

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
COURBEVOIE

①1 N° de publication : 3 133 473

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

②1 N° d'enregistrement national : 22 02119

⑤1 Int Cl⁸ : G 06 T 7/00 (2022.01), G 01 N 21/88, G 06 V 10/764

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

⑫② Date de dépôt : 10.03.22.

⑫③ Priorité :

⑫④ Date de mise à la disposition du public de la demande : 15.09.23 Bulletin 23/37.

⑫⑤ Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du présent fascicule*

⑫⑥ Références à d'autres documents nationaux apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : SAFRAN AIRCRAFT ENGINES
Société par actions simplifiée (SAS) — FR.

⑦② Inventeur(s) : DUCHENE Pierre, Alfred, Jean et
CELESTIN Harmonie.

⑦③ Titulaire(s) : SAFRAN AIRCRAFT ENGINES Société
par actions simplifiée (SAS).

⑦④ Mandataire(s) : Ernest GUTMANN - Yves PLASSE-
RAUD SAS.

⑤④ Procédé d'analyse tomographique par reconnaissance automatique de phases.

⑤⑦ Procédé d'analyse tomographique par reconnaissance automatique de phases

Procédé d'analyse tomographique d'une pièce comprenant au moins deux phases (30, 32), le procédé comprenant les étapes suivantes :

- acquisition d'au moins une image tridimensionnelle de la pièce (20) au moyen d'un dispositif de tomographie, l'image comprenant une pluralité de voxels, chaque voxel présentant un niveau de gris,

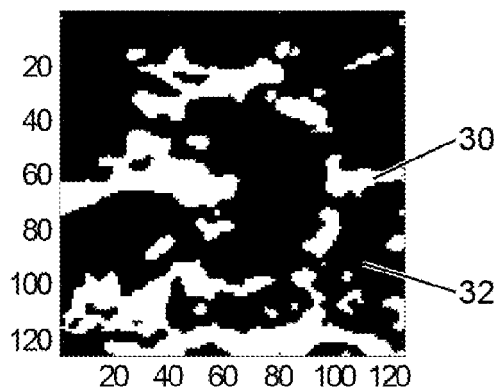
- analyse d'une distribution des niveaux de gris des voxels de l'image et obtention d'au moins un paramètre représentatif de variations locales de ladite distribution de niveaux de gris pour chaque voxel,

- détermination d'une pluralité de classes à partir des niveaux de gris et des valeurs du ou de chaque paramètre pour chaque voxel,

- classement de chaque voxel dans une des classes à partir du niveau de gris du voxel et du ou de chaque paramètre du voxel, et

- détection des différentes phases (30, 32) dans l'image à partir des classes des voxels.

Figure à publier avec l'abrégié : 4



FR 3 133 473 - A1



Description

Titre de l'invention : Procédé d'analyse tomographique par reconnaissance automatique de phases

Domaine technique de l'invention

[0001] L'invention concerne un procédé d'analyse tomographique d'une pièce mécanique. La pièce fait par exemple partie d'un aéronef, et plus précisément d'une turbomachine, comme une partie d'un carter de soufflante, une aube de soufflante, ou une partie d'une structure d'aubages fixes.

Etat de la technique antérieure

[0002] Il est connu d'inspecter les pièces mécaniques structurales par des méthodes de tomographie, par exemple radiographique ou acoustique, afin de détecter la présence d'éventuels défauts en surface et à l'intérieur de la pièce.

[0003] Ces méthodes sont fiables, non-invasives et permettent d'inspecter l'intérieur des pièces, ce qui permet de statuer rapidement sur l'état de la pièce et décider de sa potentielle remise en fonctionnement ou son remplacement.

[0004] Une mesure tomographique consiste en un balayage d'un objet observé, ici une pièce mécanique, au moyen d'un faisceau d'ondes, et en une mesure du faisceau transmis dans toutes les directions afin de reconstituer une image tridimensionnelle de l'objet.

[0005] La [Fig.1] illustre un dispositif de tomographie 1 pendant l'inspection d'une pièce mécanique 20.

