

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

①1 N° de publication : **3 143 586**

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

②1 N° d'enregistrement national : **22 13358**

⑤1 Int Cl⁸ : **B 66 F 9/06 (2023.01), B 66 F 9/075**

①2

BREVET D'INVENTION

B1

⑤4 Procédé de levage et de transport d'une charge par un chariot élévateur autonome de levage.

②2 Date de dépôt : 14.12.22.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public
de la demande : 21.06.24 Bulletin 24/25.

④5 Date de la mise à disposition du public du
brevet d'invention : 14.03.25 Bulletin 25/11.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de
recherche :

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑥0 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.*

⑦2 Inventeur(s) : BINDA Yann, FAURE Florian et
BOUVET Kevin.

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

⑦4 Mandataire(s) : Casalunga.

FR 3 143 586 - B1



Description

Titre de l'invention : Procédé de levage et de transport d'une charge par un chariot élévateur autonome de levage

Domaine technique

[0001] La présente invention concerne le domaine des véhicules autonomes pour le transport automatisé de charges, tels que des chariots élévateurs autonomes.

Etat de la technique antérieure

[0002] Les véhicules autonomes pour le transport de charges sont de plus en plus utilisés pour gagner en productivité et pour améliorer la gestion logistique dans des usines ou dans des entrepôts.

[0003] Les chariots élévateurs automatisés sont un exemple de tels véhicules et permettent par exemple de charger, transporter et positionner en hauteur une charge sans intervention humaine.

[0004] Cependant, dans des environnements tels que des usines ou des entrepôts, l'intervention humaine reste nécessaire en complément des opérations automatisées, par exemple pour contrôler le bon déroulement de ces opérations ou pour réaliser des tâches qui ne peuvent pas être effectuées par des machines seules. Ces environnements sont donc partagés entre des humains et des machines autonomes.

[0005] La sécurité des personnes est fondamentale dans de tels environnements de travail et requiert en conséquence la mise en place de procédures spécifiques.

[0006] Par exemple, lors des opérations de prise d'une charge depuis un rayonnage de stockage pouvant accueillir des charges différentes notamment en termes de dimensions, il est possible que la charge effectivement présente sur le rayonnage ne corresponde pas à la charge devant être prise par le chariot élévateur autonome selon la mission attribuée à ce dernier par un système de gestion gérant les flux de l'entrepôt.

[0007] Si cela est le cas, il y a un risque d'accident.

Exposé de l'invention

[0008] Au vu de ce qui précède, le but de l'invention est d'accroître la sécurité des opérations de levage et de transport de charge par un chariot élévateur autonome.

[0009] L'invention a pour objet un procédé de levage et de transport d'une charge par un chariot élévateur autonome comportant une fourche mobile verticalement munie d'au moins un bras.

[0010] Le procédé comprend :

[0011] - une étape de réception par le chariot d'une mission attribuée de déplacement de la charge à lever et à transporter qui comprend une valeur théorique d'au moins une dimension de ladite charge ;

- [0012] - une étape de déplacement du chariot élévateur autonome en face de la charge à lever et à transporter,
- [0013] - une étape d'acquisition d'au moins une image de la charge par au moins une caméra fixée sur le chariot élévateur autonome en étant centrée par rapport à la fourche et ayant un axe de visée orienté vers l'avant selon un axe longitudinal dudit chariot ;
- [0014] - une étape de détermination d'une valeur réelle de ladite dimension de la charge à partir de ladite image obtenue à l'étape d'acquisition,
- [0015] - une étape de comparaison de la valeur réelle de ladite dimension de la charge déterminée à l'étape de détermination et de la valeur théorique de ladite dimension de la charge reçue à l'étape de réception, et
- [0016] - une étape d'arrêt du chariot si l'écart entre la valeur réelle de ladite dimension et sa valeur théorique est supérieur en valeur absolue à une valeur limite prédéfinie, ou
- [0017] - une étape de levage et de transport de la charge si l'écart entre la valeur réelle de ladite dimension et sa valeur théorique est inférieur ou égal en valeur absolue à la valeur limite prédéfinie.
- [0018] Un tel procédé permet d'accroître la sécurité des opérations en arrêtant le chariot autonome avant la prise de la charge si cette charge ne correspond pas à celle de la mission attribuée au chariot.
- [0019] Un tel procédé permet d'accroître la sécurité des opérations en tenant compte des valeurs réelles des dimensions de la charge à transporter. Le procédé permet ainsi d'adapter le comportement du chariot en fonction des charges à transporter pour préserver la sécurité des personnes.
- [0020] Le procédé permet ainsi de vérifier la cohérence entre la mission attribuée par le chariot et la charge effectivement présente sur le rayonnage avant de réaliser les opérations de levage et de transport. Le procédé permet ainsi de ne pas se fier uniquement aux informations de la mission qui est attribuée au chariot pour réaliser ces opérations.
- [0021] Selon un premier mode de mise en œuvre, ladite caméra est une caméra 3D restituant un nuage de points de coordonnées mesurés dans un repère associé à ladite caméra 3D, et l'étape de détermination comprend une étape de traitement numérique de ladite image obtenue à l'étape d'acquisition qui comprend une sous-étape de calcul de la valeur réelle de ladite dimension de la charge.
- [0022] Selon un deuxième mode de mise en œuvre alternatif, l'étape de détermination comprend une étape de lecture d'un code-barres sur ladite image obtenue à l'étape d'acquisition, et une étape d'extraction de la valeur réelle de ladite dimension de la charge d'un tableau contenu dans une mémoire du chariot élévateur en fonction du code-barres lu. Pour ce mode de mise en œuvre alternatif, ladite caméra peut être une caméra 3D ou non.

