

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
COURBEVOIE

①1 N° de publication : **3 146 830**

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

②1 N° d'enregistrement national : **23 02595**

⑤1 Int Cl⁸ : **B 29 D 30/54 (2023.01), G 01 B 11/00**

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

⑫② Date de dépôt : 21.03.23.

⑫③ Priorité :

⑫④ Date de mise à la disposition du public de la
demande : 27.09.24 Bulletin 24/39.

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) : *COMPAGNIE GENERALE DES ETA-
BLISSEMENTS MICHELIN Société en commandite par
actions — FR.*

⑦② Inventeur(s) : BOUGE Pierre, LUTZ Matthieu, LETO-
CART Arnaud et FIGON Michael.

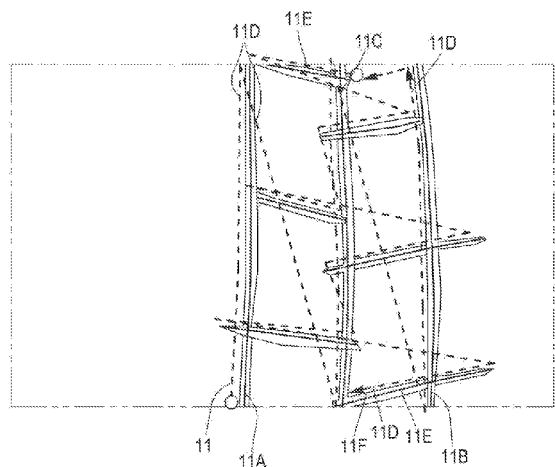
⑦③ Titulaire(s) : COMPAGNIE GENERALE DES ETA-
BLISSEMENTS MICHELIN Société en commandite par
actions.

⑦④ Mandataire(s) : MANUFACTURE FRANCAISE DES
PNEUMATIQUES MICHELIN.

⑫④ Système et procédé de nettoyage automatique de fond de sculpture de pneumatique.

⑫⑤ L'invention concerne un procédé de nettoyage d'une
sculpture d'un pneumatique identifié endommagé en cours
de rechapage, le procédé mis en œuvre par au moins un
processeur comprenant un module de traitement qui applique,
à au moins un réseau neuronal, les données repré-
sentatives des images capturées de la sculpture du
pneumatique identifié. L'invention concerne aussi un procé-
dé de rechapage comprenant le procédé divulgué. L'inven-
tion concerne en outre un système de nettoyage
automatique permettant le nettoyage d'une sculpture d'un
pneumatique identifié en cours de rechapage.

Figure pour l'abrégié: Fig. 11



FR 3 146 830 - A1



Description

Titre de l'invention : Système et procédé de nettoyage automatique de fond de sculpture de pneumatique

Domaine technique

[0001] L'invention concerne un système et procédé de nettoyage d'une sculpture d'un pneumatique en cours de rechapage. Plus particulièrement, l'invention concerne l'emploi d'un dispositif de nettoyage portant un outil de traitement qui est capable de nettoyer les sculptures de pneumatiques identifiés d'être rechapés.

Contexte

[0002] Dans le domaine de fabrication et maintien de pneumatiques, le rechapage est un processus connu pour mettre en état de fonctionnement d'un pneumatique usé en renouvelant la gomme de la bande de roulement et le ou les plis. Au cours du processus de rechapage, les anciens produits de la bande de roulement sont retirés et remplacés par de nouveaux matériaux. Le rechapage est une méthode qui est connue et réglementée dans plusieurs industries (y compris, sans limitation, l'industrie transport, l'industrie aérienne, l'industrie d'extraction et l'industrie agricole). Les dommages pourraient correspondre à une ou quelques familles de dommage (y compris, sans limitation, des dommages de sculpture, des dommages d'arrachement, des dommages de coupure et des dommages de perforation).

[0003] Quel que soit le type de pneumatiques rechapés, les étapes d'un procédé de rechapage sont sensiblement les mêmes de l'entrée d'un pneumatique à une installation de rechapage jusqu'à sa sortie. Pendant le procédé de rechapage, un processus de réparation est réalisé pendant lequel les pneumatiques destinés pour rechapage sont examinés pour que les dommages existants puissent être identifiés et localisés. Pendant le processus de réparation, une détection visuelle du dommage est faite (soit par moyens manuels soit par moyens automatiques (par exemple, une ou des caméras) soit par une combinaison des deux). Si on focalise sur la réparation des dommages du type « sculpture », pendant le processus de réparation, une étape de nettoyage du dommage est réalisée à l'aide d'une soufflette à air comprimé et d'une brosse douce. Ensuite, une étape d'élimination de la gomme restant est réalisée à l'aide d'une brosse dure pour mettre à nue la première nappe sommet. Le processus de réparation continue avec une détection visuelle de la présence de corrosion sur les câbles métalliques (soit par moyens manuels soit par moyens automatiques (par exemple, une ou des caméras) soit par une combinaison des deux). Si cette détection visuelle confirme la présence de corrosion, une étape de suppression est réalisée à l'aide d'une meule. Ces étapes de détection/suppression de corrosion sont répétées sur les différentes nappes successives

tant que de la corrosion est détectée. Après la réalisation du processus de réparation, le procédé de rechapage peut continuer dans un ordre d'étapes typique vers la sortie d'un pneumatique de l'installation de rechapage (les étapes comprenant, sans limitation, une étape de pose de bande de roulement, une étape de cuisson, une étape de contrôle et une étape d'expédition). Jusqu'à maintenant, une ou plusieurs étapes du processus de réparation des dommages sont réalisées manuellement.

[0004] Il existe des efforts en cours pour automatiser au moins une partie du processus de réparation. Par exemple, le brevet européen EP2456612B1 divulgue un système de pulvérisation automatique d'une colle à dissolution lors du rechapage d'un pneumatique. La pulvérisation de colle intervient après le processus de réparation et juste avant la pose de la bande de roulement. La colle est pulvérisée dans des trous et/ou des cratères détectés automatiquement par acquisition d'un profil tridimensionnel (ou « 3D ») obtenu par un profilomètre. La colle pulvérisée est enfin appliquée sur les trous et/ou les cratères par un applicateur automatique.

[0005] Le brevet européen EP3551443B1 divulgue un système de réparation automatique de dommages lors du rechapage d'un pneumatique. Le système divulgué comprend un profilomètre laser déporté et fixe qui permet de scanner toute la bande de roulement en mettant la carcasse en rotation. Le système comprend aussi une caméra couleur embarquée sur un robot qui prend des photos d'un dommage une fois que la gomme le recouvrant a été enlevée. Ces images couleurs sont utilisées pour réaliser la détection de corrosion en analysant les couleurs de l'image (par exemple, en recherchant la couleur rouge sur les câbles). L'algorithme de traitement utilise l'information tridimensionnelle (3D) du profilomètre pour détecter les dommages. Les traitements utilisés pour détecter les dommages comprennent la construction d'un profil moyen et la comparaison à ce profil. Ces traitements seraient suffisants si la carcasse pouvait être considérée comme un corps rigide. Cependant, une carcasse est plutôt un corps déformable qui peut présenter de nombreuses déformations plus ou moins locales (par exemple, un faux rond plus ou moins prononcé). Ces déformations peuvent être considérées comme des dommages écartés par rapport à un profil moyen. Le système divulgué ne peut donc pas s'adapter à tous les dommages possibles.

[0006] Le brevet européen EP2414153B1 divulgue une machine qui réalise un procédé automatique pour l'identification et le travail de défauts sur les pneumatiques usagés. La machine divulguée comprend un système de vision qui s'appuie sur un projecteur infrarouge pour obtenir une information 3D sur le dommage en cours d'analyse. Pendant le procédé, un balayage automatique de la surface de travail du pneu permet d'identifier la morphologie des dommages et de faire une comparaison entre les morphologies identifiées et une référence de dommages connus. Une sélection du travail et d'un outil correspondant est réalisée pour exécuter le travail sélectionné sur le

dommage identifié.

[0007] Il n'y a rien dans l'art antérieur qui propose l'établissement d'un lien entre l'identification et la localisation des dommages et le nettoyage des dommages à l'aide d'un outil de traitement de manière complètement automatisée. Ainsi, l'invention divulguée concerne la réparation automatique des dommages du type « sculpture » détectés par apprentissage. Un traitement algorithmique s'appuie sur des milliers d'images d'apprentissage pour que l'algorithme apprenne à reconnaître les points de l'image (tridimensionnelles et couleur) appartenant à une sculpture d'un pneumatique identifié pour rechapage. Cette approche est évolutive et deviendra de plus en plus robuste car il est possible d'intégrer à l'apprentissage les images de sculpture non détectée afin d'étendre le périmètre d'utilisation de l'algorithme. De plus, le nettoyage des sculptures ne dépend d'aucune recette prédéfinie car la trajectoire de traitement est définie à la volée en fonction de la forme de la sculpture.

Résumé de l'invention

[0008] L'invention concerne un procédé de nettoyage d'une sculpture d'un pneumatique identifié endommagé en cours de rechapage, le procédé mis en œuvre par au moins un processeur comprenant un module de traitement qui applique, à au moins un réseau neuronal, les données représentatives des images capturées de la sculpture du pneumatique identifié, caractérisé en ce que le procédé comprend les étapes suivantes :

- une étape de fourniture d'un système de nettoyage automatique ce dont le processeur fait partie pour reconnaître automatiquement un ordre de traitement des dommages dans la sculpture du pneumatique identifié ;
- une étape de calibration d'un dispositif de nettoyage qui fait partie du système de nettoyage automatique, le dispositif de nettoyage comprenant un périphérique de traitement soutenu par un bras allongé pivotant qui s'étend jusqu'à une extrémité libre où un outil de traitement est disposé le long d'un axe longitudinal commun ;
- une étape de positionnement du pneumatique identifié dans un espace de traitement où le dispositif de nettoyage le traite ;
- une étape de positionnement d'au moins une caméra qui fait partie du système de nettoyage automatique à une distance référentielle par rapport à une surface de roulement du pneumatique identifié ;
- une étape de détection des sculptures comprenant un traitement secteur par secteur pour le pneumatique identifié incorporant un ou des scans suivis par un traitement des sculptures du pneumatique identifié pour récupérer une image couleur et tridimensionnelle (3D) de chaque secteur scanné ;
- une étape de création des trajectoires tridimensionnelles (3D) que le dispositif de nettoyage devrait suivre pour traiter les sculptures ;

- une étape de simplification des chemins verticaux et horizontaux pendant laquelle un point 3D associé à chaque point de chaque chemin est récupéré;
- une étape d'ajout des points d'approche et de retrait pour compléter la trajectoire 3D obtenue après l'étape de simplification des chemins, pendant laquelle, en début et en fin de chaque chemin vertical et horizontal, un point d'approche et un point de retrait sont ajoutés permettant au dispositif de nettoyage de commencer et de terminer le traitement du chemin qui correspond à une sculpture sur la surface de roulement du pneumatique identifié ; et
- une dernière étape de calcul des orientations de l'outil de traitement pendant laquelle une orientation 3D de l'outil de traitement est calculée en chaque point de chaque chemin vertical et horizontal ;

de sorte que le dispositif de nettoyage est mis en mouvement pour que le périphérique de traitement puisse poser l'outil de traitement pour réaliser le nettoyage de la sculpture du pneumatique identifié.

[0009] Dans certains modes de réalisation du procédé de nettoyage de l'invention, pendant l'étape de détection des sculptures, le traitement secteur par secteur pour le pneumatique identifié comprend :

- pour chaque secteur du pneumatique identifié, une étape de scan du secteur suivi d'un traitement du secteur scanné ;
- un scan de tous les secteurs successifs du pneumatique identifié suivi par un traitement de tous les secteurs successifs scannés ; ou
- un scan du pneumatique en cours de traitement sur un poste différent de celui où un traitement des secteurs scannés est effectué ;

de sorte que d'un traitement d'un ou des secteurs scannés est réalisé par le dispositif de nettoyage.

[0010] Dans certains modes de réalisation du procédé de nettoyage de l'invention, l'étape de calibration du dispositif de nettoyage comprend une phase de calibration pour estimer la pose de la caméra par rapport à une base du dispositif de nettoyage.

[0011] Dans certains modes de réalisation du procédé de nettoyage de l'invention, l'étape de calibration du dispositif de nettoyage comprend une étape de positionnement d'une mire de calibration dans l'espace de traitement, pendant laquelle la caméra met en œuvre un processus pour estimer la pose de la caméra dans le repère du périphérique de brossage.

[0012] Dans certains modes de réalisation du procédé de nettoyage de l'invention, pendant l'étape de positionnement du pneumatique identifié, le pneumatique identifié est positionné à la proximité du dispositif de nettoyage sur un tambour rotatif disposé dans l'espace de traitement, de sorte que, dans le cours d'un processus de réparation d'un procédé de rechapage, le tambour fait tourner le pneumatique identifié pour qu'il

puisse être traité secteur par secteur.

[0013] Dans certains modes de réalisation du procédé de nettoyage de l'invention, l'étape de positionnement de la caméra comprend une étape de vérification d'un scan réalisée par la caméra comprenant les étapes suivantes :

- une étape d'identification d'une zone centrale horizontale du scan qui est utilisée pour vérifier que la distance entre le pneumatique identifié et la caméra est correcte ;
- une étape de calcul d'une distance moyenne (D_{moy}) des points à l'intérieur de la zone centrale horizontale ;
- une étape de conservation des points 3D sous la forme d'un masque de surface comprenant une image binaire représentant les points appartenant à la surface de roulement du pneumatique identifié ;
- une étape de calcul à nouveau la distance moyenne (D_{moy}) en ne considérant que les points de la zone centrale horizontale qui appartiennent à la surface de roulement du pneumatique identifié pour obtenir une distance ($D_{moy_surface}$) ;
- une étape de comparaison de la distance ($D_{moy_surface}$) avec la distance référentielle de la caméra ;
- une étape de calcul des deux lignes verticales qui délimitent le début et la fin du masque de surface pour permettre de vérifier que la caméra est centrée par rapport à la surface de roulement du pneumatique identifié ;
- une étape de calcul d'une ligne verticale centrale située au milieu des lignes verticales ; et
- où la ligne verticale centrale calculée s'écarte de la ligne centrale de l'image au-delà un seuil prédéterminé, une étape d'application d'une correction latérale à la position de la caméra pour la recentrer par rapport à la surface de roulement du pneumatique identifié.

