

⑫ **BREVET D'INVENTION** **B1**

⑤④ Chaînage de pneumatiques par moyens robotiques employant la vision tridimensionnelle.

②② Date de dépôt : 11.05.23.

③③ Priorité :

⑥⑥ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : *COMPAGNIE GENERALE DES
ETABLISSEMENTS MICHELIN Société en
commandite par actions — FR.*

④③ Date de mise à la disposition du public
de la demande : 15.11.24 Bulletin 24/46.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du
brevet d'invention : 11.04.25 Bulletin 25/15.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche :

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑦② Inventeur(s) : BOUGES Pierre, BARD Nicolas,
KONATE Mohamed-Abbas et DA-COSTA Fabrice.

⑦③ Titulaire(s) : *COMPAGNIE GENERALE DES
ETABLISSEMENTS MICHELIN Société en
commandite par actions.*

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



Description

Titre de l'invention : Chaînage de pneumatiques par moyens robotiques employant la vision tridimensionnelle

Domaine technique

- [0001] L'invention concerne un système qui réalise un procédé de chaînage des pneumatiques à partir d'un groupe de pneumatiques dans un arrangement inconnu. Plus particulièrement, l'invention concerne un système automatique apte à chaîner les pneumatiques dans un emplacement cible quelconque, quel que soit les paramètres de l'emplacement cible et les paramètres variables de pneumatiques différents en cours d'arrangement.

Contexte

- [0002] Dans le domaine de chaînage des pneumatiques, il existe des agencements des pneumatiques qui facilitent leur manutention et assurent leur stockage optimal dans l'espace de stockage disponible. En se référant à la [Fig.1], un mode de réalisation de stockage de pneumatiques est représenté dans lequel plusieurs couches de pneumatiques 10 se chevauchent partiellement les uns les autres. Dans ce type de stockage de pneumatiques (connu dans le métier par la désignation « rick-rack »), les pneumatiques sont empilés (ou « chaînés ») dans un contenant 12, la direction de recouvrement étant inversée d'une couche à l'autre en fonction d'un processus de chaînage. Dans cette configuration, l'espace entre des parties latérales 12a du contenant 12 est utilisé d'une manière optimale. Le contenant 12 peut être choisi parmi les contenants connus pour réaliser le transport des pneumatiques, y compris, sans limitation, des palettes, des bennes des camions, des camions chaînées, des caisses fourgons et leurs équivalents. La structure de ce motif d'empilement est décrite en détails dans le brevet DE2426471A1.
- [0003] D'autres types de stockage des pneumatiques sont aussi connus pour réaliser le transport de tels pneumatiques dans les contenants. Dans un mode de réalisation de stockage pneumatique appelé « stockage en rouleaux », les pneumatiques sont rangés côte à côte sur leur bande de roulement le long d'un axe horizontal commun. Dans un mode de réalisation de stockage pneumatique appelé « stockage en piles », les pneumatiques sont empilés côte à côte sur leurs flancs le long d'un axe vertical commun.
- [0004] Il existe des solutions automatisées pour chaîner les pneumatiques dans des contenants en fonction du type de stockage choisi. Ces solutions incorporent le pilotage d'un robot par vision dans le cadre de la saisie de pneumatiques par préhension. Des exemples sont fournis par le brevet US8,244,400 (qui divulgue un dispositif de chaînage automatisé de pneumatiques sur un support qui comporte un

dispositif de manipulation avec un ou plusieurs outils de préhension couplés afin de recevoir et déposer les pneumatiques), le brevet US8,538,579 (qui divulgue un système de dépalettisation pour la mise en œuvre d'un procédé de dépalettisation de pneumatiques déposés sur un support, le système étant guidé par un robot avec un outil de préhension), et le brevet US9,440,349 (qui divulgue un chargeur/déchargeur automatique de pneumatiques pour les empiler/dépiler dans une remorque, comprenant un robot industriel capable d'un mouvement articulé sélectif).

- [0005] Les technologies de chaînage font souvent appel à une combinaison de scan laser de la surface supposée contenir les objets à prendre et de connaissance de l'objet recherché (CAO). Le système cherche à superposer les éléments mesurés dans l'espace réel avec les éléments connus de la CAO pour retrouver précisément l'objet et sa configuration spatiale pour ensuite être en mesure de le saisir de la façon concordant avec la conception du préhenseur. Ainsi, la majorité des méthodes répandues dans l'industrie fonctionnent en essayant de contrôler l'environnement. Cela peut se faire d'un point de vue matériel en demandant des installations bien spécifiques pour la tâche, soit en apprenant des références dans l'environnement de travail fixe, voire en essayant de recalculer un modèle CAO dans une scène de type nuage de points pour détecter un objet.
- [0006] Une méthode requérant une installation matérielle spécifique, aussi sophistiquée soit elle ne marchera plus en cas de variations significatives dans l'installation. Un recalage de modèle demande que tous les objets du contenant soient identiques (à un facteur d'échelle prêt) et en grande partie visible pour avoir un appariement convenable. Par exemple, le brevet US8,538,579 propose d'utiliser les données CAO des pneumatiques pour réaliser le travail de « densification du stockage ». Ceci requiert soit une palette entièrement homogène de pneumatiques identiques dont on renseigne la dimension une fois puis le système les traite automatiquement, soit une lecture au cas par cas de la référence du pneumatique, l'appel à ses dimensions dans une base de données CAO, le calcul de la position optimale de rangement puis sa manipulation.
- [0007] En outre, il existe aussi des rangements spécifiques aux pneumatiques dehors la reconnaissance du produit. Par exemple, le brevet EP2062824B1 présente des boîtes unitaires qui facilitent le transport d'articles cylindriques comme les pneumatiques. Particulièrement, une boîte pliée est divulguée qui permet de manipuler les pneumatiques et de les ranger de façon stable. En conséquence, le rangement des boîtes elles-mêmes introduit une perte de volume importante et un coût élevé.
- [0008] Le remplissage et le vidage de contenants connus pour réaliser le transport des pneumatiques (et particulièrement, des camions) tenant sont les tâches par définition aléatoire : l'ordre des pneumatiques chaînés n'est pas connu à l'avance, ni leur dimension ; l'accessibilité est réduite, aussi bien pour la préhension ; et on ne peut voir les pneumatiques qu'en partiel. Maîtriser l'environnement n'est donc pas une situation

viable.

[0009] Ainsi, l'invention divulguée permet d'établir un lien entre des processus de chaînage et la gestion du chaînage des pneumatiques arrangés dans un groupe de pneumatiques arrangés sans connaissance préalable de leur configuration précise.

[0010] **Résumé de l'invention**

L'invention concerne un procédé de chaînage automatique des pneumatiques à partir d'un groupe de pneumatiques dans un arrangement inconnu et destinés pour le chaînage dans un emplacement cible prédéterminé, le procédé de chaînage mis en œuvre par au moins un processeur comprenant un module de traitement des images qui emploie un algorithme de positionnement pour choisir l'emplacement optimal d'un pneumatique cible à chaîner, caractérisé en ce que le procédé de chaînage comprend les étapes suivantes :

- une étape de fourniture d'un système de chaînage ce dont le processeur fait partie, dans lequel le système de chaînage comprend au moins un dispositif de prise qui réalise la prise d'un pneumatique cible du groupe de pneumatiques;
 - une étape d'estimation des dimensions d'un emplacement cible dont les pneumatiques du groupe de pneumatiques sont destinés pour le chaînage, cette étape comprenant une étape de scan de l'emplacement cible pour déterminer ses paramètres ;
 - une étape de création de l'origine d'un repère emplacement-dispositif pendant laquelle le système de chaînage crée un repère pour savoir des coordonnées de positionnement d'un premier pneumatique dans l'emplacement cible;
 - une étape d'estimation des dimensions d'un pneumatique cible à chaîner dans l'emplacement cible, pendant laquelle le dispositif identifie le premier pneumatique à prendre dans le groupe de pneumatiques ;
 - une étape de positionnement pour chaque pneumatique à chaîner, cette étape comprenant les étapes suivantes :
 - une étape de réalisation d'un processus de positionnement de pneumatique qui est réalisée pour chaque pneumatique à chaîner ;
 - une étape d'approche du dispositif vers le pneumatique cible identifié ; et
 - une étape de prise du pneumatique cible identifié ;
 - une étape de scan du pneumatique après son positionnement réalisé pendant l'étape de positionnement ; et
 - une dernière étape de mise à jour de la position du pneumatique, pendant laquelle la position réelle du dernier pneumatique positionné, estimé pendant l'étape de scan du pneumatique positionné, comprend le centre 2D du pneumatique positionné et son orientation, ce qui permet de mettre à jour l'algorithme de positionnement la position réelle du dernier pneumatique positionné,
- de sorte que la mise à jour permet de contrôler que la position réelle estimée est

cohérente avec les limites physiques de l'emplacement cible ; et
de sorte que le chaînage des pneumatiques se réalise lorsque le dispositif de prise lâche le pneumatique.

[0011] Dans certains modes de réalisation du procédé de chaînage de l'invention, pendant l'étape de réalisation d'un processus de positionnement pour chaque pneumatique à chaîner :

- le groupe de pneumatiques est modélisé dans un espace bidimensionnel (2D) sous la forme d'un rectangle, dans lequel la largeur et la hauteur du rectangle sont égales à la largeur et la hauteur de l'intérieur de l'emplacement cible ; et
- chaque pneumatique du groupe de pneumatiques est modélisé à l'aide d'un rectangle dont sa largeur et sa hauteur sont égales à la largeur et le diamètre du pneumatique représenté.

[0012] Dans certains modes de réalisation du procédé de chaînage de l'invention, l'étape d'estimation des dimensions d'un pneumatique cible à chaîner comprend un processus de l'apprentissage few-shot comprenant les étapes suivantes :

- une étape d'acquisition des données correspondantes aux pneumatiques arrangés, pendant laquelle un système de détection du dispositif de prise capture une image initiale des pneumatiques arrangés de manières aléatoires ;
- une étape d'alimentation d'un réseau neuronal d'extraction et d'un réseau neuronal d'attention, pendant laquelle les deux réseaux neuronaux sont entraînés en prenant une pluralité d'images échantillons obtenue pendant l'étape d'acquisition des données comme données d'entraînement et une pluralité de classements d'objets d'images comme étiquettes de données ;
- une étape de réalisation d'un processus de reconstruction tridimensionnelle (3D) intégralement réalisée sur les bases des données du réseau neuronal d'extraction et du réseau neuronal d'attention, pendant laquelle des coordonnées correspondant à l'emplacement d'un pneumatique cible identifié et son orientation sont reconstruits à partir de ces données, de sorte que cette reconstruction sert à fournir les informations géométriques nécessaires pour générer un point de prise idéal du pneumatique cible identifié;
- une étape d'approche du dispositif de prise vers le pneumatique cible identifié , pendant laquelle le réseau neuronal d'attention envoie au dispositif de prise les coordonnées correspondant à l'emplacement du pneumatique cible identifié et son orientation; et
- une étape de sortie du pneumatique cible identifié de l'arrangement de pneumatiques pour le mettre dans l'emplacement cible.

[0013] Dans certains modes de réalisation du procédé de chaînage de l'invention, l'étape d'alimentation du réseau neuronal d'extraction et du réseau neuronal d'attention

comprend les étapes suivantes :

- une étape d'entraînement du réseau neuronal d'extraction pour segmenter une scène vue par le système de détection du système de gestion ; et

- une étape de construction du mécanisme d'attention, pendant laquelle le réseau neuronal d'attention extrait des caractéristiques différenciées parmi différentes catégories dans un modèle de détection de pneumatique cible, de sorte que le modèle est guidé pour localiser des zones clés dans une image segmentée ;

dans lequel l'étape d'entraînement du réseau neuronal d'extraction comprend une étape de segmentation des données basées sur une pluralité de cycles d'un mouvement répétitif du dispositif de prise pendant un ou plusieurs cycles de chaînage.

[0014] Dans certains modes de réalisation du procédé de chaînage de l'invention, pendant l'étape de réalisation du processus de reconstruction 3D, l'orientation, les dimensions et la localisation du pneumatique cible identifié sont reconstruits à partir des données du réseau neuronal d'extraction et du réseau neuronal d'attention.

[0015] Dans certains modes de réalisation du procédé de chaînage de l'invention :

- l'étape d'acquisition des données du processus d'apprentissage few-shot comprend une étape de construction d'un nuage de points à partir des images RGB-D ; et

- l'étape d'approche du dispositif de prise comprend une étape de prise du pneumatique cible identifié au point de prise idéal calculé pendant l'étape de réalisation du processus de reconstruction 3D.