[0006] Le dispositif de tomographie 1 comprend au moins un dispositif d'émission 3, configuré pour émettre un faisceau incident 5 d'impulsions d'ondes en direction de la pièce 20, par exemple des ondes radiofréquence, des rayons X ou encore des ondes acoustiques, et un moins un récepteur 7 aptes à capter un faisceau transmis 9 d'ondes, agencés de part et d'autre de la pièce 20.

[0007] La pièce 20 est généralement montée sur un support 11 rotatif autour d'un axe A, afin d'être observée sous toutes les directions pendant la mesure tomographique.

[0008] La pièce 20 observée par tomographie peut être constituée d'un matériau composite, tel que représenté en détail sur la [Fig.2], qui comprend plusieurs phases distinctes comprenant des matériaux différents.

[0009] Un tel matériau composite comprend par exemple des fibres de trames 21 et des fibres de chaînes 22 tissées les unes avec les autres sur un plan de tissage P, ou plusieurs plans de tissage P superposés selon une direction d'épaisseur Z. Un tel tissage est désigné comme bidimensionnel.

[0010] Les fibres du matériau composite peuvent, alternativement, suivre un tissage tridimensionnel, avec des fibres s'étendant selon trois directions distinctes.

- [0011] Les fibres 21 et 22 peuvent être des fibres de carbone, de verre, en polymère synthétique (par exemple de type kevlar), ou un mélange de plusieurs types de fibres. Elles sont noyées dans une matrice 23 comprenant par exemple un ou plusieurs polymères et/ou résines, qui se solidifient pour former la pièce 20 définitive.
- [0012] Les amplitudes des ondes transmises sous les différents angles d'observations sont traduites en niveaux de gris dans un dispositif de traitement 13, et une analyse numérique permet de reconstituer le volume de la pièce 20. Le dispositif de traitement 13 comprend un ordinateur.
- [0013] Les niveaux de gris obtenus dépendent entre autres de la densité des matériaux traversés, et varient donc entre les différentes phases du matériau composite.
- [0014] L'analyse par tomographie permet alors d'obtenir un visuel sur l'extérieur et l'intérieur de la pièce. Ce type de contrôle présente l'avantage majeur de permettre la visualisation dans l'épaisseur du matériau et de la pièce étudiée, tout en étant non-destructif et fiable.
- [0015] Un opérateur humain peut alors évaluer la qualité de la pièce, en recherchant dans l'image tridimensionnelle la présence ou l'absence d'une anomalie ou d'un dégât.
- [0016] Dans ce qui suit, les termes « non-conformité », « anomalie », « dégât », « endommagement » ou équivalents sont utilisés indifféremment pour désigner une partie de la pièce où les propriétés mécaniques de la pièce sont localement dégradées par rapport à celles d'une pièce en bon état.
- [0017] Il peut également s'agir de la présence d'un corps étranger dans le matériau, comme un vide (porosité) ou un matériau arrivé par erreur dans la pièce lors de sa mise en forme. Une telle anomalie peut justifier un retrait et un remplacement de la pièce lorsque sa tenue mécanique est compromise, ou, selon les cas, peut ne pas s'opposer au bon fonctionnement de la pièce.
- [0018] Dans le cas d'un matériau composite, il peut également s'agir d'une zone où les fibres 21, 22 sont distendues ou présentent des alignements irréguliers.
- [0019] Il est important de noter que la détection et caractérisation de la taille et de la forme de l'anomalie est toujours laissée actuellement à l'opérateur humain. Cette étape génère un délai important car l'image tridimensionnelle est complexe et étendue, ce qui rend son inspection fastidieuse.

