

⑤④ PROCÉDÉ ET SYSTÈME DE PALETTISATION HÉTÉROGÈNE.

②② Date de dépôt : 24.02.22.

③③ Priorité :

⑥⑥ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : *FIVES SYLEPS Société par actions
simplifiée à associé unique —FR, UNIVERSITE
GRENOBLE ALPES Etablissement public national à
caractère scientifique culturel et professionnel FR,
INSTITUT POLYTECHNIQUE DE GRENOBLE
Etablissement public national à caractère scientifique
culturel et professionnel FR et CENTRE NATIONAL
DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE Etablissement
public national à caractère administratif — FR.*

④③ Date de mise à la disposition du public
de la demande : 25.08.23 Bulletin 23/34.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du
brevet d'invention : 21.06.24 Bulletin 24/25.

⑦② Inventeur(s) : LE JEAN Alexandre, BRAUNER
Nadia et BRIANT Olivier.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche :

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑦③ Titulaire(s) : FIVES SYLEPS Société par actions
simplifiée à associé unique, UNIVERSITE GRENOBLE
ALPES (EPSCP), INSTITUT POLYTECHNIQUE DE
GRENOBLE (EPSCP), CENTRE NATIONAL DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE (EPA).

⑦④ Mandataire(s) : Cabinet CAMUS LEBKIRI.



Description

Titre de l'invention : PROCEDE ET SYSTEME DE PALETTISATION HETEROGENE

Domaine technique de l'invention

[0001] L'invention concerne le domaine des plateformes logistiques de grandes et moyennes distributions et porte sur un procédé et un système de palettisation d'articles avant une livraison à un client.

Etat de la technique

[0002] Les plateformes logistiques servent d'intermédiaire entre les fournisseurs et différents points de vente. Les fournisseurs acheminent leurs produits à ces plateformes où ils sont réceptionnés et traités pour être mis en stock. Ensuite, les points de vente envoient leurs demandes de réapprovisionnement à ces plateformes. Pour chaque demande, les produits demandés sont sortis du stock pour être acheminés à une zone de préparation de commandes. Dans la zone de préparation, des robots sont utilisés pour placer les produits sur des palettes d'expéditions qui seront ensuite acheminées à leur destination.

[0003] Outre la gestion de la sortie du stock des produits et l'acheminement vers le client des commandes, plusieurs décisions doivent alors être prises, entre autres, déterminer le nombre de palettes à utiliser, sur quelles palettes placer les articles et comment seront placés les articles sur chaque palette. Concernant le placement d'articles sur une palette, il existe principalement deux représentations de solutions en couches :

[0004] - la première, consiste en un empilement de couches interchangeables de mêmes dimensions Largeur/Longueur;

[0005] - la seconde, consiste en un placement de couches aux dimensions quelconques placées sans règles précise à suivre.

[0006] Du fait de la diversité des articles à placer, la première représentation est trop restrictive, car de nombreux objets ne peuvent se retrouver dans une couche complète, par exemple de taille 1200x800 mm, du fait de leur faible quantité. Les solutions quasi optimales obtenues par les méthodes dédiées à cette représentation placent donc trop peu d'objets.

[0007] Par ailleurs, avec la deuxième représentation, la diversité des dimensions de couches possibles, rend trop complexe la construction de solutions en couches. Les méthodes connues échouent à obtenir des solutions de bonne qualité, ce qui se traduit par des dispositions avec un faible nombre d'objets placés et un manque de stabilité.

[0008] L'objectif de l'invention est donc de proposer un système et un procédé de palettisation permettant de résoudre les problèmes des méthodes décrits ci-dessus, et

permettant d'obtenir des dispositions d'articles en couches sur un contenant qui soient efficaces en termes d'articles placés ainsi que de stabilité.

