

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

①① N° de publication : **3 039 684**
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)
②① N° d'enregistrement national : **15 57142**
⑤① Int Cl⁸ : **G 06 T 7/00** (2017.01), G 06 T 11/40, G 01 M 17/02

①②

BREVET D'INVENTION

B1

⑤④ PROCÉDE OPTIMISE D'ANALYSE DE LA CONFORMITE DE LA SURFACE D'UN PNEUMATIQUE.

②② Date de dépôt : 27.07.15.

③③ Priorité :

④③ Date de mise à la disposition du public
de la demande : 03.02.17 Bulletin 17/05.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du
brevet d'invention : 10.08.18 Bulletin 18/32.

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) : *COMPAGNIE GENERALE DES
ETABLISSEMENTS MICHELIN Société en
commandite par actions — FR et MICHELIN
RECHERCHE ET TECHNIQUE S.A. Société anonyme
— CH.*

⑦② Inventeur(s) : *VINCIGUERRA REGIS, BOURGEOIS
STEVE, JOLY ALEXANDRE et CHARLOT
ALEXANDRE.*

⑦③ Titulaire(s) : *COMPAGNIE GENERALE DES
ETABLISSEMENTS MICHELIN Société en
commandite par actions, MICHELIN RECHERCHE ET
TECHNIQUE S.A. Société anonyme.*

⑦④ Mandataire(s) : *LLR.*

FR 3 039 684 - B1



L'invention concerne de manière générale le domaine de la fabrication des pneumatiques, et s'inscrit plus particulièrement dans le cadre des opérations de contrôle de l'aspect des pneumatiques en cours ou en fin du processus de fabrication, dans le but de déterminer la conformité desdits pneumatiques par rapport à des références de contrôle.

Les moyens industriels de contrôle automatique des pneumatiques développés par les manufacturiers et destinés notamment à assister les opérateurs chargés du contrôle visuel, font largement appel à des techniques de traitement d'image.

Les procédés employés pour effectuer ces traitements consistent, en règle générale, à comparer une image en deux ou préférentiellement en trois dimensions de la surface du pneumatique à inspecter, avec une image de référence en deux et préférentiellement en trois dimensions de la surface dudit pneumatique.

Une des étapes de ce processus a pour objet, de manière connue, d'acquérir l'image en trois dimensions de la surface du pneumatique, à l'aide par exemple, de moyens basés sur le principe de la triangulation optique, mettant par exemple en œuvre un capteur 2D couplé à une source d'éclairage de type laser. L'image en deux dimensions est obtenue à l'aide des mêmes moyens de capture et consiste alors en une simple photographie de la surface. Cette image en deux dimensions peut également être obtenue par tout moyen d'acquisition de type caméra linéaire ou calculée en même temps que l'image en trois dimensions dans le cas de la triangulation optique à partir de l'intensité de la raie laser projetée sur le pneumatique.

L'image de la surface du pneumatique est formée par l'ensemble des données numériques provenant de la capture de l'image tridimensionnelle et bidimensionnelle. Ces données issues du capteur sont transmises à un processeur dont la mémoire contient des instructions de code aptes, lorsqu'elles sont exécutées, à traiter des volumes de données très importants.

Les étapes suivantes consistent à réaliser un certain nombre de prétraitements permettant de faciliter l'usage des données formant l'image de la surface du pneumatique.

La poursuite du processus prévoit de recalibrer l'image de la surface en relief du pneumatique à inspecter avec l'image de la surface en relief de référence. Cette étape s'avère particulièrement complexe en raison des déformations locales engendrées par la libération des contraintes en sortie du moule de cuisson. Cette image de référence peut être issue d'un modèle type CAO, ou d'un modèle ayant servi à la conception du moule dont est issu le pneumatique, ou bien encore d'un pneumatique de référence considéré comme exempt d'anomalies.

Ainsi, la publication WO2009077539 propose de déterminer une transformation affine en recherchant la mise en coïncidence de points caractéristiques préalablement identifiés sur la surface du pneumatique à inspecter et sur la surface de référence.

5 La publication WO2012/055748 s'appuie sur l'utilisation des propriétés particulières des surfaces B-splines pour mettre localement en coïncidence lesdits points caractéristiques.

La publication WO2012/052300 propose un procédé de recalage des motifs d'une bande de roulement par mise en coïncidence des motifs de base séquencés de manière connue en utilisant les motifs de base comportant un témoin d'usure formant une imagerie caractéristique et facilement identifiable.

10 Le processus se termine en utilisant des méthodes numériques d'inspection et de recherche d'anomalies, ou en comparant tout simplement l'image du pneumatique à inspecter avec l'image de référence.

La publication WO2013/045593, propose un procédé de traitement des images en deux dimensions des surfaces lisses par analyse morphologique. La publication WO2012/143197
15 s'intéresse plus particulièrement au traitement des points de non mesure engendrés par les zones d'ombre formées par les événements. Les demandes FR1462901 ou FR1462898, non encore publiées, proposent des algorithmes de détection et d'analyse de conformité des stries présentes sur la surface du flanc du pneumatique qui sont moins gourmandes en temps de calcul que les procédés traditionnels par transformation de Fourier ou par analyse de
20 l'image tridimensionnelle.

On observe toutefois que ces outils, donnent de bons résultats pour l'analyse des éléments en relief spécifiques de la surface du pneumatique tels que les dessins ou les zones de texte, ou encore les sculptures, les événements engendrés par les moyens d'éventation du moule, les zones lisses, les stries ou les zones de textes apparaissant sur des plaquettes amovibles.

25 Tous ces algorithmes présentent la particularité d'être consommateurs de temps de calcul, en particulier s'ils sont déployés sur l'ensemble de la surface du pneumatique à inspecter.

L'invention a pour objet d'apporter une contribution permettant d'alléger les temps de calcul nécessaires pour l'inspection des pneumatiques en fin de ligne du processus de fabrication,
30 en permettant l'identification de zones d'intérêt distinctes sur lesquelles des algorithmes spécifiques seront utilisés.

Selon l'invention, le procédé d'inspection d'une surface d'un pneumatique à inspecter par comparaison avec une surface de référence d'un pneumatique de référence, lesdites surfaces comprenant des marquages ou des éléments en relief, se caractérise en ce qu'on

met en œuvre les étapes au cours desquelles:

- à l'aide d'un système d'acquisition, on capture une image de la surface de référence d'un pneumatique de référence prélevé dans la fabrication et considéré comme conforme, et on transmet les données obtenues à un processeur contenant dans sa mémoire des instructions codées qui, lorsqu'elles sont exécutées, permettent de réaliser les étapes du procédé,
 - on réalise, par interaction d'un opérateur avec ledit processeur un paramétrage des caractéristiques principales, et une cartographie de la surface de référence du pneumatique de référence par découpage de l'image de la surface de référence du pneumatique de référence en plusieurs zones d'intérêt distinctes, chacune des zones d'intérêt comprenant une forme ou un relief caractéristique, les zones d'intérêt étant séparées par des frontières, et on affecte à chacune des zones d'intérêt préalablement identifiée un ou plusieurs algorithmes de recalage et de contrôle choisis dans une collection d'algorithmes préalablement constituée et stockée dans une mémoire dudit processeur,
 - on capture, à l'aide dudit système d'acquisition, une image du relief de la surface à inspecter d'un pneumatique à inspecter, et distinct du pneumatique de référence, et on transmet les données obtenues au processeur,
 - de façon automatique, et sur la base des caractéristiques principales préalablement définies et enregistrées dans la mémoire du processeur, ledit processeur effectue, en exécutant les instructions codées, les opérations au cours desquelles :
 - on réalise au moins un prétraitement de l'image acquise,
 - on superpose ladite cartographie sur l'image de la surface à inspecter dudit pneumatique à inspecter de manière à déterminer les zones d'intérêt du pneumatique à inspecter
 - on met en œuvre les algorithmes de recalage et de contrôle spécifiques à chacune des zones d'intérêt du pneumatique à inspecter, pour en déterminer la conformité.
- 30 Le procédé prévoit ainsi de réaliser, à titre préparatoire, un paramétrage long et parfois complexe de l'enveloppe de référence, de manière à définir les paramètres les plus optimaux formant les caractéristiques principales des zones d'intérêt du pneumatique de référence, et de choisir avec soin le ou les algorithmes les mieux adaptés pour chacune de ces zones d'intérêt.
- 35 Ce travail préalable permet de ne mettre en œuvre, pendant la phase d'inspection en marche courante, que les traitements les mieux adaptés au recalage puis au contrôle d'une zone

d'intérêt particulière. Ces traitements sont choisis pour être peu complexes et particulièrement performants, principalement lorsqu'ils sont appliqués à des zones homogènes, au sens des caractéristiques de la zone d'intérêt concernée.