Présentation de l'invention

- [0020] L'invention vise à remédier à ces inconvénients, en proposant une méthode d'analyse permettant une inspection plus rapide et simple du volume d'une pièce mécanique en matériau composite.
- [0021] A cet effet, l'invention a pour objet un procédé d'analyse tomographique d'une pièce comprenant au moins deux phases, le procédé comprenant les étapes suivantes :

- [0022] - acquisition d'au moins une image tridimensionnelle de la pièce au moyen d'un dispositif de tomographie, l'image comprenant une pluralité de voxels,
- [0023] - analyse d'une distribution de niveaux de gris des voxels de l'image et obtention, pour chaque voxel, d'une valeur d'au moins un paramètre représentatif de variations locales de ladite distribution de niveaux de gris,
- [0024] - détermination d'une pluralité de classes à partir des niveaux de gris et des valeurs du ou de chaque paramètre pour chaque voxel,
- [0025] - classement de chaque voxel dans une des classes à partir du niveau de gris du voxel et du ou de chaque paramètre du voxel, et
- [0026] - détection des différentes phases dans l'image à partir des classes des voxels.
- [0027] Un tel procédé permet de détecter les différentes phases du matériau composite dans une image tridimensionnelle de manière automatisée et sans nécessiter d'intervention extérieure, afin de faciliter l'observation et le contrôle ultérieur de ces images et la détection d'éventuels défauts.
- [0028] Chaque classe peut correspondre à un matériau, par exemple une matrice polymère ou des fibres de verre ou de carbone, ou peut correspondre à une orientation, par exemple des fibres de chaîne ou des fibres de trame.
- [0029] Le procédé peut comprendre une étape d'affichage visuel des phases et/ou des interfaces dans l'image pour une observation par un opérateur.
- [0030] Le procédé peut comprendre la détection d'interfaces séparant les phases dans l'image à partir des valeurs du ou de chaque paramètre pour chaque voxel.
- [0031] Un paramètre utilisé pour la détection des interfaces peut être le gradient des niveaux de gris.
- [0032] Une telle étape permet d'identifier les matériaux correspondant aux différentes phases et simplifie l'observation de l'image.
- [0033] Au moins l'un des paramètres peut être choisi parmi un gradient des niveaux de gris selon trois directions distinctes de l'espace X, Y et Z de l'image et une divergence des niveaux de gris.
- [0034] De tels choix de paramètre permettent de mettre en évidence des variations spatiales brusques de niveaux de gris, pouvant correspondre à des interfaces entre les phases ou à des anomalies dans le matériau.
- [0035] L'étape de détermination des classes peut mettre en œuvre au moins un outil de traitement numérique choisi parmi une segmentation par arbre de classification, une classification en k-moyennes et une analyse à réseaux de neurones.
- [0036] Le procédé peut comprendre une étape de traitement d'image comprenant une suppression ou un reclassement de pixels aberrants de l'image au moyen d'un filtre.
- [0037] Le filtre est par exemple un filtre gaussien, notamment un filtre gaussien médian.
- [0038] L'étape de traitement d'image peut également comprendre un lissage des interfaces

au moyen du filtre.

- [0039] La pluralité de classes peut par exemple comprendre deux classes ou trois classes. Si trois matériaux (fibres de carbone, fibres de verre et matrice) ou plus sont présents, la pluralité de classes peut comprendre plus de trois classes, pour tenir compte des différents matériaux et/ou des différentes orientations présentes.
- [0040] Le nombre de classe est défini par la complexité de la structure de la pièce composite à analyser et du niveau d'observation désiré.
- [0041] Le choix de suivre un des constituants (fibres seules, matrice seule, etc.) est également envisageable.
- [0042] Une telle caractéristique permet une classification efficace des voxels, un nombre plus élevé de classes ne correspondant pas forcément à des informations utiles relativement au matériau composite. Une classification en deux classes discrimine la matrice et les fibres, et une classification en trois classes permet par exemple de séparer les fibres de chaîne des fibres de trame.
- [0043] Le procédé peut comprendre une étape de comparaison de l'au moins une image tridimensionnelle de la pièce avec une image de référence et d'obtention à partir de cette comparaison d'au moins un paramètre de comparaison utilisé dans l'étape d'analyse de niveaux de gris, dans l'étape de détermination de classes, et/ou dans l'étape de classement.
- [0044] Le paramètre de comparaison peut être relatif au nombre de classes détectées dans la pièce, aux plages de valeurs de niveaux de gris correspondant à chaque classe, à des valeurs limites de niveaux de gris pour le filtrage des voxels aberrants, ou autre.
- [0045] La pièce peut comprendre un matériau composite tissé.
- [0046] Un tel matériau composite peut comprendre des fibres de verre, de carbone et/ou de kevlar tissées suivant un motif bidimensionnel ou tridimensionnel, noyées dans une matrice comprenant au moins un polymère et/ou au moins une résine.
- [0047] La pièce peut être une pièce de carter de turbomachine, ou une aube de rotor de compresseur, de stator ou de soufflante d'une turbomachine.
- [0048] L'invention concerne également un produit programme d'ordinateur comprenant des instructions permettant, lorsqu'il est exécuté sur un ordinateur, la mise en œuvre du procédé comme plus haut.