[0014] Dans certains modes de réalisation du procédé de nettoyage de l'invention, l'étape de détection des sculptures comprend une étape d'application d'un réseau neuronal sur l'image couleur et 3D pour déterminer quels points représentent des sculptures du pneumatique identifié à traiter avec l'outil de traitement, pendant laquelle, à chaque image, le masque de surface est récupéré en sortie du réseau neuronal où chaque point blanc indique que le point représente une sculpture à nettoyer.

[0015] Dans certains modes de réalisation du procédé de nettoyage de l'invention, l'étape de création des trajectoires tridimensionnelles (3D) comprend les étapes suivantes :

- une étape de préparation des données, pendant laquelle les points appartenant aux contours de tous les objets blancs présents dans le masque de surface sont extraits pour obtenir un ensemble de polygones avec des trous ; et
- une étape d'extraction des chemins bidimensionnels (2D) horizontaux et verticaux, pendant laquelle les trous présents à l'intérieur des polygones extraits pendant l'étape

de préparation des données sont supprimés, cette étape comprenant les étapes suivantes :

- une étape de calcul d'un squelette morphologique de chaque polygone comprenant l'extraction de l'ensemble des points centraux de chaque polygone, dans lequel chaque squelette morphologique est constitué de nœuds représentant des extrémités du squelette morphologique et/ou les points de croisements, et de chemins comprenant des points situés entre deux nœuds ;
- une étape de classement de chaque chemin en catégorie chemin horizontal ou catégorie chemin vertical, pendant laquelle les chemins de même catégorie sont fusionnés avec des extrémités proches et, une fois la fusion réalisée, le sens de parcours de chaque chemin est figé ; et
- une étape d'élaboration des trajectoires 3D qui est réalisée une fois les chemins verticaux et horizontaux extraits, pendant laquelle les chemins verticaux et les chemins horizontaux sont ordonnés ;

de sorte que l'ensemble ordonné des chemins verticaux et horizontaux donne l'ordre de traitement de toutes les sculptures du secteur scanné du pneumatique identifié.

[0016] Dans certains modes de réalisation du procédé de nettoyage de l'invention, pendant l'étape d'ajout des points d'approche et de retrait :

- un premier point d'approche est construit en le décalant d'une distance (L) prédéterminée du premier point ou du dernier point du chemin, et, une fois décalé, le premier point d'approche est rapproché de la caméra de la distance (L) ; et
- un deuxième point d'approche est construit à partir du premier point d'approche en rapprochant ce deuxième point d'approche de la caméra d'une deuxième distance (L2) en partant du premier point d'approche.

[0017] Dans certains modes de réalisation du procédé de nettoyage de l'invention, l'étape de calcul des orientations de l'outil de traitement comprend une étape de calcul de la normale 3D en chaque point ainsi que le vecteur directeur entre chaque paire de points successifs, dans lequel le vecteur directeur donne la direction à suivre entre deux points de chaque chemin, où la normale donne l'orientation de l'axe Z de l'outil de traitement, le vecteur directeur donne l'orientation de l'axe X de l'outil de traitement, et l'axe Y est fixé automatiquement en fonction de la fixation des axes X et Z.

[0018] Dans certains modes de réalisation du procédé de nettoyage de l'invention, le processeur se réfère à un tableau de taille de pneumatiques variés pour effectuer une détermination d'un ou des paramètres du pneumatique identifié.

[0019] Dans certains modes de réalisation du procédé de nettoyage de l'invention, l'outil de traitement comprend au moins une brosse.

[0020] L'invention concerne aussi un procédé de rechapage comprenant le procédé de nettoyage divulgué.

[0021] L'invention concerne en outre un système de nettoyage automatique permettant le nettoyage d'une sculpture d'un pneumatique identifié en cours de rechapage, le système de nettoyage automatique comprenant :

- au moins un dispositif de nettoyage comprenant un robot ayant un périphérique de nettoyage soutenu par un bras allongé pivotant et s'étendant du bras allongé jusqu'à une extrémité libre où un outil de traitement est disposé le long d'un axe longitudinal commun ;

- un système de détection pour recueillir l'information sur l'environnement physique autour du dispositif de nettoyage ; et

- un réseau de communication qui gère les données entrantes au système de nettoyage automatique à partir de chaque dispositif de nettoyage, le réseau de communication comprenant au moins un serveur de communication permettant d'exécuter des instructions programmées stockées dans une mémoire d'un ou des processeurs du système de nettoyage automatique pour mettre en œuvre le procédé de nettoyage de l'invention ;

de sorte que le dispositif de nettoyage est configuré sur un ou plusieurs paramètres du pneumatique identifié calculés par un module de traitement d'images incorporé dans la mémoire du processeur pour mettre le dispositif de nettoyage en mouvement pour que le périphérique de brossage puisse poser l'outil de traitement pour réaliser le nettoyage de la sculpture du pneumatique identifié.

[0022] Dans certains modes de réalisation du système de l'invention, le système de détection comprend au moins une caméra du type RGB-D fixée à au moins un parmi le bras allongé et le périphérique de traitement du dispositif de nettoyage.

[0023] D'autres aspects de l'invention vont devenir évidents grâce à la description détaillée suivante.

Brève description des dessins

[0024] La nature et les divers avantages de l'invention vont devenir plus évidents à la lecture de la description détaillée qui suit, conjointement avec les dessins annexés, sur lesquels les mêmes numéros de référence désignent partout des parties identiques, et dans lesquels :

[Fig.1] La [Fig.1] représente une vue schématique en section transversale d'un mode de réalisation d'un pneumatique connu.

[Fig.2] La [Fig.2] représente une vue schématique d'un mode de réalisation d'un dispositif de nettoyage qui fait partie d'un système de nettoyage automatique de l'invention.

[Fig.3] La [Fig.3] représente un exemple d'une visualisation d'une partie d'un pneumatique obtenue pendant un procédé de nettoyage de l'invention.

[Fig.4] La [Fig.4] **représente une vue schématique d'un positionnement d'une caméra du système de nettoyage automatique de l'invention par rapport à une surface de roulement d'un pneumatique identifié en cours de rechapage.**

[Fig.5] La [Fig.5] **représente une vue schématique d'entrée des images couleurs et 3D à un réseau neuronal dans la création des masques de surface réalisée pendant le procédé de nettoyage l'invention.**

[Fig.6] La [Fig.6] représente un diagramme de flux d'un algorithme qui réalise un processus de génération des trajectoires 3D de traitement des sculptures.

[Fig.7] La [Fig.7] représente un exemple d'une extraction des contours associés au masque des sculptures créé pendant le procédé de nettoyage de l'invention.

[Fig.8] **La [Fig.8] représente un exemple d'un squelette créé pendant un processus de génération des trajectoires 3D de traitement des sculptures.**

[Fig.9]La [Fig.9] représente un exemple d'une boîte englobante pour classer des chemins horizontaux et verticaux pendant un processus de génération des trajectoires 3D.

[Fig.10] La [Fig.10] représente un exemple de fusion des chemins de même catégorie pendant un processus de génération des trajectoires 3D.

[Fig.11]La [Fig.11] représente un exemple d'un ordre des chemins verticaux et horizontaux retenus à la fin d'un processus de générations des trajectoires 3D.

[Fig.12] La [Fig.12] représente un exemple de simplification des chemins réalisée pendant le procédé de nettoyage de l'invention.

[Fig.13] [Fig.14]**La [Fig.13] représente un exemple de construction des points d'approche et des points de retraits réalisée pendant le procédé de nettoyage de l'invention, et la [Fig.14] représente un exemple des points d'approche et de retrait construits.**

[Fig.15]La [Fig.15] représente un exemple d'une orientation 3D d'un outil de traitement du système de nettoyage automatique de la [Fig.2] calculée pendant le procédé de nettoyage de l'invention.

Description détaillée

[0025] En considérant les caractéristiques d'un pneumatique d'être rechapé, il faut tenir compte de sa géométrie. Un pneumatique est un objet ayant une géométrie connue comprenant généralement plusieurs couches de gomme superposées (ou « couches »), ainsi qu'une structure métallique ou en fibres textiles constituant une carcasse de renfort de la structure de pneumatique. La nature de la gomme et la nature du renfort sont choisies en fonction des caractéristiques finales recherchées. La [Fig.1] comprend une représentation schématique d'un pneumatique 10 comprenant, de façon classique, deux bourrelets circonférentiels destinés à permettre l'accrochage du pneumatique sur

une jante. Chaque bourrelet comprend une tringle annulaire de renfort. La constitution d'un pneumatique est typiquement décrite par une représentation de ses constituants dans un plan méridien, c'est-à-dire un plan contenant l'axe de rotation du pneumatique. Les directions radiale, axiale et circonférentielle désignent respectivement les directions perpendiculaires à l'axe de rotation du pneumatique, parallèle à l'axe de rotation du pneumatique, et perpendiculaire à tout plan méridien. Les expressions « radialement », « axialement » et « circonférentiellement » signifient respectivement « selon une direction radiale », « selon la direction axiale » et « selon une direction circonférentielle » du pneumatique. Les expressions « radialement intérieur » et « respectivement radialement extérieur » signifient « plus proche, respectivement plus éloigné, de l'axe de rotation du pneumatique, selon une direction radiale.

- [0026] Le pneumatique 10 comprend également une bande de roulement 12, rajoutée sur la surface extérieure de pneumatique. La bande de roulement 12 destinée à entrer en contact avec un sol par l'intermédiaire d'une surface de roulement 12a. Le pneumatique 10 comprend en outre une armature de sommet comprenant une armature de travail 14 et une armature de frettage 16, l'armature de travail 14 ayant des couches de travail représentées par les couches 14a et 14b. Le pneumatique 10 comprend aussi deux flancs (un flanc 18 étant représenté dans la [Fig.1]) et deux bourrages 20 renforcés avec une tringle 22. Une couche carcasse radiale 24 s'étend d'un bourrelet à l'autre en entourant le tringle de manière connue. La bande de roulement 12 comporte des renforcements constitués, par exemple, des couches superposées comportant des fils de renforcement connus. Dans des modes de réalisation, le pneumatique peut inclure une gomme 26 qui évacue l'électricité statique produite lors du roulage.
- [0027] La bande de roulement 12 est délimitée, selon la direction radiale, par deux surfaces circonférentielles dont la plus radialement extérieure est la surface de roulement 12a et dont la plus radialement intérieure est appelée la surface de fond de sculpture. La surface de fond de sculpture (ou « surface de fond »), est définie comme la surface translatée de la surface de roulement radialement vers l'intérieur d'une distance radiale égale à la profondeur de sculpture. Il est courant que cette profondeur soit dégressive sur les portions circonférentielles les plus axialement extérieures (appelées « épaulés ») de la bande de roulement 12.
- [0028] De plus, la bande de roulement d'un pneumatique est délimitée, selon la direction axiale, par deux surfaces latérales. La bande de roulement est en outre constituée par un ou plusieurs mélanges caoutchouteux. L'expression « mélange caoutchouteux » désigne une composition de caoutchouc comportant au moins un élastomère et une charge.
- [0029] Afin d'obtenir des performances en adhérence sur sol mouillé, des découpures sont disposées dans la bande de roulement 12. Une découpe désigne soit un puits, soit une

rainure, soit une incision, soit un sillon circonférentiel et forme un espace débouchant sur la surface de roulement 12a. La performance d'une sculpture d'une bande de roulement doit être suffisamment constante malgré l'usure de ladite bande pour assurer la pérennité du pneumatique. En conséquence, il est nécessaire de maintenir une certaine épaisseur de matériaux caoutchouteux entre la face de fond des découpures (rainures ou sillons) et les éléments de renforcement pour garantir l'endurance du pneumatique. Par exemple, des rainures doivent avoir des largeurs suffisantes pour permettre une évacuation du liquide présent à la surface du sol quel que soit le stade de l'usure de la bande de roulement (12).

[0030] En se référant aux figures, sur lesquelles les mêmes numéros identifient des éléments identiques, la [Fig.2] représente un mode de réalisation d'un dispositif de nettoyage 100 qui fait partie d'un système de nettoyage automatique (ou « système ») de l'invention. Le système de nettoyage automatique l'invention met en œuvre un procédé de l'invention (« procédé ») permettant le nettoyage par outil de traitement d'une sculpture d'un pneumatique identifié en cours de rechapage. Le procédé divulgué incorpore une méthode d'apprentissage automatique qui est basée sur les données correspondantes aux images obtenues du pneumatique identifié dont l'algorithme employé analyse la surface de roulement du pneumatique identifié pour poser et pour insérer l'outil de traitement dans une découpe du pneumatique identifié. Il est entendu que le procédé de l'invention peut faire partie d'un procédé de rechapage existant pour améliorer son processus de réparation.

[0031] Dans un mode de réalisation du dispositif de nettoyage 100 du système de l'invention, le dispositif de nettoyage comprend un robot ayant un périphérique de traitement 102 soutenu par un bras allongé 104 pivotant. Le périphérique de traitement 102 s'étend du bras allongé 104 jusqu'à une extrémité libre 102a où un outil de traitement est disposé le long d'un axe longitudinal commun. Dans le mode de réalisation du dispositif de nettoyage 100 représenté dans la [Fig.2], l'outil de traitement comprend une brosse 106 qui est choisie parmi les brosses industrielles disponibles dans le commerce pour nettoyer les pneumatiques pendant les procédés de rechapage (par exemple, les brosses rotatives industrielles en filaments synthétiques ou métalliques). La description suivante fait référence à la brosse 106, mais il est entendu que d'autres outils de traitement équivalents pourraient être employés dans le cadre de l'invention (y compris, sans limitation, un couteau, une râpe, une carder, une fraise ou une meule).

