

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

①① N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

3 066 815

②① N° d'enregistrement national : **17 54576**

⑤① Int Cl⁸ : **G 01 B 11/24** (2017.01), G 01 N 21/88, G 01 N 21/95

①②

BREVET D'INVENTION

B1

⑤④ PROCÉDE DE CONTROLE DE L'ÉTAT D'UNE SURFACE INTERNE D'UN PNEUMATIQUE.

②② Date de dépôt : 23.05.17.

③① Priorité :

④③ Date de mise à la disposition du public
de la demande : 30.11.18 Bulletin 18/48.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du
brevet d'invention : 11.09.20 Bulletin 20/37.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche :

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑥① Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : *IFP ENERGIES NOUVELLES*
Etablissement public —FR et NT2I Société à
responsabilité limitée — FR.

⑦② Inventeur(s) : MOREAUD MAXIME, ITTHIRAD
FREDERIC et BOUABDELLAH MOHAMED.

⑦③ Titulaire(s) : IFP ENERGIES NOUVELLES
Etablissement public, NT2I Société à responsabilité
limitée.

⑦④ Mandataire(s) : IFP ENERGIES NOUVELLES.

FR 3 066 815 - B1



PROCEDE DE CONTROLE DE L'ETAT D'UNE SURFACE INTERNE D'UN PNEUMATIQUE

DOMAINE TECHNIQUE

5 La présente invention se rapporte au domaine technique du contrôle d'un état de surface, et plus précisément d'une surface courbe de révolution.

L'invention trouve une application avantageuse dans le contrôle de l'état d'une surface interne d'un pneumatique.

10

ART ANTERIEUR

Il est connu de l'état de la technique un dispositif de reconstruction en trois dimensions d'une surface par triangulation L.A.S.E.R., et notamment par l'observation
15 aux moyens de caméras de la déformation d'une ligne laser projetée sur ladite surface.

Ce type de dispositif met en œuvre un émetteur L.A.S.E.R., généralement de couleur rouge ou bleue en raison de la disponibilité de ces sources en forte puissance. Un émetteur L.A.S.E.R. est une source cohérente dont le faisceau peut être parfaitement
20 collimaté, notamment sous la forme d'une ligne de lumière, la plus fine possible.

En pratique, un objet à reconstruire est placé sur un support mobile en translation, sous un système d'acquisition formé par un émetteur L.A.S.E.R. et une ou plusieurs caméras. En générale, l'émetteur L.A.S.E.R. est placé verticalement et la ou les caméras
25 forment un angle donné par rapport à l'émetteur L.A.S.E.R. Pour les objets de formes complexes, ou de grandes dimensions, il est également connu de déplacer le système d'acquisition par rapport à l'objet fixe. L'émetteur L.A.S.E.R. projette une frange lumineuse fine sur l'objet et les caméras capturent les différents profils de la frange lumineuse.

30

En cumulant ainsi les profils par l'intermédiaire de moyens de traitement d'images, notamment un logiciel bien connu de l'état de la technique, on obtient une reconstruction surfacique tridimensionnelle de l'objet.

Un tel dispositif de reconstruction tridimensionnelle est couramment utilisé pour l'inspection d'objets métriques ou centimétriques avec une résolution centimétrique ou millimétrique. Ce type de dispositif est particulièrement adapté pour la reconstruction en
5 trois dimensions d'un objet possédant des surfaces planes. La profondeur de champ du dispositif est typiquement de l'ordre de quelques centimètres ou millimètres, et dépend de la profondeur de champ de la source lumineuse et de celle de la ou des caméras. En effet, dehors du champ de la source lumineuse, la ligne de lumière s'épaissit et sa netteté diminue, et en dehors du champ des caméras, l'image perd en netteté et en résolution.

10

Le dispositif de l'état de la technique n'est donc pas adapté pour la reconstruction en trois dimensions de surfaces courbes qui nécessitent une plus grande profondeur de champ. Le dispositif de l'état de la technique ne permet pas d'obtenir une résolution élevée associée à une grande profondeur de champ.

15

Afin d'optimiser la résolution du dispositif pour la reconstruction en trois dimensions de surfaces de petits objets, de tailles millimétrique, et afin de réduire le bruit dit de « Speckle » inhérent au caractère monochromatique de l'émetteur L.A.S.E.R., il est également connu du document FR 3 013 842 de remplacer l'émetteur L.A.S.E.R. par une
20 source LED dont la lumière est par exemple focalisée sous forme d'une frange d'épaisseur inférieure à 50 μm .

25

Ce type de dispositif permet la reconstruction en trois dimensions avec une résolution micrométrique et une profondeur de champ micrométrique, mais n'est pas non plus adapté pour la reconstruction en trois dimensions de surfaces courbes qui nécessitent une plus grande profondeur de champ.

30

Par ailleurs, un inconvénient commun à tous ces dispositifs de l'état de la technique réside dans le fait qu'ils sont encombrants et ne permettent pas la reconstruction d'une surface difficile d'accès, telle qu'une surface interne d'un pneumatique.

EXPOSE DE L'INVENTION

L'un des buts de l'invention est donc de proposer un procédé de contrôle de l'état d'une surface courbe de révolution, telle qu'une surface interne d'un pneumatique, qui soit peu encombrant pour permettre le contrôle de surfaces difficiles d'accès, qui soit adapté aux surfaces courbes, et qui soit rapide pour être compatible avec des cadences
5 industrielles.