Brève description des figures

- [0049] [Fig.1] la [Fig.1] est une vue schématique de côté d'un dispositif de tomographie au cours de la mise en œuvre d'un procédé selon l'invention,
- [0050] [Fig.2] la [Fig.2] est une vue schématique de détail d'une pièce en matériau composite tissé,
- [0051] [Fig.3] la [Fig.3] est une coupe d'une image tomographique tridimensionnelle d'une

pièce en matériau composite tissé, et

[0052] [Fig.4][Fig.5] les figures 4 et 5 sont des vues des résultats du procédé selon l'invention appliqué à la pièce de la [Fig.3].

Description détaillée de l'invention

[0053] Un procédé d'analyse tomographique selon l'invention va maintenant être décrit. Ce procédé met en œuvre le dispositif d'analyse 1 décrit précédemment, et vise à détecter la présence d'anomalies dans une pièce 20 comprenant une pluralité de phases, ainsi qu'à valider l'état sain de la pièce 20 ou de régions de la pièce 20, pour décider de son remplacement ou de sa remise en service.

[0054] La pièce 20 est par exemple réalisée par exemple en matériau composite, telle que représentée sur la [Fig.2].

[0055] Le matériau composite comprend des fibres de trames 21 s'étendant selon une direction de trame X et des fibres de chaînes 22 s'étendant selon une direction de chaîne Y, noyées dans une matrice 23. L'écart moyen entre deux fibres de trame 21 ou de chaîne 22 voisines est de l'ordre de 2 mm.

[0056] Une épaisseur de la pièce 20, mesurée selon une direction d'épaisseur Z, est par exemple compris entre 5 et 25 mm, notamment proche de 10 mm pour une pièce 20 comprenant quatre à huit plans de plans de tissage superposés.

[0057] Les fibres de trames 21 et chaînes 22 peuvent être de matériaux identiques ou différents (verre, carbone ou kevlar).

[0058] La matrice 23 comprend au moins l'un parmi un polymère organique, une résine ou une céramique, ainsi que toute combinaison de ces matériaux.

[0059] Les matériaux composites tissés peuvent être considérés comme des matériaux orthotropes, c'est-à-dire de matériaux possédant trois plans de symétrie au niveau de leur microstructure interne.

[0060] Alternativement, le matériau composite peut comprendre des fibres de trame 21 et de chaîne 22, ainsi que des fibres s'étendant selon la direction d'épaisseur Z, formant ainsi un tissage tridimensionnel.

[0061] La pièce 20 comprend ainsi au moins deux phases, correspondant respectivement à la matrice 23 et aux fibres 21, 22, que l'on veut distinguer l'une de l'autre pour observer le matériau.

[0062] Alternativement, on peut également considérer trois phases, correspondant respectivement à la matrice 23, aux fibres de trame 21 et aux fibres de chaîne 22, les fibres étant alors discriminées en fonction de leur orientation.

[0063] Le procédé comprend une première étape d'acquisition d'au moins une image tridimensionnelle de la pièce 20 au moyen du dispositif de tomographie 1.

[0064] Un faisceau incident 5 d'impulsions d'ondes est émis par le dispositif d'émission 3,

en direction de la pièce 20. Le faisceau incident 5 est par exemple un faisceau d'ondes radiofréquences.