Résumé de l'invention

- [0009] À cet effet, l'invention concerne, selon un premier aspect, un procédé de palettisation dans lequel :
- des articles de formes hétérogènes (notamment ayant des dimensions variables) sont transportés vers un poste de chargement par des moyens de convoyage,
 - les articles sont ensuite chargés en plusieurs couches par un dispositif de chargement sur un contenant agencé dans le poste de chargement,
 - dans lequel, le dispositif de chargement étant contrôlé par un moyen de contrôle informatique, le procédé comprend en outre une étape de génération d'une disposition stable desdits articles sur le contenant en amont de leur chargement.
- [0010] Selon l'invention, ladite disposition stable comprend un placement d'articles présentant des hauteurs sensiblement proches pour former soit des couches complètes occupant sensiblement la totalité de la superficie du contenant, soit des couches partielles occupant chacune une partie de la superficie du contenant,
- [0011] et dans lequel une première couche partielle présentant une première hauteur de couche occupe une partie du contenant et au moins une couche partielle complémentaire présentant une deuxième hauteur de couche occupe une deuxième partie non occupée par ladite première couche de sorte à occuper toute la superficie du contenant.
- [0012] Étant donné la diversité des dimensions des articles à placer (notamment leur hauteur), le procédé selon l'invention définit des couches d'articles à placer qui peuvent être complètes (pouvant occuper toute la superficie du contenant), ou partielles (pouvant occuper une partie de la superficie). Une couche étant formée par des articles présentant des hauteurs sensiblement proches (ayant un écart faible).
- [0013] En combinant dans la solution des couches complètes ainsi que des couches partielles, le procédé permet de placer un nombre important d'articles sur le contenant et de limiter donc le volume pouvant être perdu.
- [0014] En outre, en plaçant les articles sous forme de couches en veillant à ce que leur emplacement selon la hauteur soit bien choisi, la stabilité du contenant est renforcée.
- [0015] En conséquence, contrairement aux méthodes connues, le procédé selon l'invention permet d'obtenir une palettisation efficace en termes de nombre d'articles placés et en termes de stabilité.

- [0016] Le contenant peut être tout contenant utilisé pour palettiser des articles en vue de leur expédition, par exemple vers un client. À titre d'exemple, cela peut être une palette.
- [0017] Selon des exemples de réalisation, une couche partielle peut occuper la moitié de la superficie d'un contenant (par exemple la moitié de la longueur et la totalité de la largeur ou inversement), elle peut aussi occuper d'autres proportions telles que 1/3 ou 1/4.
- [0018] En fixant le nombre de tailles de couches possibles, on limite ainsi le nombre de couches à considérer, ce qui peut faciliter l'obtention de solutions de façon rapide.
- [0019] Par exemple, ajouter sur les empilements de demi-couches deux empilements de quarts de couches. Selon les dimensions des objets à placer, cette variante peut s'avérer bien plus efficace. Cette variante peut être particulièrement intéressante s'il y a de nombreux petits objets d'une très grande diversité en hauteur.
- [0020] Avantageusement, deux couches partielles sensiblement de même superficie peuvent être superposées. Ceci permet de remplir un contenant, tel qu'une palette, en créant des colonnes maximisant le volume occupé et la stabilité.
- [0021] Avantageusement, deux couches partielles sont séparées par une plaque intercalaire partielle sensiblement de même superficie que lesdites couches partielles. L'usage d'intercalaire entre couches partielles de même empilement apporte un plus considérable pour la stabilité du contenant après chargement et augmente donc la robustesse de la disposition.
- [0022] Optionnellement, la nature de l'intercalaire peut permettre de combler les dispersions de hauteur de la couche sur laquelle il est posé sans tout en restant rigide, ce qui augmente davantage la stabilité.
- [0023] Selon des exemples de réalisation, une couche partielle et au moins une couche partielle complémentaire sont posées sur une couche complète. En choisissant cette stratégie, on augmente le volume occupé et la stabilité.
- [0024] Avantageusement, une plaque intercalaire complète peut également séparer la couche complète des couches partielles, ladite plaque intercalaire complète ayant sensiblement la même superficie que le contenant. Ceci augmente davantage la stabilité.
- [0025] Selon des modes de réalisations, le procédé peut comprendre une étape de génération d'un catalogue de couches susceptibles d'être placées sur le contenant, ledit catalogue comprenant au moins une couche partielle.
- [0026] L'avantage d'un catalogue est qu'il définit les couches possibles en amont de toute construction de couche et le procédé se restreint à les utiliser de la façon la plus efficace. Le fait que le catalogue de couche comprenne aussi des couches partielles permet d'obtenir facilement des dispositions d'articles sur un contenant (par exemple une palette) qui maximisent le volume occupé ainsi que la stabilité.