A cet effet, il est proposé un procédé de contrôle d'une surface courbe de révolution remarquable en ce qu'il comprend des étapes consistant à :

- 10 - projeter au moins un faisceau lumineux, notamment au moins une ligne de lumière, sur la surface par l'intermédiaire d'au moins une tête de projection déportée reliée à une source lumineuse par au moins un élément de conduction de la lumière ;
- faire tourner la surface autour de son axe de révolution ;
- 15 - capturer des images successives des profils lumineux reflétés sur la surface par l'intermédiaire d'au moins un système de capture d'images ;
- extraire les profils lumineux résultant de la projection du faisceau lumineux ;
- détecter sur les profils lumineux extraits, des minima locaux et des maxima locaux synonymes de défauts de surface.

20 L'utilisation d'une ou plusieurs têtes de projection déportées permet de réduire significativement l'encombrement du dispositif mettant en œuvre le procédé et de pouvoir épouser la surface à contrôler pour inspecter et contrôler des surfaces difficiles d'accès, telles que des surfaces internes de pneumatiques, des tubes, cavités, etc. Un autre avantage de l'invention réside également dans l'optimisation de la dissipation thermique
25 en dehors de la zone d'inspection.

L'extraction des profils lumineux et la détection de minima locaux et de maxima locaux sur lesdits profils, c'est-à-dire la détection de creux et de bosses, sont rapides et compatibles avec des cadences industrielles.

30

Par exemple, l'extraction des profils lumineux consiste, dans chaque image capturée, à :

- définir une zone d'intérêt d'inspection correspondant à un ensemble de points de coordonnées situés entre des positions extrêmes prises par les profils lumineux pendant la rotation de la surface ;
- déterminer un point fixe en dehors de la zone d'intérêt et calculer un ensemble de points extrêmes de la zone d'intérêt, notamment des minima ou maxima, dont la distance radiale par rapport au point fixe est extrême, notamment minimale ou maximale ; les points extrêmes sont décalés angulairement entre eux d'un pas par rapport au point fixe, et l'ensemble de points extrêmes correspond au profil lumineux extrait.

5

10

De préférence, la détection des minima locaux consiste à :

- calculer un profil supérieur au profil lumineux extrait, c'est-à-dire à réaliser, par exemple, un calcul itératif de moyenne locale en chaque point du profil et en remplaçant chaque point du profil extrait par sa moyenne locale lorsque ladite moyenne locale est supérieure audit point ;
- soustraire le profil extrait au profil supérieur pour obtenir un profil de minima locaux ;
- détecter les points dont l'intensité est supérieure à une valeur déterminée, correspondant à des minima locaux.

15

20

D'une manière équivalente, la détection des maxima locaux consiste à :

- calculer un profil inférieur au profil lumineux extrait, c'est-à-dire à réaliser, par exemple, un calcul itératif de moyenne locale en chaque point du profil et en remplaçant chaque point du profil extrait par sa moyenne locale lorsque ladite moyenne locale est inférieure audit point ;
- soustraire le profil inférieure au profil extrait pour obtenir un profil de maxima locaux ;
- détecter les points dont l'intensité est supérieure à une valeur déterminée, correspondant à des maxima locaux.

25

30

Selon une forme de réalisation particulière, la source lumineuse utilisée est une source LED. Ceci permet de pouvoir réduire le bruit de « Speckle » et présente un avantage particulier pour la reconstruction de surfaces sombres par rapport aux couleurs

disponibles pour la source LED. De plus, la puissance nécessaire pour émettre la ligne de lumière est nettement plus faible qu'avec un émetteur L.A.S.E.R. par exemple.

5 L'élément de conduction de la lumière peut être tout dispositif flexible permettant de transporter un flux lumineux, et se présente de préférence sous la forme d'au moins une fibre optique.

Avantageusement, le système de capture d'images comprend par exemple une ou plusieurs caméras, à tête déportée, ou bien une seule caméra munie d'un objectif grand angle de type « fisheye » ou 360° placée au centre du rayon de courbure interne de la surface de révolution.

15 Les avantages liés à la déportation de la tête de projection lumineuse s'appliquent au caractère déportable de la tête du système de capture d'images, notamment la réduction de l'encombrement et l'adaptabilité à la forme de la surface à contrôler pour maximiser la résolution et la profondeur de champ.

DESCRIPTION SOMMAIRE DES FIGURES

20 D'autres avantages et caractéristiques ressortiront mieux de la description qui va suivre, donnée à titre d'exemple non limitatif, du procédé de contrôle selon l'invention, à partir des dessins annexés dans lesquels :

- 25 - la figure 1 est une représentation schématique du dispositif de projection lumineuse mettant en œuvre le procédé selon l'invention, la source lumineuse étant reliée à une pluralité de têtes de projection déportées épousant la forme de la surface courbe à contrôler ;
- la figure 2 illustre un exemple de positionnement de cinq têtes de projection déportées, reliées à une source lumineuse, pour contrôler la surface interne d'un pneumatique ;
- 30 - la figure 3 illustre le positionnement d'un système de capture d'images comprenant une seule caméra munie d'un objectif grand angle ;
- la figure 4 illustre, en négatif, un exemple d'image d'un profil lumineux reflété sur la surface à contrôler ;

- la figure 5 illustre, en négatif, une image capturée dans laquelle une zone d'intérêt d'inspection et un point fixe ont été définis ;
- la figure 6 illustre, en négatif, des points du profil lumineux de la figure 4 détectés à partir du procédé selon l'invention ;
- 5 - la figure 7 illustre un ensemble de points, minima ou maxima, correspondant à un profil lumineux extrait de l'image de la figure 6 ;
- la figure 8 illustre la superposition graphique du profil extrait à un profil supérieur obtenu avec $k=10$ itérations et un calcul de moyenne locale de taille $t=2$.

10 **DESCRIPTION DETAILLEE DE L'INVENTION**

L'invention concerne un procédé de contrôle de l'état d'une surface courbe (2) de révolution et difficile d'accès, telle qu'une surface interne d'un pneumatique.