[0032] La fixation de la brosse 106 (ou la fixation d'un outil de traitement équivalent) au périphérique de traitement 102 peut être réalisée par un vissage d'un adaptateur à l'extrémité libre 102a du périphérique de traitement. La fixation de la brosse 106 est réalisée de manière permettant sa rotation par rapport à l'axe longitudinal et permettant

aussi son filage autour un axe de rotation prédéfini pendant un processus de réparation. Il est entendu que la fixation de la brosse 106 au périphérique de traitement 102 peut être réalisée par un ou des moyens de fixation connus (y compris, sans limitation, le soudage, le collage et des moyens équivalents). Ainsi, le robot facilite le nettoyage d'une variété de découpures sans interruption de la rotation et/ou du filage de la brosse 106.

- [0033] Le dispositif de nettoyage 100 est mis en mouvement pour que le périphérique de traitement 102 puisse réaliser le nettoyage d'une sculpture d'un pneumatique identifié P (voir la [Fig.2]) par le dispositif de nettoyage pendant un procédé réalisé par le système de l'invention (comme décrit ci-dessous). Il est entendu que la sculpture du pneumatique identifié incorpore les découpures trouvées sur sa surface de roulement. Le terme "pneumatique identifié" (dans le singulier ou le pluriel) est utilisé ici pour faire référence à un pneumatique en cours de rechapage et présent dans l'environnement physique du système incorporant le dispositif de nettoyage 100 (l'environnement physique étant, par exemple, une installation de rechapage incorporant le dispositif de nettoyage 100).
- [0034] Il est entendu que la configuration du dispositif de nettoyage 100 est donnée à titre d'exemple. Par exemple, le dispositif de nettoyage 100 peut comprendre un robot fixe installé à une installation de rechapage, fixé, par exemple, à un support par rapport auquel le robot s'étend (par exemple, une base 110 comme représentée dans la [Fig.2]). Dans ce cas, il est entendu que le robot peut être fixé à un plafond, à un mur, à un sol ou à n'importe quel support qui permet la réalisation du procédé de l'invention en cours d'un procédé de rechapage. Il est entendu que le dispositif de nettoyage 100 peut comprendre au moins un robot itinérant. Par « itinérant », il est entendu que le dispositif de prise peut être mis en mouvement soit par des moyens de mouvement intégrés (par exemple, un ou des moteurs intégrés) soit par des moyens de mouvement non-intégrés (par exemple, un ou des moyens mobiles y compris les moyens mobiles autonomes). Il est entendu que le dispositif de nettoyage 100 peut être un robot industriel classique ou un robot collaboratif voire un robot delta ou à câble.
- [0035] Les découpures susceptibles d'être nettoyés par le dispositif de nettoyage 100 pendant le procédé de l'invention comprennent des rainures et des sillons. Les rainures sont les découpures permettant l'évacuation de l'eau. Une rainure a une largeur telle que les parois de matière en vis-à-vis la délimitant n'entrent pas en contact l'une avec l'autre, lors du passage de la bande de roulement dans la surface de contact, lorsque le pneumatique est soumis à des conditions de gonflage et de charge recommandées telles que définies notamment par les normes européennes de la « European Tyre and Rim Technical Organization » (Organisation technique européenne du pneu et de la roue) ou « E.T.R.T.O » dans son « Standards Manual 2020 – Commercial Vehicle Tyres »

(Manuel de normes 2020 – Pneus pour véhicules commerciaux). Les déformations en compression et en cisaillement des éléments en relief délimitant la rainure conditionnent les pressions dans le contact avec le sol et donc l'usure.

[0036] Un sillon est une rainure sensiblement circonférentielle, et les faces latérales sont sensiblement circonférentielles en ce sens, que leur orientation peut varier localement autour de plus ou moins 45° autour de la direction circonférentielle. L'ensemble des motifs appartenant au sillon se retrouve tout autour de la bande de roulement, formant un ensemble sensiblement continu (c'est-à-dire, présentant des discontinuités inférieures à 10% en longueur comparativement à la longueur des motifs.) Les sillons circonférentiels délimitent des nervures dont chaque nervure est composée des motifs de la sculpture compris entre un bord axial du pneumatique et un sillon circonférentiel le plus axialement extérieur voisin, soit compris entre deux sillons circonférentiels voisins.

[0037] La profondeur de la découpe est la distance radiale maximale entre la surface de roulement du pneumatique et le fond de la découpe.

[0038] Le dispositif de nettoyage 100 du système comprend aussi un système de détection (non représenté) pour recueillir l'information sur l'environnement physique autour du dispositif de nettoyage. Le système de détection comprend un ou des capteurs (y compris une ou des caméras) configurés pour effectuer une détection d'images bidimensionnelles (2D) et/ou tridimensionnelles (3D), une détection de profondeur en 3D, et/ou d'autres types de détection de l'environnement physique autour du dispositif de prise (il est entendu que les termes « capteur » et « caméra » sont utilisés de manière interchangeable). Dans les modes de réalisation du dispositif de nettoyage 100 du type représenté dans la [Fig.2], le ou les capteurs du système de détection sont fixés à au moins un parmi le bras allongé 104 et le périphérique de traitement 102 du robot. Dans des modes de réalisation du système de l'invention, ces capteurs pourraient faire partie d'un système de détection global qui emploie ces capteurs ensemble avec un ou des capteurs positionnés dans l'environnement physique dans lequel le dispositif de nettoyage 100 fonctionne.

[0039] Dans un mode de réalisation du dispositif le dispositif de nettoyage 100, le système de détection comprend au moins une caméra 200 qui fournit des images 3D représentées en un ensemble de points 3D avec des coordonnées X, Y, Z, et des valeurs de couleur rouge, vert, bleue (le format « RGB » ou « RGB-D »)(appelé « une caméra du type RGB-D »). Dans ce mode de réalisation, une caméra du type RGB-D est fixée à au moins un parmi le bras allongé 104 et le périphérique de traitement 102 du robot (le dernier étant représenté à titre d'exemple dans la [Fig.2]). Deux ou plusieurs caméras RGB-D peuvent être orientées de manière à obtenir un chevauchement prédéterminé entre les champs de vision des caméras. Comme utilisé ici, le terme

« caméra » inclut une ou plusieurs caméras.

[0040] Les caméras RGB-D fournissent généralement des informations sur la profondeur en utilisant des cartes de profondeur, étant des images où chaque pixel contient la distance entre la caméra et le point correspondant dans l'espace. Par rapport aux méthodes de mesure traditionnelles telles que la mesure manuelle et d'autres mesures basées sur des dispositifs électroniques, les données de nuages de points 3D provenant des caméras du type RGB-D ont un taux de mesure beaucoup plus élevé. En utilisant une structure plus éparsée, un nuage de points peut être construit à partir des images RGB-D en calculant le monde réel (par exemple, les coordonnées X, Y, Z) avec les données intrinsèques d'une caméra de numérisation. Ainsi, l'information sur l'environnement physique autour du dispositif de nettoyage 100 est obtenue des données de nuages de points 3D obtenues à partir de technologies de détection qui sont capables de capturer les géométries de surface 3D des pneumatiques de manière précise et efficace. Ces technologies de détection pourraient être choisies parmi les dispositifs disponibles dans le commerce (choisis, par exemple, parmi des caméras vendues sous la marque PHOTONEO™, des caméras vendues sous la marque ENSENSO® de la société IDS, des caméras vendues sous la marque ZIVID® de la société Zivid AS, des systèmes de vision artificielle vendus par la société Cognex Corp., et leurs équivalents).

[0041] Le terme « nuage de point » (ou « point cloud » en anglais) (dans le singulier ou le pluriel) est utilisé ici pour faire référence à une ou des collections de points de données dans l'espace. Une ou des caméras (ou un ou des appareils équivalents) recueillent des données tridimensionnelles (3D) et détectent les surfaces des objets (par exemple, des pneumatiques identifiés d'être traités pendant un procédé de rechapage) grâce à une série de coordonnées. Le stockage des informations sous la forme d'une collection de coordonnées spatiales peut permettre d'économiser de l'espace, car de nombreux objets ne remplissent pas une grande partie de l'environnement. Même si l'information n'est pas visuelle, l'interprétation des données comme un nuage de points aide à comprendre la relation entre plusieurs variables par moyen de la classification et la segmentation.

[0042] Il est entendu qu'une ou des caméras peuvent inclure un ou des modes de programmation, y compris par apprentissage, pour alimenter, modifier et entraîner au moins un réseau neuronal. Bien que les incarnations soient décrites ici en ce qui concerne l'utilisation d'un ou des réseaux neuronaux (par exemple, des réseaux neuronaux convolutifs, ou « convolutional neural network » en anglais or « CNN ») comme modèle d'apprentissage machine, d'autres types de modèles d'apprentissage machine peuvent être utilisés. Ceux-ci incluent, sans limitation, les modèles utilisant la régression linéaire, la régression logistique, les arbres de décision, les machines à vecteurs de support, les Bayes naïfs, le voisin le plus proche (knn), K signifie regroupement, forêt aléatoire, les algorithmes de réduction de la dimensionnalité, les al-

algorithmes à gradient, les réseaux de neurones (par exemple, les auto-encodeurs, les CNN, les RNN, les perceptrons, la mémoire logarithmique à court terme (LSTM), Hopfield, Boltzmann, la croyance profonde, la déconvolution, la confrontation générative (GAN), etc.) et leurs compléments et équivalents. Le ou les CNNs peuvent être formés avec des données de vérité de terrain (ou « ground truth » en anglais) qui sont générées en utilisant des données de capteurs représentatives du mouvement du dispositif de nettoyage 100, y compris le positionnement du périphérique de traitement 102 et de l'outil de traitement (par exemple, la brosse 106).

- [0043] Dans certains modes de réalisation du dispositif de nettoyage 100, la caméra 200 déclenche lorsqu'un segment du pneumatique identifié entre dans le champ de vision de la caméra. Dans les cas où une partie de pneumatique n'est pas visible dans l'image obtenue par le système de détection du dispositif de nettoyage 100 (par exemple, la caméra 200), un point d'accroche peut être placé à une position connue par rapport au capteur (par exemple, à une distance horizontale connue et à une distance verticale connue par rapport à la position de la caméra).
- [0044] Le système de détection du dispositif de nettoyage 100 détecte la présence d'un agencement de dommages de sculpture dans le champ de vision du système de détection (par exemple, le champ de vision de la caméra 200), ce qui le déclenche pour capturer l'image d'une surface de roulement du pneumatique identifié pour rechapage. Dans tous les modes de réalisation du système de l'invention, le système « cherche », dans l'image obtenue par le système de détection, la présence des dommages « vus » par le dispositif de nettoyage 100. Si aucun dommage n'est détecté, le système de détection continue d'obtenir les images jusqu'à ce que la recherche du pneumatique soit épuisée.
- [0045] Le système de détection peut déterminer l'information sur l'environnement physique autour du pneumatique identifié qui peut être utilisée par un système de contrôle du système de l'invention (le système de contrôle comprenant, par exemple, un logiciel de planification des mouvements du dispositif de nettoyage 100). Le système de contrôle pourrait se trouver sur le robot ou il pourrait être en communication à distance avec le robot. Dans des modes de réalisation du système de l'invention, un ou plusieurs capteurs 2D ou 3D montés sur le robot (y compris, sans limitation, des capteurs de navigation) peuvent être intégrés pour constituer un modèle numérique de l'environnement physique (y compris, où applicable, le ou les côtés, le sol et le plafond). En utilisant les données obtenues, le système de contrôle peut provoquer le mouvement du robot pour naviguer entre les positions de prises des images des pneumatiques pendant des processus de réparation.
- [0046] Pour bien gérer la manipulation du dispositif de nettoyage 100 qui assure la prise claire des images du pneumatique identifié (par exemple, la manipulation du robot et le

positionnement de la brosse 106 comme représenté dans la [Fig.2]), il faut identifier le pneumatique en cours de rechapage et détecter le positionnement des dommages concernés. Ainsi, les données de détection font référence à une pluralité d'enregistrements représentatifs des positionnements des dommages d'au moins un pneumatique identifié ou une partie d'un pneumatique identifié suivi dans le temps. Par exemple, les données de détection peuvent inclure une ou plusieurs positions parmi des enregistrements des positions d'un point de référence sur une partie du pneumatique (par exemple, la surface de roulement) au fil du temps ou à des intervalles de temps définis; des données de capteur prises au fil du temps; un flux vidéo qui a été traité en utilisant une technique de vision par ordinateur; et/ou des données indiquant l'état de fonctionnement du dispositif de nettoyage 100 au fil du temps. Dans certains cas, les données de détection peuvent comprendre des données représentatives d'un ou des mouvements continus du dispositif de nettoyage 100 avant qu'il s'arrête pour prendre une ou des images des pneumatiques en cours de rechapage. Le système de détection est donc configuré pour générer les données de mouvement du dispositif de nettoyage 100.

- [0047] Le système de détection du dispositif de nettoyage 100 peut recevoir un fichier CAO du pneumatique identifié pour mettre en correspondance l'emplacement d'une découpe à partir du fichier CAO, avec la découpe identifiée en temps réel pour localiser et déterminer avec précision ses coordonnées. Le système de détection peut recevoir le fichier CAO par des méthodes de transmission de données connues de l'homme de l'art. Le système de détection peut en outre comprendre au moins une caméra et au moins un capteur (non représenté) pour déterminer l'emplacement (i.e., les coordonnées) des dommages sur la base des données recueillies en temps réel et/ou du profil de contour du pneumatique identifié.
- [0048] Dans des modes de réalisation de l'invention, le système de détection du dispositif de nettoyage 100 peut comprendre aussi un dispositif de capture de mouvement choisi parmi des capteurs infrarouges, des capteurs ultrasoniques, des accéléromètres, des gyroscopes, des capteurs de pression, et/ou des dispositifs équivalents. Dans ces modes de réalisation, le système (et particulièrement le dispositif de nettoyage 100) apprend les mouvements qui réalisent la prise d'images des pneumatiques sans intervention d'un opérateur lors des procédés de rechapage.
- [0049] Pour mettre en œuvre le procédé de l'invention par moyen d'ordinateur, le système de l'invention comprend un réseau de communication (ou « réseau ») qui gère les données entrantes au système des sources variées (par exemple, à partir d'au moins un dispositif de nettoyage 100 et son système de détection associé). Le réseau de communication incorpore un ou des serveurs de communication (ou « serveurs ») comprenant chacun un ou des processeurs connectés de manière opérationnelle à une mémoire. La

mémoire est configurée pour stocker une application d'analyse des données représentatives des découpures des pneumatiques imagés. Le ou les processeurs comprennent un module d'exécution d'application d'analyse qui réalise le traitement des images, dont le ou les processeurs sont capables d'exécuter des instructions programmées stockées dans la mémoire pour réaliser les étapes du procédé (comme décrites ci-dessous).