- [0065] Les ondes traversent la pièce 20, et un faisceau transmis 9 issu de la pièce 20 est capté par le récepteur 7. La distribution d'intensité du faisceau transmis 9 obtenue est convertie en une image bidimensionnelle en niveaux de gris de la pièce 20 par le dispositif de traitement 13.
- [0066] La pièce 20 est mise en rotation au moyen du support 11, et des images bidimensionnelles de la pièce 20 sont acquises sous toutes les directions.
- [0067] Une image tridimensionnelle de la pièce 20 en niveaux de gris, ou image tomographique, est alors reconstituée par traitement d'image au moyen du dispositif de traitement 13, l'image comprenant une pluralité de voxels présentant chacun un niveau de gris respectif.
- [0068] Les voxels sont des subdivisions élémentaires de l'image, sensiblement cubiques, dont les dimensions dépendent notamment de la précision du récepteur 7 et des paramètres géométriques du dispositif de tomographie 1 et de la pièce 20.
- [0069] Un exemple d'image tomographique est représenté sur la [Fig.3], qui est une coupe d'une image tridimensionnelle dans un plan quelconque (c'est à dire non perpendiculaire aux directions de trame X, de chaîne Y ou d'épaisseur Z).
- [0070] Ladite coupe est un carré de 125 voxels de côté, sur laquelle les phases du matériau sont difficilement identifiables. Les dimensions de la coupe en termes de nombre de voxels varient en fonction de la dimension de la région étudiée et de la résolution obtenue.
- [0071] Le procédé comprend ensuite une étape d'analyse de la distribution de niveaux de gris des voxels de l'image et d'obtention d'au moins un paramètre représentatif de variations locales de ladite distribution de niveaux de gris pour chaque voxel.
- [0072] Chaque paramètre est obtenu pour chacun des voxels de l'image de manière à cartographier la distribution de valeurs dudit paramètre sur toute l'image.
- [0073] Des exemples de tels paramètres comprennent les gradients de niveau de gris selon chacune des trois directions X, Y, Z de l'image, ainsi que la divergence de niveau de gris.
- [0074] Ces paramètres permettent de caractériser localement la variation spatiale du niveau de gris dans l'image.
- [0075] Le procédé permet ainsi d'obtenir, pour chaque voxel, une valeur de niveau de gris, le gradient de niveau de gris selon chacune des trois directions X, Y, Z, la résultante dudit gradient, et une valeur de divergence du niveau de gris.
- [0076] Les distributions de ces grandeurs sur l'ensemble de l'image est utilisé dans la suite du procédé.
- [0077] Le procédé comprend alors une étape de détermination d'une pluralité de classes, sur

la base des distributions de niveau de gris et de chacun des paramètres précédemment déterminés, dans toute l'image.

[0078] Au cours de cette étape, un nombre prédéterminé de classes sont déterminées, le nombre de classes étant choisi à l'avance à partir des caractéristiques connues du matériau composant la pièce 20.

[0079] Par exemple, dans le cas d'un matériau composite tissé, on peut vouloir déterminer deux classes, correspondant respectivement à la matrice 23 et aux fibres 21, 22, ou trois classes, correspondant respectivement à la matrice 23, aux fibres de chaîne 21 et aux fibres de trame 22.

[0080] L'expérience montre que choisir un nombre de classes ne correspondant pas à une réalité physique du matériau n'apporte pas d'informations utiles supplémentaires et augmente le risque d'obtenir des résultats faussés ou aberrants.

[0081] Ainsi, dans le cas des matériaux composites tissés comprenant des fibres orientées selon une direction de chaîne, des fibres orientées selon une direction de trame et une matrice, par exemple en résine, deux ou trois classes fournissent des résultats optimaux.

[0082] Si le matériau comprend plusieurs types de fibres différents (carbone, kevlar et/ou verre), ainsi qu'éventuellement une matrice comprenant plusieurs composants, un nombre plus important de classes peut être nécessaire pour obtenir des résultats optimaux.