- 15 A cet effet, et en référence aux figures 1 à 3, l'invention met en œuvre un dispositif (1) de contrôle de la surface (2) par la technique de triangulation d'un faisceau lumineux (3), et notamment d'une ligne de lumière projetée sur la surface (2) à contrôler.

20 Le dispositif (1) comprend une source lumineuse (4) qui peut être une source L.A.S.E.R., ou une source LED par exemple. La source LED est préférée car elle nécessite une puissance plus faible que celle de la source L.A.S.E.R., et elle permet de réduire les bruits parasites. De plus, le choix plus vaste de couleurs LED est un avantage pour la projection sur une surface sombre, bleue ou rouge, là où l'émetteur L.A.S.E.R. est limité aux couleurs bleue et rouge.

25 La lumière LED est, par exemple, focalisée par l'intermédiaire de deux condenseurs sphériques sur un masque disposant d'une ligne d'une épaisseur inférieure à $50\ \mu\text{m}$, par exemple $25\ \mu\text{m}$. Avant d'être projetée sur la surface (2), la lumière LED est par exemple à nouveau focalisée via un objectif de caméra.

30 Le dispositif (1) comprend une ou plusieurs têtes de projection (5) déportées, reliées à la source lumineuse (4), LED ou L.A.S.E.R., par l'intermédiaire d'un élément (6) de conduction de la lumière, tel que par exemple au moins une fibre optique. La ou les têtes

de projection (5) déportées permettent de réduire au maximum l'encombrement du dispositif (1) et de pouvoir épouser la forme de la surface (2) à contrôler pour projeter la ou les lignes de lumières (3) sur des surfaces (2) difficiles d'accès, tout en augmentant la profondeur de champ et la résolution de la ligne de lumière projetée.

5

Dans la suite de la description, et en référence aux figures 2 et 3, l'invention est décrite en relation avec le contrôle de l'état d'une surface interne (2) d'un pneumatique d'un véhicule de tourisme. La figure 2 représente la coupe d'un pneumatique, avec la bande de roulement vers le bas, et l'utilisation de cinq têtes de projection (5) déportées afin de conserver une finesse et une focalisation optimale de la ligne de lumière, malgré la courbure importante de la surface (2) à contrôler. Pour des raisons de lisibilité, la projection de la ligne de lumière (3) n'est représentée que sur la bande de roulement centrale et sur la partie droite de l'intérieur du pneumatique. En fonction de la courbure de la surface interne (2), celle-ci peut être découpée en plusieurs zones de tailles différentes. Chaque tête de projection (5) déportée peut-être personnalisée, notamment au niveau de l'angle de projection.

Afin de réaliser le contrôle de l'état de la surface (2), et en référence à la figure 3, le dispositif (1) comprend un système (7) de capture d'images successives des profils lumineux reflétés sur la surface. Le système (7) de capture d'images peut être un ou plusieurs appareils photographiques, ou bien une ou plusieurs caméras, par exemple à têtes déportées. Cela permet également une meilleure adaptabilité à la géométrie de la surface (2) à contrôler, diminue l'encombrement et permet d'inspecter des surfaces (2) difficiles d'accès. L'utilisation de plusieurs systèmes (7) de capture d'images permet notamment de limiter les angles morts de capture d'images.

En référence à la figure 3, le système (7) comprend une seule caméra (7a) munie d'un objectif grand angle de type « fisheye » ou 360° placée au centre du rayon de courbure interne de la surface de révolution. Pour des raisons de simplification des dessins, les têtes de projection (5) déportées ne sont pas représentées sur la figure 3.

Le fait de déporter la ou les têtes de projection (5) lumineuse, ainsi que la ou les têtes du système de capture d'images, permet d'optimiser la dissipation thermique en

dehors de la zone d'inspection. De la même manière, cela permet de réaliser des opérations de maintenance de la source lumineuse (4) ou du système (7) de capture d'images en dehors de la zone d'inspection pour éviter tout dérèglement des têtes de projection (5) et des têtes de capture d'images.

5

Les angles et dispositions des têtes de projection (5) et de la caméra (7a) sont réalisés de telle sorte à pouvoir observer complètement une tranche de l'intérieur du pneumatique. L'observation complète du pneumatique est réalisée par la mise en rotation de celui-ci autour de son axe de révolution, par exemple d'au moins un tour, les têtes de projection (5) et la caméra (7a) restant fixes.

10

En référence à la figure 4, chaque image capturée par le système (7) comprend un profil lumineux (8) à extraire. Les profils lumineux (8) sont extraits et analysés par une série d'algorithmes spécifiques. Ces algorithmes sont rapides d'un point de vue du temps d'exécution et permettent d'extraire les profils lumineux (8) résultant de la projection du faisceau lumineux, et de détecter sur les profils lumineux extraits, des minima locaux et des maxima locaux synonymes de défauts de surface.

15

En référence à la figure 5, l'extraction du profil lumineux (8) est réalisée à partir de la définition d'un point fixe $P0$ et du dépliement radial des maxima ou minima de l'image. Un pas d'incrément angulaire da et une zone d'intérêt ROI limitant l'inspection de l'image sont également définis. La définition de la zone d'intérêt ROI permet de réduire le temps de calcul.

20

La zone d'intérêt ROI correspond à un ensemble de points de coordonnées défini en fonction des positions extrêmes que peut prendre la ligne de lumière (3) en fonction de la rotation et de la circularité imparfaites du pneumatique.