5 L'invention permet donc, pour une puissance de calcul donnée du processeur, de réduire le temps de calcul nécessaire pour l'estimation de la conformité d'une enveloppe pendant la phase de contrôle, et de permettre de réaliser ce contrôle à une cadence compatible avec le rythme de la fabrication industrielle.

10 On entend ici par une surface du pneumatique une surface constituée par tout ou partie des surfaces formées par la surface intérieure, ou par la surface extérieure du pneumatique comprenant le flanc, les épaulés, le bourrelet, ou encore la bande de roulement. Il va de soi que lorsque la surface de référence du pneumatique de référence représente une partie seulement de la surface du pneumatique telle que le flanc, la bande de roulement ou la partie intérieure, la surface à inspecter du pneumatique à inspecter représente la surface située sur une partie identique du pneumatique soit respectivement le flanc, la bande de roulement ou
15 la partie intérieure.

Le procédé selon l'invention peut aussi comprendre isolément ou en combinaison les caractéristiques suivantes :

- le pneumatique de référence et le pneumatique à inspecter sont issus d'un même moule.
- 20 – le prétraitement de l'image acquise comprend un ou plusieurs traitements choisis parmi les algorithmes suivants
 - une mise à plat du profil radial de la surface.
 - la conversion des coordonnées polaires exprimées par rapport à l'axe de rotation du pneumatique de l'image de la surface du flanc du pneumatique en
25 coordonnées cartésiennes,
 - des corrections liées aux défauts du système optique réalisant l'acquisition tels que la correction des déformations optiques localisées ou la correction des zones d'ombre.
- l'image du relief de la surface du pneumatique est formée par une image
30 bidimensionnelle en niveau de gris ou en couleur, et une image tridimensionnelle en niveau de gris dans laquelle à chaque point de l'image est affectée une valeur de niveau de gris proportionnelle à l'élévation topographique de ce point.
- le paramétrage des caractéristiques principales du pneumatique de référence comprend des données choisies parmi les caractéristiques suivantes :
35
 - une somme de la valeur des niveaux de gris des colonnes et des lignes de l'image tridimensionnelle brute ou filtrée, formant une signature

- unidimensionnelle,
 - une courbure moyenne du flanc,
 - une forme du contour d'un relief caractéristique présent dans une zone d'intérêt donnée, formant des imagerie caractéristiques en deux dimensions,
 - 5 ○ un ou plusieurs points caractéristiques d'un relief caractéristique présent dans une zone d'intérêt,
 - un moment géométrique,
 - une ou plusieurs mesures géométriques entre les points caractéristiques telles que des distances ou des angles,
 - 10 ○ une réponse à un opérateur morphologique sur la base d'un élément structurant de forme et d'orientation données,
 - une image de référence de l'orientation des gradients d'élévation de plus forte pente d'une soufflure,
 - des filtres morphologiques et des réponses à des caractérisations de type texture.
- 15 – la collection d'algorithmes de recalage comprend au moins un procédé de recalage pour mettre en coïncidence le relief d'une zone d'intérêt de la surface de référence avec le relief de la zone d'intérêt de la surface à inspecter.
- le procédé de recalage est choisi, par ordre de complexité croissante, parmi un ou plusieurs des procédés suivant :
 - 20 ○ mise en correspondance de signatures unidimensionnelles et recalage angulaire,
 - mise en correspondance de points caractéristiques,
 - mise en correspondance d'imagerie caractéristiques,
 - 25 ○ mise en correspondance de reliefs en trois dimensions.
- la collection d'algorithmes comprend des algorithmes de premier niveau fondés sur des analyses telles que la comparaison des contours des imagerie caractéristiques, la comparaison des mesures géométriques entre les points caractéristiques, la comparaison des moments géométriques.
- 30 – la collection d'algorithmes de contrôle comprend au moins un procédé spécifique pour analyser les zones d'intérêt dans lesquelles le relief caractéristique est formé par un ou plusieurs caractères alphanumériques.
- la collection d'algorithmes de contrôle comprend au moins un procédé spécifique pour analyser les zones d'intérêt dans lesquelles le relief caractéristique est formé par des stries.
- 35 – la collection d'algorithmes de contrôle comprend au moins un procédé spécifique

- pour analyser les zones d'intérêt dans lesquelles le relief caractéristique est lisse.
- la collection d'algorithmes de contrôle comprend au moins un procédé spécifique pour analyser les zones d'intérêt dans lesquelles le relief caractéristique est formé par une plaquette amovible.
- 5 – la collection d'algorithmes de contrôle comprend au moins un procédé spécifique pour analyser les zones dans lesquelles le relief caractéristique comprend un événement.
- la collection d'algorithmes de contrôle comprend au moins un procédé spécifique pour analyser les zones d'intérêt dans lequel le relief caractéristique est formé par la bande de roulement.
- 10 – la collection d'algorithmes de contrôle comprend au moins un procédé spécifique pour analyser les zones dans lesquelles le relief caractéristique comprend un témoin d'usure.
- la collection d'algorithmes de contrôle comprend au moins un procédé spécifique pour analyser les zones dans lesquelles le relief caractéristique comprend de la texture.
- 15 L'invention comprend enfin un programme d'ordinateur comprenant des instructions de code aptes, lorsqu'il est exécuté sur un ordinateur à commander la mise en œuvre des étapes du procédé ci-dessus.

- L'invention sera mieux comprise à la lecture des figures annexées, qui sont fournies à titre d'exemples et ne présentent aucun caractère limitatif, dans lesquelles :
- 20 – La figure 1 représente de manière schématique l'opération de changement de coordonnées réalisée pendant le prétraitement de l'image de la surface.
- la figure 2 représente de manière schématique l'opération de mise à plat de l'image réalisée pendant le prétraitement de l'image de la surface.
- 25 – La figure 3 illustre une opération de recalage angulaire réalisée pendant le prétraitement de l'image de la surface.
- La figure 4 représente de manière schématique une recherche et un appariement des points caractéristiques.
 - Les figures 5 et 6 illustrent la forme et le positionnement d'une cartographie sur un flanc d'un pneumatique.
- 30 – La figure 7 représente une vue schématique d'une bande de roulement formée de la juxtaposition d'éléments ayant des motifs de base.

Comme cela a été évoqué ci-dessus, l'image de la surface du pneumatique, peut être une image bidimensionnelle, similaire à une photographie, et qui est représentative de

35

l'apparence de la surface. Cette image peut être une image en noir et blanc ou en couleur. Elle reflète la couleur ou le niveau de gris ainsi que la brillance.

On obtient alors un ensemble de points, ou pixels, disposés dans un plan, dont le niveau de gris correspond à la lumière renvoyée par la surface du pneumatique.

- 5 Outre les techniques basées sur de la triangulation optique, l'acquisition de l'image topographique de la surface du flanc peut s'opérer selon la technique de stéréovision classique, dans laquelle il est proposé d'utiliser deux caméras séparées et dédiées à l'acquisition des données relatives au relief. Les deux caméras sont positionnées de manière à réaliser une prise de vue de la surface à inspecter selon des angles de vue différents.
- 10 Toujours selon cette technologie, il convient, après l'étape d'acquisition des images en deux dimensions provenant des deux caméras, de mettre en correspondance ces images de manière à associer à un point donné de la surface à inspecter les points images formés dans chacune des images réalisées par chacune des caméras. Les coordonnées en trois dimensions du point de la surface sont alors calculées par triangulation, en déterminant,
- 15 après calibrage des caméras, les angles de vues différents de ce point de la surface vu par les deux caméras.

On obtient alors un nuage de points répartis dans l'espace à trois dimensions et représentatifs de la surface du flanc.

- 20 Un dispositif apte à réaliser les deux prises de vues simultanément en une seule rotation du pneumatique est décrit à titre d'exemple dans la publication WO 2009/077534.

- 25 Les données brutes de l'image bidimensionnelle et de l'image tridimensionnelle qui forment ensemble l'image de la surface du pneumatique, et qui sont obtenues par le système d'acquisition, sont alors transmises à un processeur contenant les instructions codées qui, lorsqu'elles sont exécutées par ledit processeur, permettent de mettre en œuvre les différentes étapes du procédé.