[0083] Les classes sont déterminées par traitement numérique sur l'ensemble des données constitué des distributions de niveaux de gris et de paramètres représentatifs des variations, sur l'ensemble des voxels.

[0084] On obtient ainsi un jeu de contraintes sur les niveaux de gris et les paramètres représentatifs des variations de niveaux de gris, délimitant les différentes classes.

[0085] L'étape de détermination des classes met en œuvre au moins un outil de traitement numérique choisi parmi une segmentation par arbre de classification, une classification en k-moyennes et une analyse à réseaux de neurones.

[0086] Pour une analyse à réseaux de neurones, le réseau aura été préalablement paramétré sur des données précédentes, afin de permettre la classification.

[0087] Le procédé comprend ensuite une étape de classement de chaque voxel dans une des classes à partir du niveau de gris du voxel et du ou de chaque paramètre du voxel, en fonction des différentes contraintes délimitant les classes.

[0088] Avantagusement, le procédé comprend alors une étape de traitement d'image comprenant une suppression ou un reclassement de pixels aberrants de l'image au moyen d'un filtre.

[0089] Le filtre appliqué à l'image est par exemple un filtre gaussien permettant un lissage des résultats de classement des voxels, ou encore un filtre de moyenne pondérée li-

néairement.

- [0090] L'étape de traitement d'image peut également comprendre un lissage des interfaces au moyen du filtre, afin d'obtenir des limites continues et nettes.
- [0091] Le procédé comprend alors une étape de détection des différentes phases dans l'image à partir des classes des voxels, et, avantageusement, des interfaces séparant lesdites phases.
- [0092] Les interfaces sont par exemples détectées à partir des distributions de paramètres représentatifs des variations de niveaux de gris. En effet, des valeurs élevées de ces paramètres, signes de fortes variations locales, peuvent être indicatives de la présence d'une interface.
- [0093] Le procédé peut comprendre une étape d'affichage visuel des phases et/ou des interfaces dans l'image pour une observation par un opérateur, par exemple sur un écran du dispositif de traitement 13.
- [0094] Les figures 4 et 5 présentent des exemples de résultats obtenus avec le procédé décrit à partir de l'image de la [Fig.4].
- [0095] La [Fig.4] met en évidence les deux phases du matériau, comprenant une phase matrice 30 et une phase fibres 32.
- [0096] La [Fig.5] met en évidence les interfaces 34 séparant la phase matrice 30 et la phase fibre 32.
- [0097] L'opérateur peut ainsi facilement distinguer et isoler les différentes phases du matériau et les interfaces entre ces phases, ce qui simplifie grandement son analyse et réduit le risque de ne pas détecter un défaut.

Revendications

- [Revendication 1] Procédé d'analyse tomographique d'une pièce (20) comprenant au moins deux phases (30, 32), le procédé comprenant les étapes suivantes :
- acquisition d'au moins une image tridimensionnelle de la pièce (20) au moyen d'un dispositif de tomographie (1), l'image comprenant une pluralité de voxels, chaque voxel présentant un niveau de gris,
 - analyse d'une distribution des niveaux de gris des voxels de l'image et obtention, pour chaque voxel, d'une valeur d'au moins un paramètre représentatif de variations locales de ladite distribution de niveaux de gris,
 - détermination d'une pluralité de classes à partir des niveaux de gris et des valeurs du ou de chaque paramètre pour chaque voxel,
 - classement de chaque voxel dans une des classes à partir du niveau de gris du voxel et du ou de chaque paramètre du voxel, et
 - détection des différentes phases (30, 32) dans l'image à partir des classes des voxels.
- [Revendication 2] Procédé selon la revendication précédente, dans lequel le procédé comprend la détection d'interfaces (34) séparant les phases (30, 32) dans l'image à partir des valeurs du ou de chaque paramètre pour chaque voxel.
- [Revendication 3] Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel au moins l'un des paramètres est choisi parmi un gradient des niveaux de gris selon trois directions (X, Y, Z) distinctes de l'image et une divergence des niveaux de gris.
- [Revendication 4] Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel l'étape de détermination des classes met en œuvre au moins un outil de traitement numérique choisi parmi une segmentation par arbre de classification, une classification en k-moyennes et une analyse à réseaux de neurones.
- [Revendication 5] Procédé selon l'une des revendications précédentes, comprenant une étape de traitement d'image comprenant une suppression ou un re-classement de pixels aberrants de l'image au moyen d'un filtre.
- [Revendication 6] Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel la pluralité de classes comprend deux classes ou trois classes.
- [Revendication 7] Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel la pièce (20) comprend un matériau composite tissé.
- [Revendication 8] Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel la pièce