25

Pour extraire le profil lumineux (8) de l'image, le procédé calcule un ensemble de points extrêmes, c'est-à-dire des minima ou des maxima, de la zone d'intérêt ROI dont la distance radiale par rapport au point fixe $P0$ est extrême, c'est-à-dire minimale ou maximale. Les points extrêmes sont décalés angulairement entre eux de la valeur du pas

30

d'incrémentation da par rapport au point fixe $P0$. En référence à la figure 6, l'ensemble des points extrêmes correspond au profil lumineux détecté (9).

Pour ce faire, soient I l'image contenant le profil, $p0(p0x,p0y)$ le point fixe, et da le pas d'incrément angulaire, et ROI l'ensemble de points de coordonnées (x,y) définissant la zone d'intérêt. La distance radiale du profil P pour un angle a compris entre a et da est donné par la formule suivante :

$$P(a) = D \left| \text{Max}_{a \leq A < a+da} I(p(x, y)), p \in ROI, A = \tan^{-1} \left(\frac{p_{0y} - y}{p_{0x} - x} \right), D = \sqrt{(p_{0y} - y)^2 + (p_{0x} - x)^2} \right.$$

La figure 7 illustre un exemple de profil extrait $P(x)$.

La détection des minima locaux sur le profil extrait $P(x)$ est réalisée de la manière suivante. Il consiste en premier lieu à calculer un profil supérieur $PS(x)$ au profil extrait $P(x)$ en itérant, par exemple, des calculs de moyenne locale en chaque point du profil et en remplaçant chaque point du profil extrait par sa moyenne locale lorsque celle-ci est supérieure audit point. Pour un profil $P(a)$, la moyenne locale PM en a sur un voisinage centré de $2t+1$ points autour de a est définie par la formule suivante :

$$PM(a) = \frac{1}{2.t+1} \sum_{i=-t}^{i=t} P(a+i)$$

Le profil supérieur PS est obtenu en réalisant k itérations de la procédure ci-après :

$$\begin{aligned} PS_0(a) &= \begin{cases} PM(a) & \text{si } PM(a) > P(a) \\ P(a) & \text{sinon} \end{cases} \\ PS_1(a) &= \begin{cases} PM_1(a) & \text{si } PM_1(a) > P(a) \\ P(a) & \text{sinon} \end{cases} \\ &\dots \\ PS_k(a) &= \begin{cases} PM_k(a) & \text{si } PM_k(a) > P(a) \\ P(a) & \text{sinon} \end{cases} \end{aligned} \quad \text{avec} \quad PM_k(a) = \frac{1}{2.t+1} \sum_{i=-t}^{i=t} PS_{k-1}(a+i)$$

Le calcul de moyenne locale PM peut être réalisé très rapidement avec un pré calcul de profil intégral PI comme décrit dans la publication scientifique intitulée « *Summed-*

Area Tables for Texture Mapping » publiée en juillet 1984 dans le numéro 3 du volume 18 de la revue « *Computer Graphics* », notamment avec la formule suivante :

$$PI(a) = \sum_{i=0}^{i=t} P(a)$$

$$PM(a) = \frac{1}{2.t+1} [PI(a+t) - PI(a-t)]$$

5 Ensuite, les minima locaux *MinL* sont obtenus par le calcul des résidus entre le profil supérieur *PS* et le profil initial *P*, notamment par la soustraction du profil extrait au profil supérieur :

$$MinL(a) = PS(a) - P(a)$$

10 A partir du profil *MinL*, les minima locaux peuvent être simplement détectés en effectuant un seuillage sur l'intensité de *MinL*. En d'autres termes, tous les points de coordonnées dont l'intensité est supérieure à une valeur *s* sont considérés comme des minima locaux. Un exemple de calcul de profil supérieur est donné Figure 8.

15 Plus les minima locaux sont de taille importante, plus le nombre *k* d'itérations permettant le calcul du profil supérieur *PS* doit être élevé. Typiquement, pour un minimum local d'intensité 10 et de largeur 10 points comme illustré sur la figure 8, il est préférable d'utiliser au moins *k=10* itérations.

20 La détection des maxima locaux peut être réalisée de façon complètement similaire. Un profil inférieur *PI* est obtenu en réalisant *k* itérations de calcul de moyenne locale en chaque point du profil et en remplaçant chaque point du profil extrait par sa moyenne locale lorsque ladite moyenne locale est inférieure audit point :

$$PI_0(a) = \begin{cases} PM(a) & \text{si } PM(a) < P(a) \\ P(a) & \text{sinon} \end{cases}$$

$$PI_1(a) = \begin{cases} PM^1(a) & \text{si } PM^1(a) < P(a) \\ P(a) & \text{sinon} \end{cases} \quad \text{avec} \quad PM^k(a) = \frac{1}{2.t+1} \sum_{i=-t}^{i=t} PI_{k-1}(a+i)$$

...

$$PI(a) = \begin{cases} PM^k(a) & \text{si } PM^k(a) < P(a) \\ P(a) & \text{sinon} \end{cases}$$

Puis, les maxima locaux $MaxL$ sont obtenus par le calcul des résidus entre le profil initial P et le profil inférieur PI , notamment par la soustraction du profil inférieur au profil extrait pour obtenir un profil de maxima locaux :

$$5 \quad MaxL(a) = P(a) - PI(a)$$

Il ressort de ce qui précède que l'invention fournit bien un procédé de contrôle de l'état d'une surface courbe (2) de révolution, en détectant notamment des minima et maxima locaux synonymes de défaut de surface, mis en œuvre par un dispositif
10 d'encombrement réduit, et dont la résolution et la profondeur de champ sont maximales pour permettre la reconstruction de surfaces courbes et difficiles d'accès. Le procédé est rapide et compatible avec des cadences industrielles. Les algorithmes utilisés d'extraction et de détection peuvent être parallélisés sur des architectures matérielles dédiées, par exemple du type CPU ou GPU possédant de multiples noyaux de calculs. A titre
15 d'exemple, un tour de pneumatique permet d'extraire 10000 profils lumineux. Le procédé peut être mis en œuvre aux moyens de 10000 noyaux de calculs sur CPU ou GPU, à savoir un noyau pour le traitement d'un profil, le calcul réalisé dans chaque noyau étant indépendant du résultat des calculs réalisés dans les autres noyaux.