- [0023] Selon le premier mode de mise en œuvre, il est possible par exemple que :
- [0024] - la charge à lever et à transporter est annulaire,
- [0025] - la mission attribuée à l'étape de réception comprend des valeurs théoriques de la profondeur et du diamètre extérieur de la charge annulaire,
- [0026] - l'étape de traitement numérique comprend des sous-étapes de calcul des valeurs réelles de la profondeur et du diamètre extérieur de la charge annulaire,
- [0027] - l'étape de comparaison comprend la comparaison de la valeur réelle et de la valeur théorique de la profondeur de la charge, et la comparaison de la valeur réelle et de la valeur théorique du diamètre extérieur de la charge,
- [0028] - l'étape d'arrêt du chariot est réalisée si l'écart entre au moins une desdites valeurs réelles et sa valeur théorique est supérieur en valeur absolue à une valeur limite prédéfinie.
- [0029] Il est également possible de prévoir par exemple que:
- [0030] - l'étape de traitement numérique de ladite image obtenue à l'étape d'acquisition comprend une sous-étape de détection d'un premier cercle intérieur localisé sur une face avant de la charge annulaire et correspondant au diamètre intérieur de ladite charge annulaire, et d'un deuxième cercle intérieur localisé sur une face arrière de la charge annulaire et correspondant à une surface intérieure de ladite charge,
- [0031] - le calcul de la valeur réelle de la profondeur de la charge annulaire est réalisé à partir du diamètre D_{16} du premier cercle intérieur, du diamètre D_{17} du deuxième cercle intérieur, et de la distance d entre ladite caméra 3D et la face avant de la charge selon l'équation suivante :
- [0032]
$$P = d \times \frac{D_{16} - D_{17}}{D_{17}} \text{ (Eq.1)}$$
- [0033] Par « face arrière » de la charge annulaire, on entend la face frontale de la charge qui est orientée du côté opposé à la caméra 3D. Par « face avant » de la charge annulaire, on entend la face frontale de la charge qui est orientée du côté de la caméra 3D. Les faces arrière et avant délimitent l'épaisseur de la charge.
- [0034] Selon une caractéristique, la valeur réelle de la profondeur de la charge annulaire est égale à l'écart maximal entre les coordonnées des points d'une surface intérieure de la charge annulaire comprise entre les cercles intérieurs, ledit écart étant mesuré selon l'axe du repère orienté selon l'axe de visée de ladite caméra 3D.
- [0035] Selon une autre caractéristique, l'étape de traitement numérique de ladite image obtenue à l'étape d'acquisition comprend une sous-étape de détection d'un cercle localisé sur la face avant de la charge annulaire et correspondant au diamètre extérieur de la charge annulaire.
- [0036] Par exemple, l'étape d'acquisition comprend les sous-étapes successives suivantes :
- [0037] - une première sous-étape d'acquisition d'au moins une image ;

- [0038] - une sous-étape d'avancement du chariot vers la charge d'une distance prédéfinie; et
- [0039] - une deuxième sous-étape d'acquisition d'au moins une image réalisée lorsque le chariot a parcouru ladite distance prédéfinie,
- et dans lequel la sous-étape de calcul de la valeur réelle du diamètre extérieur de la charge annulaire est réalisée à partir de l'image obtenue à la première sous-étape d'acquisition, et la sous-étape de calcul de la valeur réelle de la profondeur (P) de la charge annulaire est réalisée à partir de l'image obtenue à la deuxième sous-étape d'acquisition.
- [0040] Avantagement, l'étape de traitement numérique comprend une sous-étape de filtrage de ladite image obtenue à l'étape d'acquisition qui est réalisée avant toute autre sous-étape de l'étape de traitement numérique. Cette sous-étape de filtrage permet de réduire la quantité des données à traiter en filtrant les points des images obtenues à l'étape d'acquisition pour ne garder que les points faisant partie d'une région d'intérêt particulier. En limitant les calculs aux domaines réduits des zones d'intérêt particulier, le procédé accélère l'obtention des résultats sans dégrader leur qualité. En limitant les données aux zones d'intérêt, la taille de la mémoire nécessaire du module de commande et de traitement numérique d'images associé aux caméras 3D est également réduite.
- [0041] De préférence, l'étape d'acquisition de ladite image de la charge est réalisée par une unique caméra 3D. En variante, l'étape d'acquisition peut être réalisée par plusieurs caméras 3D. En variante, l'étape d'acquisition peut être réalisée par une ou plusieurs caméras non 3D permettant la lecture de codes à barres.
- [0042] Selon un autre aspect, l'invention a pour objet un chariot élévateur autonome comprenant une fourche mobile verticalement munie d'au moins un bras, au moins une caméra 3D d'acquisition d'au moins une image de données de nuages de points, ladite caméra 3D étant fixée sur le chariot élévateur autonome en étant centrée par rapport à la fourche et ayant un axe de visée orienté vers l'avant selon un axe longitudinal dudit chariot, un module de commande et traitement numérique d'images associé à la caméra 3D, un dispositif de télécommunication sans fil, ainsi qu'une unité de contrôle dudit chariot configurée pour l'exécution d'un procédé tel que décrit ci-dessus.

[0043]

Brève description des figures

[0044] D'autres buts, caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description suivante, donnée uniquement à titre d'exemple non limitatif, et faite en référence aux dessins annexés sur lesquels :

[0045] [Fig.1] est une vue en perspective d'un chariot élévateur autonome selon un exemple de réalisation de l'invention ;

- [0046] [Fig.2] est une vue de détail du chariot élévateur de la [Fig.1] ;
- [0047] [Fig.3] illustre schématiquement le chariot élévateur de la [Fig.1] lors de son utilisation ;
- [0048] [Fig.4] illustre l'organigramme d'un procédé levage et de transport d'une charge par un chariot de la [Fig.1] selon un mode de mise en œuvre de l'invention ; et
- [0049] [Fig.5] est un exemple simplifié d'image acquise par une caméra du chariot élévateur de la [Fig.1] dans le cas d'une charge annulaire.