[0027] Selon des modes de réalisations, le catalogue peut être enrichi progressivement par l'ajout de nouvelles couches possibles présentant un coût réduit strictement négatif, ledit coût réduit étant déduit de la résolution du problème linéaire suivant, la résolution pouvant être faite par des méthodes connues de l'homme du métier (par exemple la méthode du simplexe) :

$$\begin{array}{ll}
 z(C) = \max & \sum_{c \in C} p_c \lambda_c \\
 \text{sous contraintes} & \sum_{c \in C} q_i^c \lambda_c \leq n_i \quad \forall i \in I(u) \\
 & \lambda_c \geq 0 \quad \forall c \in C
 \end{array}$$

[0028] Où :

[0029] - $z(C)$: est une valeur correspondant au plus grand profit de couches qu'il est possible d'avoir en utilisant un nombre réel de couches du catalogue C .

[0030] - p_c : est le profit de la couche c , évalué comme le volume d'objets dans la couche c plus une pénalité proportionnelle au volume occupé par la couche c dans le contenant.

[0031] - λ_c : le nombre de fois que la couche c est utilisée.

[0032] - q_i^c : le nombre d'articles i dans la couche c .

[0033] - I : est un ensemble de références d'articles i connues du système.

[0034] - n_i : nombre de fois qu'on peut utiliser la référence i .

[0035] Cette méthode de génération dynamique utilise la formule de calcul ci-dessus permettant, pour un ensemble donné de couches, d'assigner à chaque objet une valeur d'intérêt. Cette valeur, positive ou négative, est utilisée pour évaluer une couche qui n'appartient pas encore au catalogue. Si ladite couche présente un coût réduit strictement négatif, alors elle est ajoutée à l'ensemble de couches contenues dans le catalogue pour améliorer la disposition d'articles en couche que l'on obtient avant la palettisation.

[0036] Un autre avantage est que s'il n'existe plus de couches qui satisfont la condition ci-dessus, alors l'ensemble de couches permet d'exprimer une solution optimale. Cette propriété permet alors de savoir quand s'arrêter, mais aussi à l'aide d'autres formules de déterminer une limite sur la qualité d'une solution optimale.

[0037] Le coût réduit peut être exprimé par la formule :

$$p_c - \sum_{i \in I} u_i q_i^c$$

[0038] Où u est la valeur duale de la seule contrainte du problème.

[0039] Le profit d'une couche peut être décrit par la formule suivante :

$$p_c = \sum_{i \in I} v_i q_i^c - \alpha v_c$$

[0040] Où v_c est le volume de la couche et α un réel suffisamment petit pour que le profit de deux couches soit d'abord évalué selon le volume des objets placés.

[0041] Pour ce même volume, le profit est comparé sur le volume que la couche occupée (On peut aussi parler de «densité» de la couche).

$$\sum_{c \in C} q_i^c \lambda_c \leq n_i$$

[0042] En rajoutant une variable $\varepsilon_i \in \mathbb{N}$ et en l'intégrant dans la contrainte on obtient :

$$\sum_{c \in C} q_i^c \lambda_c = n_i - \varepsilon_i$$

[0043] Il est aussi possible de reformuler l'objectif de maximiser le volume comme minimiser le volume non placé :

$$\begin{aligned} \max \sum_{c \in C} p_c \lambda_c &= \max \sum_{c \in C} \left(\sum_{i \in I} v_i q_i^c - \alpha v_c \right) \lambda_c \\ &= \max \sum_{i \in I} \left(v_i \sum_{c \in C} (q_i^c \lambda_c) \right) - \alpha \sum_{c \in C} v_c \lambda_c \\ &= \max \sum_{i \in I} (v_i (n_i - \varepsilon_i)) - \alpha \sum_{c \in C} v_c \lambda_c \\ &= \sum_{i \in I} v_i n_i + \max - \sum_{i \in I} v_i \varepsilon_i - \alpha \sum_{c \in C} v_c \lambda_c \\ &= \sum_{i \in I} v_i n_i + \min \sum_{i \in I} v_i \varepsilon_i + \alpha \sum_{c \in C} v_c \lambda_c \end{aligned}$$

[0044] Selon des exemples de réalisation, pour générer une disposition stable d'articles, on choisit du catalogue les couches qui maximisent la somme des profits sous contrainte que l'ensemble des couches peut être disposé sur le contenant sans dépasser une hauteur limite du contenant fixé en amont.