REVENDEICATIONS

1. Procédé de contrôle de l'état d'une surface courbe (2) de révolution, *caractérisé* en ce qu'il comprend des étapes consistant à :

- 5
- projeter au moins un faisceau lumineux (3) sur la surface (2) par l'intermédiaire d'au moins une tête de projection (5) déportée reliée à une source lumineuse (4) par au moins un élément (6) de conduction de la lumière ;
 - faire tourner la surface (2) autour de son axe de révolution ;
 - capturer des images successives des profils lumineux (8) reflétés sur la surface (2)

10

 - par l'intermédiaire d'au moins un système (7) de capture d'images ;
 - extraire les profils lumineux ;
 - détecter sur les profils lumineux extraits, des minima locaux et des maxima locaux synonymes de défauts de surface,

la détection des minima locaux consistant à :

- 15
- o calculer un profil supérieur (PS) au profil lumineux extrait (P) ;
 - o soustraire le profil extrait (P) au profil supérieur (PS) pour obtenir un profil de minima locaux ;
 - o détecter les points du profil de minima locaux dont l'intensité est supérieure à une valeur déterminée, correspondant à des minima locaux ; et

20 la détection des maxima locaux consistant à :

- o calculer un profil inférieur (PI) au profil lumineux extrait (P) ;
- o soustraire le profil inférieur (PI) au profil extrait (P) pour obtenir un profil de maxima locaux ;
- o détecter les points du profil de maxima locaux dont l'intensité est

25

- supérieure à une valeur déterminée, correspondant à des maxima locaux ;

le calcul du profil supérieur (PS) et du profil inférieur (PI) consistant à réaliser un calcul itératif de moyenne locale en chaque point du profil extrait (P) et en remplaçant chaque point du profil extrait (P) par sa moyenne locale lorsque ladite moyenne locale est respectivement supérieure audit point pour le calcul du profil

30

supérieur (PS) et inférieure audit point pour le calcul du profil inférieur (PI).

2. Procédé selon la revendication 1, *caractérisé* en ce que l'extraction des profils lumineux consiste, dans chaque image capturée, à :

- 5 - définir une zone d'intérêt (ROI) d'inspection correspondant à un ensemble de points de coordonnées situés entre des positions extrêmes prises par les profils lumineux (8) pendant la rotation de la surface ;
- 10 - déterminer un point fixe (P0) en dehors de la zone d'intérêt (ROI) et calculer un ensemble de points extrêmes de la zone d'intérêt (ROI) dont la distance radiale par rapport au point fixe (P0) est donnée par un maxima d'intensité lumineuse, les points extrêmes étant décalés angulairement entre eux d'un pas d'incrémentangulaire par rapport au point fixe, l'ensemble de points extrêmes calculés correspondant au profil lumineux extrait.

3. Procédé selon l'une des revendications précédentes, *caractérisé* en ce qu'il consiste à projeter au moins un faisceau lumineux (3) sous la forme d'une ligne de lumière par l'intermédiaire d'une source LED reliée à une tête de projection (5) déportée par au moins une fibre optique.

4. Procédé selon l'une des revendications précédentes, *caractérisé* en ce que les images successives des profils lumineux sont capturées par une caméra (7a) munie d'un objectif grand angle, placée au centre du rayon de courbure interne de la surface (2) de révolution.

5. Procédé selon l'une des revendications précédentes, *caractérisé* en ce que la surface courbe (2) de révolution consiste en une surface interne d'un pneumatique.