Exposé détaillé d'au moins un mode de réalisation

- [0050] Sur la [Fig.1] on a représenté les éléments principaux d'un chariot élévateur 1 autonome selon un mode de réalisation de l'invention.
- [0051] L'architecture du chariot élévateur 1 est donnée à titre d'exemple et ne limite pas l'invention à la seule configuration de l'architecture présentée. Il est entendu que l'invention concerne également des chariots élévateurs prévus pour fonctionner en mode manuel et qui ont été adaptés pour permettre un deuxième mode de fonctionnement en mode autonome.
- [0052] Le chariot élévateur 1 autonome illustré à la [Fig.1] comprend un organe de levage 2 comprenant un tablier 3 qui supporte une fourche 4 comprenant deux bras 4a, 4b espacés latéralement et s'étendant vers l'avant du chariot. En variante, la fourche 4 pourrait comprendre un seul bras.
- [0053] Le tablier 3 forme un cadre. Le tablier 3 est muni d'une traverse supérieure 3a horizontale, et de deux bras 3b, 3c prolongeant verticalement vers le bas la traverse supérieure 3a.
- [0054] La fourche 4 comprend également deux montants 4'a, 4'b qui sont fixés au tablier 3 et qui supportent chacun un des bras 4a, 4b. Chacun des montants 4'a, 4'b est fixé sur un des bras 3b, 3c du tablier.
- [0055] Les bras 4a, 4b de la fourche sont généralement utilisés pour s'insérer dans des tunnels d'insertion prévus dans les palettes de transport supportant les charges à soulever. Les montants 4'a, 4'b permettent de soulever les bras 4a, 4b afin de pouvoir soulever une palette à transporter ou un autre type de charge et de pouvoir placer ou attraper une palette ou un autre type de charge en hauteur.
- [0056] La fourche 4 est apte à se déplacer en translation dans un plan vertical V défini par le tablier 3, le long d'un mât 5 vertical du chariot. Les montants 4'a, 4'b peuvent coulisser le long du mât 5. Les bras 4a, 4b de la fourche sont mobiles entre une position haute extrême, et une position basse extrême qui est illustrée à la [Fig.1] et qui correspond à une position de roulage. Dans la position basse extrême, les bras 4a, 4b sont situés à distance du sol.
- [0057] Les axes longitudinaux des bras 4a, 4b sont parallèles. Ces axes longitudinaux sont orientés parallèlement à un axe horizontal X, et définissent un plan horizontal H appelé

plan de levage. Les bras 4a, 4b de la fourche 4 sont perpendiculaires au plan vertical V. Les bras 4a, 4b de la fourche 4 sont aussi de préférence déplaçables latéralement l'un par rapport à l'autre.

- [0058] En variante, les bras 4a, 4b pourraient être également télescopiques ou escamotables, et/ou orientables angulairement autour de leur axe longitudinal.
- [0059] De manière connue en soi, le chariot 1 est équipé d'un système d'entraînement 6 permettant le déplacement du chariot 1. Le système d'entraînement comprend au moins un moteur électrique ou thermique (non représenté) permettant l'entraînement des roues du chariot 1.
- [0060] Le chariot 1 est également équipé d'un dispositif de localisation 7 embarqué, d'un dispositif de télécommunication sans fil 8 embarqué et d'une unité de contrôle 9 embarquée ([Fig.3]) recevant les informations issues du dispositif de localisation 7 et du dispositif de télécommunication sans fil 8 pour commander de façon autonome le déplacement du chariot élévateur.
- [0061] Le chariot 1 est également équipé d'au moins une caméra 3D 10 à mesure de temps de vol (d'acronyme TOF pour « Time Of Flight » en langue anglaise) et d'un module 11 de commande et de traitement numérique d'images associé ([Fig.3]), dit module vision qui commande la prise d'images par la caméra 3D et qui reçoit et interprète les images capturées par la caméra 3D. Dans la suite de la description, le module 11 sera nommé module vision.
- [0062] De manière connue en soi, la caméra 3D 10 est apte à capturer une image d'un objet et restituer un nuage de points de coordonnées relatives mesurés par rapport à un référentiel associé à la caméra 3D. Le référentiel associé à la caméra 3D 10 comprend un repère R composé de trois axes orthogonaux X1, Y1, Z1, tel qu'illustré sur la [Fig.2]. L'axe Z1 du repère est ici orienté selon l'axe de visée de la caméra 3D 10, et l'axe Y1 du repère est orienté selon un axe horizontal Y perpendiculaire à l'axe de visée de la caméra 3D 10. Une caméra 3D est apte à mesurer les distances selon les trois axes du repère qui lui est associé. Par exemple, tel qu'illustré le décalage horizontal, vertical ou de profondeur par rapport à la caméra 3D 10 est mesuré selon les axes Y1, X1 ou Z1, respectivement.
- [0063] La caméra 3D 10 est distincte du dispositif de localisation 7. La caméra 3D 10 est ici distincte du module vision 11. Alternativement, la caméra 3D 10 et le module vision 11 pourraient former un seul ensemble.
- [0064] L'unité de contrôle 9 comprend les moyens matériels et logiciels pour commander le fonctionnement du système d'entraînement 6 en fonction des informations reçues du dispositif de localisation 7 et du dispositif de télécommunication 8.
- [0065] L'unité de contrôle 9 commande le fonctionnement du système d'entraînement 6 également en fonction des données issues du module vision 11 et est configurée pour

communiquer avec celui-ci. Alternativement, le module vision 11 pourrait être intégré à l'unité de contrôle 9. L'unité de contrôle 9 permet également de commander le déplacement autonome de l'organe de levage 2.