[0050] Les données entrantes au système de nettoyage automatique de l'invention peuvent inclure l'information générale concernant le pneumatique identifié. L'information générale comprend les données stockées concernant l'identification du pneumatique identifié (y compris, sans limitation, sa provenance de production, sa distribution et/ou son stockage, sa date de production, son histoire de rechapage si applicable et sa position et son histoire de montage). L'information générale peut aussi comprendre le rang de rechapage (si applicable) du pneumatique identifié. Les données correspondantes à un rang de rechapage d'un pneumatique identifié sont gérées habituellement par l'entité qui gère l'utilisation d'un ou des pneumatiques identifiés (par exemple, une ou des personnes et/ou une ou des compagnies) et/ou le fabricant de tels pneumatiques.

[0051] Le terme « processeur » (ou, alternativement, le terme "circuit logique programmable") désigne un ou plusieurs dispositifs capables de traiter et d'analyser des données et comprenant un ou plusieurs logiciels pour leur traitement (par exemple, un ou plusieurs circuits intégrés connus par l'homme de métier comme étant inclus dans un ordinateur, un ou plusieurs contrôleurs, un ou plusieurs microcontrôleurs, un ou plusieurs micro-ordinateurs, un ou plusieurs automates programmables (ou « PLC »), un ou plusieurs circuits intégrés spécifiques à une application, un ou plusieurs réseaux de neurones, et/ou un ou plusieurs autres circuits programmables équivalents connus). Le processeur comprend un ou des logiciels pour le traitement des données capturées par le système de détection (y compris la caméra 200) du dispositif de nettoyage 100 (et les données correspondantes obtenues) ainsi qu'un ou des logiciels pour l'identification et la localisation des variances et l'identification de leurs sources pour les corriger.

[0052] Dans le système de l'invention, la mémoire peut comprendre à la fois des dispositifs de mémoire volatiles et non volatiles. La mémoire non volatile peut comprendre des mémoires à l'état solide, telles que la mémoire flash NAND, la mémoire « vive » (ou « keep-alive memory » ou « KAM ») pour sauvegarder des variables diverses de fonctionnement pendant que le processeur est hors tension, des supports de stockage magnétiques et optiques, ou tout autre dispositif de stockage de données approprié qui conserve les données lorsque le dispositif de nettoyage 100 est désactivé ou perd son alimentation électrique. La mémoire volatile peut comprendre une mémoire statique et

dynamique RAM qui stocke des instructions de programme et des données, y compris une application d'apprentissage.

- [0053] Dans des modes de réalisation du système de l'invention, le processeur peut configurer le dispositif de nettoyage 100 (et notamment le périphérique de traitement 102) sur un ou plusieurs paramètres du pneumatique identifié calculés par un module de traitement d'images incorporé dans la mémoire du processeur. Le module de traitement des images analyse les images du pneumatique identifié et, plus précisément, les images des dommages vus par le système de détection du dispositif de nettoyage 100.
- [0054] Le processeur peut également se référer à une référence (par exemple, un tableau de taille de pneumatiques variés) pour effectuer une détermination finale d'un paramètre ou des paramètres du pneumatique identifié. La référence peut inclure des paramètres de pneumatiques connus correspondant à une pluralité de pneumatiques connus disponibles dans le commerce. Par exemple, après que le module de traitement d'images a calculé un ou plusieurs paramètres de pneumatique identifié, le processeur peut comparer les paramètres calculés avec les paramètres connus enregistrés dans la référence. Le processeur peut récupérer les paramètres de pneumatiques connus correspondant aux pneumatiques disponibles dans le commerce qui correspondent le plus étroitement aux paramètres calculés pour configurer le périphérique de traitement 102 (et donc mettre la brosse 106 ou un outil de traitement équivalent dans un positionnement précis pour nettoyer une découpe correspondante dans la sculpture du pneumatique identifié). La référence de pneumatiques peut inclure des mesures correspondant à une pluralité de pneumatiques disponibles dans le commerce. A titre d'exemple, pour un pneumatique d'une taille 225/50R17, le numéro « 225 » identifie la section transversale du pneumatique en millimètres, le numéro « 50 » indique le rapport d'aspect du flanc, et la mesure « R17 » représente le diamètre de la jante en pouces (étant environ 43,18 centimètres).
- [0055] En se référant encore à la [Fig.2], et en outre aux Figures 3 à 15, une description détaillée est donnée à titre d'exemple des modes de réalisation d'un procédé de l'invention (ou « procédé ») permettant le nettoyage d'une sculpture d'un pneumatique en cours de rechapage. Le procédé de l'invention est mis en œuvre par le système de nettoyage automatique de l'invention. Il est bien entendu que le système peut mettre en œuvre le procédé de l'invention dans n'importe quel environnement physique sans connaissance préalable de la configuration de dommages à réparer sur les pneumatiques identifiés pour rechapage.
- [0056] Tel qu'utilisé ici, le terme « procédé » ou « processus » peut comprendre une ou plusieurs étapes effectuées par au moins un système informatique comportant un ou des processeurs pour exécuter des instructions qui effectuent les étapes. Sauf indication

contraire, toute séquence d'étapes est donnée à titre d'exemple et ne limite pas les procédés décrits à une quelconque séquence particulière.

- [0057] Dans la description suivante, des modes de réalisation du procédé de l'invention sont décrits dont la précision des informations obtenues par le système de détection (par exemple, la caméra 200) diffère.
- [0058] En réalisant le procédé de l'invention, le système de nettoyage automatique de l'invention incorpore une combinaison de techniques de vision et d'apprentissage automatique pour reconstruire correctement et rapidement la scène observée à partir de nuages de points dispersés tridimensionnels (ou « 3D »), issus d'une vue du pneumatique identifié pour rechapage. Le système de l'invention réalise donc une amélioration continue dans la reconnaissance des dommages de sculpture et leur positionnement relatif le long de la surface de roulement du pneumatique identifié.
- [0059] En lançant un mode de réalisation du procédé de l'invention, le procédé comprend une étape de calibration du dispositif de nettoyage 100. Pendant cette étape, le robot est mis en position pour faire un scan d'un pneumatique identifié. Lorsqu'un scan du pneumatique identifié est réalisé avec la caméra 200, des points tridimensionnels (3D) sont récupérés qui sont exprimés par leur positionnement par rapport à la caméra. Pour pouvoir piloter le dispositif de nettoyage 100 (par exemple, pour lui indiquer la position de chaque zone à brosser sur la surface de roulement du pneumatique identifié), il faut que ces points 3D soient exprimés à la base de robot (à titre d'exemple, voir la base 110 du dispositif de nettoyage 100 de la [Fig.2]). L'étape de calibration du dispositif de nettoyage 100 comprend donc une phase de calibration pour estimer la pose de la caméra 200 par rapport à sa base 110.
- [0060] Dans un mode de réalisation du procédé, l'étape de calibration du dispositif de nettoyage 100 comprend une étape de positionnement d'une mire de calibration dans un espace de traitement où le robot va travailler. Dans un mode de réalisation, la mire de calibration comprend un damier qui est positionné pour permettre la réalisation d'une pluralité de photos en faisant varier l'angle de vue à chaque fois. Pendant cette étape, un algorithme d'optimisation (incorporé dans la caméra 200) est utilisé pour estimer la pose de la caméra 200 dans le repère du périphérique de traitement 102. Une fois la calibration réalisée, le robot est capable d'être amené dans une position vue par la caméra 200. Cette calibration est à faire dès l'installation du dispositif de nettoyage 106 dans l'espace de traitement.
- [0061] Le procédé comprend en outre une étape de positionnement d'un pneumatique identifié endommagé dans l'espace de traitement où le dispositif de nettoyage 100 va le traiter. Le pneumatique identifié est positionné en proximité du dispositif de nettoyage 100 sur un tambour rotatif (comme connu dans l'état de l'art). Dans le cours d'un processus de réparation du procédé de rechapage, le tambour fait tourner le

pneumatique identifié pour qu'il puisse être traité secteur par secteur. Il est entendu que le pneumatique identifié pourrait être positionné sur une table de travail ou sur un support équivalent pour que le système de l'invention puisse le traiter. Le support peut être configuré pour se déplacer de manière rotative, de manière alternative verticale et/ou de manière alternative horizontale, permettant donc le traitement d'une variété de pneumatiques.

[0062] Le traitement « secteur par secteur » fait référence à plusieurs modes de réalisation du procédé de l'invention incorporant un ou des scans suivis par un traitement des sculptures du pneumatique identifié. Dans un mode de réalisation du procédé de l'invention, le traitement secteur par secteur comprend, pour chaque secteur du pneumatique en cours de traitement, un scan du secteur suivi d'un traitement du secteur scanné (par exemple, un brossage des sculptures du secteur scanné réalisé par la brosse 106). Dans un autre mode de réalisation du procédé de l'invention, le traitement secteur par secteur comprend un scan de tous les secteurs successifs du pneumatique en cours de traitement suivi par un traitement (par exemple, un brossage) de tous les secteurs successifs scannés. Dans un autre mode de réalisation du procédé de l'invention, le traitement secteur par secteur comprend un scan du pneumatique en cours de traitement (soit un scan par secteurs individuels soit un scan de tous les secteurs successifs) sur un poste différent de celui où un traitement (par exemple, un brossage) des secteurs scannés est effectué. Dans ce dernier cas, au moins une caméra supplémentaire (non représentée) serait utilisée sur le poste déporté pour réaliser tous les scans. Ensuite, la caméra 200 du dispositif de nettoyage 100 servirait à réaliser un seul scan pour repérer la position du secteur dans le champ de la caméra 200 parmi l'ensemble de scans réalisés sur le poste déporté. Dans tous ces modes de réalisation du procédé de l'invention, il est entendu qu'un traitement serait réalisé sur les secteurs ayant besoin de traitement. Ainsi, si aucun dommage ayant besoin de traitement n'est identifié dans un scan d'un secteur, le dispositif de nettoyage 100 passe le secteur concerné jusqu'à un secteur scanné où un ou dommages sont identifiés pour traitement.

[0063] Le procédé comprend en outre une étape de positionnement de la caméra 200 à une distance référentielle D_{ref} par rapport à la surface de roulement du pneumatique identifié (c.-à-d., la surface endommagée). Pendant cette étape, la caméra 200 est centrée par rapport à la surface de roulement du pneumatique identifié (étant un positionnement droite/gauche). Pour cela, le robot commence par positionner la caméra 200 devant le pneumatique identifié dans une position qui permet à la caméra de voir toutes les dimensions de pneumatiques possibles (y compris les diamètres et les largeurs). Un scan est alors réalisé par la caméra 200, puis il est analysé pour vérifier si la caméra 200 est bien positionnée.

[0064] En se référant à la [Fig.3], les points 3D sont exprimés par rapport à un repère placé

au centre de la lentille de la caméra 200. Si on représente ce repère en 3D en scannant une partie de pneumatique (voir « visualisation 3D » dans la [Fig.3]), l'axe X est dirigé vers la lentille de la caméra 200, l'axe Y est dirigé vers le sol et l'axe Z est dirigé vers le pneumatique identifié. Si on représente ce repère en 2D (voir « visualisation 2D » dans la [Fig.3]), l'origine du repère est au centre de l'image : l'axe X est orienté vers la droite, l'axe Y est orienté vers le bas et l'axe Z est orienté vers le pneumatique.

[0065] En se référant à la [Fig.4], le bon positionnement de la caméra 200 pendant cette étape est décrit. Les zones 300 représentent les points appartenant à la surface de roulement du pneumatique identifié. On considère d'abord une zone centrale horizontale du scan qui est utilisée pour vérifier que la distance entre le pneumatique identifié et que la caméra 200 est correcte. Une distance moyenne D_{moy} des points est calculée à l'intérieur de cette zone centrale horizontale, qui est représentée par les lignes 300A. Ensuite, on conserve les points 3D dont la distance en Z appartient à un intervalle $[D_{\text{moy-marge}}, D_{\text{moy+marge}}]$. Ces points représentent les points appartenant à la surface de roulement du pneumatique identifié (donc les distances relatives se varient en fonction des paramètres du pneumatique identifié). L'ensemble de ces points peuvent se représenter sous la forme d'une image binaire (identifié comme le « masque de surface » ou le « masque binaire ») où chaque point conservé représente un point appartenant à la surface de roulement du pneumatique identifié (ces points sont représentés par les zones 300 dans la [Fig.4]). Après, pour obtenir une distance $D_{\text{moy_surface}}$, on calcule à nouveau la distance D_{moy} en ne considérant que les points de la zone centrale horizontale qui appartiennent à la surface de roulement du pneumatique identifié. En comparant cette distance avec la distance référentielle D_{ref} de la caméra 200 (parce que la caméra 200 doit toujours être positionnée à la distance D_{ref} par rapport à la surface de roulement du pneumatique identifié), on peut calculer la correction frontale à appliquer à la caméra. Ensuite, on calcule les deux lignes verticales 300B qui délimitent le début et la fin du masque de surface et donc permet de vérifier que la caméra 200 est bien centrée par rapport à la surface de roulement du pneumatique identifié (voir la [Fig.4]). On calcule la ligne verticale centrale située au milieu des lignes verticales 300B. Si cette ligne verticale centrale s'écarte trop de la ligne centrale de l'image, alors on appliquera une correction latérale à la position de la caméra 200 pour la recentrer par rapport à la surface de roulement du pneumatique identifié.