Pour faciliter la mise en œuvre des traitements ultérieurs, on réalise en règle générale un certain nombre d'opérations de prétraitement de l'image. La mise au point de ce prétraitement se fait par un opérateur interagissant avec le processeur, en utilisant les données numériques issues de l'image de référence du pneumatique de référence

- 30 Pour réaliser ce prétraitement, l'opérateur peut faire appel à des données préalablement introduites dans la mémoire du processeur telles que des données de conception CAO associées au pneumatique en cours de traitement, ainsi qu'à des algorithmes spécifiques dont les étapes de traitement ne font pas partie du champ de la présente invention.

Ce premier travail permet de déterminer un jeu de caractéristiques principales liées à la

dimension particulière du pneumatique. Ces caractéristiques principales ont pour vocation à être réutilisées par le processeur pour réaliser le prétraitement ou exécuter les algorithmes de contrôle de chacune des enveloppes à inspecter.

5 Le prétraitement peut comprendre une première opération qui consiste à recalibrer l'image bidimensionnelle, de manière à corriger les zones d'ombre engendrées par les variations d'éclairage pendant la prise de vue, ou encore les déformations liées au système optique, et qui sont spécifiques au système d'acquisition utilisé. Ces zones d'ombre ou ces déformations se reproduisent à chaque prise de vue.

10 Lors de l'analyse de l'image du pneumatique de référence, l'opérateur va alors déterminer les compensations à effectuer et enregistrer ces compensations dans les caractéristiques principales de la dimension, de manière à appliquer les mêmes compensations à l'ensemble des pneumatiques à inspecter de la même dimension que le pneumatique de référence.

Pour des raisons de commodité l'image tridimensionnelle est également retravaillée.

15 On s'arrange pour que les coordonnées en trois dimensions x, y, z de surfaces à analyser soient exprimées dans un repère orthonormé OX, OY, OZ dans lequel l'axe OZ est sensiblement confondu avec l'axe de rotation du pneumatique. Il est alors aisé de convertir les coordonnées x, y, z par projection dans le plan OXY et de changer les coordonnées cartésiennes x, y dans le plan OXY en coordonnées polaires de type ρ, θ , comme cela est illustré à la figure 1.

20 On procède également à ce que l'on appelle communément une mise à plat du profil. Pour ce faire, on détermine le profil moyen du galbe de la surface dans un plan radial en projetant l'ensemble des points dans le plan formé par les axes OZ et OX' , comme cela est illustré à la figure 2, ce qui correspond à une projection dans un plan radial. La forme du profil radial moyen sera donnée par la forme du nuage de points dans ce plan radial, dont on peut extraire
25 une courbe moyenne en faisant la moyenne des valeurs selon une direction OZ . La surface obtenue en déployant à nouveau ce profil radial moyen correspond sensiblement à la surface du pneumatique sur laquelle ne figurerait aucun marquage en relief.

Il suffit alors, pour chaque valeur de l'angle θ de soustraire la valeur de ce profil radial moyen des coordonnées exprimées dans le plan $OX'Z$ pour obtenir une mise à plat de la surface
30 déroulée déterminée ci-dessus, et dans laquelle, seuls les éléments en relief ont une valeur selon l'axe OZ .

La mise à plat peut également se faire en suivant le profil de la surface selon un tracé déterminé, par exemple une ligne dans laquelle la valeur de ρ est constante, et en détectant les variations localisées du profil, significatives des marquages en relief présents sur ladite

surface. La juxtaposition de ces lignes donne également une surface mise à plat sur laquelle, seuls les éléments en relief apparaissent.

Une fois déterminé, ce profil moyen est enregistré dans la liste des caractéristiques principales de la dimension, afin d'être réutilisé pour la mise à plat des pneumatiques à inspecter.

En affectant une valeur de niveau de gris à la valeur selon l'axe OZ et représentant l'altitude des éléments en relief, on obtient une image en deux dimensions de la surface, sur laquelle les éléments en relief se détachent visuellement par rapport à la couleur de la surface moyenne. Cette dernière simplification peut se faire avec un résultat similaire sur la surface mise à plat selon l'un des procédés décrits ci-dessus.

A l'étape suivante de son travail, l'opérateur, toujours en interaction avec le processeur, élabore une cartographie de la surface et détermine des limites des différentes zones d'intérêt. Il affecte ensuite à chacune de ces zones d'intérêt les algorithmes de recalage et de contrôle spécifiques les mieux adaptés aux caractéristiques spécifiques de ces zones, comme cela est illustré à la figure 5. Cette détermination peut être automatisée, par exemple si les données de conception CAO du moule ayant servi à cuire le pneumatique, sont disponibles.

Les limites entre les zones d'intérêt Z_i présentant des caractéristiques morphologiques différentes, et susceptibles de faire appel à des algorithmes de recalage et de contrôle différents sont ainsi définies. Ces frontières définissent une cartographie, illustrée à la figure 6.

Cette cartographie, ainsi que le lien avec les algorithmes spécifiques font partie des caractéristiques principales du pneumatique.

Lors de l'analyse de la surface à inspecter du pneumatique à inspecter, et pour pouvoir comparer l'image de la surface du pneumatique à inspecter avec l'image de la surface du pneumatique de référence, il s'avère nécessaire de procéder à un recalage de la cartographie.

La stratégie de recalage consiste à utiliser des données de complexité croissante fondées sur des informations issues dans un premier temps d'une signature unidimensionnelle de l'image, puis de l'image bidimensionnelle et, si nécessaire de l'image tridimensionnelle de la surface du pneumatique. Cette stratégie permet de graduer la complexité des données / algorithmes utilisés, en parallèle d'une diminution des surfaces concernées :

Ainsi la signature unidimensionnelle est adaptée pour traiter la globalité de la surface, les images bidimensionnelles permettent de traiter des zones d'intérêt très homogènes ou

présentant peu de relief, et les images tridimensionnelles permettent de recalibrer des zones d'intérêt comprenant des reliefs importants et variés.

Pour le recalage angulaire $\Delta\alpha$ de ces deux images, une façon simple de procéder consiste à réaliser une signature unidimensionnelle de l'image de référence en faisant la somme de données brutes formées par la valeur des niveaux de gris des pixels d'une ligne de l'image
5 bidimensionnelle ou préférentiellement de l'image tridimensionnelle de ce pneumatique de référence. On obtient alors une courbe 1D.

Pour améliorer la pertinence de cette signature, il est aussi possible de réaliser un filtrage préalable de l'image en considérant par exemple les gradients de niveau de gris ou encore
10 les moyennes de niveau de gris sur chacune des lignes ou chacune des colonnes de l'image.

En procédant à la même opération sur le pneumatique à inspecter, on obtient une deuxième signature et, en faisant glisser les deux signatures l'une sur l'autre de manière à les mettre en correspondance on obtient une valeur du décalage circonferentiel à effectuer de manière à mettre en correspondance angulaire l'image du pneumatique à inspecter angulaire avec
15 l'image du pneumatique de référence.

Une opération similaire peut être réalisée en faisant la somme des valeurs des niveaux de gris, bruts ou filtrés, d'une colonne lorsqu'il s'avère nécessaire de procéder à un recalage dans la direction radiale.

Les signatures 1D, radiales et circonferentielle, brutes ou filtrées, du pneumatique de
20 référence font alors partie des caractéristiques principales.

Lors de l'analyse de la surface du pneumatique à inspecter, ce premier recalage unidimensionnel, qui s'effectue en règle générale pendant la phase de prétraitement, permet de projeter la cartographie sur la surface du pneumatique à inspecter pour définir les zones correspondantes, et d'appliquer à ces zones l'algorithme de recalage et de contrôle prédéfini
25 par l'opérateur et correspondant le mieux aux spécificités du relief de la zone.

Ainsi, une autre opération de recalage, plus complexe, utilisant cette fois l'image bidimensionnelle de la surface du pneumatique consiste à déterminer dans l'image de référence du pneumatique de référence, quelques points caractéristiques facilement détectables de manière à pouvoir les mettre en correspondance avec les mêmes points de
30 référence de la surface à inspecter du pneumatique à inspecter comme cela est illustré à la figure 4.

Les points caractéristiques peuvent être remplacés par les contours de reliefs caractéristiques, formant des imagerie caractéristiques, et qui sont des portions de l'image bidimensionnelle de la zone d'intérêt considérée.

Cette opération de mise en correspondance peut servir au recalage de l'ensemble de la surface mais s'applique préférentiellement à l'intérieur d'une zone d'intérêt particulière qui peut avoir été préalablement déterminée par une étape de recalage angulaire de type unidimensionnelle, de manière à permettre l'utilisation de transformations locales simples du type translations.