[0016] Dans certains modes de réalisation du procédé de chaînage de l'invention, le processus de positionnement de pneumatique comprend les étapes suivantes :

- une étape de positionnement du premier pneumatique qui est prenable du groupe de pneumatiques dont ce premier pneumatique est positionné à plat à une place correspondante au choix du repère emplacement-dispositif créée pendant l'étape de création de l'origine du repère ; et

- une étape de rangement des pneumatiques à partir du deuxième pneumatique, pendant laquelle l'algorithme de positionnement utilise une notion de rangée qui est une suite de pneumatiques positionnée dans la même direction, et dans laquelle chaque type de rangée est associé à un ensemble d'orientation à tester pour le pneumatique à positionner.

Dans certains modes de réalisation du procédé de chaînage de l'invention, pendant l'étape de rangement des pneumatiques, l'algorithme de positionnement applique les étapes suivantes pour sélectionner les positions candidates du pneumatique :

- une étape de calcul d'abord de toutes les positions qui mettent en contact le pneumatique concerné avec les limites de l'emplacement cible ;

- une étape de calcul ensuite de toutes les positions qui mettent en contact le pneumatique avec les autres pneumatiques déjà chaînés ;

- une étape de conservation, parmi toutes les positions calculées pendant l'étape précédente, des positions permettant au pneumatique d'avoir au moins deux points de contact avec les limites du groupe de pneumatiques ou avec les autres pneumatiques ; et

- une dernière étape de conservation des positions permettant de compléter la rangée courante qui représente la seule position permettant de compléter la rangée en cours. Dans certains modes de réalisation du procédé de chaînage de l'invention, l'étape de rangement des pneumatiques comprend en outre :

- une étape de calcul d'un critère de stabilité et de chaînage permettant de savoir si la position du pneumatique est stable sur chaque position retenue à la fin de sélection des positions candidates du pneumatique ; et

- une étape de conversion pendant laquelle le centre 2D du pneumatique issu d'algorithme de positionnement est converti vers le centre 3D du pneumatique dans l'emplacement cible ;

de sorte que l'algorithme de positionnement indique le centre du pneumatique dans le plan arrière du groupe de pneumatiques ainsi que son orientation pour positionner le pneumatique dans l'emplacement cible de manière d'obtenir le centre 3D du pneumatique et de le coupler avec l'orientation.

[0017] Dans certains modes de réalisation du procédé de chaînage de l'invention, pendant l'étape de calcul d'un critère de stabilité et de chaînage :

- la stabilité de la position du nouveau pneumatique dépend de la verticale partant de son centre de gravité et de la zone d'appui du nouveau pneumatique; et

- le critère de chaînage s'appuie sur une distance signée horizontale entre le centre du dernier pneumatique posé et l'extrémité du nouveau pneumatique.

[0018] Dans certains modes de réalisation du procédé de chaînage de l'invention, pendant l'étape de scan du pneumatique réalisé pendant l'étape de positionnement :

- le système de chaînage scan une zone dans laquelle le dernier pneumatique a été positionné ; et

- un mécanisme d'attention est ensuite utilisé pour détecter le dernier pneumatique positionné.

[0019] L'invention concerne aussi un système de chaînage automatique des pneumatiques à partir d'un groupe de pneumatiques dans un arrangement inconnu et pour lesquels un emplacement cible prédéterminé doit être réalisé, caractérisé en ce que le système de chaînage comprend :

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

un système de détection pour recueillir l'information sur l'environnement physique autour de chaque dispositif de prise, le système de détection comprenant un ou des capteurs configurés pour effectuer une détection d'images bidimensionnelles (2D) et/ou tridimensionnelles (3D) ; et

- un réseau de communication qui gère les données entrantes au système de chaînage à partir d'au moins un dispositif de prise, 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 chaînage qui emploie un algorithme de positionnement pour mettre en œuvre le procédé de chaînage divulgué;

de sorte que chaque dispositif de nettoyage est configuré sur un ou plusieurs paramètres d'au moins un 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 préhension puisse réaliser la prise d'un pneumatique cible pendant le procédé de chaînage réalisé par le système de chaînage.

[0020] Dans certains modes de réalisation du système de chaînage de l'invention, le système de détection comprend au moins une caméra du type RGB-D fixée à au moins un parmi le périphérique de préhension, le bras allongé et le préhenseur du dispositif de nettoyage.

[0021] Dans certains modes de réalisation du procédé de chaînage de l'invention, l'emplacement cible prédéterminé comprend au moins un emplacement choisi parmi un ou des contenants, un ou des camions, une ou des remorques, un ou des entrepôts, un ou des centres de distribution, un ou des convoyeurs, une ou des palettes et un ou des moyens de stockage.

[0022] D'autres aspects de l'invention vont devenir évidents grâce à la description détaillée suivante.

Brève description des dessins

[0023] 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 en perspective d'un mode de réalisation de stockage de pneumatiques.

[Fig.2] [Fig.3] **Les Figures 2 et 3 représentent des constituants d'un pneumatique connu dans un plan méridien.**

[Fig.4] La [Fig.4] représente une vue partielle en perspective d'un mode de réa-

lisation d'un dispositif de prise employé dans un système de chaînage de l'invention.

[Fig.5] **La** [Fig.5] représente un exemple d'un groupe de pneumatiques arrangés en cours de traitement par un dispositif de prise du type représenté dans la [Fig.4].

[Fig.6] **La** [Fig.6] représente un diagramme de flux d'un mode de réalisation d'un procédé de chaînage de l'invention réalisé par le système de chaînage.

[Fig.7] **La** [Fig.7] représente un exemple d'une remorque qui sert à un emplacement cible dont le chaînage des pneumatiques est réalisé pendant le procédé de chaînage de l'invention.

[Fig.8] **La** [Fig.8] représente un exemple d'un premier pneumatique prenable qui est identifié pour positionnement dans un emplacement cible pendant le procédé de chaînage de l'invention.

[Fig.9] **La** [Fig.9] représente un processus de positionnement de pneumatique réalisé pendant une étape de positionnement du procédé de chaînage de l'invention.

[Fig.10] **La** [Fig.10] **représente une vue schématique des types de directions de positionnement des pneumatiques réalisés pendant le processus de positionnement.**

[Fig.11] **La** [Fig.11] **représente une vue schématique d'un ensemble d'orientation à tester pour le pneumatique à positionner pendant une étape de rangement des pneumatiques du processus de positionnement.**

[Fig.12] **La** [Fig.12] représente un exemple d'une réalisation d'un rangement des pneumatiques dans un emplacement cible.

[Fig.13] [Fig.14] Les Figures 13 et 14 représentent, respectivement, une position stable et une position instable représentant la stabilité de la position d'un pneumatique positionné pendant le processus de positionnement.

[Fig.15] [[Fig.16]] Les Figures 15 et 16 représentent une illustration d'un critère de chaînage employé pendant le processus de positionnement.

[Fig.17] **La** [Fig.17] représente une vue schématique d'une étape de conversion réalisée pendant le processus de positionnement.

[Fig.18][Fig.19] Les Figures 18 et 19 représentent des vues schématiques, respectivement, d'une position réelle du dernier pneumatique positionné et la mise à jour de cette position réelle pendant le processus de positionnement.

Description détaillée

[0024] En considérant le type de stockage de pneumatiques qui utilise mieux l'espace de stockage disponible, il faut considérer la géométrie des pneumatiques étant transportés. Les Figures 2 et 3 représentent des schématiques d'un pneumatique P qui comprend, 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 repré-

sensation 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.

- [0025] En se référant à la [Fig.2], le pneumatique P comprend une limite interne F_I et une limite externe F_E qui définissent ensemble les limites d'un flanc F du pneumatique P. La limite interne F_I sépare le flanc F du pneumatique et une jante (non représenté) à laquelle le pneumatique est destiné pour montage. Le pneumatique P comprend aussi un rayon de jante R_J défini comme la distance entre un point central C du pneumatique et la limite interne F_I qui sépare la jante et le flanc F du pneumatique. Le pneumatique P comprend également un diamètre de flanc interne défini comme le double du rayon de jante R_J . Le pneumatique P comprend aussi un rayon de pneumatique R_P défini comme la distance entre le point central C et une limite externe F_E du flanc F qui représente la surface de roulement du pneumatique. Le pneumatique P comprend également un diamètre de pneumatique défini comme le double du rayon du pneumatique R_P .
- [0026] En se référant à la [Fig.3], le pneumatique P gonflé et sans charge comprend plusieurs paramètres de sa géométrie, y compris une largeur L_P de section nominale et une hauteur H_P (la hauteur H_P étant souvent exprimée en pourcentage de la largeur L_P). Le pneumatique P comprend aussi une mesure D_J qui représente le diamètre d'une jante à laquelle le pneumatique est destiné pour montage (cette mesure étant sensiblement égale au diamètre de flanc interne F_I). Il est entendu que chacun de ces paramètres peut être exprimés en mesures de longueur connues équivalentes (par exemple, en millimètres (mm) ou en pouces (in)).
- [0027] En se référant maintenant aux Figures 4 à 5, sur lesquelles les mêmes numéros identifient des éléments identiques, les figures 4 et 5 représentent un mode de réalisation d'un dispositif de prise (ou « dispositif ») 100 qui réalise la prise d'un pneumatique cible d'un arrangement inconnu de pneumatiques et pour lequel un emplacement cible doit être réalisé pendant un cycle de chaînage de l'invention. Le dispositif 100 fait partie d'un système de chaînage de pneumatique (ou « système de chaînage » ou « système ») de l'invention.
- [0028] Il est entendu que le terme « chaînage » comprend les fonctions de stockage et de déstockage de pneumatiques arrangés (ou « chaînés ») ainsi que l'arrangement cible (y

compris le chargement et le déchargement) des pneumatiques. Il est entendu que le terme "pneumatique cible" (dans le singulier ou le pluriel) est utilisé ici pour faire référence à un pneumatique qui est présent dans l'environnement physique du dispositif 100 et qui est identifié pour le positionnement pendant un cycle de chaînage. Il est entendu que le terme « emplacement cible » (au singulier ou le pluriel) comprend un espace dédié où les pneumatiques seront arrangés (par exemple, une remorque, un tapis, un convoyeur, une caisse, une crémaillère, etc.). Le terme « arrangement cible » (au singulier ou au pluriel) comprend un agencement souhaité pour les pneumatiques arrangés dans un emplacement cible (par exemple, d'une manière « rick-rack » ou « chaîné »), « stockage en rouleaux », ou « stockage en piles »).

[0029] Le système de l'invention réalise un procédé de chaînage de mouvement du dispositif 100 (ou « procédé de chaînage») qui incorpore une combinaison de techniques de vision pour reconstruire correctement et rapidement la scène observée à partir de nuages de points dispersés tridimensionnels (ou « 3D »), issus d'une vue parcellaire des pneumatiques cibles.

[0030] Le dispositif 100 est utilisable dans les espaces où des pneumatiques sont arrangés de manière inconnue et dans les espaces où leur arrangement cible doit être réalisé. A titre d'exemple, le dispositif 100 peut être utilisé par rapport à une caisse 200 ayant des pneumatiques P_{200} arrangés dedans. Le dispositif 100 peut prendre les pneumatiques P_{200} arrangés dans la caisse 200 pour les chaîner dans un ou des emplacements cibles (par exemple, dans une remorque 300 comme représenté dans la [Fig.7]). Il est entendu que tout type de contenant approprié pourrait être utilisé au lieu de la caisse 200.

[0031] Le dispositif 100 réalise donc un arrangement cible de pneumatiques dans un emplacement cible prédéterminé. Il est entendu que le dispositif 100 peut fonctionner dans plusieurs environnements physiques sans connaissance de leurs paramètres en avance (par exemple, un arrangement initial ou ciblé des pneumatiques dans un camion, dans un entrepôt, dans un centre de distribution, sur un convoyeur, sur une palette ou par rapport à d'autres moyens de stockage et/ou de transport connus).

[0032] En se référant encore aux Figures 4 et 5, dans un mode de réalisation du dispositif 100, le dispositif de prise comprend un robot du type divulgué par la publication WO2022/135968 de la Demanderesse. Le robot a un périphérique de préhension 104 soutenu par un bras allongé 106 pivotant. Le périphérique de préhension 104 s'étend du bras allongé 106 jusqu'à une extrémité libre 104a où un préhenseur 108 est disposé le long d'un axe longitudinal commun. Le robot est mis en mouvement pour que le préhenseur 108 puisse réaliser la prise d'un pneumatique cible par le dispositif 100 pendant un procédé de chaînage réalisé par le système de l'invention (comme décrit ci-dessous).