[0066] En considérant le dispositif de nettoyage 106, son positionnement initial (et, dans les cas qui s'appliquent, l'orientation initiale du périphérique de traitement 102, et donc, la brosse 106 ou un outil de traitement équivalent) est déterminé des données obtenues via l'acquisition des images du système et de l'environnement physique dans lequel le système fonctionne (par exemple, comme représenté dans la [Fig.2]). Le module

d'exécution d'application d'analyse du processeur peut employer un algorithme de repositionnement automatique et adaptatif pour trouver une position de départ idéale du dispositif de nettoyage 100, permettant donc d'exécuter des instructions programmées stockées dans la mémoire pour réaliser la prise des images. L'algorithme permet l'amélioration continue sur l'ensemble des prises des images, assurant que le système (et particulièrement le dispositif de nettoyage 100) s'améliore de l'expérience qu'il acquiert, notamment sur le choix des chemins à suivre en faisant les processus de nettoyage pendant les procédés de rechapages des pneumatiques.

[0067] Le procédé comprend en outre une étape de détection des sculptures qui est réalisée secteur par secteur pour le pneumatique identifié. Pendant cette étape, pour chaque secteur, le dispositif de nettoyage 100 positionne la caméra 3D pour scanner le secteur et récupérer une image couleur et tridimensionnelle (3D) du secteur (il est rappelé que le traitement secteur par secteur est impliqué pendant cette étape). En chaque point de l'image, on connaît la couleur du point mais également sa position tridimensionnelle par rapport à la caméra 200.

[0068] Une fois le scan réalisé, cette étape de détection des sculptures comprend une étape d'application d'un réseau neuronal sur l'image couleur et 3D pour déterminer quels points représentent des sculptures à broser. A chaque image, on récupère en sortie du réseau neuronal un masque binaire où chaque point blanc indique que le point représente une sculpture à nettoyer. Avant de pouvoir utiliser le réseau neuronal, une phase d'apprentissage est réalisée pour fixer les paramètres du réseau de neurones. Pour cela, plusieurs images d'entrée sont annotées manuellement pour créer des centaines de masques binaires et indiquer quels points de l'image représentent des zones de sculpture à nettoyer (voir la [Fig.5]). Cette phase d'apprentissage est réalisée une fois pour fixer les paramètres du réseau neuronal, suite à laquelle le réseau neuronal peut être utilisé sur de nouvelles images.

[0069] Pendant l'étape d'application du réseau neuronal, si l'image d'entrée ne contient aucune sculpture, la sortie sera un masque uniquement noir. Il est entendu que des fausses détections peuvent apparaître dans les sorties du réseau neuronal (représentées à titre d'exemple par les régions encadrées 5A représentées dans la [Fig.5]).

[0070] Le procédé de l'invention comprend en outre une étape de création des trajectoires tridimensionnelles (3D) que le dispositif de nettoyage 100 devrait suivre pour nettoyer les sculptures. Une fois le masque binaire des sculptures obtenu pendant l'étape de détection des sculptures, le processeur du système met en œuvre un processus de génération des trajectoires 3D de traitement des sculptures (ou «processus de génération des trajectoires 3D de traitement des sculptures») réalisé par un algorithme comme représenté dans la [Fig.6] (la phrase « masque de nettoyage » comme représenté dans la [Fig.6] fait référence au masque binaire des sculptures).

- [0071] Le processus de génération des trajectoires 3D comprend une étape de préparation des données. Pendant cette étape, le nettoyage du masque binaire est réalisé pour supprimer le bruit éventuel et pour arrondir les contours. Ensuite, pendant cette étape, les points appartenant aux contours de tous les objets blancs présents dans le masque binaire sont extraits (appelé « l'extraction des contours »). Ainsi, un ensemble de polygones avec des trous est obtenu (voir la [Fig.7] qui représente un exemple d'une extraction des contours associés au masque des sculptures).
- [0072] L'étape de génération des trajectoires 3D comprend une étape d'extraction des chemins bidimensionnels (2D) horizontaux et verticaux. Pendant cette étape, les petits trous (éventuellement présents à l'intérieur des différents polygones extraits pendant l'étape de préparation des données) sont supprimés. Pendant cette étape, on calcule ensuite le « squelette morphologique » de chaque polygone. Cela consiste à extraire l'ensemble des points centraux de chaque polygone. Le squelette morphologique (ou « squelette ») est constitué de nœuds (qui sont les extrémités du squelette ou les points de croisements) et de chemins (qui sont les points situés entre deux nœuds). En se référant à la [Fig.8], un exemple d'un squelette est représenté dont les lignes 8A représentent les points des polygones et les lignes 8B représentent les points du squelette. Les nœuds 8C sont indiqués dans le squelette, et des chemins sont situés entre deux nœuds 8C.
- [0073] Pendant l'étape de génération des trajectoires 3D, chaque chemin est ensuite classé en chemin horizontal ou vertical. Pour cela, on calcule sa boîte englobante (voir la boîte englobante 9A de la [Fig.9]), et on compare l'orientation d'un vecteur composé de sa largeur et de sa hauteur avec l'axe des ordonnées (voir la [Fig.9]). Si l'angle calculé (représenté par l'angle \diamond dans la [Fig.9]) dépasse un seuil prédéterminé, on considère alors que le chemin est horizontal, et vertical dans le cas contraire.
- [0074] Pour les contours composés de plusieurs nœuds et chemins, les chemins en vertical ou horizontal sont classés, et les chemins de même catégorie (la catégorie verticale et la catégorie horizontale) sont fusionnés avec des extrémités proches. En se référant à l'exemple représenté dans la [Fig.10], dans le squelette 1, un polygone avec six (6) nœuds et (5) chemins est représenté. Dans le squelette 2, une classification des chemins est réalisée pour obtenir trois (3) chemins horizontaux et deux (2) chemins verticaux. Dans le squelette 3, après fusion des chemins, on obtient deux (2) chemins horizontaux et un (1) chemin vertical. Une fois la fusion réalisée, il reste à figer le sens de parcours de chaque chemin. Ce point est très important pour s'assurer que le dispositif de nettoyage 100 pourra parcourir l'ensemble des chemins de la découpe sans blocage. Dans des modes de réalisation du procédé, tous les chemins verticaux sont parcourus de bas en haut et tous les chemins horizontaux sont parcourus de droite à gauche. Dans d'autres modes de réalisations du procédé, tous les chemins verticaux

sont parcourus de haut en bas, et tous les chemins horizontaux sont parcourus de gauche à droite.

- [0075] L'étape de génération des trajectoires 3D comprend en outre une étape d'élaboration des trajectoires 3D qui est réalisée une fois les chemins verticaux et horizontaux extraits. Pendant cette étape d'élaboration (qui vise à ordonner les différents chemins pour obtenir l'ordre dans lequel seront nettoyées les sculptures), on ordonne tout d'abord les chemins verticaux, puis les chemins horizontaux. Il est entendu que le procédé de l'invention fonctionne aussi en faisant l'ordre inverse (commençant avec les chemins horizontaux, puis les chemins verticaux).
- [0076] Pour ordonner les chemins verticaux pendant cette étape d'élaboration, dans un mode de réalisation du procédé, on commence par un chemin vertical ayant un point de départ situé le plus à l'étendue la plus lointaine dans l'image. En se référant à l'exemple représenté dans la [Fig.11], on commence par le chemin vertical 11A ayant un point de départ situé le plus à gauche dans l'image (il est entendu que le processus fonctionne aussi en commençant par le chemin vertical 11B ayant un point de départ situé le plus droit dans l'image). Le prochain chemin sera celui dont le point de départ est le plus proche du point de fin du chemin précédent (par exemple, le chemin central 11C représenté dans la [Fig.11]). L'ordre pour les chemins verticaux est retenu (comme représenté dans la [Fig.11] par les lignes verticales pointillées 11D).
- [0077] Pour ordonner les chemins horizontaux pendant cette étape d'élaboration, dans un mode de réalisation du procédé, on commence par un chemin horizontal ayant le point de départ le plus proche du dernier chemin vertical ordonné. On applique ensuite le même raisonnement que celui utilisé pour les chemins verticaux pour arriver à un ordre pour les chemins horizontaux (représenté par les lignes 11E dans la [Fig.11]). L'ensemble ordonné des chemins verticaux et horizontaux donne l'ordre de traitement de toutes les sculptures du secteur scanné du pneumatique identifié (cet ordre étant représenté par la ligne 11F pointillée). Cette méthode permet d'obtenir un ordre de traitement en fonction des paramètres du pneumatique en cours de traitement et les dommages identifiés. Il est entendu que le système pourraient employer d'autres méthodes équivalents pour ordonner les chemins verticaux et horizontaux, permettent donc au système une souplesse de traitement pour assurer un nettoyage efficace pour toutes les sculptures.
- [0078] Le procédé de l'invention comprend en outre une étape de simplification des chemins pendant laquelle on récupère le point 3D associé à chaque point de chaque chemin vertical et horizontal (il est rappelé que les données de la caméra 200 représentent une image couleur et 3D). Pendant cette étape, pour chaque chemin, on applique un algorithme de simplification pour réduire le nombre de points. En limitant le nombre de points, on augmente la vitesse de parcours du dispositif de nettoyage 100 lors un

processus de nettoyage). Cette simplification consiste à approcher le chemin par un ensemble de segments et à garantir que chaque segment ne s'éloigne pas trop du chemin initial. Pour cela, on utilise un seuil en millimètre qui permet de simplifier chaque chemin. Un exemple de simplification est représenté dans la [Fig.12] dans laquelle la schéma A (à gauche) représente une simplification peu précise avec quelques points 12A, et la schéma B (à droite) représente une simplification précise avec plus de points 12A. Dans les deux cas, on cherche à simplifier en 3D le chemin 12B et l'ensemble de segments (représenté par les lignes 12C pointillées).

[0079] Le procédé de l'invention comprend en outre une étape d'ajout des points d'approche et de retrait pour compléter la trajectoire 3D obtenue après l'étape de simplification. Pendant cette étape, on ajoute, en début et en fin de chaque chemin vertical et horizontal, deux points d'approche et de retrait qui permettent au dispositif de nettoyage 100 de commencer et de terminer le nettoyage du chemin (qui correspond à une sculpture sur la surface du pneumatique identifié en traitement). Ces points d'approche et de retrait sont nécessaires pour s'assurer que la brosse 106 (ou l'outil de traitement équivalent) ne détériore pas le pneumatique entre le nettoyage de deux chemins successifs. Ainsi, ces points ne doivent pas être trop rapprochés du pneumatique pour s'assurer que la brosse (ou l'outil de traitement équivalent) ne touchera pas le pneumatique entre deux chemins successifs. En même temps, ces points ne doivent pas non plus être trop éloignés pour éviter des temps de déplacement trop long entre deux chemins successifs.

[0080] En se référant à la [Fig.13], le principe de construction des différents points d'approche est illustré. Le point d'approche 1 est construit en le décalant d'une distance L prédéterminée du premier point du chemin ou du dernier point du chemin (dans ce cas, la distance L du dernier point 13A est représenté). Le décalage est effectué dans la même direction que le premier segment du chemin ou le dernier segment du chemin (dans ce cas, le décalage est effectué dans la même direction que le dernier segment du chemin). Une fois décalé, le point d'approche 1 est rapproché de la caméra 200 de la distance L . Le point d'approche 2 est construit à partir du point d'approche 1 en rapprochant ce point 2 de la caméra 200 d'une distance L_2 prédéterminée en partant du point 1. Il est entendu que les paramètres L et L_2 sont réglables. Les points d'approche et de retrait 13A, 13B sont toujours situés entre la surface de roulement du pneumatique identifié et la caméra 200 (voir la [Fig.14]).

[0081] Le procédé de l'invention comprend une dernière étape de calcul des orientations de la brosse 106. Pendant cette étape, l'orientation 3D de la brosse 106 est calculée en chaque point de chaque chemin vertical et horizontal. Pour cela, on calcule la normale 3D en chaque point ainsi que le vecteur directeur entre chaque paire de points successifs (ce vecteur donne la direction à suivre entre deux points de chaque chemin).

La normale donne l'orientation de l'axe Z de la brosse 106, et le vecteur directeur donne l'orientation de l'axe X de la brosse (l'axe Y est automatiquement fixé suite à la fixation des axes X et Z). En se référant à l'exemple de la [Fig.15], les points 15A représentent quelques points d'un chemin 15B, et la ligne 15C représente la trajectoire 3D complète. A chaque point 15A, l'orientation calculée pour la brosse 106 est représenté par l'axe X, l'axe Y et l'axe Z (en rouge). Il est entendu que le calcul décrit s'applique dans les cas où la brosse 106 est remplacée par un outil de traitement équivalent.

[0082] Le système de l'invention peut facilement répéter les étapes du procédé dans un ordre pour bien nettoyer les sillons du pneumatique identifié dans le cours d'un procédé de rechapage.

[0083] L'homme du métier dans ce domaine reconnaîtra que de nombreuses techniques de traitement de l'image peuvent être utilisées pour choisir et pour déterminer les paramètres des pneumatiques cibles. Plusieurs systèmes de traitement d'images disponibles dans le commerce peuvent être utilisés.

[0084] Dans une installation de rechapage de pneumatiques, un système de vision peut être utilisé pour détecter la présence d'un pneumatique dans le champ de vision de la caméra 200, ce qui déclenche la caméra pour capturer l'image du pneumatique identifié pour traitement.

[0085] Dans des modes de réalisation du procédé de l'invention, une ou plusieurs étapes du procédé peuvent comprendre en outre une étape de scan de l'environnement physique contenant le dispositif de nettoyage 100. Dans des modes de réalisation du procédé, cette étape comprend en outre une étape de mesure de l'environnement physique pour arriver à un positionnement exact de la brosse 106 (ou de l'outil de traitement équivalent). Pendant cette étape, un ou plusieurs capteurs peuvent être employés pour capturer des données correspondantes aux outils de traitement et aux pneumatiques afin de déterminer les formes et/ou les positions des pneumatiques individuels. Cette information est pertinente pour permettre une modélisation précise du procédé de l'invention afin d'optimiser le temps d'un procédé de rechapage associé.