5

A titre d'exemple on peut également citer un algorithme spécifique de recalage plus particulièrement adapté à la zone d'intérêt formée par la bande de roulement du pneumatique, et dont la sculpture est formée par l'assemblage d'éléments juxtaposés circonférentiellement (ABCU) tels que représentés à la figure 7, et séparés entre eux par des frontières de formes identiques. Ces éléments ont des motifs de base, en nombre réduit séquencés de manière précise et connue, comportant au moins un motif de base sur lequel sont disposés des témoins d'usure auxquels sont associés un point caractéristique de ce motif de base.

10

Selon cet algorithme, on identifie les témoins d'usure présents sur l'image de la bande de roulement du pneumatique à inspecter. Puis, on regroupe les témoins d'usure par sous-ensembles correspondant au motif de base comportant des témoins d'usure et on détermine le point caractéristique de chacun de ces sous-ensembles. On détermine alors une séquence de distances en calculant les distances entre les points caractéristiques de chacun des sous-ensembles de témoins d'usure identifiés sur la surface de la bande de roulement à inspecter, et on fait coïncider cette séquence de distances avec la séquence connue des distances entre les points caractéristiques des motifs de base. Enfin, on projette sur la surface à inspecter la forme de la frontière entre les éléments selon la séquence connue de positionnement desdits éléments.

15

20

La séquence des distances entre les points caractéristiques des motifs de base de la sculpture fait partie des caractéristiques principales.

25

Un algorithme de recalage de ce type est décrit à titre d'exemple dans la publication WO 2012 052300.

L'algorithme de contrôle de la bande de roulement peut alors s'opérer en comparant la surface tridimensionnelle de l'image tridimensionnelle de la surface de la bande de roulement du pneumatique à inspecter avec l'image de la surface tridimensionnelle de la bande de roulement du pneumatique de référence.

30

Toujours à titre d'exemple, et pour illustrer les principes de la méthode faisant l'objet de la présente invention, les zones d'intérêt Z_1 , Z_{12} , Z_{13} , Z_{14} , Z_{15} de la figure sont des zones d'intérêt disposées sur le flanc du pneumatique et contenant des reliefs assimilables à des dessins pour lesquels des algorithmes de recalage et de contrôle spécifiques ont été développés.

35

Ces algorithmes de recalage et de contrôle ont pour objet de faire correspondre, de la manière la plus exacte possible, la surface tridimensionnelle de l'enveloppe à inspecter et la surface tridimensionnelle de l'enveloppe de référence, de manière à pouvoir déterminer, par différence, les anomalies de moulage. Il est donc nécessaire de procéder à une déformation
5 contrôlée de la surface à inspecter pour tenir compte de très légères modifications de positionnement engendrées par la libération des contraintes au moment du démoulage comme cela a déjà été évoqué.

Ces algorithmes de recalage et de contrôle peuvent être établis sur l'association, à chaque élément graphique de la surface de référence, d'une grille de contrôle de type surface B-
10 Spline élémentaire comportant des points caractéristiques P_{ij} . Une fois cette association réalisée, on effectue une déformation du contour de chaque élément graphique de la surface de référence en modifiant la position des points caractéristiques de la surface B-Spline élémentaire de manière à minimiser les distances entre le contour de l'élément graphique de la surface de référence et le contour lui correspondant de l'élément graphique de la surface
15 à inspecter.

Un algorithme de recalage et de contrôle de ce type est décrit à titre d'exemple dans la publication WO 2012 055748.

Une autre façon de procéder consiste à rechercher, de manière itérative, une fonction de transformation affine comprenant une homothétie dont le rapport a une valeur absolue
20 différente de 1. Cette fonction de transformation est appliquée sur les points caractéristiques de la surface de référence, de telle sorte que la valeur représentant la somme des distances entre chacun des points caractéristiques de la surface de référence, transformés à l'aide de la fonction de transformation, et les points de la surface à inspecter qui leurs sont appariés, soit minimale.

25 Un algorithme de recalage et de contrôle spécifique de ce type est décrit plus en détail dans la publication WO 2009/077539.

Une fois cet ajustement réalisé, on recherche les différences entre les reliefs de la zone comportant des dessins du pneumatique de référence et le relief de la même zone appartenant au pneumatique à inspecter.

30 Les points caractéristiques choisis par l'opérateur pour effectuer ces recalages précis sont intégrés dans les caractéristiques principales du pneumatique de référence, et enregistré dans la mémoire du processeur.

Les zones d'intérêt Z_2, Z_3, Z_4 , sont des zones particulières contenant un événement. Les événements encore dénommés tétines, sont provoqués par les dispositifs d'éventation placés dans le
35 moule pour favoriser l'écoulement des gaz occlus au moment du moulage. Chaque moule

possède un système d'événement qui lui est propre.

Ces événements provoquent des zones d'ombre, et donc des anomalies de mesure autour de la surface où ils sont implantés. Un algorithme spécifique permet de reconstituer la surface, généralement lisse, autour du pied de l'événement.

5 A partir de l'image tridimensionnelle de la surface à inspecter, l'algorithme recherche les zones de la surface comprenant des pixels dont la valeur de niveau de gris est inférieure à un seuil donné, et détermine les frontières d'une boîte englobante. A l'intérieur de la boîte englobante et pour une ligne donnée, sécante de la zone contenant des pixels dont la valeur de niveau de gris est inférieure à un seuil donné, on affecte à chacun desdits pixels, une
10 valeur de niveau de gris égale à la valeur moyenne de niveau de gris d'un ensemble formé par les pixels d'un segment de référence appartenant à la ladite ligne, et placé à proximité de la zone considérée.

On peut également déterminer l'aire de la zone de pixels ayant une valeur de niveau de gris inférieure au seuil donné et, lorsque l'aire de cette zone dépasse un seuil donné, on
15 détermine l'angle entre l'axe principal de ladite zone et la direction des lignes de pixel, ainsi que le centre de gravité de ladite zone. On recherche alors la position d'un événement à l'une des extrémités de l'axe principal de ladite zone, et on oriente la zone selon une direction s'étendant le long de la zone et ayant pour origine le pied de l'événement. A chacune des lignes sécantes de la zone contenant les pixels ayant une valeur de niveau de gris inférieure au seuil
20 donné, on affecte un segment de référence disposé du côté de l'axe principal de ladite zone correspondant au secteur angulaire faisant un angle positif avec la direction de la zone d'ombre, et on affecte la valeur moyenne de niveau de gris des pixels du segment de référence à l'ensemble des pixels de la ligne contenant ledit segment de référence et compris entre le milieu du segment de référence et l'intersection de ladite ligne de pixels avec le
25 contour du pied de l'événement.

Cet algorithme spécifique est décrit plus en détail dans la publication WO 2012/143197.

En déterminant à l'avance la position des événements il est alors possible de ne mettre en œuvre l'algorithme de contrôle décrit brièvement ci-dessus que dans les seules zones dans lesquelles un événement est présent, et par là-même de ne traiter qu'un volume réduit de données
30 avec un algorithme plus complexe.

Les zones d'intérêt $Z_6, Z_7, Z_8, Z_9, Z_{10}, Z_{11}$ sont des zones contenant un ou plusieurs caractères alphanumériques.

Pour s'assurer de la conformité des marquages, il suffit alors de mettre en œuvre un algorithme spécifique connu de type reconnaissance optique de caractère (OCR).

Parmi ces zones d'intérêt, certaines zones, telle que la zone d'intérêt Z_6 , sont de nature particulière en ce que les marquages qu'elles comprennent sont formés par des plaquettes amovibles insérées dans le moule. Ces plaquettes sont changées tous les jours ou toutes les semaines, et peuvent connaître des variations d'alignement par rapport à la surface du moule. Il en découle des variations localisées de relief faisant l'objet d'un tolérancement particulier.

Dans les zones de stries, telles que les zones d'intérêt Z_{16} , Z_{17} , Z_{18} ou Z_{19} , les ondulations de la surface ne font pas l'objet d'une topographie décrite avec précision.

Les algorithmes spécifiques permettant l'analyse de la conformité de ces zones de stries sont fondés sur l'utilisation des outils de l'analyse morphologique de l'image bidimensionnelle ou tridimensionnelle de la surface du pneumatique. Ces algorithmes prévoient de déterminer au moins une dilatation d'une représentation de base comprenant une zone de stries de façon à obtenir une représentation dilatée, et de déterminer au moins une érosion de la représentation de base de façon à obtenir une représentation érodée, et de déterminer une différence entre la représentation dilatée et la représentation érodée de façon à obtenir une représentation de différence faisant apparaître les anomalies.