- [0066] Tel qu'illustré sur les figures 1 et 2, la caméra 3D 10 est centrée par rapport à la fourche 4 et son axe de visée est orientée vers l'avant selon un axe longitudinal du chariot 1. La caméra 3D 10 est fixée sur le tablier 3 à une hauteur constante par rapport au plan de levage H et sans possibilité de déplacement relatif par rapport audit tablier. La caméra 3D 10 est mobile conjointement avec la fourche 4. La caméra 3D 10 est ici fixée en partie basse du tablier 3 au-dessus du plan de levage H. Dans des variantes non illustrées, la caméra 3D 10 peut être fixée au tablier 3 au niveau du plan de levage H ou en-dessous de ce plan.
- [0067] Comme cela sera décrit plus en détail par la suite, la caméra 3D 10 est apte à capturer des images de l'environnement situé à l'avant du chariot élévateur 1, pour déterminer la dimension réelle des charges devant être levées et transportées par le chariot élévateur.
- [0068] Le dispositif de télécommunication sans fil 8 est configuré pour communiquer avec l'unité de contrôle 9 et avec un système informatique de gestion d'entrepôt 18 (en langue anglaise « Warehouse Management System » ou WMS) qui est distant du chariot 1 et destiné à gérer les opérations d'un entrepôt de stockage et à commander une flotte de chariots 1.
- [0069] Chaque chariot 1 reçoit, par l'intermédiaire du dispositif de télécommunication 8, des instructions sous forme de messages numériques périodiques émis par le système WMS 18 concernant des missions qui lui sont attribuées relatives à des déplacements à effectuer et à des charges à transporter. Chaque chariot 1 est capable de transmettre au système WMS 18 des messages numériques représentatifs du statut des missions qui lui ont été attribuées. Un chariot 1 peut faire remonter par exemple, une erreur rencontrée pendant l'exécution d'une mission en envoyant un code d'erreur.
- [0070] On va maintenant décrire en référence à la [Fig.4] un procédé 20 de vérification de la sécurité d'une prise de charge selon l'invention. Dans le procédé qui va être décrit, la charge est annulaire. Une charge annulaire comprend généralement un support constitué d'une âme cylindrique creuse, généralement muni de rebords de forme circulaire pleins ou à rayons, destiné à recevoir un fil ou câble qui s'enroule autour de l'âme. Alternativement, une charge annulaire peut être un pneumatique.
- [0071] Le procédé 20 commence par une étape 21 préalable de réception dans laquelle le dispositif de télécommunication sans fil 8 du chariot reçoit une instruction relative à une charge à transporter et constituant une mission attribuée au chariot 1 par le système WMS18. L'instruction comprend des informations relatives au type de charge à transporter, aux dimensions de la charge, à la position actuelle de la charge et à la des-

tion de celle-ci.

- [0072] En particulier concernant les dimensions de la charge annulaire, l'instruction reçue peut par exemple comprendre la valeur théorique du diamètre extérieur, la valeur théorique du diamètre intérieur et/ou la valeur théorique de la profondeur. Il est entendu qu'idéalement, la valeur théorique de chaque dimension d'une charge donnée devrait correspondre à la valeur réelle de cette dimension. Cependant, il peut arriver que la valeur théorique reçue ne corresponde pas à la valeur réelle de la charge présente in situ, ce qui peut engendrer des risques d'accident.
- [0073] Les informations reçues, notamment les informations relatives aux dimensions de la charge à transporter, sont stockées dans une mémoire du chariot 1.
- [0074] Lors de l'étape 22 de déplacement suivante, l'unité de contrôle 9 commande le fonctionnement du chariot 1 pour obtenir son rapprochement du rayonnage 13 et le soulèvement des bras de la fourche 4 pour les positionner par rapport à la charge 12 à lever. Le chariot 1 est commandé par l'unité de contrôle 9 en fonction des données issues du dispositif de localisation 7 et de l'instruction reçue à l'étape 21 de réception.
- [0075] Le procédé 20 se poursuit avec une étape d'acquisition 23 d'au moins une image de la charge 12 par la caméra 3D 10 qui est commandée par le module vision 11. L'acquisition d'image est réalisée à une distance prédéfinie D1 ([Fig.3]) de la charge 12. Lorsque le chariot se situe à cette distance prédéfinie D1, l'unité de contrôle 9 arrête le chariot 1 et envoie une requête d'acquisition d'images au module vision 11 qui commande la prise d'images de la caméra 3D 10 associée. La caméra 3D 10 capture ainsi au moins une image de la charge 12 située à l'avant du chariot 1 et la renvoie au module vision 11. Un exemple simplifié d'image capturée d'une charge annulaire est illustré en [Fig.5]. Les images capturées par la caméra 3D 10 restituent un nuage de points de coordonnées X1, Y1, Z1 dans le repère R associé à la caméra 3D 10.
- [0076] Après l'étape d'acquisition 23, le procédé se poursuit avec une étape 24 de détermination de la valeur réelle de chaque dimension reçue avec l'instruction issue du système WMS 18, c'est-à-dire de la valeur qu'a en réalité chaque dimension pour laquelle le chariot a reçu une valeur théorique à l'étape 21 de réception. La détermination de la valeur réelle est réalisée à partir d'au moins une image qui est obtenue à l'étape d'acquisition 23.
- [0077] L'étape 24 de détermination comprend une étape de traitement numérique 25 des images obtenues réalisée par le module vision 11. Il est à noter que le traitement numérique des images peut commencer dès que l'image capturée par la caméra 3D 10 est rendue disponible au module vision 11.
- [0078] L'étape de traitement numérique 25 comprend une sous-étape 25b de calcul des dimensions de la charge 12 effectivement présente sur le rayonnage 13.