(20) est une pièce de carter de turbomachine, ou une aube de rotor de compresseur, de stator ou de soufflante d'une turbomachine.

[Revendication 9]

Procédé selon l'une des revendications précédentes, comprenant une étape de comparaison de l'au moins une image tridimensionnelle de la pièce (20) avec une image de référence et d'obtention à partir de cette comparaison d'au moins un paramètre de comparaison utilisé dans l'étape d'analyse de niveaux de gris, dans l'étape de détermination de classes, et/ou dans l'étape de classement.

[Revendication 10]

Produit programme d'ordinateur comprenant des instructions permettant, lorsqu'il est exécuté sur un ordinateur, la mise en œuvre du procédé selon l'une des revendications précédentes.

[Fig. 1]

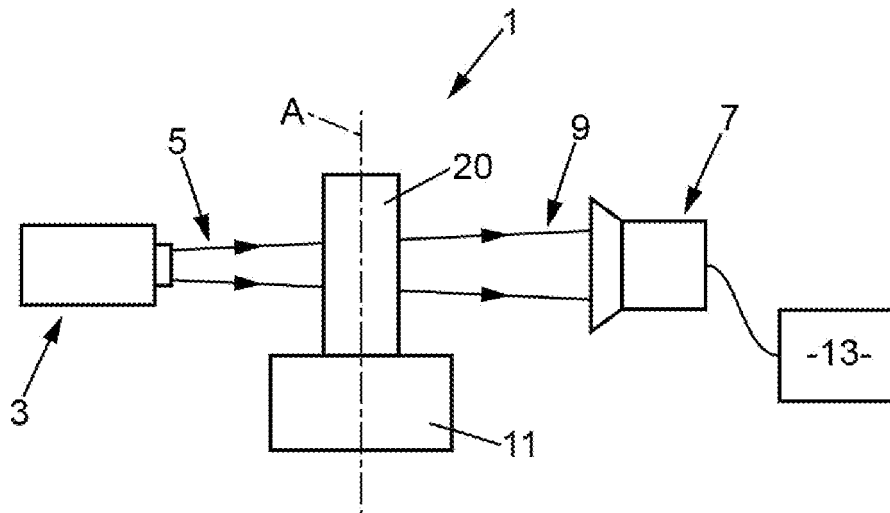


FIG. 1

[Fig. 2]

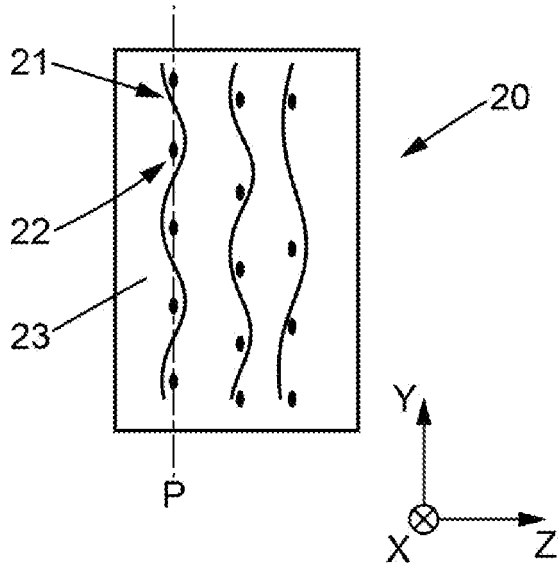


FIG. 2

[Fig. 3]