Ces dilatations et ces érosions font appel à des éléments structurants dont la taille et l'orientation doivent être ajustées en fonction de la taille et de l'orientation des stries.

On observera que les stries des zones d'intérêt Z_{16} et Z_{17} ont une direction inversée par rapport aux stries des zones d'intérêt Z_{18} et Z_{19} .

L'opérateur adapte donc les paramètres des éléments structurants aux stries de chacune des zones de stries du pneumatique de référence et enregistre ces caractéristiques principales dans la mémoire du processeur pour chacune des zones considérées.

Ces éléments structurants, ainsi que les réponses spécifiques qu'ils engendrent sur la surface de référence, font partie des caractéristiques principales.

L'application de ces algorithmes spécifiques aux seules zones de stries préalablement identifiées permet une fois encore d'utiliser des algorithmes plus complexes sur des volumes de données réduits.

La zone d'intérêt Z_{19} est une zone lisse dans laquelle aucun relief n'est censé être présent.

Les algorithmes de recalage attribués à ces zones peuvent donc être extrêmement simples et se limiter par exemple au seul recalage unidimensionnel tel que décrit ci-dessus.

Les anomalies présentes sur ces surfaces peuvent être des défauts de moulage localisé ou encore des variations en creux engendrées par des déformations localisées de la nappe de renforcement carcasse, ou encore des taches détectables en raison de la surbrillance

qu'elles provoquent.

Aussi, les algorithmes de contrôle spécifiques particulièrement adaptés à ces surfaces ont été développés pour en contrôler la conformité.

Un premier algorithme de contrôle spécifique est décrit par exemple dans la publication
5 WO2012/156262. Cet algorithme de contrôle est basé sur l'analyse de l'image tridimensionnelle en niveau de gris de la surface.

Selon cette publication, on met en œuvre les étapes au cours desquelles, à l'aide d'éléments structurants linéaires de tailles successivement croissantes et orientés dans la direction circonférentielle, on réalise une série d'ouvertures morphologiques de l'image de la surface
10 du pneumatique. Puis on soustrait de la valeur de l'image obtenue après ouverture morphologique avec un élément structurant donné, la valeur de l'image obtenue après ouverture morphologique à l'aide de l'élément structurant de taille immédiatement inférieure de manière à obtenir une succession d'images mises à plat par différence, en initialisant la
15 procédure par la soustraction de l'image obtenue à l'aide de l'élément structurant de plus faible taille. On réalise enfin un seuillage des images mises à plat par différence, pour obtenir des images binaires, et on fait l'union ensembliste des valeurs de chacune des images binaires pour obtenir une image binaire finale, dans laquelle seuls les motifs de marquage apparaissent en relief.

Puis, on identifie les motifs disjoints dans l'image binaire de la surface, et on détermine, par
20 différence avec l'image de départ de la surface du pneumatique, l'image du bombé de ladite surface, dans laquelle les marquages en relief ont été supprimés et où subsistent seules les déformations localisées de la surface évoquées ci-dessus.

On observera ici que ce type d'algorithme peut aussi être utilisé pour la détermination du profil radial moyen permettant de réaliser la mise à plat lors de la phase de prétraitement.

25 Un autre algorithme de contrôle, particulièrement adapté pour le contrôle des surfaces internes, est fondé également sur l'analyse de la texture de l'image tridimensionnelle de la surface et fait aussi appel aux outils de l'analyse morphologique. Un algorithme spécifique de ce type est décrit par exemple dans la publication WO 2013/045593.

Selon cette publication, en passant par des espaces factoriels dans lesquels les données
30 sont formés par des filtres morphologiques et les variables sont formées par les images multivariées de la surface du pneumatique comportant des anomalies préalablement identifiées, on détermine des séries de filtres morphologiques les plus aptes à mettre en évidence lesdites anomalies. On applique alors ces séries de filtres à l'image du pneumatique à inspecter et, à l'aide d'un classificateur on détecte la présence de ces anomalies.

Ces filtres morphologiques, ainsi que les réponses à des caractérisations de type texture qu'ils engendrent sur la surface de référence, font partie des caractéristiques principales.

On observera ici que certaines non-conformités ne sont pas spécifiques à la nature du relief provenant des reliefs en creux du moule. C'est le cas par exemple des inclusions d'air entre
5 deux couches de matériaux internes, et qui peuvent être détectées en raison de la déformation localisée qu'elles produisent à la surface.

Un algorithme spécifique permettant de détecter ces anomalies est décrit dans la publication WO 2014/198777.

Selon cet algorithme, à partir de l'image numérique tridimensionnelle de la surface d'un
10 pneumatique à inspecter, on forme une image de l'orientation des gradients d'élévation de la surface dans laquelle on affecte à chaque point de l'image une valeur de niveau de gris proportionnelle à l'angle formé avec une direction donnée par la projection dans le plan de l'image d'un vecteur de norme non nulle correspondant sensiblement, en ce point, au vecteur gradient tangent à la surface et orienté dans la direction de la plus forte pente. On détermine
15 alors une image filtrée des orientations, en transformant l'image de l'orientation des gradients d'élévation à l'aide d'un filtre numérique apte à sélectionner les zones comportant des structures similaires à une image de référence de l'orientation des gradients d'élévation de plus forte pente d'une soufflure.

Cette image de référence de l'orientation des gradients d'élévation de plus forte pente d'une
20 soufflure qui se présente sous la forme d'un dégradé circonférentiel de niveau de gris, est alors considérée comme une caractéristique principale de la dimension, et stockée dans la mémoire du processeur.

Pour le contrôle des pneumatiques à inspecter, l'opérateur pourra alors choisir de faire exécuter par le processeur cet algorithme spécifique dans l'ensemble des zones ou
25 seulement sur certaines zones spécifiques plus sensibles à l'apparition de ces inclusions d'air.

Parmi tous les algorithmes de contrôle spécifiques mis à la disposition de l'opérateur et stockés dans la mémoire du processeur, certains peuvent être considérés comme des algorithmes de premier niveau. Ces algorithmes particuliers sont peu gourmands en temps
30 de calcul et permettent d'identifier rapidement si la zone dans laquelle ils sont mis en œuvre comporte un élément pouvant faire naître un doute sur la présence d'un défaut. Il est alors judicieux de mettre en œuvre ces algorithmes dits de premier niveau et de décider, en fonction du résultat obtenu, s'il est opportun ou non de lancer un des algorithmes spécifiques plus consommateur de ressources.

35 Parmi ces algorithmes réduits on pourra par exemple calculer, pour un relief assimilé à un

dessin, le moment géométrique ou le moment d'inertie de la surface définie par les contours de ce dessin par rapport à un point caractéristique. Plus spécifiquement le calcul du moment de Zernike tel que décrit dans la publication « invariant image recognition by Zernike moments » par Alizea Khotanzad et Yaw Hua Hong, IEEE Transactions and Pattern Analysis and machine intelligence Vol 12 N°5 Mai 1990, parat également adapté pour détecter des erreurs de premier niveau dans les zones de dessins, mais également dans les zones contenant des caractères alphanumériques.

Une comparaison par superposition entre le contour de l'image de référence présente dans la zone d'intérêt du pneumatique de référence et le contour de l'image, présente dans la même zone, du pneumatique à inspecter peut aussi s'avérer une aide précieuse. Le contour des images peut être obtenu, de manière connue, à partir de l'image bidimensionnelle ou de l'image tridimensionnelle de la surface.

Plus simplement, il est également possible de calculer des distances entre certains points caractéristiques judicieusement choisis, ou d'effectuer des mesures géométriques telles que le calcul des angles formés par des droites passant entre ces points.

La forme des contours, les moments géométriques, les mesures géométriques, les points caractéristiques des reliefs du pneumatique de référence, sont considérés comme des caractéristiques principales et enregistrés dans la mémoire du processeur.

L'ensemble des algorithmes de recalage et de contrôle spécifiques ou réduits forme une collection d'algorithmes qui est également stockée dans la mémoire du processeur.

A l'issue de ce travail d'analyse de la surface du pneumatique de référence réalisé par l'opérateur en interaction avec le processeur, on obtient une base enrichie dans laquelle chaque zone d'intérêt du pneumatique est associée à un ou plusieurs algorithmes de recalage et de contrôle caractéristiques pour lesquels le choix des caractéristiques principales est déterminé.

Lors de l'inspection en marche courante des pneumatiques issus du même moule que le pneumatique de référence, il suffit alors de procéder successivement aux opérations de prétraitement telles que décrites ci-dessus, de recalculer l'image de la surface et de superposer la cartographie sur l'image du pneumatique à inspecter de manière à identifier les zones d'intérêt.