[0086] Un procédé de l'invention peut être fait par la commande du PLC et peut inclure des préprogrammations des informations de gestion. Par exemple, un réglage du procédé peut être associé avec les paramètres du pneumatique en cours de rechapage, et/ou les propriétés des pneumatiques traités dans une installation de rechapage incorporant le dispositif de nettoyage 100 (par exemple, les pneumatiques avions, les pneumatiques poids lourds, etc.). Le système de l'invention (et/ou une installation incorporant ce système) peut facilement répéter une ou plusieurs étapes du procédé de l'invention dans un ordre déterminé pour assurer le nettoyage sensiblement complet de la sculpture (et particulièrement les sillons) du pneumatique traité.

- [0087] Le système de l'invention (et/ou une installation de rechapage incorporant ce système) peut inclure des préprogrammations des informations de gestion. Par exemple, un réglage de procédé peut être associé avec les paramètres des environnements physiques typiques dans lesquels le système fonctionne. Dans des modes de réalisation de l'invention, le système (et/ou une installation de rechapage incorporant ce système) peut recevoir des commandes vocales ou d'autres données audio représentant, par exemple, une démarche ou un arrêt du nettoyage et/ou un chargement/déchargement d'un tambour dédié au rechapage des pneumatiques. Une demande peut être réalisée qui inclut une demande pour l'état actuel d'un cycle de procédé de rechapage en cours. Une réponse générée peut être représentée de manière audible, visuelle, tactile (par exemple, en utilisant une interface haptique) et/ou de manière virtuelle et/ou augmentée. Cette réponse, associée avec les données correspondantes, peut être enregistrée dans un réseau neuronal.
- [0088] Pour toutes les réalisations du système, un système de surveillance pourrait être mis en place. Au moins une partie du système de surveillance peut être fournie dans un dispositif portable tel qu'un dispositif de réseau mobile (par exemple, un téléphone mobile, un ordinateur portable, un ou des dispositifs portables connectés au réseau (y compris des dispositifs « réalité augmentée » et/ou « réalité virtuelle »), des vêtements portables connectés au réseau et/ou toutes combinaisons et/ou tous équivalents). Il est envisageable que des étapes de détection et de comparaison puissent être réalisées de manière itérative.
- [0089] Dans un mode de réalisation, le procédé de l'invention peut comprendre une étape d'entraînement du système pour reconnaître des valeurs représentatives des pneumatiques d'être rechapés (par exemple, des valeurs du diamètre interne et du diamètre externe) et pour faire une comparaison avec des valeurs ciblées (par exemple, pour réaliser une commande de pneumatiques incorporant les pneumatiques rechapés). Chaque étape de l'entraînement peut inclure une classification générée par moyens d'auto-apprentissage. Cette classification peut inclure, sans limitation, les paramètres des pneumatiques choisis, les durées des cycles de procédé et les valeurs attendues à la fin d'un procédé en progrès (par exemple, le nombre de pneumatiques rechapés pendant un cycle pour atteindre un niveau souhaité).
- [0090] Les termes « au moins un(e) » et « un(e) ou plusieurs » sont utilisés de manière interchangeable. Les gammes qui sont présentées comme se situant « entre a et b » englobent les valeurs « a » et « b ».
- [0091] Bien que des modes de réalisation particuliers de l'appareil révélé aient été illustrés et décrits, on comprendra que divers changements, additions et modifications peuvent être pratiqués sans s'écarter de l'esprit ni de la portée du présent exposé. Par conséquent, aucune limitation ne devrait être imposée sur la portée de l'invention

décrite à l'exception de celles exposées dans les revendications annexées.

Revendications

[Revendication 1]

Un procédé de nettoyage d'une sculpture d'un pneumatique identifié endommagé en cours de rechapage, le procédé mis en œuvre par au moins un processeur comprenant un module de traitement qui applique, à au moins un réseau neuronal, les données représentatives des images capturées de la sculpture du pneumatique identifié, caractérisé en ce que le procédé comprend les étapes suivantes :

- une étape de fourniture d'un système de nettoyage automatique ce dont le processeur fait partie pour reconnaître automatiquement un ordre de traitement des dommages dans la sculpture du pneumatique identifié ;
- une étape de calibration d'un dispositif de nettoyage (100) qui fait partie du système de nettoyage automatique, le dispositif de nettoyage (100) comprenant un périphérique de traitement (102) soutenu par un bras allongé (104) pivotant qui s'étend jusqu'à une extrémité libre (102a) où un outil de traitement est disposé le long d'un axe longitudinal commun ;
- une étape de positionnement du pneumatique identifié dans un espace de traitement où le dispositif de nettoyage (100) le traite ;
- une étape de positionnement d'au moins une caméra (200) qui fait partie du système de nettoyage automatique à une distance référentielle par rapport à une surface de roulement du pneumatique identifié ;
- une étape de détection des sculptures comprenant un traitement secteur par secteur pour le pneumatique identifié incorporant un ou des scans suivis par un traitement des sculptures du pneumatique identifié pour récupérer une image couleur et tridimensionnelle (3D) de chaque secteur scanné ;
- une étape de création des trajectoires tridimensionnelles (3D) que le dispositif de nettoyage (100) devrait suivre pour traiter les sculptures ;
- une étape de simplification des chemins verticaux et horizontaux pendant laquelle un point 3D associé à chaque point de chaque chemin est récupéré;
- une étape d'ajout des points d'approche et de retrait pour compléter la trajectoire 3D obtenue après l'étape de simplification des chemins, pendant laquelle, en début et en fin de chaque chemin vertical et horizontal, un point d'approche et un point de retrait sont ajoutés permettant au dispositif de nettoyage (100) de commencer et de terminer le traitement du chemin qui correspond à une sculpture sur la surface de

roulement du pneumatique identifié ; et

- une dernière étape de calcul des orientations de l'outil de traitement pendant laquelle une orientation 3D de l'outil de traitement est calculée en chaque point de chaque chemin vertical et horizontal ;

de sorte que le dispositif de nettoyage (100) est mis en mouvement pour que le périphérique de traitement (102) puisse poser l'outil de traitement pour réaliser le nettoyage de la sculpture du pneumatique identifié.

[Revendication 2]

Le procédé de nettoyage de la revendication 1, dans lequel, pendant l'étape de détection des sculptures, le traitement secteur par secteur pour le pneumatique identifié comprend :

- pour chaque secteur du pneumatique identifié, une étape de scan du secteur suivi d'un traitement du secteur scanné ;

- un scan de tous les secteurs successifs du pneumatique identifié suivi par un traitement de tous les secteurs successifs scannés ; ou

- un scan du pneumatique en cours de traitement sur un poste différent de celui où un traitement des secteurs scannés est effectué ;

de sorte que d'un traitement d'un ou des secteurs scannés est réalisé par le dispositif de nettoyage (100).

[Revendication 3]

Le procédé de nettoyage de la revendication 1 ou de la revendication 2, dans lequel l'étape de calibration du dispositif de nettoyage (100) comprend une phase de calibration pour estimer la pose de la caméra (200) par rapport à une base (110) du dispositif de nettoyage (100).

[Revendication 4]

Le procédé de nettoyage de la revendication 3, dans lequel l'étape de calibration du dispositif de nettoyage (100) comprend une étape de positionnement d'une mire de calibration dans l'espace de traitement, pendant laquelle la caméra (200) met en œuvre un processus pour estimer la pose de la caméra (200) dans le repère du périphérique de brossage (102).

[Revendication 5]

Le procédé de nettoyage de la revendication 4, dans lequel, pendant l'étape de positionnement du pneumatique identifié, le pneumatique identifié est positionné à la proximité du dispositif de nettoyage (100) sur un tambour rotatif disposé dans l'espace de traitement, de sorte que, dans le cours d'un processus de réparation d'un procédé de rechapage, le tambour fait tourner le pneumatique identifié pour qu'il puisse être traité secteur par secteur.

[Revendication 6]

Le procédé de nettoyage de l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel l'étape de positionnement de la caméra (200) comprend une étape de vérification d'un scan réalisée par la caméra (200) comprenant

les étapes suivantes :

- une étape d'identification d'une zone centrale horizontale du scan qui est utilisée pour vérifier que la distance entre le pneumatique identifié et la caméra (200) est correcte ;
- une étape de calcul d'une distance moyenne (D_{moy}) des points à l'intérieur de la zone centrale horizontale ;
- une étape de conservation des points 3D sous la forme d'un masque de surface comprenant une image binaire représentant les points appartenant à la surface de roulement du pneumatique identifié ;
- une étape de calcul à nouveau la distance moyenne (D_{moy}) en ne considérant que les points de la zone centrale horizontale qui appartiennent à la surface de roulement du pneumatique identifié pour obtenir une distance ($D_{\text{moy_surface}}$) ;
- une étape de comparaison de la distance ($D_{\text{moy_surface}}$) avec la distance référentielle de la caméra (200);
- une étape de calcul des deux lignes verticales (300B) qui délimitent le début et la fin du masque de surface pour permettre de vérifier que la caméra (200) est centrée par rapport à la surface de roulement du pneumatique identifié ;
- une étape de calcul d'une ligne verticale centrale située au milieu des lignes verticales (300B) ; et
- où la ligne verticale centrale calculée s'écarte de la ligne centrale de l'image au-delà un seuil prédéterminé, une étape d'application d'une correction latérale à la position de la caméra (200) pour la recentrer par rapport à la surface de roulement du pneumatique identifié.

[Revendication 7]

Le procédé de nettoyage de la revendication 6, dans lequel l'étape de détection des sculptures comprend une étape d'application d'un réseau neuronal sur l'image couleur et 3D pour déterminer quels points représentent des sculptures du pneumatique identifié à traiter avec l'outil de traitement, pendant laquelle, à chaque image, le masque de surface est récupéré en sortie du réseau neuronal où chaque point blanc indique que le point représente une sculpture à nettoyer.

[Revendication 8]

Le procédé de nettoyage de la revendication 7, dans lequel l'étape de création des trajectoires tridimensionnelles (3D) comprend les étapes suivantes :

- une étape de préparation des données, pendant laquelle les points appartenant aux contours de tous les objets blancs présents dans le masque de surface sont extraits pour obtenir un ensemble de polygones avec des

trous ; et

- une étape d'extraction des chemins bidimensionnels (2D) horizontaux et verticaux, pendant laquelle les trous présents à l'intérieur des polygones extraits pendant l'étape de préparation des données sont supprimés, cette étape comprenant les étapes suivantes :

- une étape de calcul d'un squelette morphologique de chaque polygone comprenant l'extraction de l'ensemble des points centraux de chaque polygone, dans lequel chaque squelette morphologique est constitué de nœuds représentant des extrémités du squelette morphologique et/ou les points de croisements, et de chemins comprenant des points situés entre deux nœuds ;

- une étape de classement de chaque chemin en catégorie chemin horizontal ou catégorie chemin vertical, pendant laquelle les chemins de même catégorie sont fusionnés avec des extrémités proches et, une fois la fusion réalisée, le sens de parcours de chaque chemin est figé ; et

- une étape d'élaboration des trajectoires 3D qui est réalisée une fois les chemins verticaux et horizontaux extraits, pendant laquelle les chemins verticaux et les chemins horizontaux sont ordonnés ;

de sorte que l'ensemble ordonné des chemins verticaux et horizontaux donne l'ordre de traitement de toutes les sculptures du secteur scanné du pneumatique identifié.

[Revendication 9]

Le procédé de nettoyage de l'une quelconque des revendications 1 à 8, dans lequel, pendant l'étape d'ajout des points d'approche et de retrait :

- un premier point d'approche est construit en le décalant d'une distance (L) prédéterminée du premier point ou du dernier point du chemin, et, une fois décalé, le premier point d'approche est rapproché de la caméra (200) de la distance (L) ; et

- un deuxième point d'approche est construit à partir du premier point d'approche en rapprochant ce deuxième point d'approche de la caméra (200) d'une distance (L2) en partant du premier point d'approche.

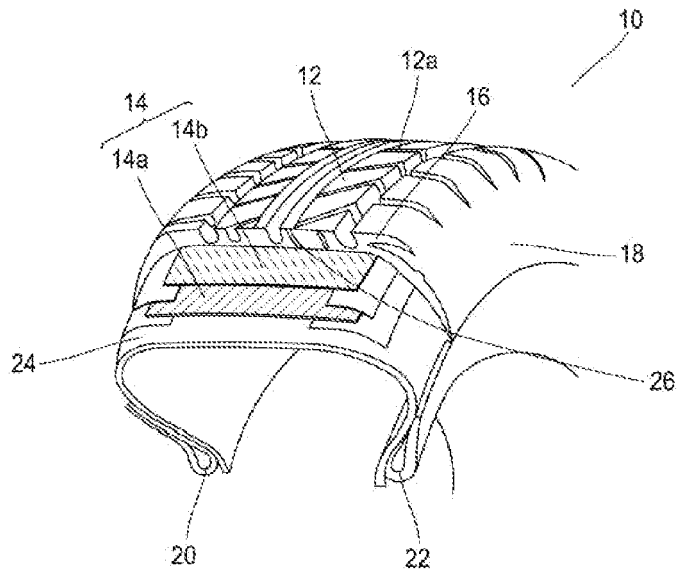
[Revendication 10]

Le procédé de nettoyage de l'une quelconque des revendications 1 à 9, dans lequel l'étape de calcul des orientations de l'outil de traitement comprend une étape de calcul de la normale 3D en chaque point ainsi que le vecteur directeur entre chaque paire de points successifs, dans lequel le vecteur directeur donne la direction à suivre entre deux points de chaque chemin, où la normale donne l'orientation de l'axe Z de l'outil de traitement, le vecteur directeur donne l'orientation de l'axe X de l'outil de traitement, et l'axe Y est fixé automatiquement en fonction

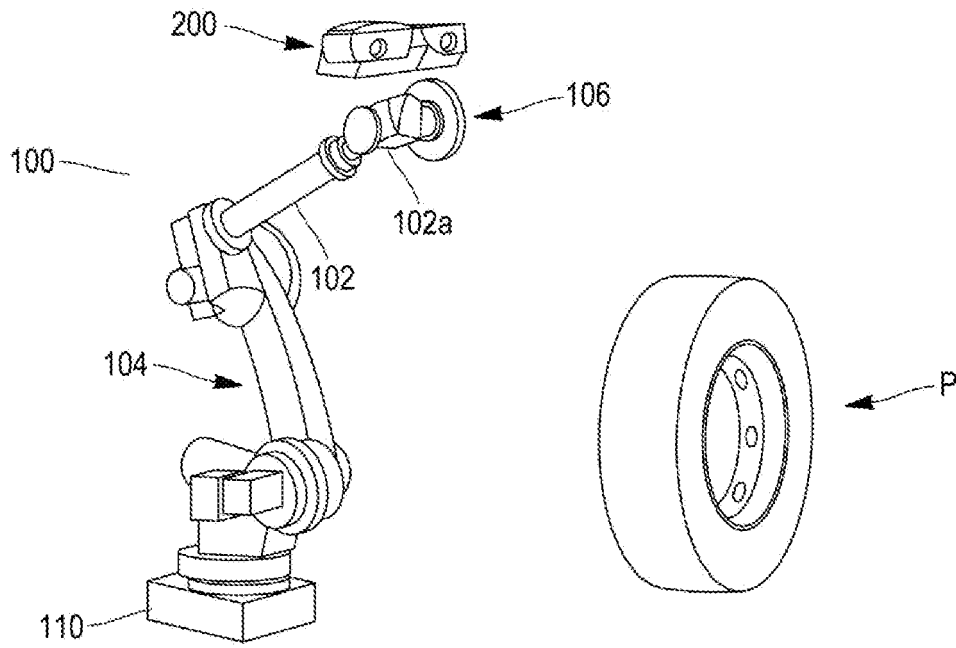
de la fixation des axes X et Z.