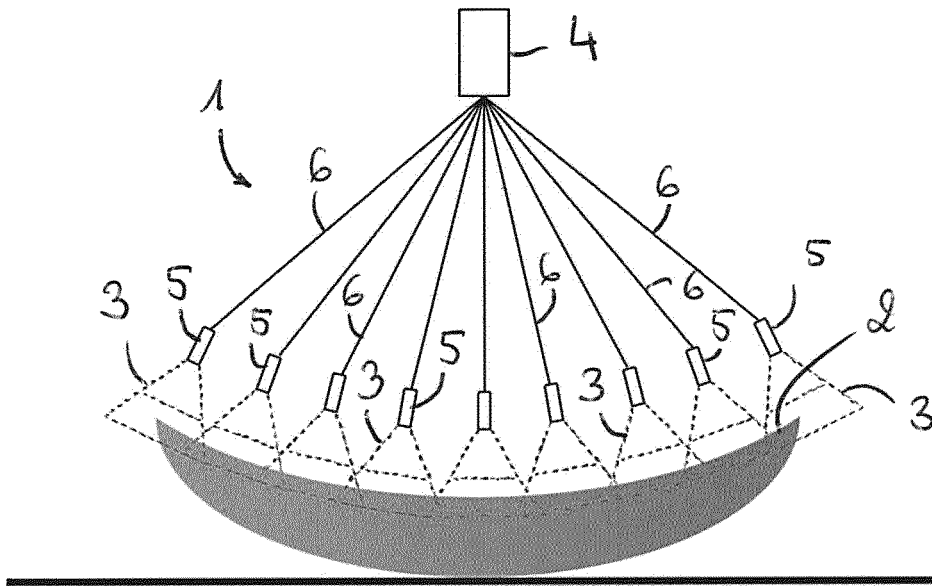


Fig. 1

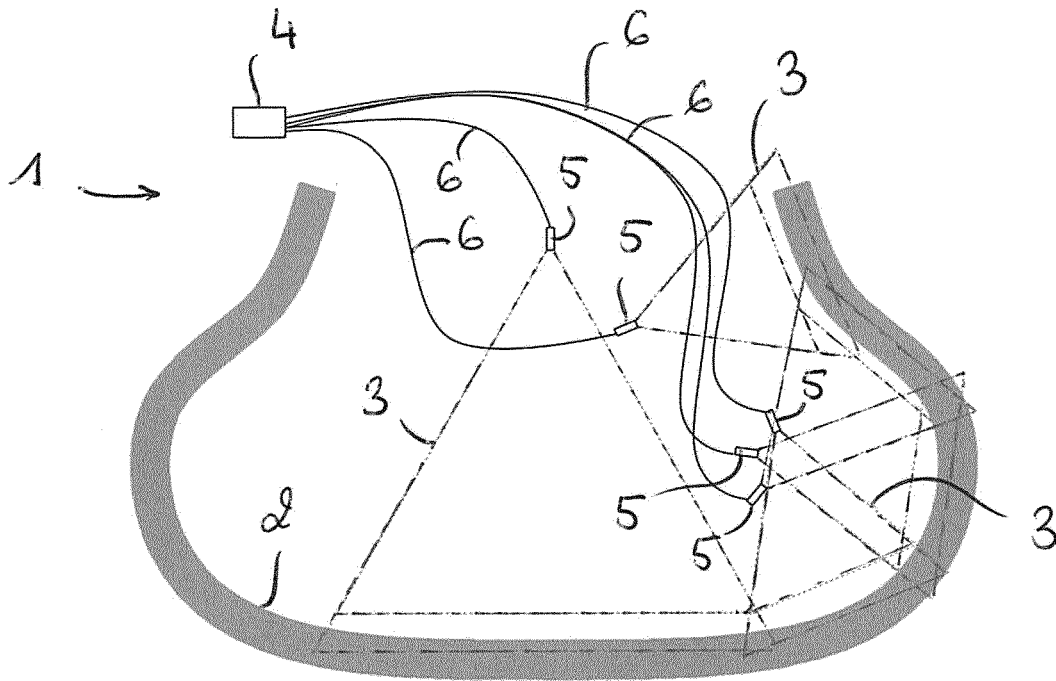


Fig. 2

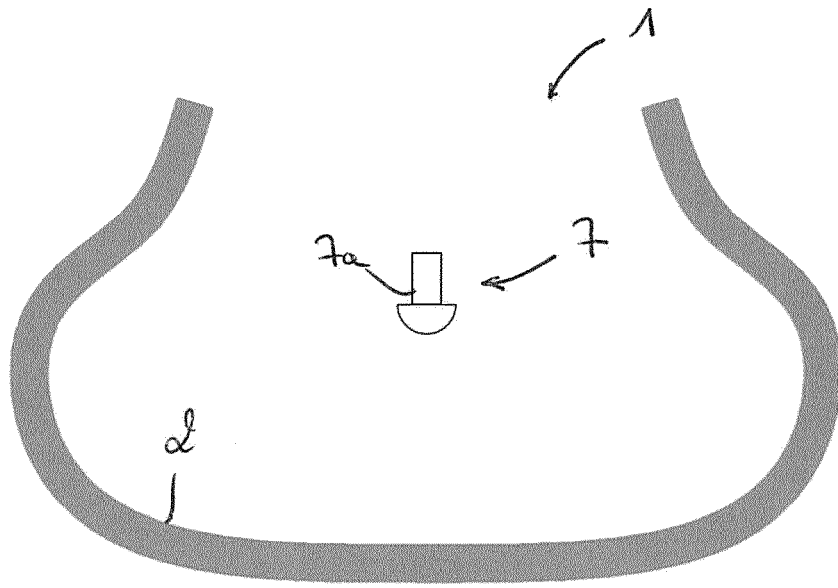


Fig. 3

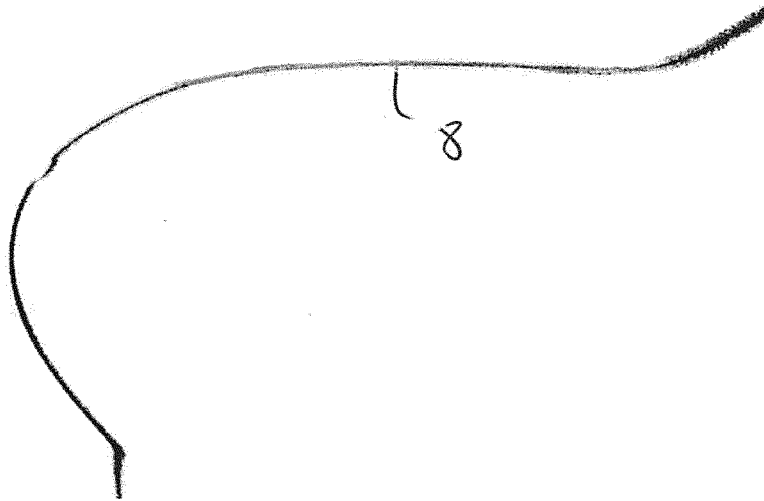


Fig. 4

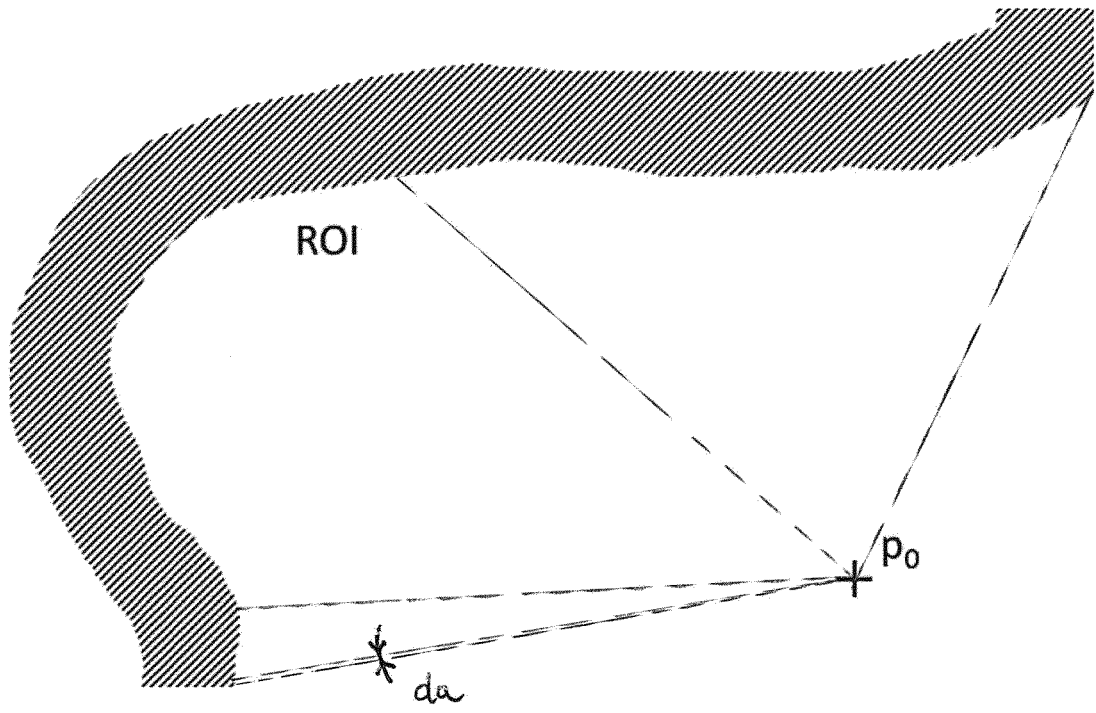


Fig. 5

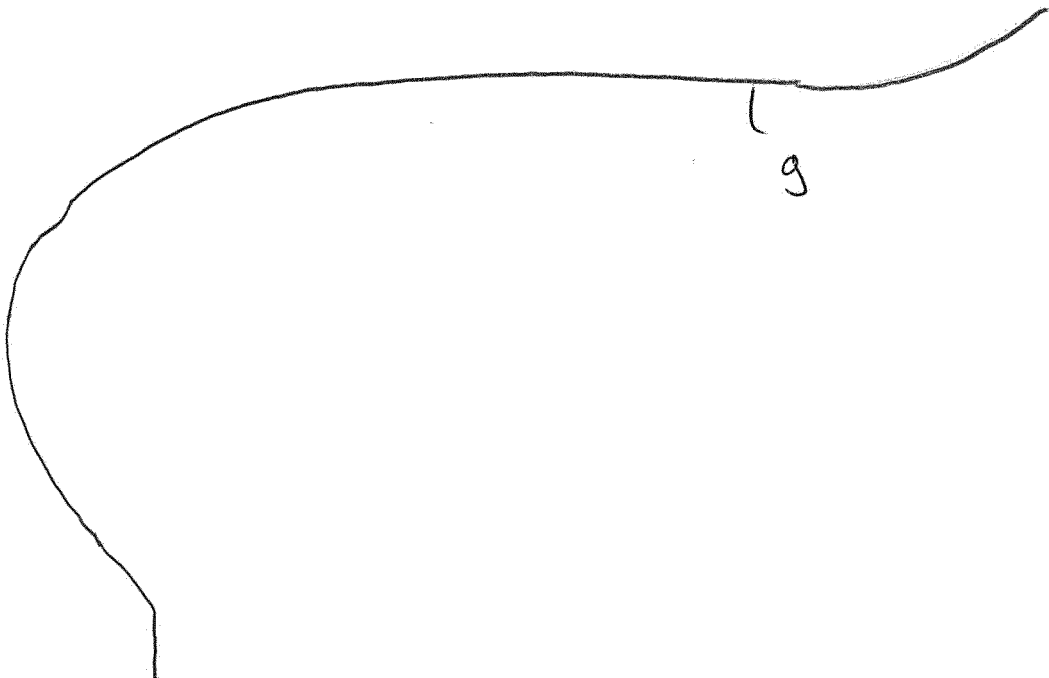


Fig. 6

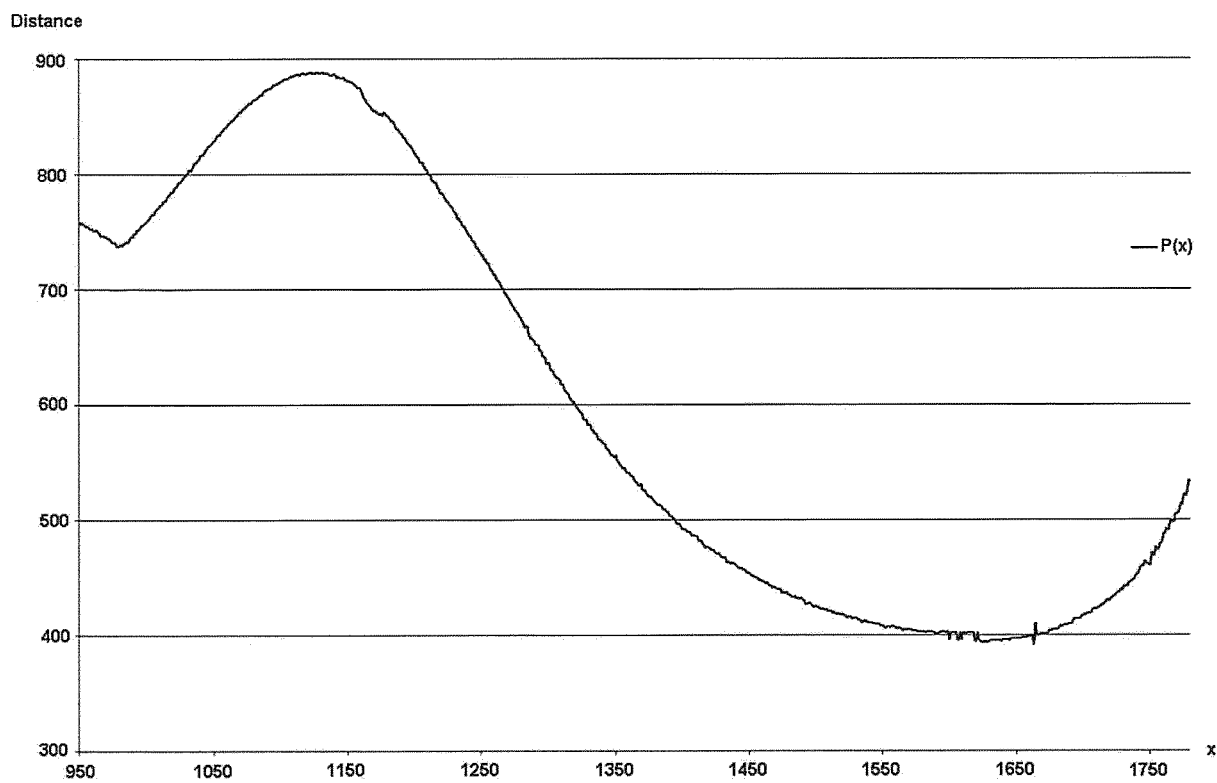


Fig. 7

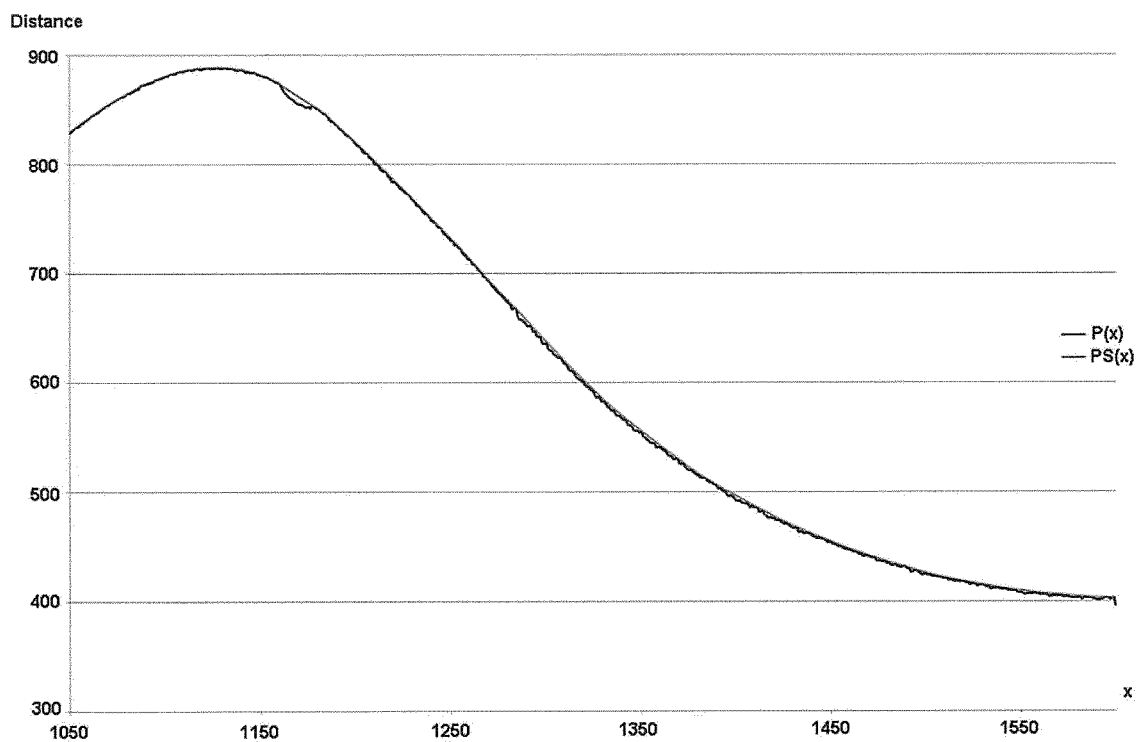


Fig. 8

RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.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'ETABLISSEMENT DU PRESENT 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 CITES DANS LE PRESENT 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**

EP 0 816 799 A2 (SUN ELECTRIC UK LTD [GB]) 7 janvier 1998 (1998-01-07)

JP 2005 164254 A (YOKOHAMA RUBBER CO LTD) 23 juin 2005 (2005-06-23)

US 6 539 789 B1 (KOSTKA GUENTHER [DE] ET AL) 1 avril 2003 (2003-04-01)

EP 2 023 078 A1 (KOBE SEIKO SHO KK) 11 février 2009 (2009-02-11)

EP 2 390 621 A1 (BRIDGESTONE CORP [JP]) 30 novembre 2011 (2011-11-30)

EP 1 780 502 A2 (REITER MATHIAS [DE]) 2 mai 2007 (2007-05-02)

**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