Le processeur met alors en œuvre de manière automatique les algorithmes de recalage et de contrôle spécifiques définis pour chacune des zones en se servant des caractéristiques principales affectées à ces algorithmes et stockées préalablement comme cela a été exposé ci-dessus.

Le résultat de la mise en œuvre de ces calculs permet de déterminer la conformité du pneumatique.

L'ensemble, formé par l'image de la surface de référence du pneumatique de référence, les caractéristiques principales, la cartographie avec le principe optimal de recalage qui lui est associé, et le choix des algorithmes de recalage et de contrôle à mettre en œuvre pour
5 chacune des zones d'intérêt, constitue le modèle de base permettant d'exécuter de manière optimale le contrôle d'un pneumatique à inspecter issu du même moule que le pneumatique de référence.

Ce modèle de base doit être adapté chaque fois qu'une intervention telle que le perçage d'un
10 événement ou le changement d'une plaquette, est réalisée sur le moule.

Moyennant quelques modifications mineures, concernant par exemple la position des événements, ce modèle de base peut facilement être adapté pour servir de modèle de base pour un pneumatique de référence issu d'un moule différent de la même dimension.

Moyennant quelques adaptations supplémentaires, il peut aussi servir de modèle de base
15 pour les dimensions différentes d'un même modèle de pneumatique de diamètre différent.

Enfin, la collection d'algorithmes spécifiques peut servir à la création de modèles de base pour des pneumatiques de dimensions différentes.

On obtient donc une hiérarchisation des modèles de base qui se regroupent en fonction de la ressemblance entre les différents algorithmes utilisés.

REVENDEICATIONS

1. Procédé d'inspection d'une surface d'une surface à inspecter d'un pneumatique à inspecter par comparaison avec une surface de référence d'un pneumatique de référence,
5 lesdites surfaces comprenant des marquages ou des éléments en relief, **caractérisé en ce qu'on met en œuvre les étapes au cours desquelles:**

à l'aide d'un système d'acquisition, on capture une image du relief de la surface d'un pneumatique de référence prélevé dans la fabrication et considéré comme conforme, laquelle image est formée par une image bidimensionnelle en niveau de gris ou en
10 couleur, et une image tridimensionnelle en niveau de gris dans laquelle à chaque point de l'image est affectée une valeur de niveau de gris proportionnelle à l'élévation topographique de ce point, et on transmet les données obtenues à un processeur contenant dans sa mémoire des instructions codées qui, lorsqu'elles sont exécutées, permettent de réaliser les étapes du procédé,

15 – on réalise, par interaction d'un opérateur avec ledit processeur un paramétrage des caractéristiques principales, et une cartographie de la surface de référence du pneumatique de référence par découpage de l'image de la surface de référence du pneumatique de référence en plusieurs zones d'intérêt distinctes, chacune des zones d'intérêt comprenant une forme ou un relief caractéristique, les zones d'intérêt étant
20 séparées par des frontières, et on affecte à chacune des zones d'intérêt préalablement identifiée un ou plusieurs algorithmes de recalage et de contrôle choisis dans une collection d'algorithmes préalablement constituée et stockée dans une mémoire dudit processeur,

– on capture, à l'aide dudit système d'acquisition, une image du relief de la surface
25 à inspecter d'un pneumatique à inspecter issu d'un même moule que le pneumatique de référence, et distinct du pneumatique de référence, et on transmet les données obtenues au processeur,

– de façon automatique, et sur la base des caractéristiques principales
30 préalablement définies et enregistrées dans la mémoire du processeur, ledit processeur effectue, en exécutant les instructions codées, les opérations au cours desquelles :

- on réalise au moins un prétraitement de l'image acquise,
- on superpose ladite cartographie sur l'image de la surface à inspecter dudit pneumatique à inspecter de manière à déterminer les zones d'intérêt du
35 pneumatique à inspecter
- on met en œuvre les algorithmes de recalage et de contrôle spécifiques à

chacune des zones d'intérêt du pneumatique à inspecter, pour en déterminer la conformité.

2. Procédé d'inspection selon la revendication 1, dans lequel le prétraitement de l'image acquise comprend un ou plusieurs traitements choisis parmi les algorithmes suivants :

- 5 – une mise à plat du profil radial de la surface.
- la conversion des coordonnées polaires exprimées par rapport à l'axe de rotation du pneumatique de l'image de la surface du flanc du pneumatique en coordonnées cartésiennes,
- des corrections liées aux défauts du système optique réalisant l'acquisition tels
- 10 que la correction des déformations optiques localisées ou la correction des zones d'ombre.

3. Procédé d'inspection selon l'une des revendications 1 ou 2, dans lequel le paramétrage des caractéristiques principales du pneumatique de référence comprend des données choisies parmi les caractéristiques suivantes :

- 15 – une somme de la valeur des niveaux de gris des colonnes et des lignes de l'image tridimensionnelle brute ou filtrée, formant une signature unidimensionnelle,
- une courbure moyenne du flanc,
- une forme du contour d'un relief caractéristique présent dans une zone d'intérêt donnée, formant des imageries caractéristiques en deux dimensions,
- 20 – un ou plusieurs points caractéristiques d'un relief caractéristique présent dans une zone d'intérêt,
- un moment géométrique,
- une ou plusieurs mesures géométriques entre les points caractéristiques telles que des distances ou des angles,
- 25 – une réponse à un opérateur morphologique sur la base d'un élément structurant de forme et d'orientation données,
- une image de référence de l'orientation des gradients d'élévation de plus forte pente d'une soufflure,
- des filtres morphologiques et des réponses à des caractérisations de type
- 30 texture.

4. Procédé d'inspection selon la revendication 3 dans lequel la collection d'algorithmes de recalage comprend au moins un procédé de recalage pour mettre en coïncidence le relief d'une zone d'intérêt de la surface de référence avec le relief de la zone d'intérêt de la surface à inspecter.

35 5. Procédé d'inspection selon la revendication 4 dans lequel le procédé de recalage est

choisi, par ordre de complexité croissante, parmi un ou plusieurs des procédés suivant :

- mise en correspondance des signatures unidimensionnelles et recalage angulaire,
 - mise en correspondance des points caractéristiques,
 - 5 - mise en correspondance des imquettes caractéristiques,
 - mise en correspondance des reliefs en trois dimensions.
6. Procédé d'inspection selon la revendication 5, dans lequel la collection d'algorithmes comprend des algorithmes de premier niveau fondés sur des analyses telles que la
- 10 comparaison des contours des imquettes caractéristiques, la comparaison des mesures géométriques entre les points caractéristiques, la comparaison des moments géométriques.
7. Procédé d'inspection selon la revendication 5, dans lequel la collection d'algorithmes de contrôle comprend au moins un procédé spécifique pour analyser les zones d'intérêt dans lesquelles le relief caractéristique est formé par un ou plusieurs caractères
- 15 alphanumériques.
8. Procédé d'inspection selon la revendication 5, dans lequel la collection d'algorithmes de contrôle comprend au moins un procédé spécifique pour analyser les zones d'intérêt dans lesquelles le relief caractéristique est formé par des stries.
9. Procédé d'inspection selon la revendication 5, dans lequel la collection d'algorithmes
- 20 de contrôle comprend au moins un procédé spécifique pour analyser les zones d'intérêt dans lesquelles le relief caractéristique est lisse.
10. Procédé d'inspection selon la revendication 5, dans lequel la collection d'algorithmes de contrôle comprend au moins un procédé spécifique pour analyser les zones d'intérêt dans lesquelles le relief caractéristique est formé par une plaquette amovible.
- 25 11. Procédé d'inspection selon la revendication 5, dans lequel la collection d'algorithmes de contrôle comprend au moins un procédé spécifique pour analyser les zones dans lesquelles le relief caractéristique comprend un événement.
12. Procédé d'inspection selon la revendication 5, dans lequel la collection d'algorithmes de contrôle comprend au moins un procédé spécifique pour analyser les zones d'intérêt
- 30 dans lequel le relief caractéristique est formé par la bande de roulement.
13. Procédé d'inspection selon la revendication 5, dans lequel la collection d'algorithmes de contrôle comprend au moins un procédé spécifique pour analyser les zones dans lesquelles le relief caractéristique comprend un témoin d'usure.
14. Procédé d'inspection selon la revendication 5 dans lequel la collection d'algorithmes

de contrôle comprend au moins un procédé spécifique pour analyser les zones dans lesquelles le relief caractéristique comprend de la texture.

