre 2009 (2009-10-28)	1-7, 9-11,13, 14	G01N21/84
A	* abrégé; figures 1,9 * * alinéas [0001], [0011] - [0022], [0034] - [0037] *	8,12	
X	US 6 486 465 B1 (HEIN GREGORY S [US]) 26 novembre 2002 (2002-11-26) * abrégé; figure 1 * * colonne 2, ligne 11-65 *	1-5,10, 13,14	
X	US 4 537 469 A (KIRCHER HARTMANN J [US]) 27 août 1985 (1985-08-27) * abrégé; figures 1-3 * * colonne 2, ligne 35 - colonne 4, ligne 27 *	1-14	
X	US 4 581 527 A (CRANE ROGER M [US] ET AL) 8 avril 1986 (1986-04-08) * abrégé; figure 2 * * colonne 2, ligne 9-52 *	1-6,10, 13,14	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
X	US 4 930 852 A (WHEELER RICHARD G [US] ET AL) 5 juin 1990 (1990-06-05) * abrégé; figure 1 * * colonne 1, ligne 19-35 * * colonne 4, ligne 29-50 *	1-4,7-14	G01M G01N G01D
X	JP H05 138787 A (TOYODA AUTOMATIC LOOM WORKS) 8 juin 1993 (1993-06-08) * le document en entier *	1-5,13, 14	
X	DE 10 2008 026781 A1 (HARDUNG HEIMO VON [FR]) 10 décembre 2009 (2009-12-10) * abrégé; revendications 3,14-16; figure 3 * * alinéas [0001], [0036] *	1,9,13	
-/-			
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
22 mai 2014		Brison, Olivier	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS			
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

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

N° d'enregistrement
national

FA 784702
FR 1358574

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	US 2013/050685 A1 (HUNT JEFFREY H [US] ET AL) 28 février 2013 (2013-02-28) * abrégé; figure 3 * * alinéas [0021], [0032], [0033] * -----	1-5,9,13	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
X	WO 2008/102344 A1 (CYCLONE AVIAT PROD LTD [IL]; TECHNION RES & DEV FOUNDATION [IL]; WEISS) 28 août 2008 (2008-08-28) * abrégé; figure 9 * * page 1, ligne 5 - page 21, ligne 6 * -----	1-4,9, 13,14	
X	US 4 836 030 A (MARTIN DAVID A [US]) 6 juin 1989 (1989-06-06) * abrégé; figure 8 * -----	1,9,13	
X	US 4 936 649 A (LYMER JOHN D [CA] ET AL) 26 juin 1990 (1990-06-26) * abrégé; figures 1-4,9 * * colonne 12, ligne 45 - colonne 10, ligne 32 * -----	1-7, 9-11,13, 14	
X	FR 2 901 608 A1 (AIRBUS FRANCE SAS [FR]) 30 novembre 2007 (2007-11-30) * abrégé; figure 1 * * page 1, ligne 1-17 * * page 3, ligne 7 - page 7, ligne 10 * -----	1,9,13	
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
22 mai 2014		Brison, Olivier	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1358574 FA 784702**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.
Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **22-05-2014**
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 2112374 A1	28-10-2009	CN 101571494 A	04-11-2009
		EP 2112374 A1	28-10-2009
		US 2009262331 A1	22-10-2009

US 6486465 B1	26-11-2002	AUCUN	

US 4537469 A	27-08-1985	AUCUN	

US 4581527 A	08-04-1986	AUCUN	

US 4930852 A	05-06-1990	CA 2010447 A1	21-08-1990
		EP 0384649 A2	29-08-1990
		JP H0333244 A	13-02-1991
		US 4930852 A	05-06-1990