- [0079] Par exemple, l'étape de traitement numérique comprend une sous-étape 25a de détection de cercles 14, 16 localisés sur une face avant de la charge 12, et un cercle 17 localisé sur une face arrière de la charge 12 ([Fig.5]).
- [0080] La détection des cercles est réalisée de sorte que le cercle 14 est le cercle perçu sur la face avant de la charge et qui correspond à la surface extérieure de la charge 12, et les cercles 16, 17 sont respectivement les cercles perçus sur sa face avant et sur sa face arrière et correspondant à la surface intérieure de la charge 12. La détection des cercles 14, 16 et 17 est réalisée en utilisant des méthodes de détection de cercle connues par exemple du type transformée de Hough.
- [0081] Comme indiqué précédemment, l'étape de traitement numérique comprend une sous-étape 25b de calcul de la valeur réelle des dimensions de la charge.
- [0082] Dans cette sous-étape, on considère que les diamètres extérieur et intérieur réels de la charge sont égaux aux diamètres D_{14} , D_{16} ([Fig.5]) des cercles 14 extérieur et 16 intérieur qui sont perçus sur la face avant de la charge. Lors de cette sous-étape 25b, le diamètre D_{17} du cercle 17 intérieur est également déterminé. La valeur du diamètre D_{17} est inférieur à celle du diamètre D_{16} compte tenu de l'angle de fuite de l'image.
- [0083] Dans cette sous-étape 35, le calcul de la valeur réelle de la profondeur P de la charge est réalisé à partir des valeurs de diamètres D_{16} et D_{17} des cercles 16, 17 déterminés à la sous-étape 25a de détection de cercles, et de la valeur de la distance d entre la face avant de la charge annulaire et la caméra 3D 10 qui est déterminée par celle-ci, en appliquant l'équation suivante :
- [0084]
$$P = d \times \frac{D_{16} - D_{17}}{D_{17}} \text{ (Eq.1)}$$
- [0085] Alternativement, dans un autre mode de mise en œuvre utilisé par exemple lorsque le contraste entre les faces avant et arrière de la charge 12 n'est pas suffisant, la valeur réelle de la profondeur P de la charge annulaire est calculée comme étant égale à l'écart maximal entre les coordonnées des points de la surface intérieure 15 de la charge annulaire 12, comprise entre les cercles 16 et 17, ledit écart étant mesuré selon l'axe du repère R orienté selon l'axe de visée de la caméra 3D 10.
- [0086] Après la détermination des valeurs réelles de la charge par le module vision 11, l'unité de contrôle 9 dispose d'informations relative aux dimensions de la charge obtenues par deux canaux distincts, à savoir par le module vision 11 d'une part et par le système WMS 18 d'autre part.
- [0087] En se référant de nouveau à la [Fig.4], après l'étape 24 de détermination, le procédé se poursuit par une étape 26 de comparaison des valeurs réelles déterminées lors de l'étape de détermination 24 et des valeurs théoriques des dimensions de la charge reçues à l'étape 21.
- [0088] En l'espèce, dans l'exemple de réalisation décrit, les valeurs réelles du diamètre

extérieur, du diamètre intérieur et de la profondeur de la charge sont comparées aux valeurs théoriques correspondantes. Alternativement, il pourrait être possible de déterminer qu'une ou deux de ces valeurs réelles de la charge en vue de l'étape 26 de comparaison.

- [0089] Lors de l'étape 26 de comparaison, si l'écart entre la valeur réelle et la valeur théorique d'une des dimensions de la charge est supérieur en valeur absolue à une valeur limite associée prédéfinie, l'unité de contrôle 9 commande l'arrêt du chariot 1 pour une remise en ordre par un opérateur (étape 27).
- [0090] Cette valeur limite peut être déterminée selon les tolérances admissibles relatives aux exigences de sécurité des opérations de levage et de transport. La valeur limite peut être propre à chaque dimension de la charge considérée.
- [0091] Lors de l'étape 27 d'arrêt du chariot, l'unité de contrôle 9 peut transmettre au système WMS 18 un message d'erreur représentatif de l'erreur rencontrée.
- [0092] Au contraire, si les valeurs réelles correspondent aux valeurs théoriques associées aux valeurs limite près, l'unité de contrôle du chariot pilote l'opération de levage et de transport (étape 28).
- [0093] Cette opération de levage et de transport peut être réalisée selon un scénario de levage et de transport prédéterminé qui est enregistré dans l'unité de contrôle 9 du chariot et qui comprend des paramètres de sécurité propres aux dimensions théoriques de la charge. Par exemple, les paramètres de sécurité définissent dans quelles allées ou ouvertures de l'entrepôt le chariot peut se déplacer en fonction des dimensions de la charge.
- [0094] Alternativement, avant de piloter l'opération de levage et de transport, l'unité de contrôle 9 peut modifier les paramètres de sécurité en fonction des dimensions réelles de la charge et réaliser ensuite le pilotage selon le scénario de levage et de transport avec les paramètres de sécurité adaptés.
- [0095] Dans l'exemple de mise en œuvre qui vient d'être décrit, l'étape d'acquisition 23 d'une ou des images est réalisée à la seule distance D1 de la charge 12. Alternativement, l'étape d'acquisition 23 peut comprendre une première sous-étape d'acquisition à la distance D1, suivie d'une deuxième sous-étape d'acquisition à une distance D2 réduite par rapport à la charge qui intervient donc après avancement du chariot.
- [0096] Cette acquisition en deux temps peut être utile pour des charges de dimensions importantes, notamment des charges annulaires pour lesquelles l'angle de vision de la caméra 3D 10 peut être trop faible pour capturer à la fois la surface intérieure et la surface extérieure de la charge. Dans ce cas, la première sous-étape d'acquisition est réalisée de sorte à pouvoir calculer les valeurs réelles du diamètre extérieur et du diamètre intérieur de la charge et la deuxième sous-étape d'acquisition est réalisée de

sorte à pouvoir calculer la valeur réelle de la profondeur de la charge 12.

- [0097] Dans l'exemple de réalisation illustré, l'étape 25 de traitement numérique comprend une sous-étape 25c préalable de filtrage de points. Cette sous-étape 25c est réalisée avant toute autre sous-étape de l'étape 25 de traitement numérique et permet de réduire la quantité des données à traiter en filtrant les points des images obtenues à l'étape d'acquisition pour ne garder que les points faisant partie d'une région d'intérêt particulier. Par exemple, la surface intérieure 15 de la charge annulaire 12 peut constituer une zone d'intérêt particulier ([Fig.5]). En limitant les calculs aux domaines réduits des zones d'intérêt particulier, le procédé accélère l'obtention des résultats sans dégrader leur qualité. En limitant les données aux zones d'intérêt, la taille de la mémoire nécessaire du module vision 11 est également réduite. Alternativement, il reste possible de ne pas prévoir cette sous-étape 25c de filtrage.
- [0098] Dans l'exemple de mise en œuvre décrit, l'étape 24 de détermination des valeurs réelles des dimensions de la charge est réalisée par le traitement numérique 25 des images obtenues par le module vision 11.
- [0099] Dans un mode de réalisation alternatif, l'étape 24 de détermination pourrait comprendre une étape de lecture d'un code-barres sur ladite image obtenue à l'étape d'acquisition 23, suivie d'une étape d'extraction d'une valeur réelle de la ou de chaque dimension considérée de la charge d'un tableau contenu dans la mémoire du chariot élévateur en fonction du code-barres lu.
- [0100] Par ailleurs, l'exemple de mise en œuvre du procédé a été décrit avec une charge annulaire. On ne sort pas du cadre de l'invention lorsque la charge est une charge palettisée. Par « charge palettisée », on entend une palette supportant une charge. Une palette est un plateau qui comprend généralement un plancher supporté par des entretoises ou deux planchers reliés par des entretoises. Une palette peut également être munie de pieds supportant le plateau.
- [0101] Pour une charge palettisée, les dimensions prises en considération peuvent être la hauteur, la profondeur et/ou la largeur de la charge prise seule.
- [0102] Par exemple, l'étape de traitement numérique peut comprendre une sous-étape de détection de la face avant de la charge et d'une face de dessous de la charge en utilisant des algorithmes classiques de vision par ordinateur. Les dimensions relatives à la largeur et à la hauteur de la charge sont calculées ensuite à partir des images de la face avant, tandis que les dimensions relatives à la profondeur sont calculées à partir des images de la face de dessous.