- [0033] Il est entendu que la configuration précise du dispositif 100 représentée dans les Figures 4 et 5 est donnée à titre d'exemple. Par exemple, le dispositif 100 pourrait être fourni avec plusieurs types de préhenseurs en fonction des caractéristiques d'un groupe de pneumatiques destinés à être chaînés. Dans un autre exemple, le dispositif 100 peut comprendre un robot fixe installé à une installation de chaînage, fixé, par exemple, à un support par rapport auquel le robot s'étend. 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 chaînage de l'invention. Il est entendu que le dispositif 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 prise peut être un robot industriel classique ou un robot collaboratif voire un robot delta ou à câble.
- [0034] Le dispositif 100 comprend aussi un système de détection (non représenté) pour recueillir l'information sur l'environnement physique autour du dispositif. 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 100 du type représenté dans les Figures 4 et 5, le ou les capteurs du système de détection sont fixés à au moins un parmi le périphérique de préhension 104, le bras allongé 106 et le préhenseur 108 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 100 fonctionne (par exemple, une ou des caméras 400)(voir la [Fig.5]).
- [0035] Dans un mode de réalisation du dispositif 100, le système de détection comprend au moins une caméra 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 périphérique de préhension 104, le bras allongé 106 et le préhenseur 108 du dispositif 100. 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.
- [0036] 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 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 cibles de manière précise et efficace.

[0037] 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 arrangés) 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.

[0038] 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 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 100, y compris le positionnement du préhenseur 108.

- [0039] Le système de détection du dispositif 100 détecte la présence d'un groupe de pneumatiques dans le champ de vision du système de détection (par exemple, le champ de vision d'une caméra du dispositif 100), ce qui le déclenche pour capturer l'image d'un pneumatique cible (voir, par exemple, le pneumatique cible P_{200*} représenté dans la [Fig.5]). Dans tous les modes de réalisation du dispositif 100, le système « cherche », dans l'image obtenue par le système de détection, la présence d'un pneumatique dans l'environnement autour du dispositif 100. Si aucun pneumatique n'est détecté, le système de détection continue d'obtenir les images jusqu'à ce que la recherche de l'environnement autour du dispositif 100 soit épuisée.
- [0040] Le système de détection peut déterminer l'information sur l'environnement physique qui peut être utilisée par un système de contrôle (qui comprend, par exemple, un logiciel de planification des mouvements du dispositif 100). Le système de contrôle pourrait se trouver sur le dispositif 100 ou il pourrait être en communication à distance avec le dispositif. Dans des modes de réalisation du dispositif, un ou plusieurs capteurs 2D ou 3D montés sur le dispositif 100 (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 dispositif 100 pour le naviguer entre les positions de prise des pneumatiques cibles.
- [0041] Pour bien gérer la manipulation du dispositif 100 qui assure la prise sécurisée du pneumatique cible (par exemple, la manipulation du robot et le positionnement du préhenseur 108 comme représenté dans les Figures 4 et 5), il faut détecter l'arrangement des pneumatiques arrangé dans le groupe de pneumatiques et identifier le pneumatique cible idéal pour la prise. Ainsi, les données de détection font référence à une pluralité d'enregistrements représentatifs des emplacements d'au moins un pneumatique ou une partie d'un pneumatique 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, le flanc) 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 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 prise avant qu'il s'arrête pour prendre une ou des images des pneumatiques arrangés. Le système de détection du dispositif 100 est donc configuré pour générer les données de mouvement du dispositif.
- [0042] Dans des modes de réalisation de l'invention, le système de détection du dispositif

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 d'autres dispositifs équivalents. A titre d'exemple, un dispositif de capture de mouvement du system de l'invention peut comprendre un ou une paire de gants numériques pour effectuer des mouvements de gestion du dispositif 100 à distance. Dans ces modes de réalisation, le système (et particulièrement le dispositif 100) apprend les mouvements qui réalisent l'arrangement cible des pneumatiques sans intervention d'un opérateur lors un ou des processus de positionnement ultérieurs faisant partie du procédé de chaînage.

- [0043] Pour mettre en œuvre le procédé de l'invention par moyen d'ordinateur, le système de chaînage 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 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 pneumatiques imagés. Le ou les processeurs comprennent un module d'exécution d'application d'analyse qui réalise le traitement des images (ou « module de 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 de chaînage (comme décrites ci-dessous).
- [0044] En considérant le dispositif 100, son positionnement initial (et, dans les cas qui s'appliquent, l'orientation initiale du préhenseur 108) est déterminé des données obtenues via l'acquisition des images du système de chaînage et de l'environnement physique dans lequel le système de chaînage fonctionne. Un module d'exécution d'application d'analyse du processeur emploie un algorithme de repositionnement automatique et adaptatif pour trouver une position de départ idéale du dispositif 100, permettant donc d'exécuter des instructions programmées stockées dans la mémoire pour réaliser la prise d'un premier pneumatique cible identifié à positionner dans un emplacement cible prédéterminé (par exemple, une remorque 300). L'algorithme de repositionnement permet l'amélioration continue sur l'ensemble des prises des pneumatiques, assurant que le système de chaînage (et particulièrement le dispositif 100) s'améliore de l'expérience qu'il acquiert, notamment sur le choix des pneumatiques à sortir à partir du premier pneumatique identifié pour le chaînage.
- [0045] 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 du dispositif 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.

[0046] 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 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.

[0047] Dans des modes de réalisation du système de l'invention, le processeur peut configurer le dispositif (et notamment le préhenseur 108) sur un ou plusieurs paramètres du pneumatique identifié calculés par un module de traitement d'images incorporé dans la mémoire du processeur.

[0048] Dans des modes de réalisation du procédé de chaînage de l'invention, le processeur peut configurer le système de chaînage (et notamment le dispositif 100) sur un ou plusieurs paramètres d'un pneumatique cible calculés par un module de traitement d'images. Dans ces modes de réalisation, il est entendu qu'un ou des moyens de l'apprentissage par renforcement (ou « reinforcement learning ») pourraient être employés. 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.

[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 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 repré-

sentatives des positionnements 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 chaînage 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). Les données correspondantes pourraient être recueillies par un ou des dispositifs connus (par exemple, un dispositif du type RFID disposé dans ou sur le pneumatique identifié).
- [0051] 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 préhenseur 108 (et donc le mettre dans un positionnement précis pour prendre et pour positionner le 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).
- [0052] En se référant encore aux Figures 1 à 5, et en outre aux Figures 6 à 19, une description détaillée est donnée à titre d'exemple des modes de réalisation d'un procédé de chaînage (ou « procédé ») de l'invention permettant le chaînage des pneumatiques dans un emplacement cible (par exemple, l'intérieur d'une remorque 300 d'un camion)(voir la [Fig.7]). Le procédé de chaînage est mis en œuvre par le système de l'invention dans n'importe quel environnement physique sans connaissance préalable des dimensions des pneumatiques dans le groupe de pneumatiques destinés pour chaînage et sans connaissance préalable de leur agencement. Il est donc entendu que

les positions d'emplacement des pneumatiques sont générées à la volée permettent de prendre en compte les dimensions différentes des pneumatiques successifs en fonction des paramètres de l'emplacement cible.

[0053] 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 (par exemple, les étapes d'un algorithme de positionnement mis en œuvre par le système de l'invention). 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.

[0054] En réalisant le procédé de chaînage l'invention, le système 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 chaînage. Le système de l'invention réalise donc une amélioration continue dans la reconnaissance des pneumatiques différents et leur positionnement relatif à l'emplacement cible.

[0055] La [Fig.6] représente un diagramme de flux d'un mode de réalisation de fonctionnement du système de l'invention pendant un procédé de chaînage réalisé par le système. Comme représenté dans la [Fig.6], le « simulateur » représente un algorithme de positionnement mis en œuvre par le système de l'invention pour choisir l'emplacement optimal d'un pneumatique à chaîner.

[0056] L'algorithme de positionnement (ou « simulateur ») mis en œuvre par le système de l'invention peut être vu comme un modèle physique cherchant à représenter la physique associée au chaînage des pneumatiques dans un emplacement cible prédéterminé. Comme d'autres modèles, il présente des suppositions :

- L'espace de travail et les pneumatiques sont représentés dans un espace bidimensionnel (« 2D »). Chaque pneumatique est représenté par un rectangle (dont la largeur du rectangle représente la largeur de l'enveloppe du pneumatique et la hauteur du rectangle représente son diamètre) qui va être positionné dans un rectangle plus grand représentant la groupe de pneumatiques en cours de chaînage (voir la [Fig.7]).

- L'algorithme de positionnement ne chaîne pas les pneumatiques, mais il cherche des positions qui favorisent leur chaînage. L'interaction avec un système de détection du système de chaînage permet de prendre en compte le chaînage des pneumatiques dans l'algorithme de positionnement.

- On suppose qu'il n'y a pas de glissement entre les pneumatiques différents lors de la construction d'un groupe pneumatiques empilés. Ainsi, le phénomène de tassement des pneumatiques n'est pas pris en compte.

- L'algorithme de positionnement s'appuie sur des règles mises en place pour po-

sitionner chaque pneumatique (par exemple, l'orientation des enveloppes, la notion de « rangée », etc.).

[0057] Il est évident que ce modèle physique pourrait être affiné pour améliorer les performances. A titre d'exemple :

- L'algorithme de positionnement pourrait être amélioré en travaillant dans un espace en trois dimensions, en représentant chaque pneumatique par une forme tridimensionnelle (3D) (par exemple, une forme issue d'un modèle CAO).
- Le chaînage des pneumatiques pourrait être pris en compte par l'algorithme de positionnement en permettant l'imbrication des pneumatiques représentés en 3D.
- Le glissement et le tassement des pneumatiques pourraient être intégrés.
- Les règles mises en place pour positionner chaque pneumatique pourraient être remplacées par un algorithme d'apprentissage par renforcement qui chercherait à apprendre par elle-même les règles plus pertinentes. Cela permettrait d'augmenter la densité de chaînage obtenue.

[0058] En se référant encore aux Figures 6 et 7, en lançant le procédé de chaînage de l'invention, le procédé comprend une étape d'estimation des dimensions d'un emplacement cible dont les pneumatiques sont destinés pour le chaînage.

[0059] A titre d'exemple, dans la description suivante, la remorque 300 de la [Fig.7] est référencée comme l'emplacement cible qui est l'objet de cette estimation. Il est entendu que l'emplacement cible pourrait être choisi parmi un ou des emplacements cibles connus pour réaliser le chaînage et le transport des pneumatiques (y compris, dans limitation, des contenants, des palettes, des bennes des camions, des camions chaînées, des caisses fourgons et leurs équivalents).

[0060] L'étape d'estimation du procédé de chaînage comprend une étape de scan de l'intérieur de l'emplacement cible dont les pneumatiques sont destinés pour chaînage. Pendant cette étape, le système de chaînage emploie son système de détection pour scanner l'intérieur de l'emplacement cible et pour estimer ses paramètres (c.-à-d., ses dimensions). En prenant l'exemple de la remorque 300 de la [Fig.7], pendant cette étape, le système de détection scan l'intérieur de la remorque pour déterminer sa longueur, sa largeur et sa profondeur.

[0061] Le procédé de chaînage comprend en outre une étape de création de l'origine d'un repère emplacement-dispositif. Pendant cette étape, pour commencer à chaîner des pneumatiques, il faut savoir où on peut commencer à poser le premier pneumatique dans l'emplacement cible à partir des paramètres obtenus pendant l'étape de scan de l'intérieur de l'emplacement cible (par exemple, il faut savoir où commencer à poser dans la remorque 300 le pneumatique P_{200*} d'un groupe de pneumatiques P_{200} stocké dans une caisse 200)(voir la [Fig.8]). A titre d'exemple, pour la suite de la description, un repère est positionné aux coordonnées qui correspondent au coin inférieur gauche

de la remorque 300 (situé au fond de la remorque 300). Ce repère va permettre de piloter le dispositif 100 pour qu'il positionne les pneumatiques dans la remorque 300. Si le repère est placé dans un autre coin, le système complet fonctionnerait moyennant quelques adaptations.

[0062] Le procédé de chaînage comprend en outre une étape d'estimation des dimensions (le diamètre et la largeur) d'un pneumatique cible à chaîner dans l'emplacement cible pré-déterminé (voir le pneumatique P_{200*} de la [Fig.8]). Pendant l'étape d'estimation, le système de détection est utilisé pour identifier le premier pneumatique à prendre parmi plusieurs pneumatiques arrangés dans un arrangement inconnu (par exemple, le groupe de pneumatiques P_{200}). Il est entendu qu'un système d'approvisionnement connu en pneumatiques à charger pourrait être employé pour amener les pneumatiques jusqu'au dispositif 100 (par exemple, un système incorporant un ou des tapis pour transporter les pneumatiques vers le dispositif 100 et son système de détection). Le diamètre et la largeur du pneumatique P_{200*} sont représentés dans un positionnement initial dans la [Fig.7] (le positionnement initial étant défini en fonction du repère emplacement-dispositif crée pendant l'étape de création de l'origine du repère).