- [Revendication 11] Le procédé de nettoyage de l'une quelconque des revendications 1 à 10, dans lequel le processeur se réfère à un tableau de taille de pneumatiques variés pour effectuer une détermination d'un ou des paramètres du pneumatique identifié.
- [Revendication 12] Le procédé de nettoyage de l'une quelconque des revendications 1 à 11, dans lequel l'outil de traitement comprend au moins une brosse (106).
- [Revendication 13] Un procédé de rechapage comprenant le procédé de nettoyage de l'une quelconque des revendications 1 à 12.
- [Revendication 14] Un système de nettoyage automatique permettant le nettoyage d'une sculpture d'un pneumatique identifié en cours de rechapage, le système de nettoyage automatique comprenant :
- au moins un dispositif de nettoyage (100) comprenant un robot ayant un périphérique de nettoyage (102) soutenu par un bras allongé (104) pivotant et s'étendant du bras allongé (104) jusqu'à une extrémité libre (102a) où un outil de traitement est disposé le long d'un axe longitudinal commun ;
 - un système de détection pour recueillir l'information sur l'environnement physique autour du dispositif de nettoyage (100) ; et
 - un réseau de communication qui gère les données entrantes au système de nettoyage automatique à partir de chaque dispositif de nettoyage (100), le réseau de communication comprenant au moins un serveur de communication permettant d'exécuter des instructions programmées stockées dans une mémoire d'un ou des processeurs du système de nettoyage automatique pour mettre en œuvre le procédé de nettoyage de l'une quelconque des revendications 1 à 12 ;
- de sorte que le dispositif de nettoyage (100) est configuré sur un ou plusieurs paramètres du pneumatique identifié calculés par un module de traitement d'images incorporé dans la mémoire du processeur pour mettre le dispositif de nettoyage (100) en mouvement pour que le périphérique de brossage (102) puisse poser l'outil de traitement pour réaliser le nettoyage de la sculpture du pneumatique identifié.
- [Revendication 15] Le système de nettoyage automatique de la revendication 14, dans lequel le système de détection comprend au moins une caméra (200) du type RGB-D fixée à au moins un parmi le bras allongé (104) et le périphérique de traitement (102) du dispositif de nettoyage (100).

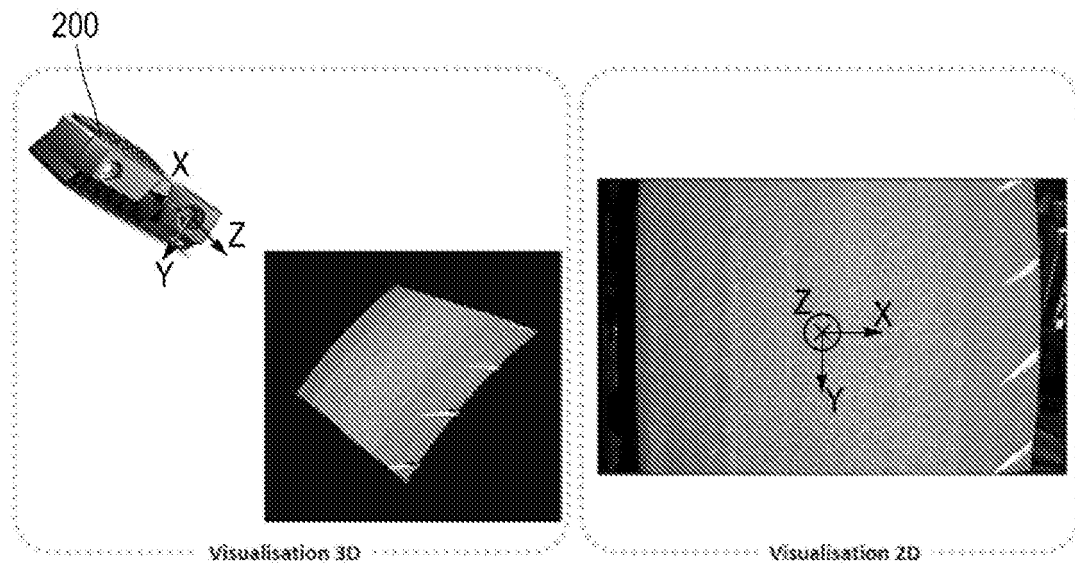
[Fig. 1]



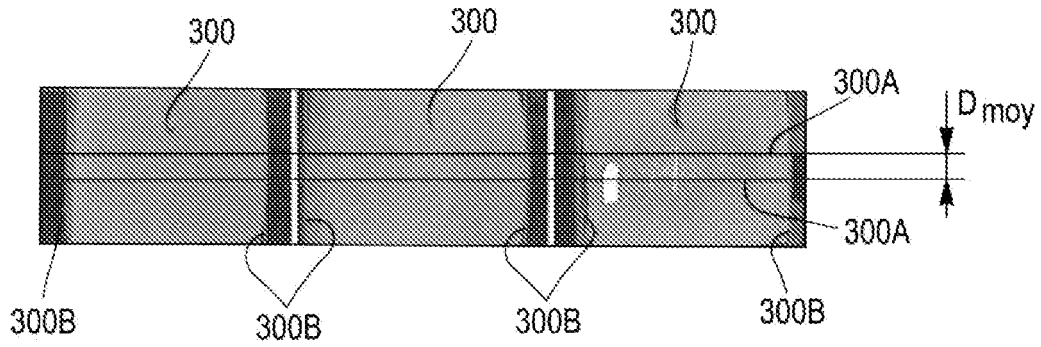
[Fig. 2]



[Fig. 3]



[Fig. 4]

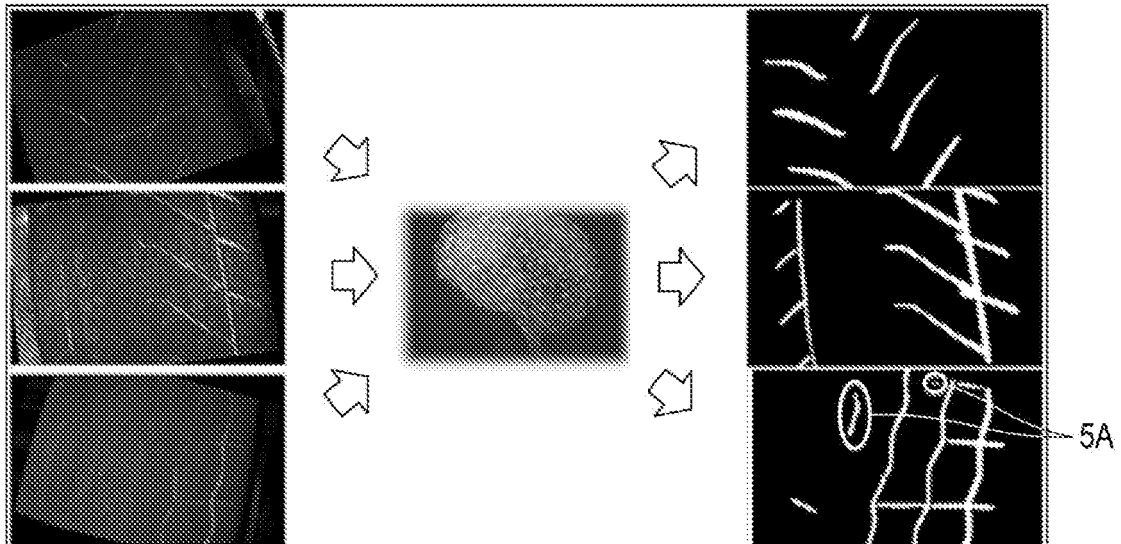


[Fig. 5]

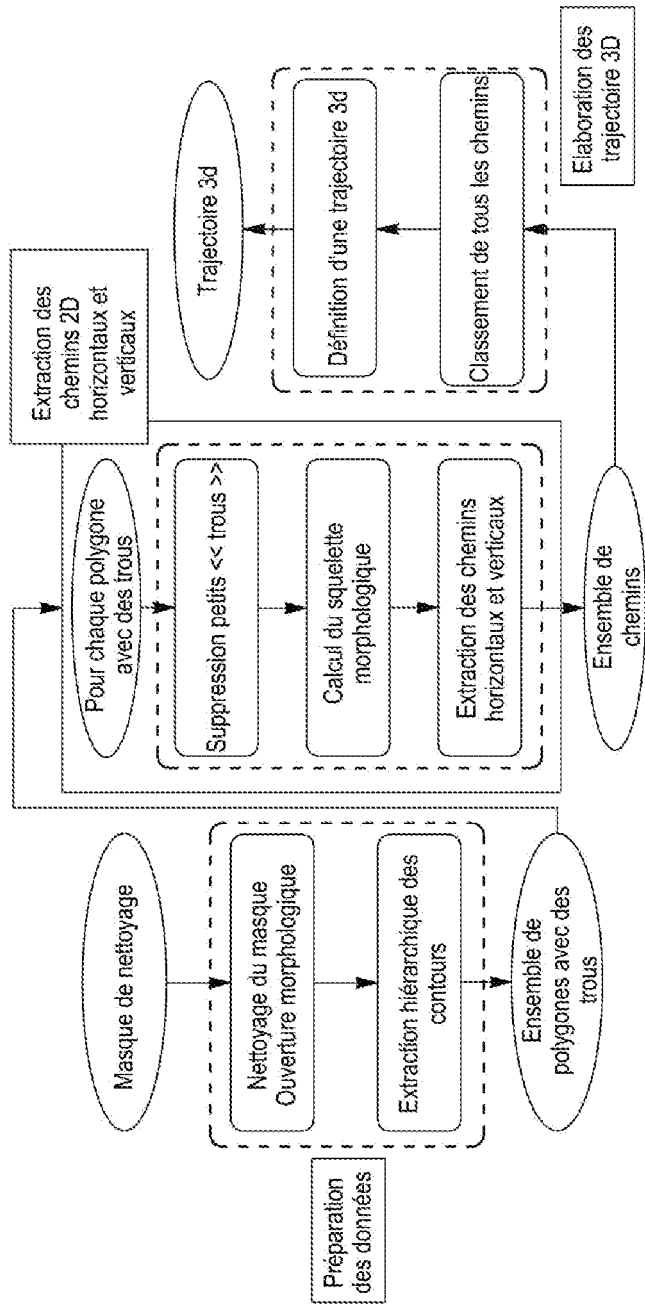
Entrée: image couleur, 3D

Réseau

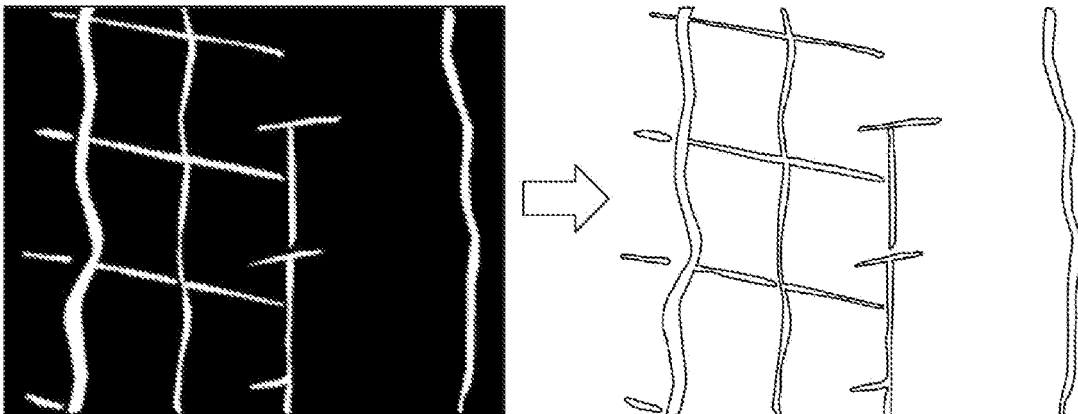
Sortie prédite par le réseau



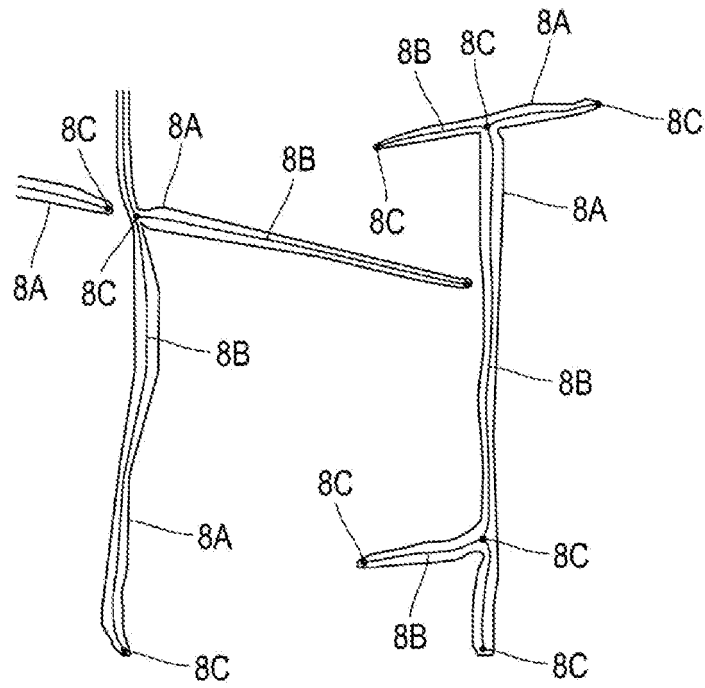
[Fig. 6]