Revendications

[Revendication 1]

Procédé (20) de levage et de transport d'une charge par un chariot élévateur autonome comportant une fourche mobile verticalement munie d'au moins un bras, ledit procédé étant caractérisé en ce qu'il comprend :

- une étape (21) de réception par le chariot d'une mission attribuée de déplacement de la charge à lever et à transporter qui comprend une valeur théorique d'au moins une dimension de ladite charge ;
- une étape (22) de déplacement du chariot élévateur autonome en face de la charge à lever et à transporter,
- une étape d'acquisition (23) d'au moins une image de la charge par au moins une caméra fixée sur le chariot élévateur autonome en étant centrée par rapport à la fourche et ayant un axe de visée orienté vers l'avant selon un axe longitudinal dudit chariot ;
- une étape de détermination (24) d'une valeur réelle de ladite dimension de la charge à partir de ladite image obtenue à l'étape d'acquisition (23),
- une étape (26) de comparaison de la valeur réelle de ladite dimension de la charge déterminée à l'étape de détermination (24) et de la valeur théorique de ladite dimension de la charge reçue à l'étape (21) de réception, et
- une étape (27) d'arrêt du chariot si l'écart entre la valeur réelle de ladite dimension et sa valeur théorique est supérieur en valeur absolue à une valeur limite prédéfinie, ou
- une étape de levage et de transport (28) de la charge si l'écart entre la valeur réelle de ladite dimension et sa valeur théorique est inférieur ou égal en valeur absolue à la valeur limite prédéfinie.

[Revendication 2]

Procédé selon la revendication 1, dans lequel ladite caméra est une caméra 3D restituant un nuage de points de coordonnées mesurés dans un repère (R) associé à ladite caméra 3D, et dans lequel l'étape de détermination (24) comprend une étape (25) de traitement numérique de ladite image obtenue à l'étape d'acquisition (23) qui comprend une sous-étape (25b) de calcul de la valeur réelle de ladite dimension de la charge.

[Revendication 3]

Procédé selon la revendication 1, dans lequel l'étape de détermination (24) comprend une étape de lecture d'un code-barres sur ladite image obtenue à l'étape d'acquisition (23), et une étape d'extraction de la

valeur réelle de ladite dimension de la charge d'un tableau contenu dans une mémoire du chariot élévateur en fonction du code-barres lu.

[Revendication 4]

Procédé selon la revendication 2, dans lequel :

- la charge à lever et à transporter est annulaire,
- la mission attribuée à l'étape (21) de réception comprend des valeurs théoriques de la profondeur (P) et du diamètre extérieur de la charge annulaire,
- l'étape (25) de traitement numérique comprend des sous-étapes (25b) de calcul des valeurs réelles de la profondeur (P) et du diamètre extérieur de la charge annulaire,
- l'étape (26) de comparaison comprend la comparaison de la valeur réelle et de la valeur théorique de la profondeur de la charge, et la comparaison de la valeur réelle et de la valeur théorique du diamètre extérieur de la charge,
- l'étape (27) d'arrêt du chariot est réalisée si l'écart entre au moins une desdites valeurs réelles et sa valeur théorique est supérieur en valeur absolue à une valeur limite prédéfinie.

[Revendication 5]

Procédé selon la revendication 4, dans lequel :

- l'étape (25) de traitement numérique de ladite image obtenue à l'étape d'acquisition comprend une sous-étape (25a) de détection d'un premier cercle (16) intérieur localisé sur une face avant de la charge annulaire et correspondant au diamètre intérieur de ladite charge annulaire, et d'un deuxième cercle (17) intérieur localisé sur une face arrière de la charge annulaire et correspondant à une surface intérieure de ladite charge,
- le calcul de la valeur réelle de la profondeur (P) de la charge annulaire est réalisé à partir du diamètre (D_{16}) du premier cercle (16) intérieur, du diamètre (D_{17}) du deuxième cercle (17) intérieur, et de la distance (d) entre ladite caméra 3D et la face avant de la charge selon l'équation suivante :

$$P = d \times \frac{D_{16} - D_{17}}{D_{17}} \text{ (Eq.1)}$$

[Revendication 6]

Procédé selon la revendication 5, dans lequel la valeur réelle de la profondeur (P) de la charge annulaire est égale à l'écart maximal entre les coordonnées des points d'une surface intérieure de la charge annulaire comprise entre les cercles (16, 17) intérieurs, ledit écart étant mesuré selon l'axe du repère (R) orienté selon l'axe de visée de ladite caméra 3D.

[Revendication 7]

Procédé selon l'une quelconque des revendications 4 à 6, dans

lequel l'étape (24) de traitement numérique de ladite image obtenue à l'étape d'acquisition comprend une sous-étape (25a) de détection d'un cercle (14) localisé sur la face avant de la charge annulaire et correspondant au diamètre extérieur de la charge annulaire.