[0045] Pour un catalogue C de couches c , on peut par exemple déterminer lesquelles choisir pour constituer la solution en résolvant le programme linéaire suivant (les méthodes de résolutions étant connues pour les spécialistes de la recherche opérationnelle) :

$$\begin{array}{ll}
z_{IP}(C) = \max & \sum_{c \in C} p_c \lambda_c \\
\text{sous contraintes} & \sum_{c \in C} q_i^c \lambda_c \leq n_i \quad \forall i \in I \\
& h(\lambda) \\
& \lambda_c \in \mathbb{N} \quad \forall c \in C
\end{array}$$

- [0046] La contrainte $h(A)$ assure qu'il soit possible de placer l'ensemble de couches sans qu'aucune ne dépasse la hauteur limite fixée, notée H .
- [0047] Optionnellement, le procédé peut comporter l'utilisation d'une méthode d'apprentissage pour générer les couches données en paramètre au « programme linéaire en nombres entiers ». Ceci permet une amélioration lorsque les objets à palettiser changent peu d'une résolution à une autre.
- [0048] Optionnellement, le moyen informatique peut comporter une mémoire interne, on sauvegarde ainsi les couches récurrentes que l'on transmet en paramètre au « programme linéaire en nombres entiers ».
- [0049] Optionnellement, le procédé peut comprendre l'application de la méthode pour un ensemble d'objets à placer sur plus d'une palette. La répartition des objets doit alors être prise en considération, leur intégration étant facilitée par la notion de couches.
- [0050] L'invention selon un deuxième aspect porte également sur un système de palettisation mettant en œuvre le procédé selon l'une des combinaisons de caractéristiques décrites ci-dessus.

Brève description des figures

- [0051] D'autres particularités et avantages de l'invention apparaîtront dans la description ci-après en relation avec les dessins annexés, donnés à titre d'exemples non limitatifs, dans lesquelles :
- [0052] [Fig.1] la [Fig.1] représente un exemple de système de palettisation selon l'invention ;
- [0053] [Fig.2] la [Fig.2] est une illustration d'une palette chargée comprenant des couches complètes d'articles et des demi-couches.

Description détaillée

- [0054] La [Fig.1] représente un exemple de système de palettisation selon l'invention. Le système 1 comprend un moyen de convoyage 2 pour transporter des articles i à un poste de chargement pour les charger sur un contenant 5 (palette) vide agencé dans le poste de chargement. Dans l'exemple, le moyen de convoyage 2 est un convoyeur, mais d'autres moyens de convoyage peuvent être utilisés, notamment des robots automatiquement guidés (AMR/AGV).

- [0055] Le système 1 de palettisation comprend aussi un moyen de chargement 4 pour charger les articles i sur la palette 5. Le moyen de chargement 4 est par exemple un robot multiaxial muni d'un préhenseur 4a pour saisir les articles i un par un et les placer sur la palette 5. Le préhenseur 4a peut être à grille comme montré sur la figure ou avoir d'autres formes connues, par exemple muni de ventouses.
- [0056] Dans une variante non montrée, le système de palettisation 1 peut également comprendre un moyen de détection d'articles, par exemple une caméra, agencée au-dessus du convoyeur 2 au voisinage du poste de chargement.
- [0057] Le système 1 comprend également un moyen de contrôle, non montré, agencé pour gérer le chargement des articles par le moyen de chargement 4. Il peut également contrôler le moyen de convoyage.
- [0058] Le moyen de contrôle peut comprendre un moyen de calcul, tel qu'un logiciel qui peut déterminer un ordre de rangement et des positions spatiales pour les articles i devant être empilés sur la palette 5.
- [0059] Avantageusement, le moyen de contrôle peut également comprendre une mémoire configurée pour héberger une base de données contenant les caractéristiques des colis à empiler, par exemple, suite à une commande d'un client. La base de données peut comprendre les dimensions, les poids ou autres caractéristiques des articles.
- [0060] La [Fig.2] montre, un exemple d'une disposition d'articles sur une palette 5 en cours de chargement en utilisant le procédé selon l'invention. Dans la disposition d'articles illustrée, le procédé a permis de placer deux couches complètes Cc superposées comprenant chacune un ensemble d'articles présentant une hauteur proche. Ensuite, les articles i-1 à i-4 présentant des hauteurs proches sont agencés en une couche partielles Ci occupant la moitié de la superficie de la palette 5. Les articles i-5 à i-8 qui présentent des hauteurs proches sont agencés en une couche partielle complémentaire Ci' occupant l'autre moitié de la superficie de la palette.
- [0061] D'autres couches partielles peuvent être ajoutées sur les couches Ci et Ci', par exemple une ou plusieurs couches de mêmes dimensions peut être superposée sur Ci'. Ces deux couches peuvent en outre être séparée par une plaque intercalaire pour renforcer la stabilité de la palette. Des plaques intercalaires peuvent aussi être ajoutées entre les couches complètes et entre la couche complète supérieure Cc et les couches partielles Ci, Ci' pour augmenter la stabilité.
- [0062] Génération dynamique d'un catalogue de couches :
- [0063] Pour générer le catalogue, et l'enrichir progressivement en considérant les articles qui ne sont pas encore inclus, un logiciel inclus dans le moyen de contrôle informatique calcule un coût réduit pour chaque couche complète Cc ou partielles Ci possible, qui peut correspondre à :