JP H05138787 A	08-06-1993	AUCUN	

DE 102008026781 A1	10-12-2009	AUCUN	

US 2013050685 A1	28-02-2013	AUCUN	

WO 2008102344 A1	28-08-2008	AUCUN	

US 4836030 A	06-06-1989	AUCUN	

US 4936649 A	26-06-1990	CA 1326390 C	25-01-1994
		US 4936649 A	26-06-1990

FR 2901608 A1	30-11-2007	FR 2901608 A1	30-11-2007
		US 2008025664 A1	31-01-2008



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

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

N° d'enregistrement
national

FA 784702
FR 1358574

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	EP 2 112 374 A1 (SIEMENS AG [DE]) 28 octobre 2009 (2009-10-28)	1-7, 9-11,13, 14	G01N21/84
A	* abrégé; figures 1,9 * * alinéas [0001], [0011] - [0022], [0034] - [0037] *	8,12	
X	US 6 486 465 B1 (HEIN GREGORY S [US]) 26 novembre 2002 (2002-11-26) * abrégé; figure 1 * * colonne 2, ligne 11-65 *	1-5,10, 13,14	
X	US 4 537 469 A (KIRCHER HARTMANN J [US]) 27 août 1985 (1985-08-27) * abrégé; figures 1-3 * * colonne 2, ligne 35 - colonne 4, ligne 27 *	1-14	
X	US 4 581 527 A (CRANE ROGER M [US] ET AL) 8 avril 1986 (1986-04-08) * abrégé; figure 2 * * colonne 2, ligne 9-52 *	1-6,10, 13,14	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
X	US 4 930 852 A (WHEELER RICHARD G [US] ET AL) 5 juin 1990 (1990-06-05) * abrégé; figure 1 * * colonne 1, ligne 19-35 * * colonne 4, ligne 29-50 *	1-4,7-14	G01M G01N G01D
X	JP H05 138787 A (TOYODA AUTOMATIC LOOM WORKS) 8 juin 1993 (1993-06-08) * le document en entier *	1-5,13, 14	
X	DE 10 2008 026781 A1 (HARDUNG HEIMO VON [FR]) 10 décembre 2009 (2009-12-10) * abrégé; revendications 3,14-16; figure 3 * * alinéas [0001], [0036] *	1,9,13	
-/-			
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
22 mai 2014		Brison, Olivier	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS			
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	

3

EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

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

N° d'enregistrement
national

FA 784702
FR 1358574

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	US 2013/050685 A1 (HUNT JEFFREY H [US] ET AL) 28 février 2013 (2013-02-28) * abrégé; figure 3 * * alinéas [0021], [0032], [0033] * -----	1-5,9,13	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
X	WO 2008/102344 A1 (CYCLONE AVIAT PROD LTD [IL]; TECHNION RES & DEV FOUNDATION [IL]; WEISS) 28 août 2008 (2008-08-28) * abrégé; figure 9 * * page 1, ligne 5 - page 21, ligne 6 * -----	1-4,9, 13,14	
X	US 4 836 030 A (MARTIN DAVID A [US]) 6 juin 1989 (1989-06-06) * abrégé; figure 8 * -----	1,9,13	
X	US 4 936 649 A (LYMER JOHN D [CA] ET AL) 26 juin 1990 (1990-06-26) * abrégé; figures 1-4,9 * * colonne 12, ligne 45 - colonne 10, ligne 32 * -----	1-7, 9-11,13, 14	
X	FR 2 901 608 A1 (AIRBUS FRANCE SAS [FR]) 30 novembre 2007 (2007-11-30) * abrégé; figure 1 * * page 1, ligne 1-17 * * page 3, ligne 7 - page 7, ligne 10 * -----	1,9,13	
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
22 mai 2014		Brison, Olivier	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1358574 FA 784702**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.
Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **22-05-2014**
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 2112374 A1	28-10-2009	CN 101571494 A	04-11-2009
		EP 2112374 A1	28-10-2009
		US 2009262331 A1	22-10-2009

US 6486465 B1	26-11-2002	AUCUN	

US 4537469 A	27-08-1985	AUCUN	

US 4581527 A	08-04-1986	AUCUN	

US 4930852 A	05-06-1990	CA 2010447 A1	21-08-1990
		EP 0384649 A2	29-08-1990
		JP H0333244 A	13-02-1991
		US 4930852 A	05-06-1990

JP H05138787 A	08-06-1993	AUCUN	

DE 102008026781 A1	10-12-2009	AUCUN	

US 2013050685 A1	28-02-2013	AUCUN	

WO 2008102344 A1	28-08-2008	AUCUN	

US 4836030 A	06-06-1989	AUCUN	

US 4936649 A	26-06-1990	CA 1326390 C	25-01-1994
		US 4936649 A	26-06-1990

FR 2901608 A1	30-11-2007	FR 2901608 A1	30-11-2007
		US 2008025664 A1	31-01-2008