15. Programme d'ordinateur comprenant des instructions de code aptes, lorsqu'il est exécuté sur un ordinateur, à commander la mise en œuvre des étapes du procédé selon l'une des revendications 1 à 14.

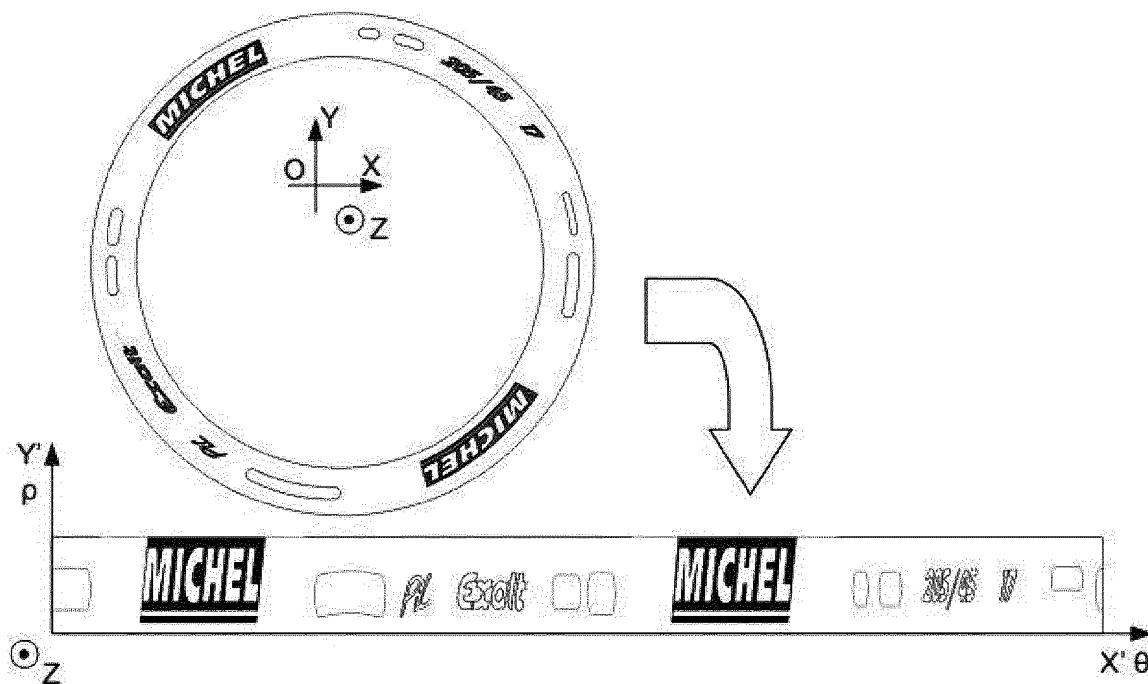


Fig 1

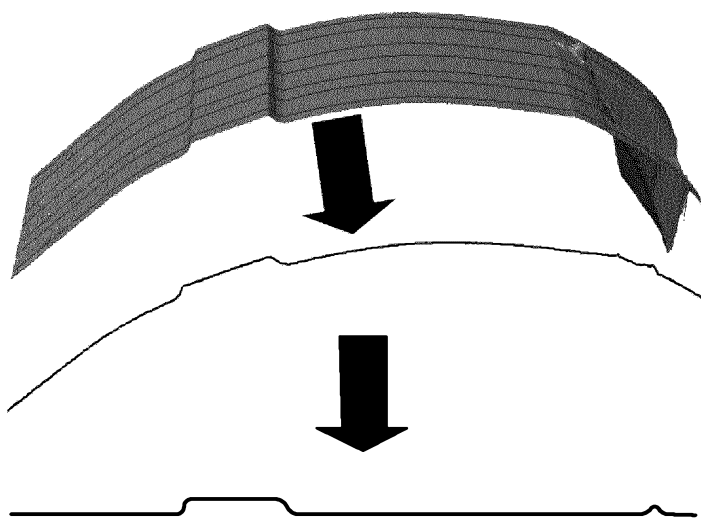


Fig 2

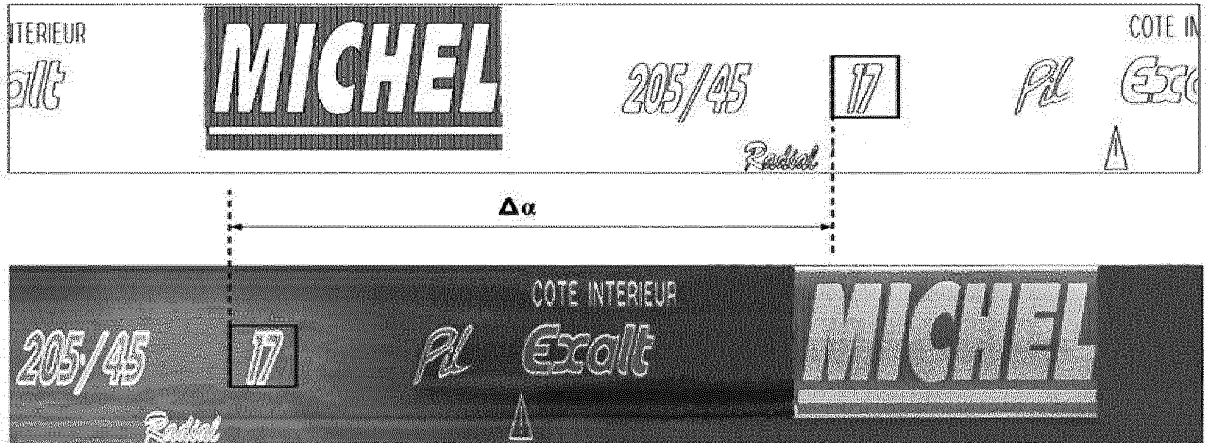


Fig 3

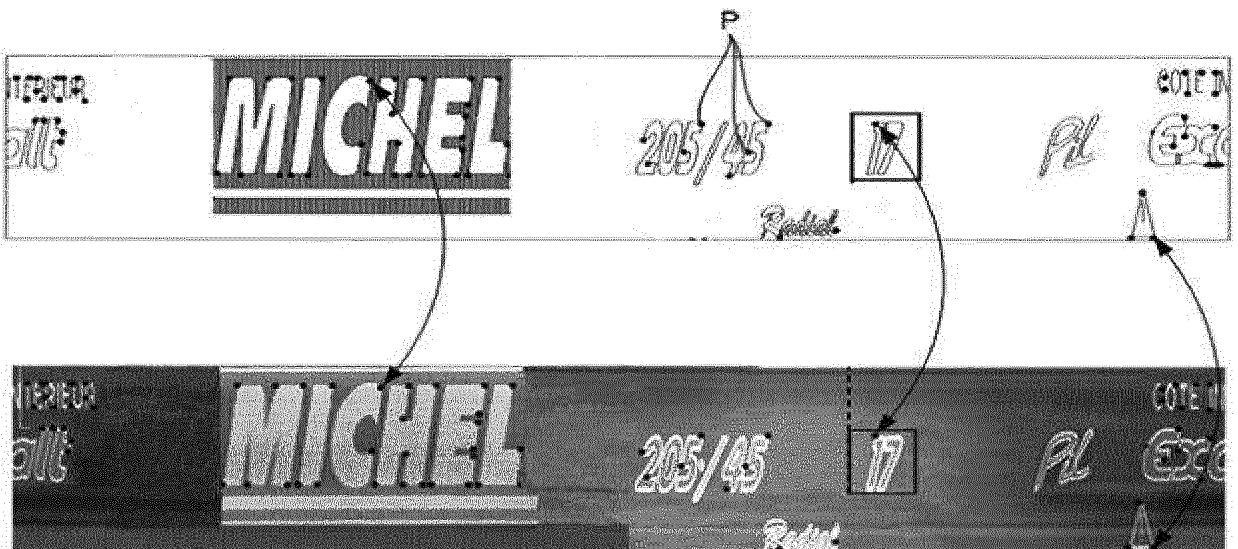


Fig 4

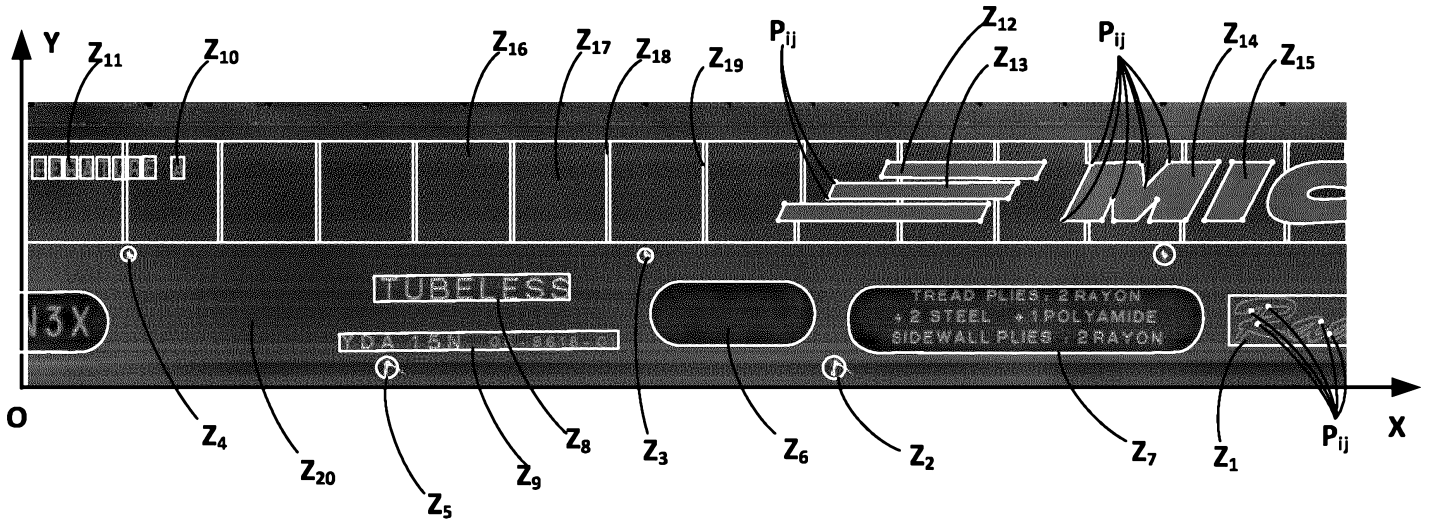


Fig 5

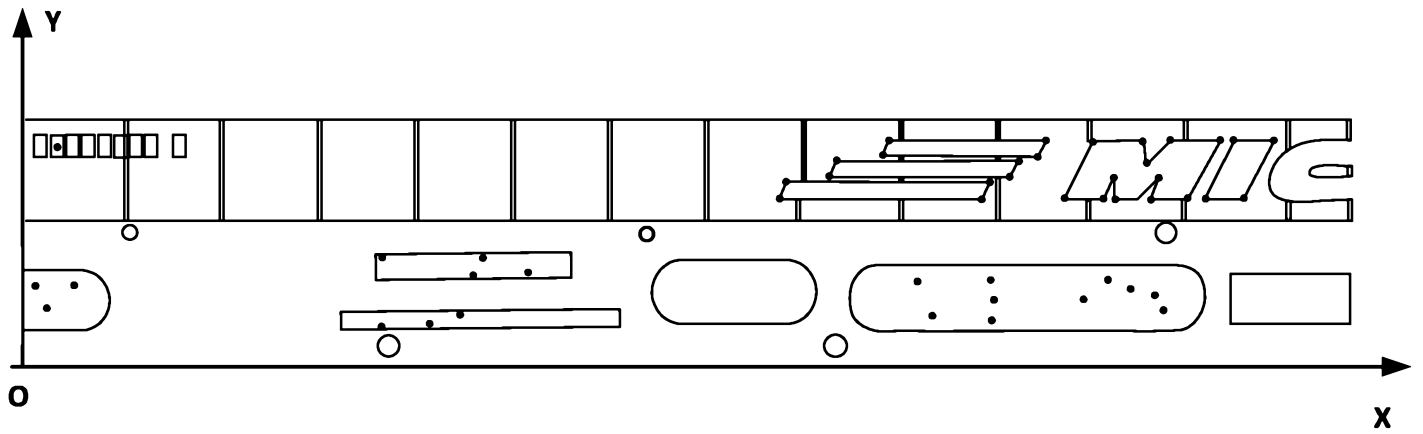


Fig 6

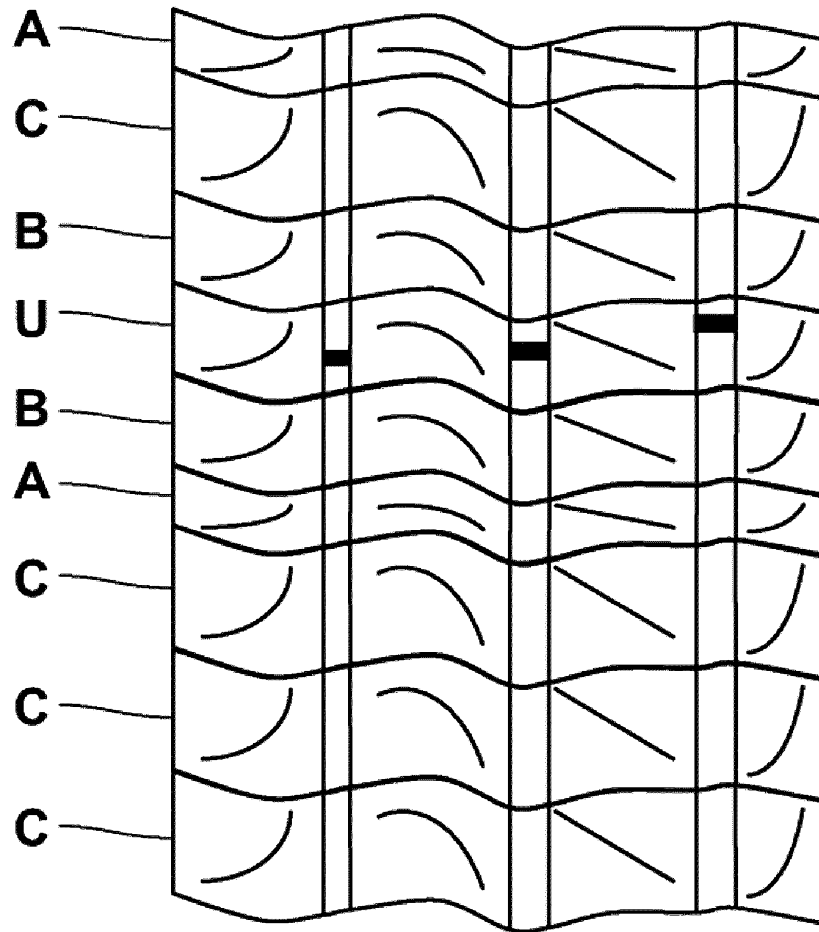


Fig 7

RAPPORT DE RECHERCHE

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

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

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

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

CONDITIONS D'ÉTABLISSEMENT DU PRÉSENT RAPPORT DE RECHERCHE

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

DOCUMENTS CITÉS DANS LE PRÉSENT RAPPORT DE RECHERCHE

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

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

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