[0063] Dans un mode de réalisation d'un procédé de chaînage réalisé par le système de chaînage incorporant le dispositif 100 (et/ou un dispositif équivalent), le système de l'invention réalise un processus d'apprentissage à partir d'un seul ou d'un petit nombre d'exemples (appelé « l'apprentissage few-shot » ou « few-shot learning » ou « FSL »). L'apprentissage few-shot peut réduire l'effort de collecte de données pour les applications à forte intensité de données (notamment la classification d'images et la détection d'événements vidéo), contribuant à alléger la charge que représente la collection de données supervisées à grande échelle (voir "One-Shot Learning of Object Categories", Fei-Fei, Li, Fergus, Rob et Perona Pietro, *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 28, Issue 4, p. 594-611 (Avril 2006) (<https://doi.org/10.1109/TPAMI.2006.79>)). Ce processus est réalisé de manière divulguée par la demande FR2113035 de la Demanderesse. Dans un mode de réalisation du procédé de chaînage du dispositif 100, le système emploie l'apprentissage few-shot pour faciliter une fonction d'optimisation du stockage ayant le but de valoriser la préhension de pneumatiques. Le système de l'invention réalise donc une amélioration continue dans le choix des pneumatiques à prendre.

[0064] Dans ce mode de réalisation du procédé de chaînage réalisé par le système de chaînage incorporant le dispositif 100, le processus d'apprentissage few-shot emploie un mécanisme d'attention pour réaliser la prise de pneumatiques cibles. Le processus d'apprentissage few-shot profite d'une structure en réseau de neurones permettant de ne se focaliser que sur les pneumatiques susceptibles de prise en les reconnaissant immédiatement. Ceci rend le dispositif 100 (et donc le système de l'invention) plus rapide

et plus robuste car il sait s'adapter à toutes les orientations des pneumatiques qu'il voit. En outre, l'adaptation aux agencements des pneumatiques est réalisée quelle que soit la configuration du dispositif de prise du système de gestion.

- [0065] Dans ce mode de réalisation du procédé de chaînage, le processus d'apprentissage few-shot comprend une étape d'acquisition des données correspondantes aux pneumatiques arrangés. Dans le groupe de pneumatiques destinés pour le chaînage dans l'emplacement cible, pendant cette étape, le système de détection (par exemple, une caméra RGB-D 400 du système de chaînage de l'invention et/ou du dispositif 100)(voir la [Fig.5]) capture une image initiale d'un groupe de pneumatiques P_{200} arrangés de manières aléatoires dans un emplacement inconnu (par exemple, une caisse 200 comme représentée dans les Figures 5 et 8). Dans cet exemple, plusieurs pneumatiques en chevauchement apparaissent dans le champ de vue du système de détection. Pendant cette étape, un nuage de points est construit à partir des images RGB-D comme décrit ci-dessus.
- [0066] Le processus d'apprentissage few-shot comprend aussi une étape d'alimentation d'un réseau neuronal d'extraction (ou « réseau d'extraction ») et d'un réseau neuronal d'attention (ou « réseau d'attention »). Cette étape comprend une étape d'entraînement du réseau d'extraction pour segmenter la scène vue par le système de détection. Dans un mode de réalisation du procédé, cette étape peut comprendre une étape de segmentation des données basées sur une pluralité de cycles d'un mouvement répétitif du dispositif de prise pendant un ou plusieurs cycles de chaînage. La segmentation réalisée pendant cette étape différencie entre un objet dans l'image qui comprend un pneumatique (soit un pneumatique entier soit un pneumatique partiel) et un objet dans l'image qui ne comprend aucun pneumatique.
- [0067] Pendant l'étape d'alimentation, le réseau d'extraction et le réseau d'attention sont entraînés en prenant une pluralité d'images échantillons (obtenue pendant l'étape d'acquisition) comme données d'entraînement et une pluralité de classements d'objets d'images (ou « heat maps ») comme étiquettes de données. A titre d'exemple, sur la base du classement d'objets d'images, une image peut être évaluée pour déterminer si l'image est capable d'attirer l'attention du système de détection après que l'image comprenant le pneumatique ciblé pour la prise soit rendu aux au système de détection. Pendant cette étape, la caméra RGB-D fournit des informations sur la profondeur des pneumatiques arrangés.
- [0068] L'étape d'alimentation comprend une étape de construction d'un mécanisme d'attention. Pendant cette étape, le réseau d'attention extrait des caractéristiques différenciées parmi différentes catégories dans un modèle de détection (ou « modèle ») de pneumatique cible, de sorte que le modèle est guidé pour localiser des zones clés avec des caractéristiques importantes dans une image segmentée (c.-à-d., une image in-

corporant le pneumatique le plus susceptible de prise). Le modèle donne meilleure surveillance aux zones clés afin d'apprendre des différences parmi des catégories faciles à confondre (par exemple, le pneumatique le plus susceptible de prise parmi les pneumatiques arrangés à partir d'un ensemble étiqueté d'images). La précision de la détection du pneumatique cible sur l'image est donc améliorée pour arriver au choix du pneumatique cible identifié pour la prise.

[0069] Dans ce mode de réalisation du procédé de chaînage, le processus comprend en outre une étape de réalisation d'un processus de reconstruction tridimensionnelle (3D) qui sert à fournir les informations géométriques nécessaires pour générer le point de prise idéal par le dispositif de prise (par exemple, la prise par un préhenseur 108 d'un dispositif 100). Le processus de reconstruction 3D comprend un processus de reconstruction intégralement réalisé sur les bases des données des réseaux d'extraction et d'attention. Pendant cette étape, l'orientation, les dimensions et la localisation du pneumatique cible identifié sont reconstruits à partir de ces données infos. Ce faisant, le système de gestion (y compris le dispositif 100) a obtenu une reconnaissance des pneumatiques arrangés (y compris leurs orientations et leurs positions) à partir d'exemples de pneumatiques pendant le processus d'apprentissage few-shot.

[0070] Pendant cette étape, le système de gestion construit un pneumatique virtuel en forme d'un cylindre sur la surface visible du cluster représentant un pneumatique cible. Pendant cette étape, l'identification du centre du pneumatique cible identifié est faite pour estimer son diamètre intérieur et extérieur (le diamètre intérieur étant représenté par le double du rayon de jante R , comme discuté ci-dessus par rapport à la [Fig.2]). Une fois que le réseau d'attention apprend l'emplacement du pneumatique cible et son orientation, il envoie les coordonnées correspondantes (par exemple, les coordonnées X, Y, Z et l'orientation de l'axe du pneumatique) au dispositif 100. A ce stade du processus, des plans de cheminement et des transformations de distance sont déjà faits pour extraire le pneumatique cible identifié. Ainsi, c'est le système de gestion qui a dicté les informations attendues en retour du système de détection (étant la caméra RGB-D). En conséquence, le dispositif 100 applique les mouvements nécessaires à réaliser la prise et le dégagement du pneumatique cible au point de prise idéal.

[0071] Le procédé de chaînage de l'invention comprend en outre une étape de réalisation d'un processus de positionnement pour chaque pneumatique à chaîner. Cette étape comprend une étape d'approche du dispositif 100 vers le pneumatique cible identifié pendant l'étape d'acquisition des données (par exemple, le pneumatique cible P_{200*} représenté dans la [Fig.8]). Cette étape comprend en outre une étape de prise du pneumatique cible identifié au point de prise idéal pendant l'étape d'acquisition des données (par exemple, comme calculé pendant l'étape de réalisation du processus de reconstruction 3D). Pour la configuration d'un dispositif 100 comme représenté dans

les Figures 4 et 5, pendant cette étape, le préhenseur 108 est géré pour qu'il s'engage un flanc du pneumatique cible (par exemple, en étendant un ou des doigts du préhenseur vers un point de prise de la limite interne F_i du flanc F)(voir la [Fig.2]). Il est bien entendu que la réalisation du procédé de l'invention n'est pas limitée par la configuration du dispositif du préhenseur 108 du dispositif 100.

- [0072] Pendant l'étape de positionnement du pneumatique cible identifié pour la prise, l'algorithme de positionnement mis en œuvre par le processeur du système de chaînage considère uniquement le groupe de pneumatiques en cours de chaînage. Ce groupe est modélisé dans un espace bidimensionnel (2D) sous la forme d'un rectangle. La largeur et la hauteur du rectangle sont égales à la largeur et la hauteur de l'intérieur de l'emplacement cible (par exemple, la largeur et la hauteur de la remorque 300). Le but de l'algorithme de positionnement est ensuite de positionner les pneumatiques successifs dans ce rectangle. Chaque pneumatique est également modélisé à l'aide d'un rectangle dont sa largeur et sa hauteur sont égales à la largeur et le diamètre du pneumatique représenté.
- [0073] En se référant maintenant à la [Fig.9], la [Fig.9] représente un processus de positionnement de pneumatique réalisé pendant l'étape de positionnement. Le processus de positionnement de pneumatique comprend une étape de positionnement du premier pneumatique qui est prenable, celui-ci étant le « pneumatique cible ». Ce premier pneumatique est positionné à plat à une place correspondante au choix du repère emplacement-dispositif (créé pendant l'étape de création de l'origine du repère). A titre d'exemple, ce premier pneumatique est positionné au coin inférieur gauche de la remorque 300 (ce comportement étant lié au choix du repère emplacement-dispositif fait précédemment)(voir la [Fig.7]).
- [0074] Le processus de positionnement de pneumatique comprend en outre une étape de rangement des pneumatiques à partir du deuxième pneumatique. Pendant cette étape, l'algorithme de positionnement utilise une notion de rangée qui est une suite de pneumatiques positionnée dans la même direction. En se référant à la [Fig.10], on en distingue quatre (4) types de directions comprenant:
- Vers la droite (représentée par les flèches A de la [Fig.10]) ;
 - Vers la gauche (représentée par les flèches B de la [Fig.10]) ;
 - Vers le haut suite à une rangée vers la droite (représentée par les flèches C de la [Fig.10]) ; et
 - Vers le haut suite à une rangée vers la gauche (représentée par la flèche D de la [Fig.10]).
- [0075] Pendant l'étape de rangement des pneumatiques, le système de chaînage commence par remplir une rangée en fonction du point de départ (qui pourrait être « vers la droite » comme représentée par les flèches A ou « vers la gauche » comme représentée

par les flèches B)(voir la [Fig.10]). A chaque type de rangée est associé un ensemble d'orientation à tester pour le pneumatique à positionner (voir la [Fig.11]). Le système de chaînage commence donc par orienter le pneumatique suivant la première valeur d'orientation à tester (par exemple, l'orientation représenté par l'angle Θ ou l'orientation représenté par l'angle $-\Theta$ dans la [Fig.11]).

[0076] En se référant à la [Fig.12], un exemple est fourni d'une réalisation d'un rangement des pneumatiques dans un emplacement cible (ici, la remorque 300 qui est aussi représentée dans la [Fig.7]). Pendant l'étape de rangement des pneumatiques, l'algorithme de positionnement va ensuite appliquer les étapes suivantes pour sélectionner les positions candidates du pneumatique :

- Une étape de calcul d'abord de toutes les positions qui mettent en contact le pneumatique concerné avec les limites de l'emplacement cible ;
- Une étape de calcul ensuite de toutes les positions qui mettent en contact le pneumatique avec les autres pneumatiques déjà chaînés (représentés dans la [Fig.12] par les pneumatiques P_C) ;
- Une étape de conservation, parmi toutes les positions calculées pendant l'étape précédente, des positions permettant au pneumatique d'avoir au moins deux points de contact avec les limites de l'emplacement cible ou avec les autres pneumatiques (représentés dans la [Fig.12] par les pneumatiques P_D) ; et
- Une dernière étape de conservation des positions permettant de compléter la rangée courante (représentée à titre d'exemple dans la [Fig.12] par le pneumatique P_{BON} entourée qui représente la seule position permettant de compléter la rangée en cours)(ici, « vers la droite »).

[0077] Il est entendu que les étapes le positionnement du pneumatique P_{BON} entouré pourrait être différent en fonction des paramètres de l'emplacement cible (par exemple, la hauteur, la largeur et la profondeur de la remorque 300). En outre, les dimensions relatives des pneumatiques dans le groupe de pneumatiques doivent être prises en compte pour sélectionner les positions candidates du pneumatique (ces dimensions ne sont présumés égales pour tous les pneumatiques en cours de chaînage).

[0078] L'étape de rangement des pneumatiques comprend en outre une étape de calcul d'un critère de stabilité et de chaînage. Le critère de stabilité permet de savoir si la position du pneumatique est stable sur chaque position retenue à la fin de sélection des positions candidates du pneumatique. En se référant aux Figures 13 et 14, le pneumatique P_{200} représente un pneumatique déjà positionné, et le pneumatique P_{BON} représente un pneumatique à positionner (il est entendu que les positions précises des pneumatiques P_{200} et P_{BON} sont données à titre d'exemple et que d'autres positions pourrait être prises). La stabilité de la position du nouveau pneumatique dépend de la verticale partant de son centre de gravité (voir la flèche E dans les Figures 13 et 14) et

de la zone d'appui du nouveau pneumatique (voir la zone F représenté dans les Figures 13 et 14). Si la verticale ne traverse pas la zone d'appui, la position est instable (voir la [Fig.14]). Sinon, la position est stable et la stabilité de la position peut être estimée en divisant la longueur de la zone d'appui F par le diamètre du pneumatique (cette estimation étant « le critère de stabilité ») (voir la [Fig.13]). Dans ce cas, la position est conservée si sa stabilité est strictement supérieure à 0.5.