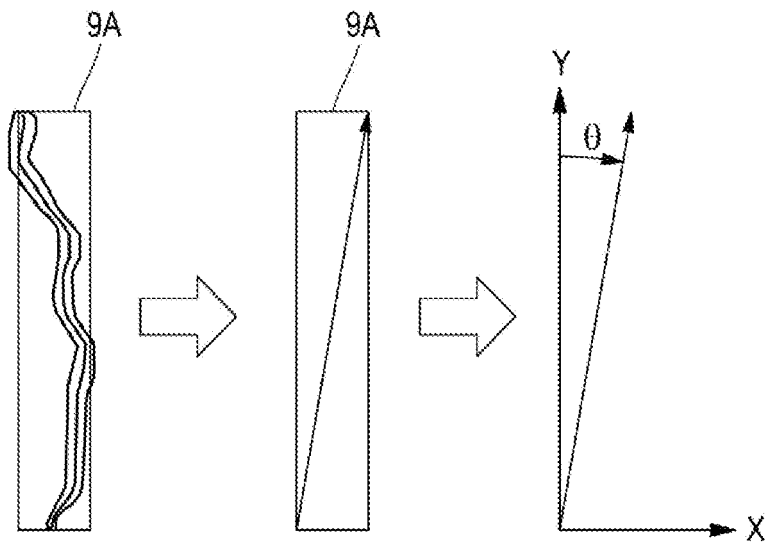
[Fig. 7]



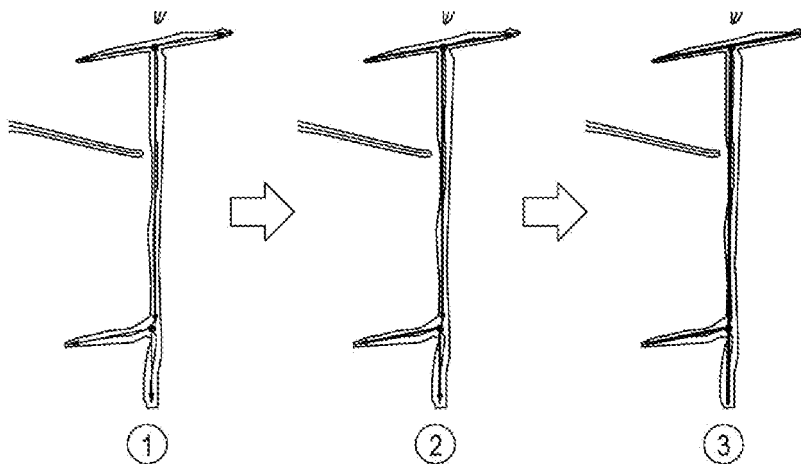
[Fig. 8]



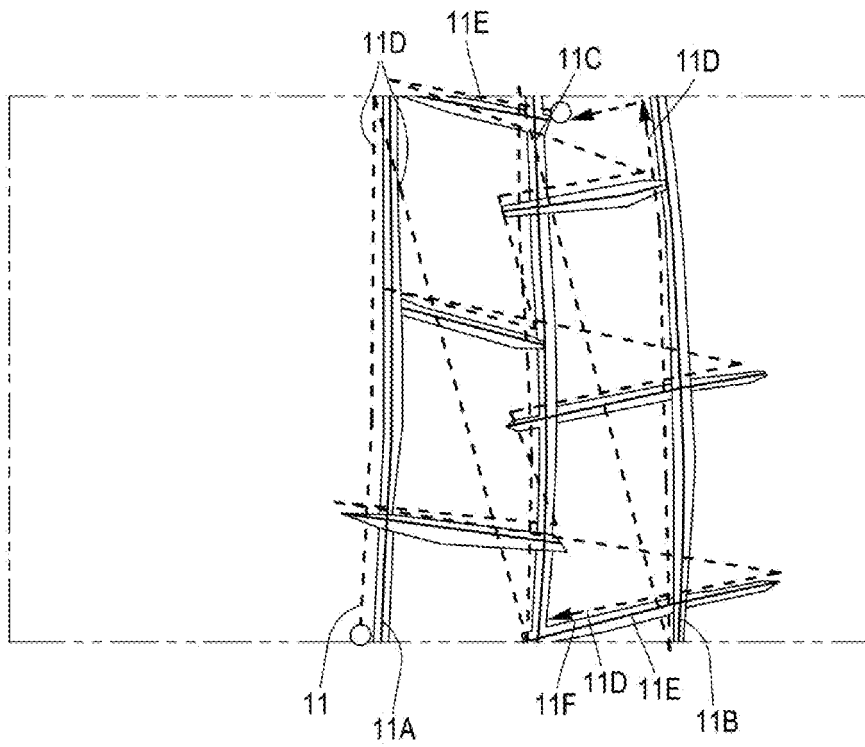
[Fig. 9]



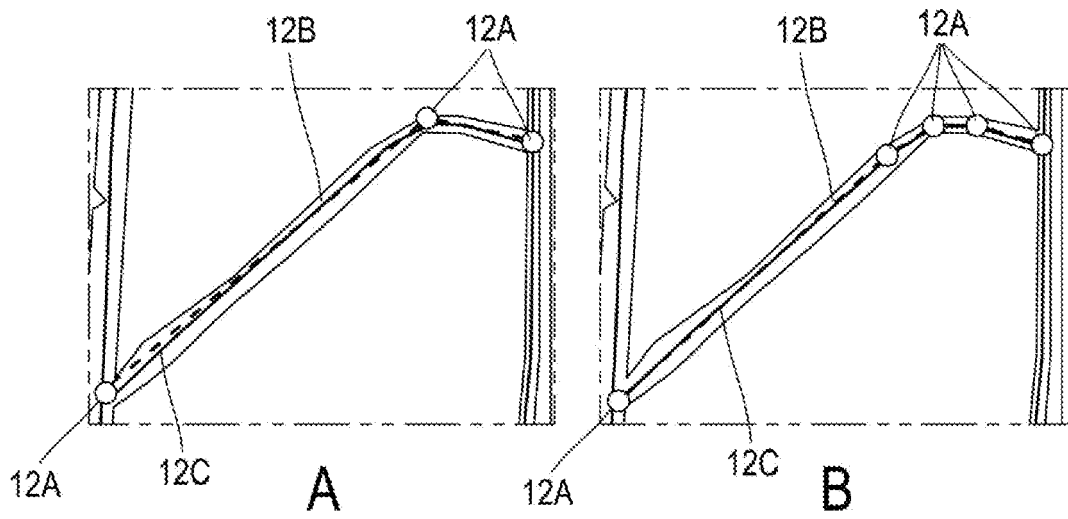
[Fig. 10]



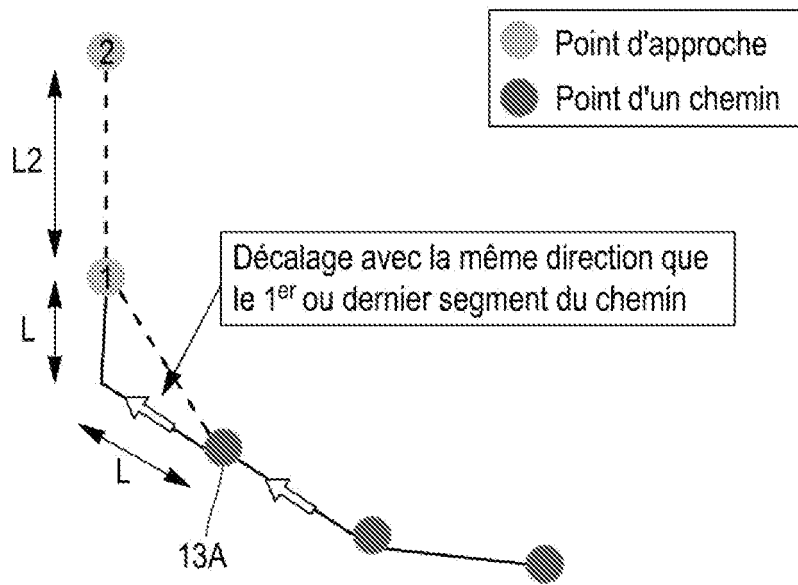
[Fig. 11]



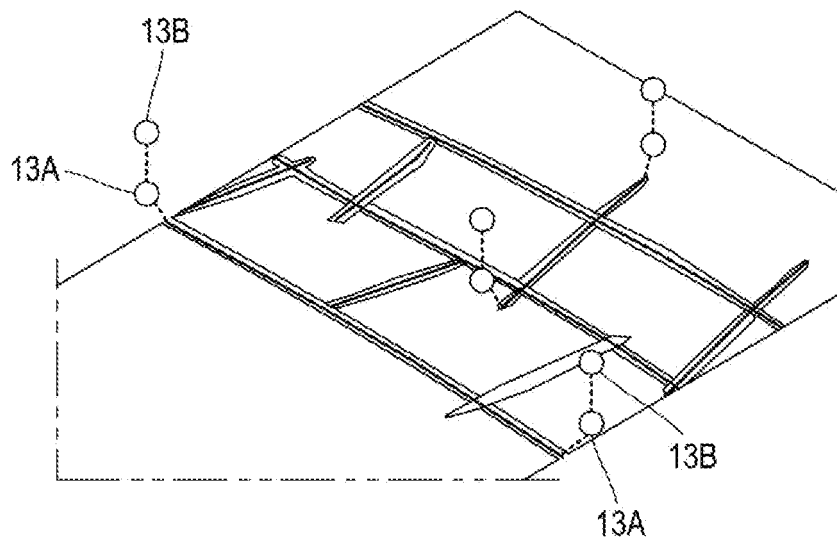
[Fig. 12]



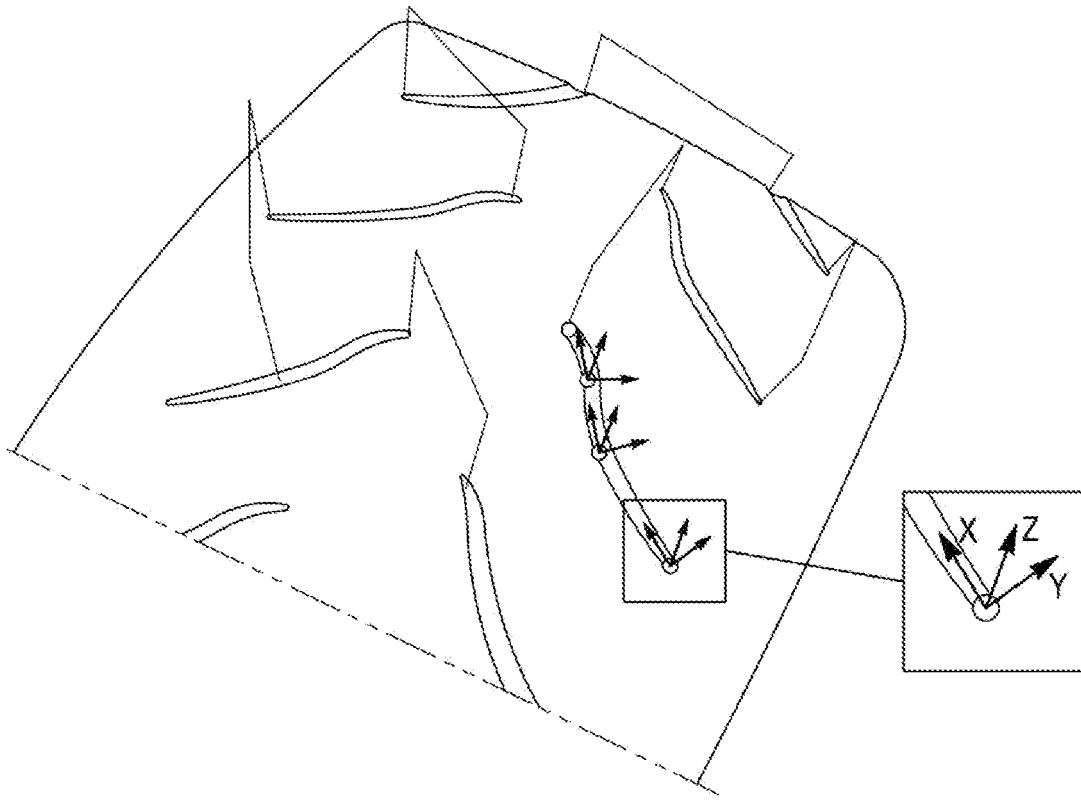
[Fig. 13]



[Fig. 14]



[Fig. 15]



**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement
national

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

FA 917459
FR 2302595

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		
A	EP 3 551 443 B1 (BRIDGESTONE EUROPE NV/SA [BE]) 22 juillet 2020 (2020-07-22) * . *	1-15	B29D 30/54 G01B 11/00
X	EP 2 414 153 B1 (GO ENERGY S R L [IT]) 22 mai 2019 (2019-05-22) * Rev.1, 2 *	1, 14	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			B29D B24D G01M B24B
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
8 septembre 2023		Tonelli, Enrico	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS			
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2302595 FA 917459**

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 **08-09-2023**
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication	
EP 3551443	B1	22-07-2020	EP 3551443 A1	16-10-2019
			US 2019283354 A1	19-09-2019
			WO 2018104332 A1	14-06-2018

EP 2414153	B1	22-05-2019	EP 2414153 A1	08-02-2012
			ES 2742348 T3	14-02-2020
			IT 1393544 B1	27-04-2012
			US 2012016522 A1	19-01-2012
			WO 2010115711 A1	14-10-2010