$$p_c = \sum_{i \in C} u_i q_i^c$$

- [0064] Si la valeur du coût réduit est strictement négative, alors la couche est ajoutée au catalogue.
- [0065] L'opération est répétée jusqu'à ce qu'aucune nouvelle couche partielle ou totale ne satisfait la condition ci-dessus.
- [0066] Dans l'expression ci-dessus, u_i est la valeur duale de la couche c considérée (seule contrainte du problème).
- [0067] Les valeurs de u_i et le coût réduit sont déduits de la résolution du problème linéaire suivant :

$$\begin{aligned} z(C) = \max \quad & \sum_{c \in C} p_c \lambda_c \\ \text{sous contraintes} \quad & \sum_{c \in C} q_i^c \lambda_c \leq n_i \quad \forall i \in I(u) \\ & \lambda_c \geq 0 \quad \forall c \in C \end{aligned}$$

- [0068] avec :
- [0069] - $z(C)$: est une valeur correspondant au plus grand profit de couches qu'il est possible d'avoir en utilisant un nombre réel de couches du catalogue C .
- [0070] - λ_c : le nombre de fois que la couche c est utilisée.
- [0071] - q_i^c : le nombre d'articles i dans la couche c .
- [0072] - I : est un ensemble de référence d'articles i connues du système.
- [0073] - n_i : nombre de fois qu'on peut utiliser la référence i .
- [0074] - p_c : est le profit de la couche c , évalué comme le volume d'objets dans la couche c plus une pénalité proportionnelle au volume occupé par la couche c dans le contenant. Il peut être exprimé par la formule suivante :

$$p_c = \sum_{i \in I} v_i q_i^c - \alpha v_c$$

- [0075] Où v_c est le volume de la couche et α un réel suffisamment petit pour que le profit de deux couches soit d'abord évalué selon le volume des objets placés. Pour ce même volume, le profit est comparé sur le volume que la couche occupe.
- [0076] Les méthodes de résolution d'un tel problème sont connues des spécialistes de la recherche opérationnelle et ne sont donc pas détaillées ici. Des solveurs connus, tel que GLPK, peuvent être utilisés pour résoudre le problème.
- [0077] Sélection de couches à placer :

- [0078] Dans cette étape, le procédé est mis en œuvre par le logiciel pour choisir du catalogue des couches complètes ou partielles à placer sur le contenant (palette) par le robot 4. Les couches du catalogue C choisies sont celles qui maximisent la somme des profits (p_c) sous contrainte que l'ensemble des couches choisies peut être disposé sur le contenant et sans dépasser une hauteur limite du contenant, fixée en amont.
- [0079] Les couches sont sélectionnées en résolvant le programme linéaire suivant (les méthodes de résolutions étant connues pour les spécialistes de la recherche opérationnelle) :

$$\begin{aligned} z_{IP}(C) = \max \quad & \sum_{c \in C} p_c \lambda_c \\ \text{sous contraintes} \quad & \sum_{c \in C} q_i^c \lambda_c \leq n_i \quad \forall i \in I \\ & h(\lambda) \\ & \lambda_c \in \mathbb{N} \quad \forall c \in C \end{aligned}$$