- [0079] Il est entendu qu'un ou d'autres modes de réalisation pourraient intégrer du glissement entre les pneumatiques dans le critère de stabilité pour améliorer la physique du modèle.
- [0080] Le critère de chaînage s'appuie sur la distance signée horizontale entre le centre du dernier pneumatique posé et l'extrémité du nouveau pneumatique. Seules les positions suffisamment éloignées du dernier pneumatique sont retenues. Si plusieurs positions sont retenues, la position finale du nouveau pneumatique sera celle qui est la plus proche du dernier pneumatique positionné (pour éviter de former des espacements, ou des « trous », trop important entre deux pneumatiques successifs). A l'inverse, si aucune position n'est retenue, cela signifie que l'on est arrivé en bout de rangée et qu'il faut passer à la rangée suivante. Le système passe donc sur la rangée suivante, et il applique à nouveau les étapes précédentes pour trouver la meilleure position pour le nouveau pneumatique.
- [0081] En se référant aux Figures 15 et 16, une illustration du critère de chaînage est fournie qui s'appuie sur la distance signée horizontale entre le centre du dernier pneumatique posé (voir le pneumatique 1) et l'extrémité du nouveau pneumatique 2. Dans la [Fig.15], le nouveau pneumatique 2 recouvre le centre du dernier pneumatique 1, ce qui se traduit par une distance négative et une situation défavorable de chaînage (on recouvre la zone creuse du dernier pneumatique qui pourrait accueillir une partie d'un futur pneumatique posé). Dans la [Fig.16], le nouveau pneumatique 2 est suffisamment éloigné du dernier pneumatique 1 pour amener une situation favorable de chaînage (ce qui se traduit par une distance positive). A titre d'exemple, un autre pneumatique 3 posé ultérieurement peut rentrer dans la partie creuse du pneumatique 1, et un chaînage des pneus est aussi obtenu.
- [0082] Il est entendu qu'un ou d'autres modes de réalisation pourraient intégrer la pénétration entre les pneumatiques dans le critère de chaînage pour améliorer la physique du modèle.
- [0083] L'étape de rangement des pneumatiques comprend en outre une étape de conversion. Pendant cette étape, le centre 2D du pneumatique issu de l'algorithme de positionnement est converti vers le centre 3D du pneumatique dans l'emplacement cible prédéterminé. En se référant à la [Fig.17], l'algorithme de positionnement indique le centre du pneumatique dans le plan arrière du groupe de pneumatiques (représenté

dans la [Fig.17] par les segments pointillés) ainsi que son orientation (représenté dans la [Fig.17] par l'angle α). Pour positionner le pneumatique dans l'emplacement cible (par exemple, la remorque 300), il est nécessaire de connaître sa position dans le repère 3D de l'emplacement cible (définie en fonction du repère emplacement-dispositif créé pendant l'étape de création de l'origine du repère). Pour cela, le centre 2D est décalé vers l'avant d'une valeur égale au rayon du pneumatique (par exemple, le rayon R_p) (voir la [Fig.2]). Le centre 3D du pneumatique est donc obtenu et couplé avec l'orientation (angle α) conservée pour positionner le pneumatique dans l'emplacement cible.

[0084] Le procédé de chaînage de l'invention comprend en outre une étape de scan du pneumatique positionné après son positionnement (réalisé pendant l'étape précédente). Pendant cette étape, l'algorithme de positionnement utilise un critère de chaînage pour choisir la position du pneumatique mais il ne chaîne pas les pneumatiques (il ne gère pas la pénétration des pneumatiques les uns dans les autres). Le chaînage des pneumatiques se réalise naturellement lorsque le préhenseur du dispositif 100 lâche le pneumatique. Il faut donc comprendre que l'algorithme de positionnement calcule une « position avant chaînage ». Pendant cette étape, il est nécessaire de mettre à jour cette « position avant chaînage » pour qu'elle devienne une « position après chaînage » qui est la position réelle du pneumatique dans l'emplacement cible prédéterminé (par exemple, la remorque 300). Cela est nécessaire pour positionner correctement les prochains pneumatiques dans l'emplacement cible. Sans cette mise à jour, on aurait une dérive ou un écart entre les « positions avant chaînage » de l'algorithme de positionnement et les positions réelles des pneumatiques dans l'emplacement cible.

[0085] Pour connaître cette position réelle, le système de chaînage 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 3D, issus d'une vue d'un groupe de pneumatiques empilés. Le système réalise donc une amélioration continue dans la reconnaissance des pneumatiques et leur positionnement relatif le long de la surface interne de l'emplacement cible (par exemple, la remorque 300).

[0086] Pendant l'étape de scan du pneumatique, le système de chaînage utilise son système de détection pour scanner une zone dans laquelle le dernier pneumatique a été positionné. Pendant cette étape, le mécanisme d'attention (décrit ci-dessus) est ensuite utilisé pour détecter le dernier pneumatique positionné dans l'image couleur.

[0087] Dans un mode de réalisation, une référence peut être créée qui incorpore des coordonnées des centres des pneumatiques cherchés dans des images capturées par le système de détection du dispositif 100 (par exemple, une caméra du type RGB). La référence de coordonnées qui est créée pendant cette étape comprend des images

attendues correspondant aux centres distribués dans l'emplacement cible. Les images obtenues pendant l'étape de scanning révélant une ou des positions des centres des pneumatiques destinés pour chaînage, entraînent au moins un réseau neuronal pour identifier toutes les positions attendues des centres dans l'emplacement cible imagé. Ainsi, ces variations d'images servent d'entrée au réseau neuronal dont les sorties sont la classification des coordonnées des centres des pneumatiques. Dans ce mode de réalisation du procédé, au moins une partie de la référence des centres peut être créée par un ou des hommes du métier.

[0088] Les points 3D de ce pneumatique étant récupérés, un cylindre à ces points 3D est ensuite ajusté. Les points 3D du cylindre sont projetés dans le plan arrière du groupe de pneumatiques pour obtenir un ensemble de points 2D. Dans des modes de réalisation du procédé, pendant cette étape, un réseau neuronal peut être entraîné pour permettre de reconnaître les vraies coordonnées des centres et de créer des boîtes englobantes (ou « régions encadrées ») autour des centres reconnus. Pendant cet entraînement, les coordonnées de la boîte englobante du centre reconnu sont mises en corrélation avec les coordonnées des centres cherchés pour calculer des déplacements entre elles. Les régions encadrées et les calculs de déplacement sont transmis à un réseau neuronal (par exemple, un ou des CNNs) pour apprendre conjointement la représentation d'un pneumatique dans des perspectives différentes des images prises par le système de détection du dispositif 100. Ainsi, la boîte englobante de ces points 2D fournit le centre réel et l'orientation réelle du pneumatique à transmettre à l'algorithme de positionnement pour le mettre à jour.

[0089] En se référant maintenant aux Figures 18 et 19, le procédé de chaînage de l'invention comprend en outre une dernière étape de mise à jour de la position du pneumatique. Grâce au scan réalisé pendant l'étape de scan du pneumatique positionné, la position réelle du dernier pneumatique positionné a été estimée (voir la [Fig.18] dont le pneumatique 7 n'est pas chaîné par rapport aux pneumatiques 1 à 6). Cette position comprend le centre 2D du pneumatique ainsi que son orientation. En modifiant les valeurs du centre 2D et de l'orientation avec celles estimées lors du scan, l'algorithme de positionnement est mis à jour avec la position réelle du dernier pneumatique positionné. En affichant les positions réelles après cette mise à jour, il est constaté que les pneumatiques sont bien chaînés (voir la [Fig.19] dont le pneumatique 7 est bien chaîné après la mise à jour des positions des pneumatiques 1 à 6).

[0090] Cette étape de mise à jour permet aussi de contrôler que la position réelle estimée à l'étape précédente est cohérente avec les positions des autres pneumatiques (assurant que le recouvrement entre le dernier pneumatique (par exemple, le pneumatique 7 des Figures 18 et 19) et les autres pneumatiques (par exemple, les pneumatiques 1 à 6 des Figures 18 et 19) n'est pas trop élevé). En outre, cette étape de mise à jour permet de

contrôler que la position réelle estimée à l'étape précédente est cohérente avec les limites physiques de l'emplacement cible (en assurant que la position réelle du dernier pneumatique (par exemple, le pneumatique 7 des Figures 18 et 19) est à l'intérieur de l'emplacement cible (par exemple, l'intérieur de la remorque 300). Cette étape améliore donc la robustesse du système complet en lui permettant de détecter certaines incohérentes.

- [0091] Le système de chaînage de l'invention peut facilement répéter les étapes du procédé de chaînage dans un ordre pour bien chaîner les pneumatiques d'un groupe dans un arrangement qui convient les paramètres de l'emplacement cible.
- [0092] Dans tous les modes de réalisation d'un procédé de chaînage réalisé par le système de chaînage incorporant au moins un dispositif 100, les étapes peuvent être faites simultanément sur l'ensemble des pneumatiques arrangés via une parallélisation réalisée par le processeur utilisé.
- [0093] Dans une installation de gestion incorporant le système de chaînage, les données recueillies par les capteurs peuvent être utilisées dans la gestion d'un appareil qui réalise la prise des pneumatiques arrangés dans l'emplacement cible. Dans un mode de réalisation de l'installation de gestion, cet appareil comprend au moins un dispositif 100 du type décrit ci-dessus et représenté dans les Figures 4 et 5.
- [0094] Dans un mode de réalisation, les capteurs peuvent comprendre un ou des capteurs de détection (non représentés) qui détectent la présence d'un ou des pneumatiques en fonction des propriétés de l'emplacement cible (par exemple, la hauteur et/ou la largeur et/ou la profondeur de la remorque 300). Les capteurs de détection peuvent être choisis parmi les capteurs disponibles dans le commerce (par exemple, les capteurs du type réflecteur). La détection d'un premier pneumatique au repère défini dans l'espace de chargement peut déclencher le procédé de chaînage réalisé par le système de chaînage.
- [0095] Dans un mode de réalisation du système, les capteurs peuvent comprendre un ou des capteurs de détection (non représentés) qui détectent la présence d'un ou des pneumatiques en fonction des propriétés de l'emplacement cible (par exemple, la hauteur et/ou la largeur et/ou la profondeur de la remorque 300). Les capteurs de détection peuvent être choisis parmi les capteurs disponibles dans le commerce (par exemple, les capteurs du type réflecteur). La détection d'un premier pneumatique au repère défini dans l'espace de chargement peut déclencher le procédé de chaînage réalisé par le système de chaînage.
- [0096] Dans une installation de gestion de pneumatiques incorporant le système de chaînage de l'invention, un système de détection peut être utilisé pour détecter la présence d'un agencement de pneumatiques dans le champ de vision d'une caméra du système de détection (par exemple, la caméra 400), ce qui déclenche la caméra pour capturer

l'image d'un ou des pneumatiques. Dans les cas où une partie du pneumatique n'est pas visible dans l'image obtenue par la caméra, un point arbitraire peut être placé à une position connue par rapport au capteur du système de détection (par exemple, à une distance horizontale connue et à une distance verticale connue de la position du capteur).

- [0097] Les capteurs de l'emplacement cible, les capteurs du dispositif 100 et le système de vision de l'installation de gestion peuvent donc fournir l'information sur l'environnement physique qui peut être utilisée par un système de contrôle (qui comprend, par exemple, un logiciel de planification de chaînage des pneumatiques, et/ou un logiciel de contrôle des mouvements correspondants du dispositif 100). Le système de contrôle pourrait être en communication à distance. Dans des modes de réalisation, un ou plusieurs capteurs montés sur le dispositif 100 (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 dispositif 100 pour naviguer entre les positions de chaînage des pneumatiques cibles en fonction des paramètres de l'emplacement cible.
- [0098] Pour éviter une approche complexe et lente qui est difficile à maintenir et à faire évoluer, l'invention divulguée associe un algorithme de positionnement avec un système de vision 3D du système de détection pour prendre en compte les complexités des interactions entre des pneumatiques différents (y compris le glissement et le chaînage). Le grand intérêt de cette approche réside dans l'association de l'algorithme de positionnement avec des étapes de scan du pneumatique après positionnement pour prendre en compte les complexités des interactions entre différents pneumatiques (y compris le glissement et le chaînage). Il est prévu que l'algorithme de positionnement employé pourrait fonctionner sans travail supplémentaire sur tout type de pneumatique de n'importe quelle dimension. Cela évite de devoir utiliser un algorithme de positionnement basé sur un modèle physique très poussé qui serait plus complexe à utiliser, à maintenir, à faire évoluer et qui présenterait des temps de calcul plus long et donc potentiellement incompatible avec les temps de cycle demandé. En conséquence, l'invention permet le chaînage des pneumatiques à l'intérieur d'un espace contraint, ce qui présente une situation complexe car il faut gérer les collisions avec les limites intérieures de l'espace prévenu pour le chaînage.
- [0099] En avance de lancement du procédé de l'invention, des commandes des pneumatiques particuliers pourraient être reçues par moyens connus (par exemple, par un ou des réseaux de communication intégrés dans une installation incorporant le système de chaînage de l'invention). L'installation permet de recevoir les commandes jusqu'à un temps précis pour assurer le chaînage de pneumatiques commandés de manière

« juste à temps » (où le procédé de chaînage se démarre).