[Revendication 8]

Procédé selon l'une quelconque des revendications 4 à 7, dans lequel l'étape d'acquisition (23) comprend les sous-étapes successives suivantes :

- une première sous-étape d'acquisition d'au moins une image ;
- une sous-étape d'avancement du chariot vers la charge d'une distance prédéfinie; et

une deuxième sous-étape d'acquisition d'au moins une image réalisée lorsque le chariot a parcouru ladite distance prédéfinie, - et dans lequel la sous-étape de calcul de la valeur réelle du diamètre extérieur de la charge annulaire est réalisée à partir de l'image obtenue à la première sous-étape d'acquisition, et la sous-étape de calcul de la valeur réelle de la profondeur (P) de la charge annulaire est réalisée à partir de l'image obtenue à la deuxième sous-étape d'acquisition.

[Revendication 9]

Procédé selon l'une quelconque des revendications 2 ou 4 à 8 précédentes, dans lequel l'étape (25) de traitement numérique comprend une sous-étape (25c) de filtrage de ladite image obtenue à l'étape d'acquisition qui est réalisée avant toute autre sous-étape de l'étape (25) de traitement numérique.

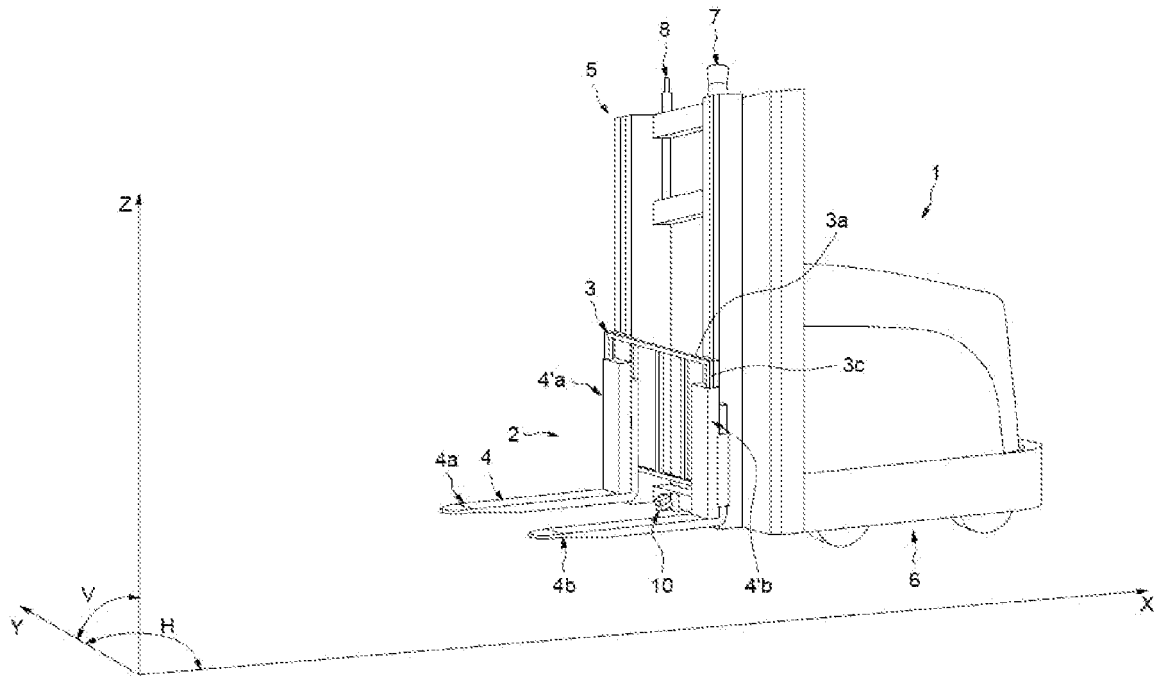
[Revendication 10]

Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel l'étape d'acquisition (23) de ladite image de la charge est réalisée par une unique caméra 3D.

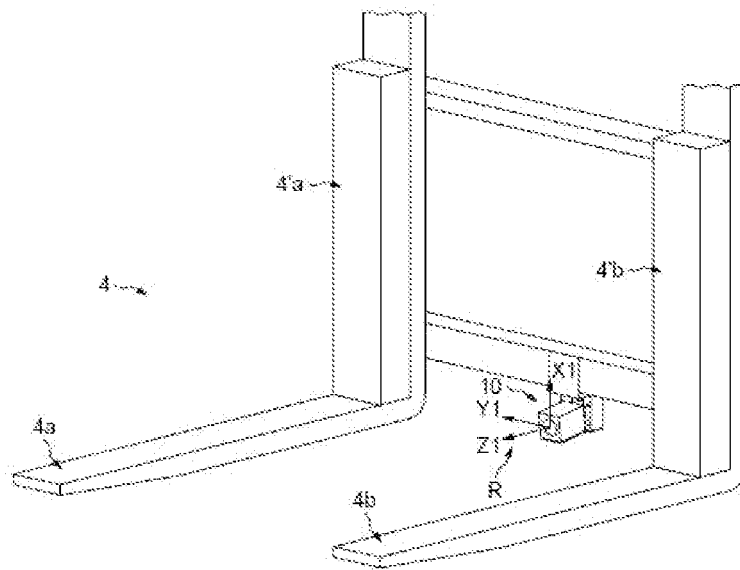
[Revendication 11]

Chariot (1) élévateur autonome comprenant une fourche (4) mobile verticalement munie d'au moins un bras, au moins une caméra 3D (10) d'acquisition d'au moins une image de données de nuages de points, ladite caméra 3D étant fixée sur le chariot élévateur autonome en étant centrée par rapport à la fourche et ayant un axe de visée orienté vers l'avant selon un axe longitudinal dudit chariot, un module (11) de commande et traitement numérique d'images associé à la caméra 3D (10), un dispositif de télécommunication sans fil (8), ainsi qu'une unité de contrôle (9) dudit chariot configurée pour l'exécution d'un procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 10.