- [0080] La contrainte $h(A)$ assure qu'il soit possible de placer l'ensemble de couches sans qu'aucune ne dépasse la hauteur limite fixée, notée H .
- [0081] Par exemple, pour des couches complètes, la contrainte $h(A)$ peut être exprimée comme suit :

$$\sum_{c \in C} h_c \lambda_c \leq H \quad \text{où } h_c \text{ est la hauteur de la couche } c.$$

- [0082] Si nous utilisons des couches complètes et des demi-couches de dimensions 600x800 ou des demi-couches 1200x400, les contraintes à rajouter sont :

$$\begin{aligned} \lambda_c &= \lambda_c^D + \lambda_c^G \quad \forall c \in C_{1/2} \\ \sum_{c \in C_1} h_c \lambda_c + \sum_{c \in C_{1/2}} \lambda_c^D &\leq H \\ \sum_{c \in C_1} h_c \lambda_c + \sum_{c \in C_{1/2}} \lambda_c^G &\leq H \\ \lambda_c^D &\in \mathbb{N} \quad \forall c \in C \\ \lambda_c^G &\in \mathbb{N} \quad \forall c \in C \end{aligned}$$

- [0083] Où $C_1 \subseteq C$ est l'ensemble des couches complètes du catalogue, et $C_{1/2} \subseteq C$ les demi-couches du catalogue.
- [0084] Les variables λ_c^D et λ_c^G indiquent respectivement le nombre de demi-couches à droite et à gauche que l'on empilera sur le tas de couches complètes.
- [0085] Comparaison de la méthode dynamique avec une méthode aléatoire :

- [0086] Pour évaluer l'efficacité de la méthode de génération dynamique décrite ci-dessus, elle est comparée à une méthode de génération aléatoire connue de l'état de la technique.
- [0087] Les résultats obtenus pour $Z(C)$ dans les deux cas, ainsi que les résultats obtenus pour une borne lagrangienne (connue de l'homme du métier) utilisée comme référence, sont représentés ci-après.
- [0088] Instances simples : $Z(C)$ (Dynamique) : 172 ; $\theta(u)$: 170 ; $Z(C)$ (Aléatoire): 179
- [0089] Instances moyennes : $Z(C)$ (Dynamique) : 171 ; $\theta(u)$: 155 ; $Z(c)$ (Aléatoire): 230
- [0090] Instances difficiles : $Z(C)$ (Dynamique) : 145 ; $\theta(u)$: 128 ; $Z(C)$ (Aléatoire): 190
- [0091] Pour illustrer l'écart entre les deux méthodes, on calcule le GAP (en pourcentage) entre la valeur $z(C)$, avec C le catalogue généré par une méthode ou l'autre, et une borne lagrangienne sur $z(C)$. Plus le GAP est faible, plus la méthode est efficace.
- [0092] L'écart entre la valeur $z(C)$ et une borne lagrangienne sur $z(C)$ obtenues sont les suivantes :
- Instance Facile : Dynamique : 1,18 % ; Aléatoire : 5,70 %
 - Instance Moyenne : Dynamique : 10,30 % ; Aléatoire : 47,85 %
 - Instance Difficile : Dynamique : 13,54 % ; Aléatoire : 48,44 %
- [0093] Ces résultats montrent clairement l'efficacité de la méthode dynamique décrite ci-dessus par rapport à la méthode aléatoire connue de l'état de la technique.

Revendications

[Revendication 1]

Procédé de palettisation dans lequel :

- des articles (i) de formes hétérogènes sont transportés vers un poste de chargement par des moyens de convoyage (2),
- les articles (i) sont ensuite chargés en plusieurs couches (Cc, Ci) par un dispositif (4) de chargement sur un contenant (5) agencé dans le poste de chargement,

dans lequel, le dispositif (4) de chargement étant contrôlé par un moyen de contrôle informatique, le procédé comprend en outre une étape de génération d'une disposition stable desdits articles (i) sur le contenant en amont de leur chargement,

ladite disposition stable comprend un placement d'articles présentant des hauteurs sensiblement proches pour former soit des couches complètes (Cc) occupant sensiblement la totalité de la superficie du contenant, soit des couches partielles (Ci, Ci') occupant chacune une partie de la superficie du contenant,