- [0100] 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 de l'emplacement cible prévenu et/ou les propriétés des pneumatiques destinés pour le chaînage. Le système de l'invention (et/ou une installation incorporant ce système) peut facilement répéter une ou plusieurs étapes du procédé dans un ordre déterminé pour bien fournir des pneumatiques commandés pour obtenir un chaînage de pneumatiques souhaitée.
- [0101] Le système de l'invention (et/ou une installation 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 incorporant ce système) peut recevoir des commandes vocales ou d'autres données audio représentant, par exemple, une démarche ou un arrêt du dispositif 100 et/ou un chaînage d'un ou de pneumatiques dans un groupe de pneumatiques identifié. La demande peut inclure une demande pour l'état actuel d'un cycle de chaînage. Une réponse générée peut être représentée de manière audible, visuelle, tactile (par exemple, en utilisant une interface haptique) et/ou virtuelle et/ou augmentée. Cette réponse, associée avec les données correspondantes, peut être enregistrée dans un réseau neuronal.
- [0102] 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.
- [0103] 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 ».
- [0104] 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 chaînage automatique des pneumatiques à partir d'un groupe de pneumatiques dans un arrangement inconnu et destinés pour le chaînage dans un emplacement cible prédéterminé, le procédé de chaînage mis en œuvre par au moins un processeur comprenant un module de traitement des images qui emploie un algorithme de positionnement pour choisir l'emplacement optimal d'un pneumatique cible à chaîner, caractérisé en ce que le procédé de chaînage comprend les étapes suivantes :

- une étape de fourniture d'un système de chaînage ce dont le processeur fait partie, dans lequel le système de chaînage comprend au moins un dispositif de prise (100) qui réalise la prise d'un pneumatique cible du groupe de pneumatiques;
- une étape d'estimation des dimensions d'un emplacement cible dont les pneumatiques du groupe de pneumatiques sont destinés pour le chaînage, cette étape comprenant une étape de scan de l'emplacement cible pour déterminer ses paramètres ;
- une étape de création de l'origine d'un repère emplacement-dispositif pendant laquelle le système de chaînage crée un repère pour savoir des coordonnées de positionnement d'un premier pneumatique dans l'emplacement cible;
- une étape d'estimation des dimensions d'un pneumatique cible à chaîner dans l'emplacement cible, pendant laquelle le dispositif (100) identifie le premier pneumatique à prendre dans le groupe de pneumatiques ;
- une étape de positionnement pour chaque pneumatique à chaîner, cette étape comprenant les étapes suivantes :
 - une étape de réalisation d'un processus de positionnement de pneumatique qui est réalisée pour chaque pneumatique à chaîner ;
 - une étape d'approche du dispositif (100) vers le pneumatique cible identifié ; et
 - une étape de prise du pneumatique cible identifié ;
 - une étape de scan du pneumatique après son positionnement réalisé pendant l'étape de positionnement ; et
 - une dernière étape de mise à jour de la position du pneumatique, pendant laquelle la position réelle du dernier pneumatique positionné, estimé pendant l'étape de scan du pneumatique positionné, comprend le

centre 2D du pneumatique positionné et son orientation, ce qui permet de mettre à jour l'algorithme de positionnement la position réelle du dernier pneumatique positionné,

de sorte que la mise à jour permet de contrôler que la position réelle estimée est cohérente avec les limites physiques de l'emplacement cible ; et

de sorte que le chaînage des pneumatiques se réalise lorsque le dispositif de prise (100) lâche le pneumatique.

[Revendication 2]

Le procédé de chaînage de la revendication 1, dans lequel, pendant l'étape de réalisation d'un processus de positionnement pour chaque pneumatique à chaîner :

- le groupe de pneumatiques est modélisé dans un espace bidimensionnel (2D) sous la forme d'un rectangle, dans lequel la largeur et la hauteur du rectangle sont égales à la largeur et la hauteur de l'intérieur de l'emplacement cible ; et

- chaque pneumatique du groupe de pneumatiques est modélisé à l'aide d'un rectangle dont sa largeur et sa hauteur sont égales à la largeur et le diamètre du pneumatique représenté.

[Revendication 3]

Le procédé de chaînage de la revendication 1 ou de la revendication 2, dans lequel l'étape d'estimation des dimensions d'un pneumatique cible à chaîner comprend un processus de l'apprentissage few-shot comprenant les étapes suivantes :

- une étape d'acquisition des données correspondantes aux pneumatiques arrangés, pendant laquelle un système de détection du dispositif de prise (100) capture une image initiale des pneumatiques (P_{200}) arrangés de manières aléatoires ;

- une étape d'alimentation d'un réseau neuronal d'extraction et d'un réseau neuronal d'attention, pendant laquelle les deux réseaux neuronaux sont entraînés en prenant une pluralité d'images échantillons obtenue pendant l'étape d'acquisition des données comme données d'entraînement et une pluralité de classements d'objets d'images comme étiquettes de données ;

- une étape de réalisation d'un processus de reconstruction tridimensionnelle (3D) intégralement réalisée sur les bases des données du réseau neuronal d'extraction et du réseau neuronal d'attention, pendant laquelle des coordonnées correspondant à l'emplacement d'un pneumatique cible identifié et son orientation sont reconstruits à partir de ces données, de sorte que cette reconstruction sert à fournir les in-

formations géométriques nécessaires pour générer un point de prise idéal du pneumatique cible identifié;

- une étape d'approche du dispositif de prise (100) vers le pneumatique cible identifié, pendant laquelle le réseau neuronal d'attention envoie au dispositif de prise les coordonnées correspondant à l'emplacement du pneumatique cible identifié et son orientation; et
- une étape de sortie du pneumatique cible identifié de l'arrangement de pneumatiques pour le mettre dans l'emplacement cible.

[Revendication 4]

Le procédé de chaînage de la revendication 3, dans lequel l'étape d'alimentation du réseau neuronal d'extraction et du réseau neuronal d'attention comprend les étapes suivantes :

- une étape d'entraînement du réseau neuronal d'extraction pour segmenter une scène vue par le système de détection du système de gestion (100) ; et
 - une étape de construction du mécanisme d'attention, pendant laquelle le réseau neuronal d'attention extrait des caractéristiques différenciées parmi différentes catégories dans un modèle de détection de pneumatique cible, de sorte que le modèle est guidé pour localiser des zones clés dans une image segmentée ;
- dans lequel l'étape d'entraînement du réseau neuronal d'extraction comprend une étape de segmentation des données basées sur une pluralité de cycles d'un mouvement répétitif du dispositif de prise pendant un ou plusieurs cycles de chaînage.

[Revendication 5]

Le procédé de chaînage de la revendication 3 ou de la revendication 4, dans lequel, pendant l'étape de réalisation du processus de reconstruction 3D, l'orientation, les dimensions et la localisation du pneumatique cible identifié sont reconstruits à partir des données du réseau neuronal d'extraction et du réseau neuronal d'attention.

[Revendication 6]

Le procédé de chaînage de la revendication 4 ou de la revendication 5, dans lequel :

- l'étape d'acquisition des données du processus d'apprentissage few-shot comprend une étape de construction d'un nuage de points à partir des images RGB-D ; et
- l'étape d'approche du dispositif de prise (100) comprend une étape de prise du pneumatique cible identifié au point de prise idéal calculé pendant l'étape de réalisation du processus de reconstruction 3D.

[Revendication 7]

Le procédé de chaînage de l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le processus de positionnement de pneumatique

comprend les étapes suivantes :

- une étape de positionnement du premier pneumatique qui est prenable du groupe de pneumatiques dont ce premier pneumatique est positionné à plat à une place correspondante au choix du repère emplacement-dispositif crée pendant l'étape de création de l'origine du repère ; et
- une étape de rangement des pneumatiques à partir du deuxième pneumatique, pendant laquelle l'algorithme de positionnement utilise une notion de rangée qui est une suite de pneumatiques positionnée dans la même direction, et dans laquelle chaque type de rangée est associé à un ensemble d'orientation à tester pour le pneumatique à positionner.

[Revendication 8]

Le procédé de chaînage de la revendication 7, dans lequel, pendant l'étape de rangement des pneumatiques, l'algorithme de positionnement applique les étapes suivantes pour sélectionner les positions candidates du pneumatique :

- une étape de calcul d'abord de toutes les positions qui mettent en contact le pneumatique concerné avec les limites de l'emplacement cible ;
- une étape de calcul ensuite de toutes les positions qui mettent en contact le pneumatique avec les autres pneumatiques déjà chaînés (P_C) ;
- une étape de conservation, parmi toutes les positions calculées pendant l'étape précédente, des positions permettant au pneumatique d'avoir au moins deux points de contact avec les limites du groupe de pneumatiques ou avec les autres pneumatiques (P_D) ; et
- une dernière étape de conservation des positions permettant de compléter la rangée courante (P_{BON}) qui représente la seule position permettant de compléter la rangée en cours.

[Revendication 9]

Le procédé de chaînage de la revendication 7 ou de la revendication 8, dans lequel l'étape de rangement des pneumatiques comprend en outre :

- une étape de calcul d'un critère de stabilité et de chaînage permettant de savoir si la position du pneumatique est stable sur chaque position retenue à la fin de sélection des positions candidates du pneumatique ; et
- une étape de conversion pendant laquelle le centre 2D du pneumatique issu d'algorithme de positionnement est converti vers le centre 3D du pneumatique dans l'emplacement cible ;

de sorte que l'algorithme de positionnement indique le centre du pneumatique dans le plan arrière du groupe de pneumatiques ainsi que son orientation (α) pour positionner le pneumatique dans l'emplacement cible de manière d'obtenir le centre 3D du pneumatique et de le coupler

avec l'orientation (α).

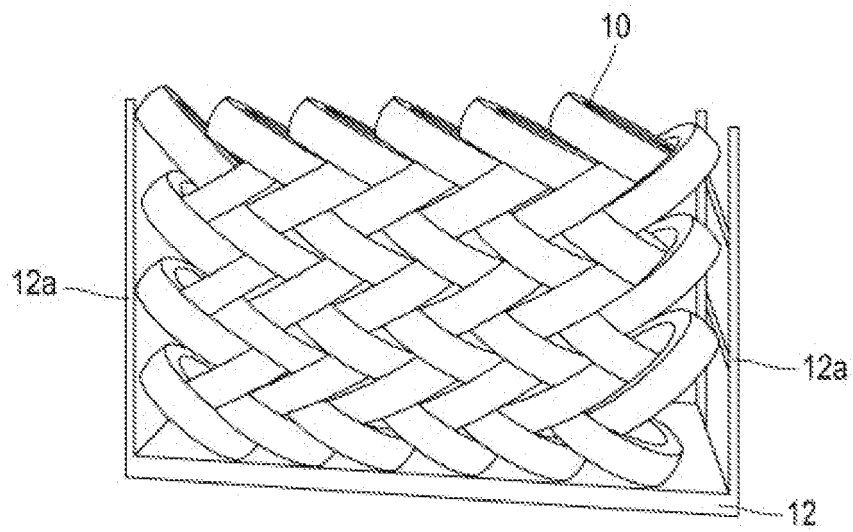
- [Revendication 10] Le procédé de chaînage de la revendication 9, dans lequel, pendant l'étape de calcul d'un critère de stabilité et de chaînage :
- la stabilité de la position du nouveau pneumatique dépend de la verticale (E) partant de son centre de gravité et de la zone d'appui (F) du nouveau pneumatique; et
 - le critère de chaînage s'appuie sur une distance signée horizontale entre le centre du dernier pneumatique posé et l'extrémité du nouveau pneumatique.
- [Revendication 11] Le procédé de chaînage de l'une quelconque des revendications 4 à 10, dans lequel, pendant l'étape de scan du pneumatique réalisé pendant l'étape de positionnement :
- le système de chaînage scan une zone dans laquelle le dernier pneumatique a été positionné ; et
 - un mécanisme d'attention est ensuite utilisé pour détecter le dernier pneumatique positionné.
- [Revendication 12] Un système de chaînage automatique des pneumatiques à partir d'un groupe de pneumatiques dans un arrangement inconnu et pour lesquels un emplacement cible prédéterminé doit être réalisé, caractérisé en ce que le système de chaînage comprend :
- au moins un dispositif de prise (100) comprenant un robot ayant un périmètre de préhension (104) soutenu par un bras allongé (106) pivotant et s'étendant du bras allongé (106) jusqu'à une extrémité libre (104a) où un préhenseur (108) est disposé le long d'un axe longitudinal commun ;
 - un système de détection pour recueillir l'information sur l'environnement physique autour de chaque dispositif de prise (100), le système de détection comprenant un ou des capteurs configurés pour effectuer une détection d'images bidimensionnelles (2D) et/ou tridimensionnelles (3D) ; et
 - un réseau de communication qui gère les données entrantes au système de chaînage à partir d'au moins un dispositif de prise (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 chaînage qui emploie un algorithme de positionnement pour mettre en œuvre le procédé de chaînage de l'une quelconque des revendications 1 à 11 ;
- de sorte que chaque dispositif de nettoyage (100) est configuré sur un ou

plusieurs paramètres d'au moins un 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 préhension (104) puisse réaliser la prise d'un pneumatique cible pendant le procédé de chaînage réalisé par le système de chaînage.