Anonymous: "The New Image of Automatic Defect Recognition", , 12 janvier 2014 (2014-01-12), pages 1-5, XP055280061, Extrait de l'Internet: URL:http://web.archive.org/web/20140112110350/http://www.ndtnet.com/m/yxlon/auto_img_paper.htm [extrait le 2016-06-13]

ANDREW WILSON: "3-D vision system checks tires", VISION SYSTEMS DESIGN, vol. 11, no. 2, 1 février 2006 (2006-02-01), pages 1-8, XP055280105, US ISSN: 1089-3709

WO 2009/077539 A2 (MICHELIN SOC TECH [FR]; MICHELIN RECH TECH [CH]; JOLY ALEXANDRE [FR];)
25 juin 2009 (2009-06-25)

WO 2012/055748 A1 (MICHELIN SOC TECH [FR]; MICHELIN RECH TECH [CH]; VINCIGUERRA REGIS [FR])
3 mai 2012 (2012-05-03)

WO 2012/156262 A1 (MICHELIN & CIE [FR]; MICHELIN RECH TECH [CH]; NOYEL GUILLAUME [FR]; ZA)
22 novembre 2012 (2012-11-22)

WO 2014/198777 A1 (MICHELIN & CIE [FR]; MICHELIN RECH TECH [CH])
18 décembre 2014 (2014-12-18)

WO 2012/052300 A1 (MICHELIN SOC TECH [FR]; MICHELIN RECH TECH [CH]; JOLY ALEXANDRE [FR];)
26 avril 2012 (2012-04-26)

US 2011/222754 A1 (ZHAO FEI [US] ET AL)
15 septembre 2011 (2011-09-15)

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

NEANT

N° d'enregistrement national : 1557142

N° de publication : 3039684

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

NEANT