une première couche partielle (Ci) présentant une première hauteur de couche occupe une partie du contenant et au moins une couche partielle (Ci') complémentaire présentant une deuxième hauteur de couche occupe une deuxième partie non occupée par ladite première couche de sorte à occuper toute la superficie du contenant, caractérisé en ce que le procédé comprend en outre une étape de génération d'un catalogue C de couches susceptibles d'être placées sur le contenant, en amont de toute construction de couche, ledit catalogue comprenant au moins une couche partielle, et en ce que le catalogue est enrichi progressivement par l'ajout de nouvelles couches c possibles présentant un coût strictement négatif, ledit coût étant déduit de la résolution du problème linéaire suivant :

$$\begin{aligned}
 z(C) = \max \quad & \sum_{c \in C} p_c \lambda_c \\
 \text{s.t.} \quad & \sum_{c \in C} q_{ij}^c \lambda_c \leq n_i \quad \forall i \in I \\
 & \lambda_c \geq 0 \quad \forall c \in C
 \end{aligned}$$

Où :

$z(C)$: est une valeur correspondant au plus grand profit de couches qu'il est possible d'avoir en utilisant un nombre réel de couches du catalogue C .

p_c : est le profit de la couche c , évalué comme le volume d'objets dans la couche c , plus une pénalité proportionnelle au volume occupé par la couche c dans le contenant.

λ_c : le nombre de fois que la couche c est utilisée.

q_i^c : le nombre d'articles i dans la couche c .

I : est un ensemble de références d'articles i connues du système.

– n_i : nombre de fois qu'on peut utiliser la référence i .

ledit coût $CR(c)$ étant *exprimé* par la formule :

$$CR(c) = p_c - \sum_{i \in I} u_i q_i^c$$

Où u_i est la valeur duale de la contrainte :

$$\sum_{c \in C} q_i^c \lambda_c \leq n_i \quad \forall i \in I$$

Le profit p_c d'une couche étant exprimé par la formule suivante :

$$p_c = \sum_{i \in I} v_i q_i^c - \alpha v_c$$

Où v_c est le volume de la couche, v_i le volume d'un article i et α un nombre réel.

[Revendication 2]

Procédé de palettisation selon la revendication précédente, dans lequel deux couches partielles sensiblement de même superficie sont superposées.

[Revendication 3]

Procédé de palettisation selon la revendication précédente, dans lequel lesdites deux couches partielles sont séparées par une plaque intercalaire partielle sensiblement de même superficie que lesdites couches partielles.

[Revendication 4]

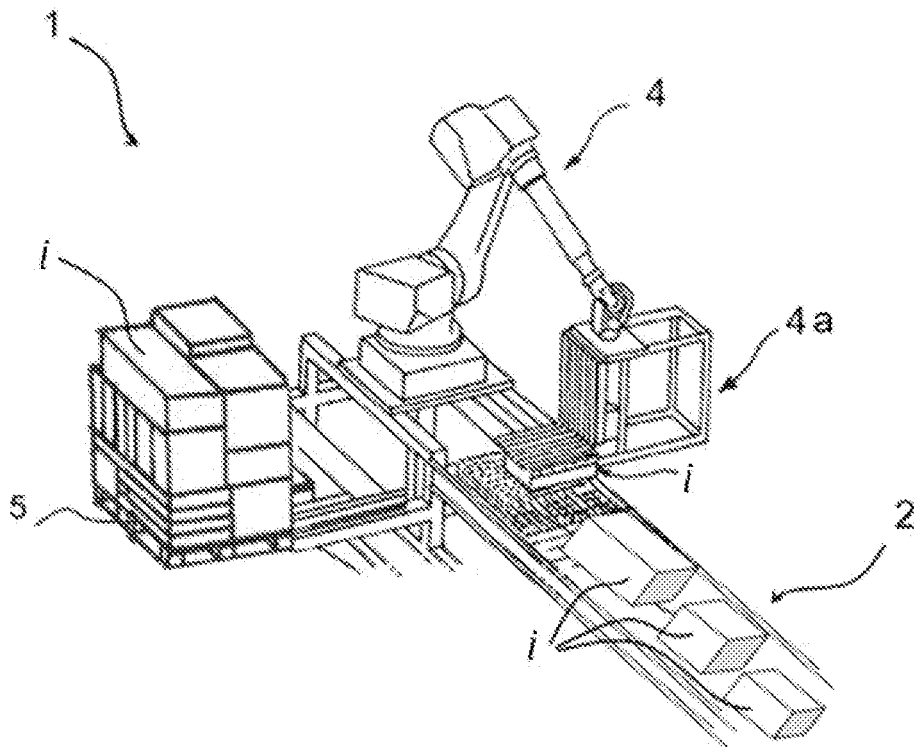
Procédé de palettisation selon l'une des revendications précédentes, dans lequel une couche partielle (C_i) et au moins une couche partielle complémentaire (C_i') sont posées sur une couche complète (C_c).