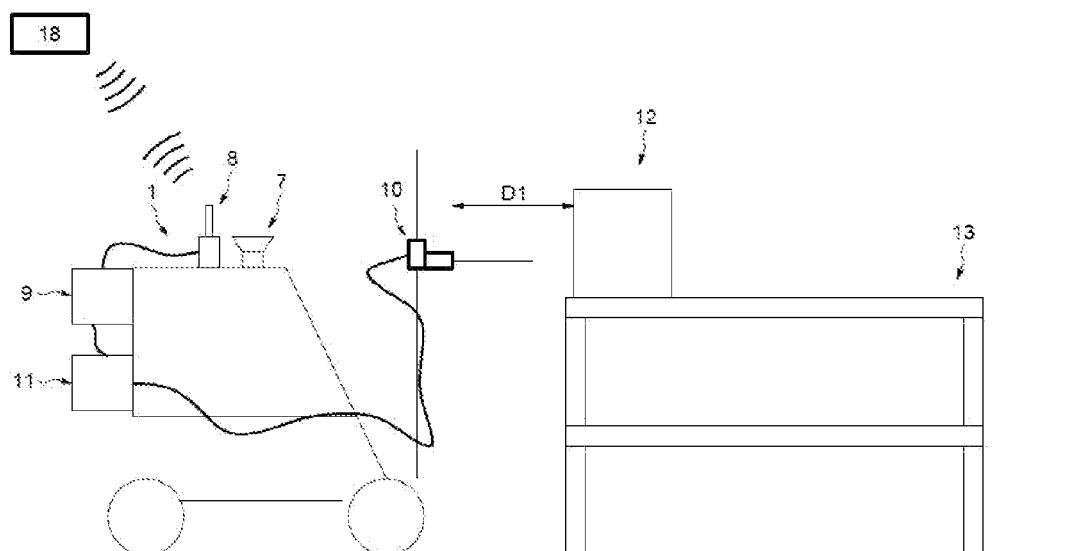
[Fig. 1]

FIG.1

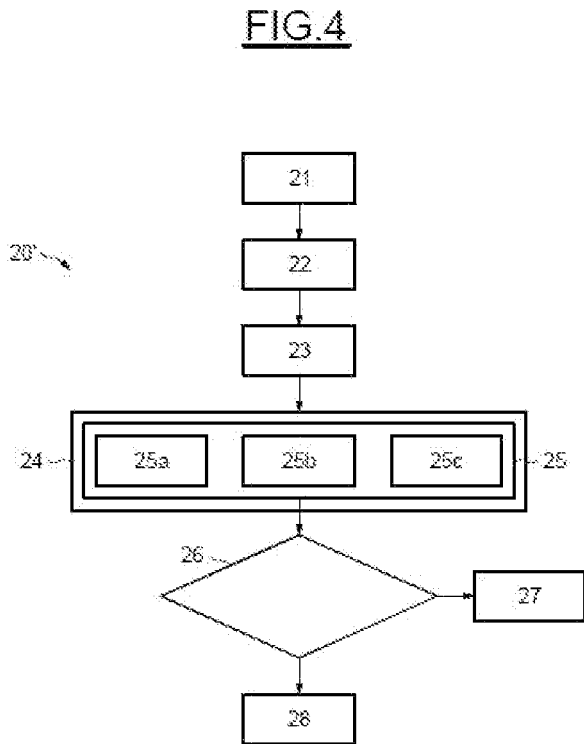
[Fig. 2]

FIG.2

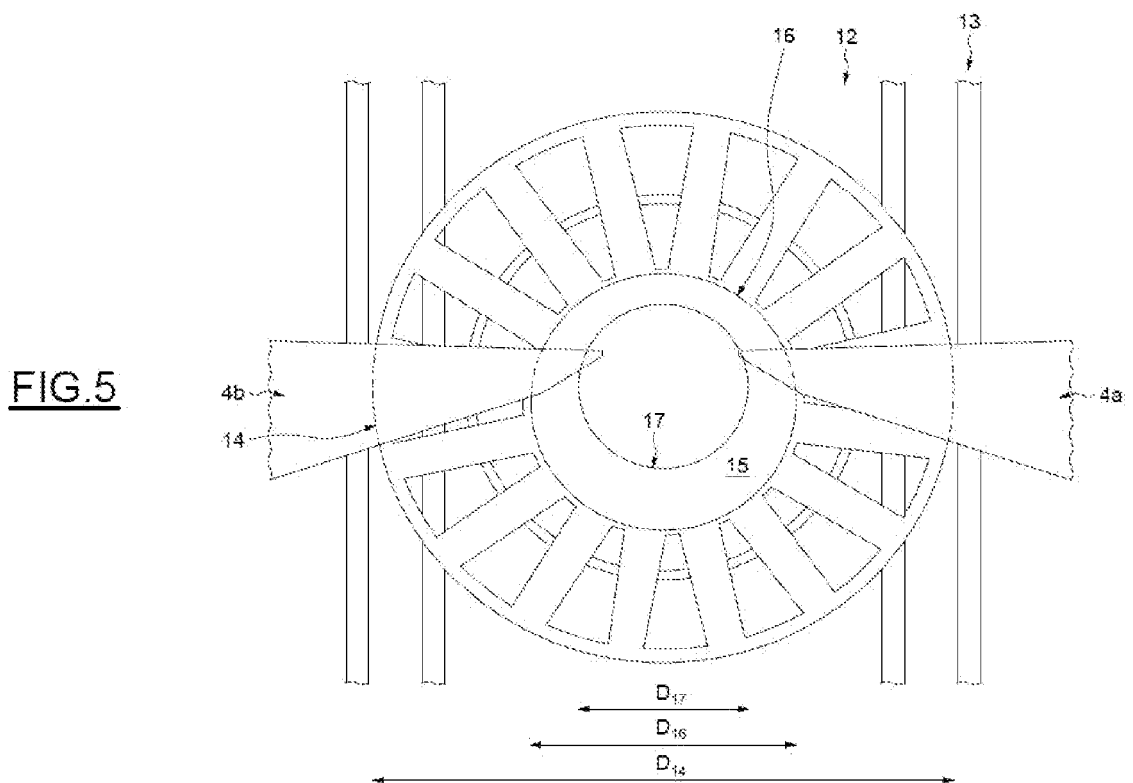
[Fig. 3]

FIG.3

[Fig. 4]



[Fig. 5]



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**

US 2018/319594 A1 (BLEVINS JOSHUA [US] ET
AL) 8 novembre 2018 (2018-11-08)

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

EP 2 767 925 A2 (JUNGHEINRICH AG [DE])
20 août 2014 (2014-08-20)

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

NEANT