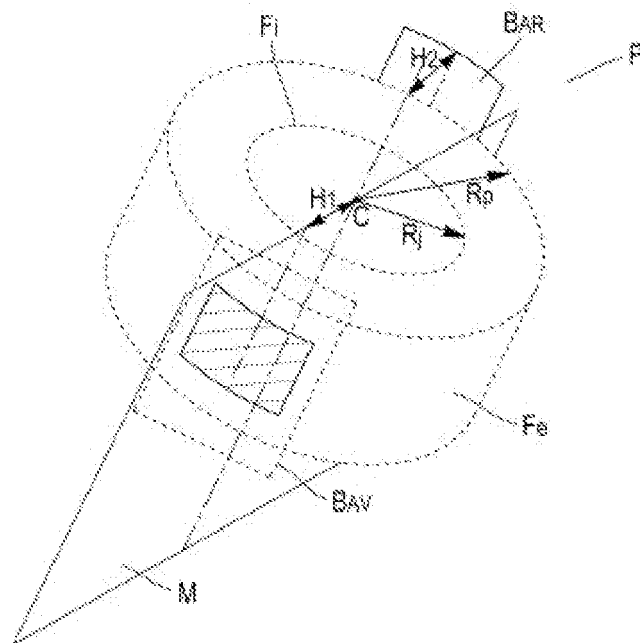
[Revendication 13] Le système de chaînage de la revendication 12, dans lequel le système de détection comprend au moins une caméra (200) du type RGB-D fixée à au moins un parmi le périphérique de préhension (104), le bras allongé (106) et le préhenseur (108) du dispositif de nettoyage (100).

[Revendication 14] Le système de chaînage de la revendication 12 ou de la revendication 13, dans lequel l'emplacement cible prédéterminé comprend au moins un emplacement choisi parmi un ou des contenants, un ou des camions, une ou des remorques, un ou des entrepôts, un ou des centres de distribution, un ou des convoyeurs, une ou des palettes et un ou des moyens de stockage.

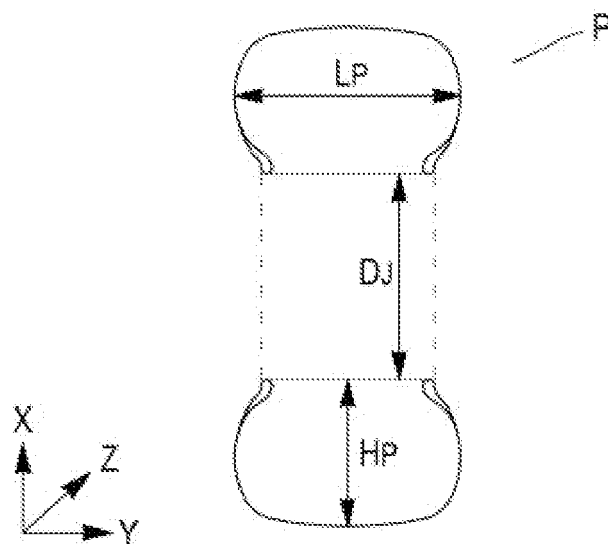
[Fig. 1]



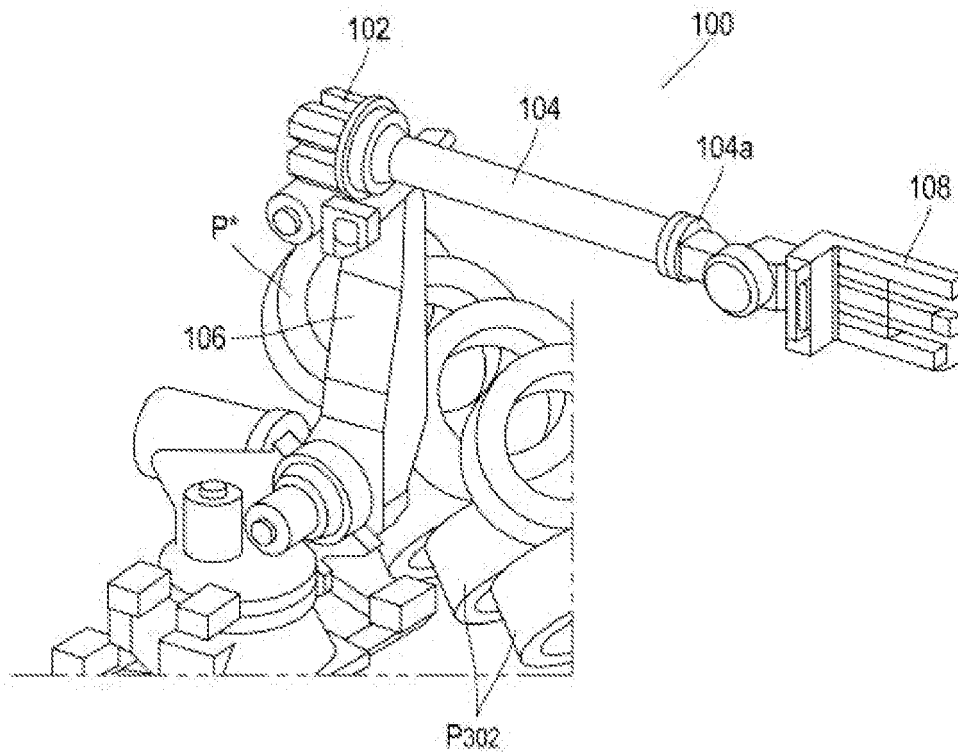
[Fig. 2]



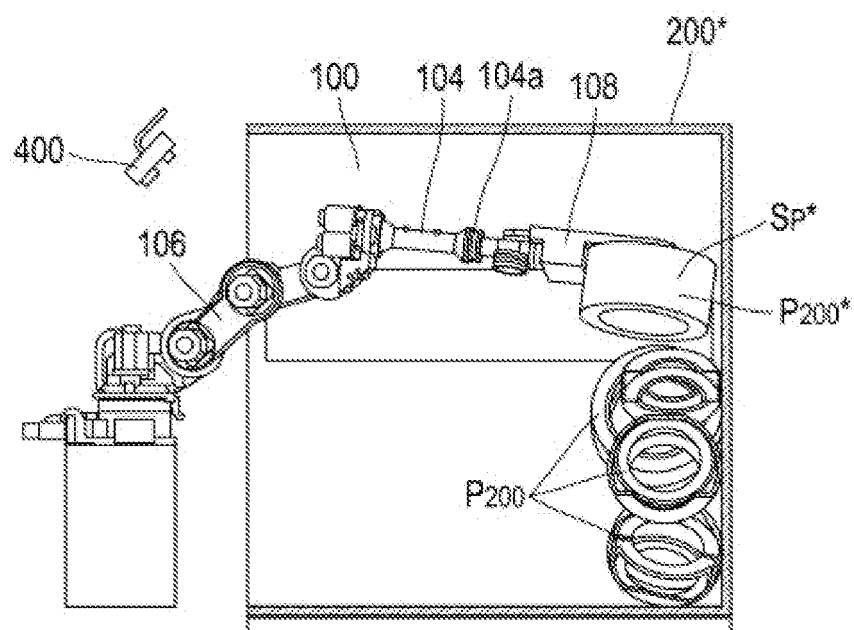
[Fig. 3]



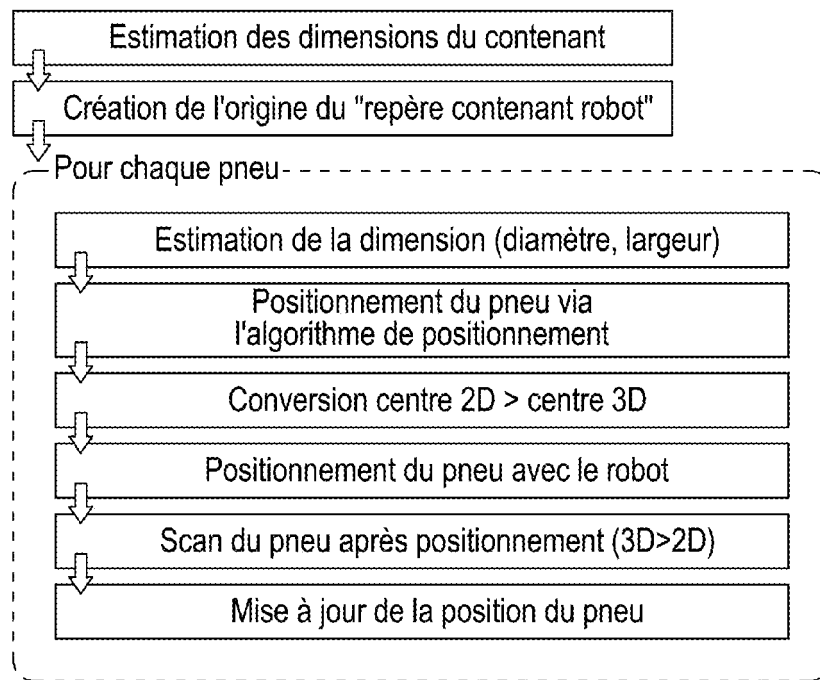
[Fig. 4]



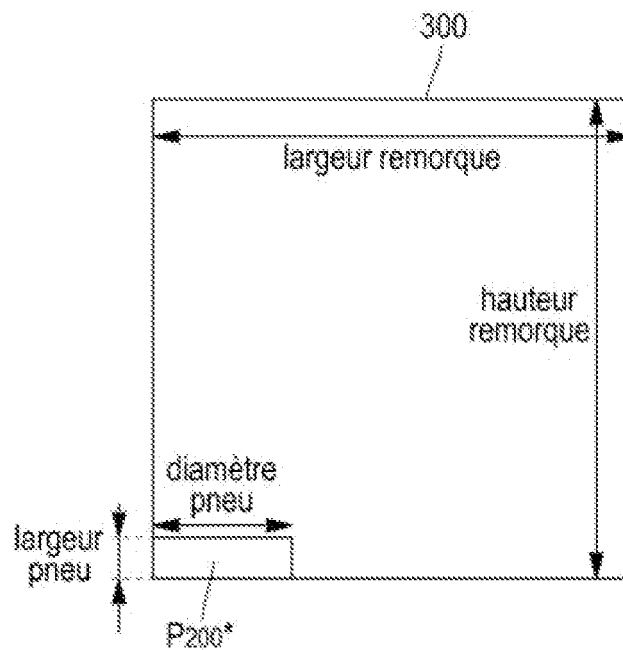
[Fig. 5]