[Revendication 5]

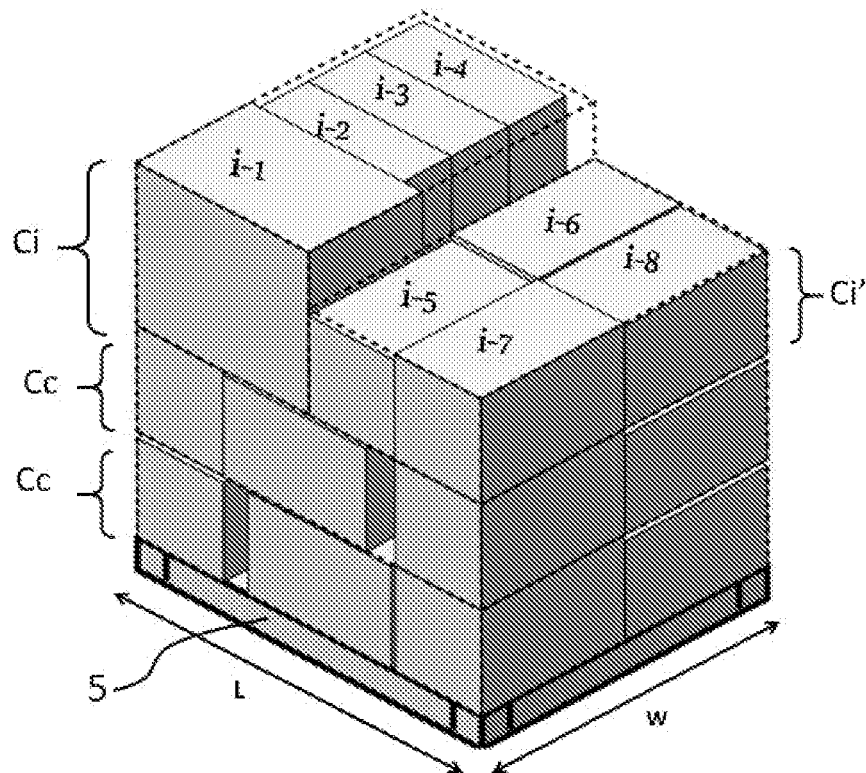
Procédé de palettisation selon la revendication précédente, dans lequel une plaque intercalaire complète sépare la couche complète (C_c) des couches partielles (C_i, C_i'), ladite plaque intercalaire complète ayant sensiblement la même superficie que le contenant (5).

- [Revendication 6] Procédé de palettisation selon l'une des revendications précédentes, dans lequel on choisit du catalogue des couches complètes ou partielles, qui maximisent la somme des profits (p_c) sous contrainte que l'ensemble des couches choisies peut être disposé sur le contenant et sans dépasser une hauteur limite du contenant, fixée en amont.
- [Revendication 7] Système de palettisation comprenant :
- un poste de chargement comprenant une zone de réception d'un contenant (5) et un dispositif (4) de chargement,
 - des moyens de convoyage (2) pour transporter des articles (i) de formes hétérogènes vers le poste de chargement pour être chargés en plusieurs couches (C_c , C_i) sur le contenant (5) par le dispositif (4) de chargement, dans lequel, le dispositif (4) de chargement étant contrôlé par un moyen de contrôle informatique configuré pour générer une disposition stable desdits articles sur le contenant en mettant en œuvre le procédé selon l'une des revendications précédentes.

[Fig. 1]



[Fig. 2]



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 10 647 528 B1 (DIANKOV ROSEN NIKOLAEV
[JP] ET AL) 12 mai 2020 (2020-05-12)

US 2011/130868 A1 (BAUMANN MICHAEL [DE])
2 juin 2011 (2011-06-02)

US 2013/282165 A1 (PANKRATOV KIRILL K [US]
ET AL) 24 octobre 2013 (2013-10-24)

US 2021/139256 A1 (FU KE [US] ET AL)
13 mai 2021 (2021-05-13)

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

NEANT

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

NEANT