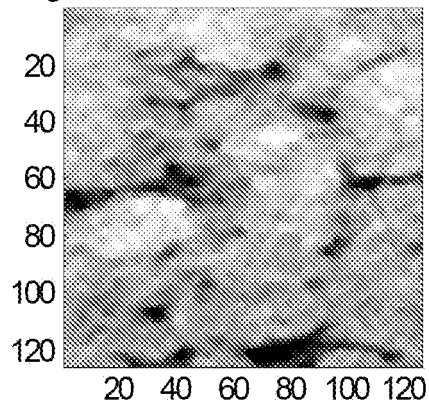
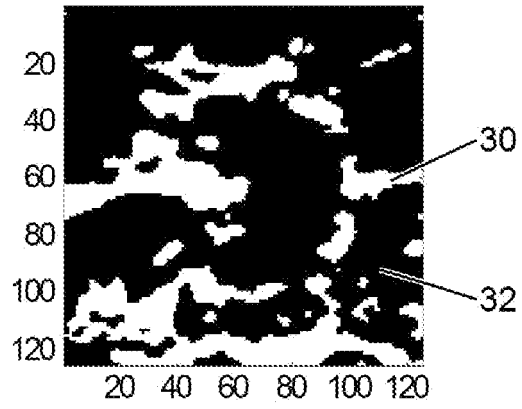
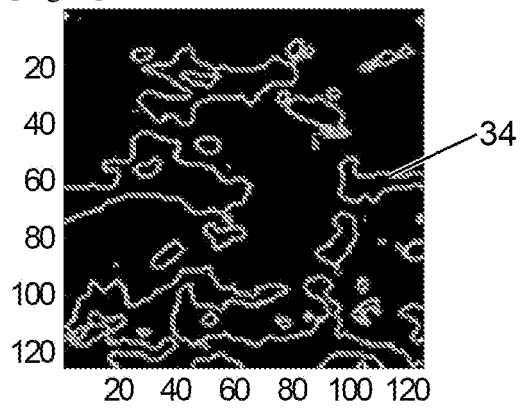


FIG. 3

[Fig. 4]

**FIG. 4**

[Fig. 5]

**FIG. 5**



**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement
national

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

FA 905296
FR 2202119

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	FR 3 050 826 A1 (SAFRAN [FR]) 3 novembre 2017 (2017-11-03) * le document en entier * -----	1-8,10	G06T7/00 G01N21/88 G06V10/764
X	PETER J. CREVELING ET AL: "A fiber-segmentation algorithm for composites imaged using X-ray microtomography: Development and validation", COMPOSITES PART A, vol. 126, 1 novembre 2019 (2019-11-01), page 105606, XP055752415, AMSTERDAM, NL ISSN: 1359-835X, DOI: 10.1016/j.compositesa.2019.105606 * 2. Fiber segmentation algorithm * * 4.3. 3D fiber segmentation of real X-ray micro-CT image data * -----	1-10	
A	US 2017/154235 A1 (MORARD VINCENT [FR] ET AL) 1 juin 2017 (2017-06-01) * le document en entier * -----	1-10	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) G06V G06T G01N
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
11 octobre 2022		de Bont, Emma	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention	
X : particulièrement pertinent à lui seul		E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure	
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un		à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date	
autre document de la même catégorie		de dépôt ou qu'à une date postérieure.	
A : arrière-plan technologique		D : cité dans la demande	
O : divulgation non-écrite		L : cité pour d'autres raisons	
P : document intercalaire		
		& : membre de la même famille, document correspondant	

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2202119 FA 905296**

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 **11-10-2022**
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
FR 3050826	A1	03-11-2017	AUCUN	

US 2017154235	A1	01-06-2017	CA 2950055 A1	03-12-2015
			CN 106575435 A	19-04-2017
			EP 3149705 A1	05-04-2017
			FR 3021441 A1	27-11-2015
			JP 6596446 B2	23-10-2019
			JP 2017518495 A	06-07-2017
			US 2017154235 A1	01-06-2017
			WO 2015181477 A1	03-12-2015