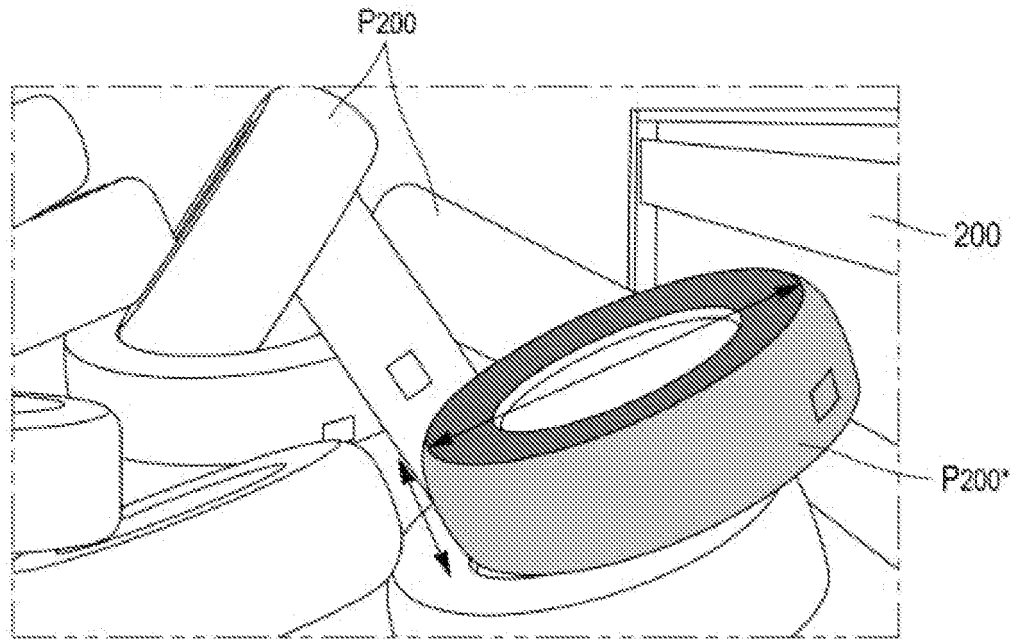
[Fig. 6]



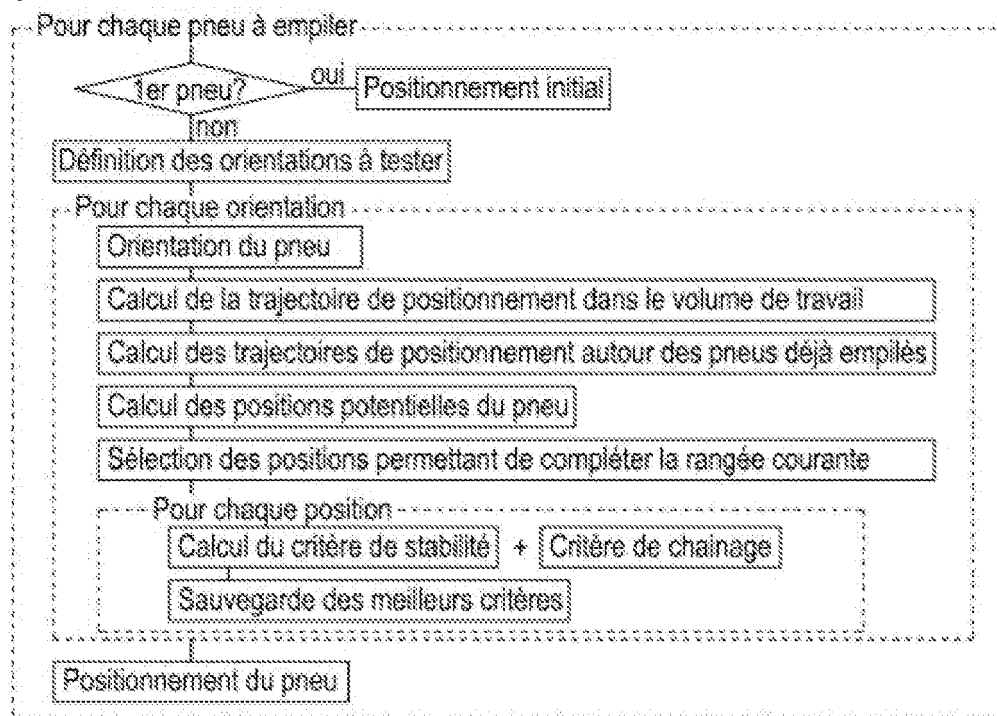
[Fig. 7]



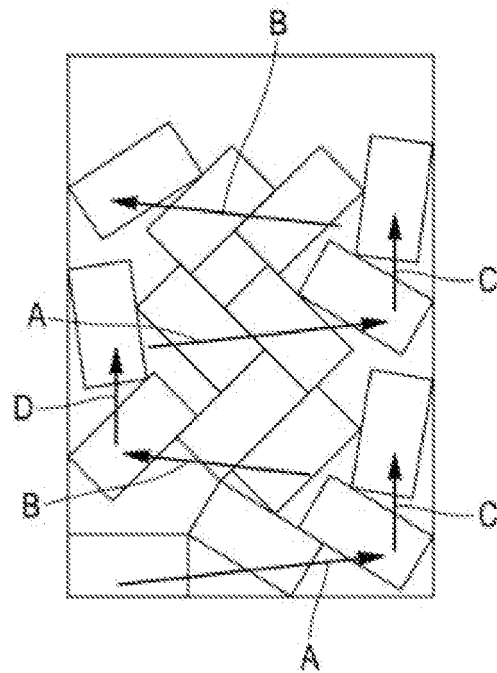
[Fig. 8]



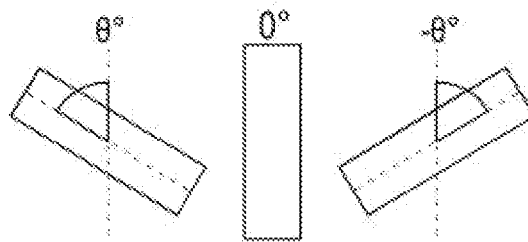
[Fig. 9]



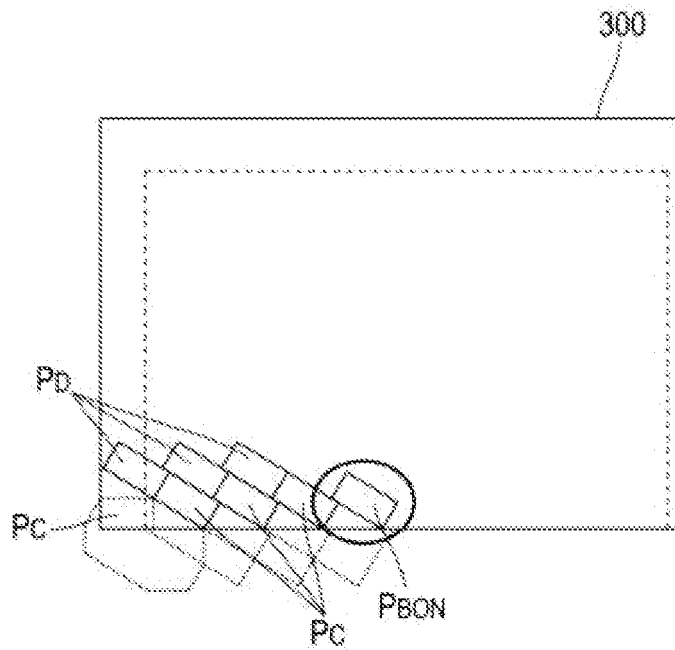
[Fig. 10]



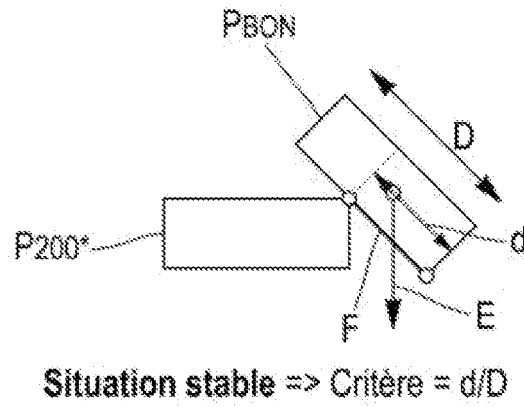
[Fig. 11]



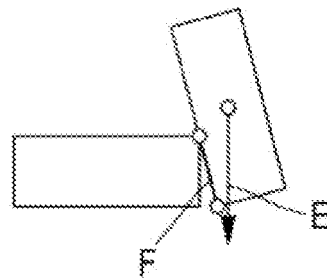
[Fig. 12]



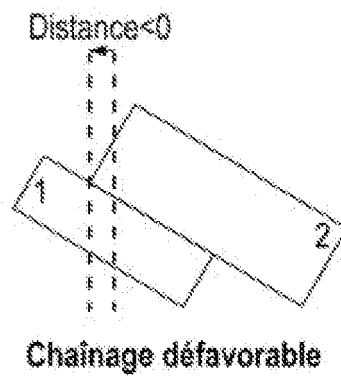
[Fig. 13]



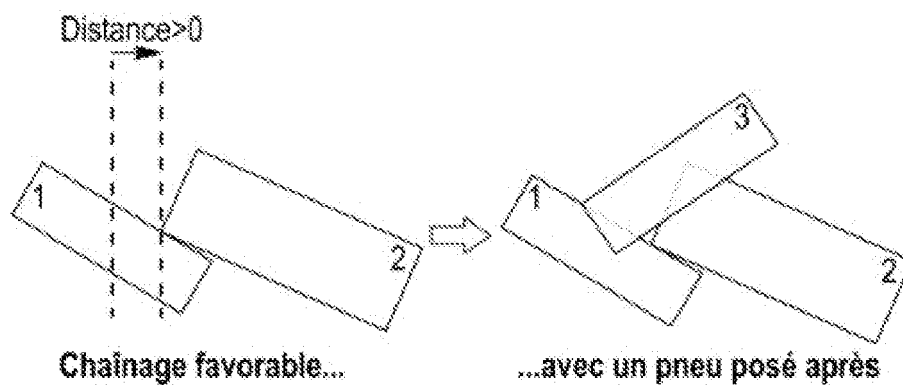
[Fig. 14]



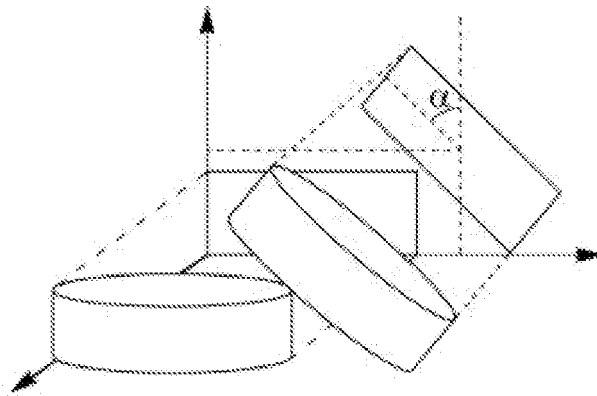
[Fig. 15]



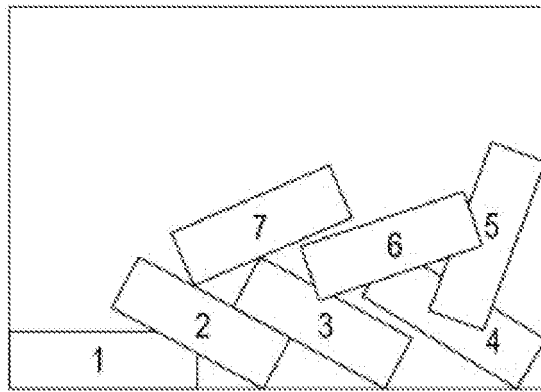
[Fig. 16]



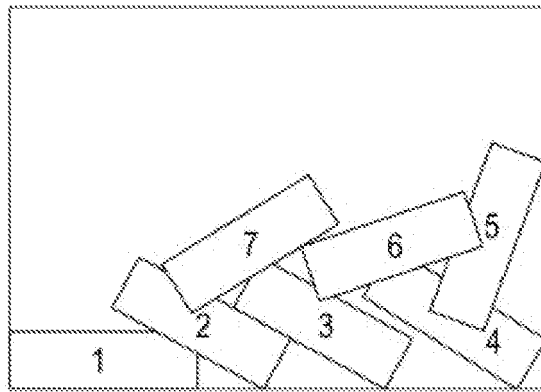
[Fig. 17]



[Fig. 18]



[Fig. 19]



RAPPORT DE RECHERCHE

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

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

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

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

CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

☐ Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.

☒ Le demandeur a maintenu les revendications.

☐ Le demandeur a modifié les revendications.

☐ Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.

☐ Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.

☐ Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

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

☐ Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.

☒ Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.

☐ Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.

☐ Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

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

NEANT

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

US 8 244 400 B2 (COTTONE NORBERT [DE];
KOTZOR DANIEL [DE] ET AL.)
14 août 2012 (2012-08-14)

EP 4 015 422 A2 (BOUBIELA MORET [FR])
22 juin 2022 (2022-06-22)

US 2014/199142 A1 (CRISWELL TIM [US])
17 juillet 2014 (2014-07-17)

Arotec: "DEPALGO@TIRE Tire Depalletizing
Software - Arotec EN",
arotec-robotik.de,
4 décembre 2020 (2020-12-04), pages 1-4,
XP055834631,
Extrait de l'Internet:
URL: <https://web.archive.org/web/20201204045756/https://www.arotec-robotik.de/depalgo-tire-tire-depalletizing-software.html>
[extrait le 2021-08-24]

FR 3 118 003 A1 (MICHELIN & CIE [FR])
24 juin 2022 (2022-06-24)

US 2014/205403 A1 (CRISWELL TIM [US])
24 juillet 2014 (2014-07-24)

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

NEANT