DESCRIPTION

TITRE : SYSTEME DE DEPLACEMENT BIDIMENSIONNEL D'UN CASIER DANS UNE STRUCTURE MODULAIRE DE STOCKAGE

DOMAINE TECHNIQUE

L'objet du présent exposé concerne le domaine des systèmes de stockage automatisé. Plus particulièrement le présent exposé concerne les dispositifs d'entrainement et de guidage pour les déplacements d'éléments de stockage au sein d'une structure modulaire robotisée.

ETAT DE LA TECHNIQUE

Avec la croissance des besoins industriels et du commerce en ligne (ou « e-commerce » selon la terminologie usuelle), nécessitant une logistique flexible, fine et réactive, l'évolution et l'adoption de solutions automatisées de stockage et de récupération de marchandises deviennent décisives pour de nombreux acteurs.

Il est par exemple possible d'utiliser des technologies de transport telles que les "Transtockeurs", les "Carrousels", les "Flottes robotiques", ou encore la mise en œuvre de robots autonomes et mobiles. Mais ces technologies ne fournissent pas nécessairement une solution de stockage compacte, adaptable à tous types d'espaces, y compris les plus restreints, tout en maintenant un débit de distribution élevé.

Le brevet d'invention français n°1907047 présente une solution de stockage et de déplacement compacte, adaptable à divers environnements de stockage, et dont la cadence de distribution est élevée. Le système décrit dans le brevet mentionné comprend une structure modulaire et des casiers configurés pour être déplacés au sein de la structure modulaire. Le déplacement des casiers dans la structure modulaire est permis par un système de déplacement comprenant des actionneurs débrayables qui équipent la structure modulaire et interagissent avec des empreintes complémentaires présentes sur les casiers.

Mais le dispositif d'entrainement décrit est complexe, fragile et limité en termes de charge acceptable. De plus, il induit des difficultés de montage et de maintenance.

Le brevet US7941243B2 propose un système de déplacement d'un casier dans une grille. Le casier comprend une paroi rainurée supérieure et une autre paroi rainurée inférieure qui engrainent respectivement avec des pignons fixés à la grille et configurés pour déplacer le casier selon deux directions perpendiculaires. Mais ce système nécessite des casiers avec

des parois très particulières et complexes et génère des problèmes de tolérance récurrents du fait du contact concomitant entre des pignons et la paroi rainurée supérieur et des pignons et l'autre paroi rainurée inférieure quelle que soit la direction de déplacement du casier.

Il existe donc un besoin de simplification et d'amélioration des systèmes de déplacement d'un casier dans une structure modulaire.

EXPOSE GENERAL

L'un des objectifs du présent exposé est par exemple de proposer un système de déplacement d'un casier dans une structure modulaire compact et permettant un déplacement rapide et fiable dans deux directions perpendiculaires.

Il est à cet effet proposé, selon un aspect du présent exposé, un système de déplacement d'un casier dans une structure modulaire de stockage comprenant un châssis formant une pluralité de modules adjacents, le système de déplacement comprenant :

- une crémaillère longitudinale positionnée sur le casier et configurée pour déplacer le casier dans la structure modulaire selon une première direction et une crémaillère transversale positionnée sur le casier et configurée pour déplacer le casier dans la structure modulaire selon une deuxième direction , perpendiculaire à la première direction ; et
- un pignon longitudinal et un pignon transversal positionnés sur le châssis de chaque module, le pignon longitudinal étant configuré pour engrainer avec la crémaillère longitudinale et le pignon transversal étant configuré pour engrainer avec la crémaillère transversale.

La crémaillère longitudinale et la crémaillère transversale comprennent respectivement des dents espacées d'un intervalle et présentant une largeur, la largeur des dents de la crémaillère longitudinale étant inférieure ou égale à l'intervalle entre les dents de la crémaillère transversale et la largeur des dents de la crémaillère transversale étant inférieure ou égale à l'intervalle entre les dents de la crémaillère longitudinale.

Ce système de déplacement permet ainsi un déplacement bidirectionnel d'un casier dans une structure modulaire de stockage. Il présente une complexité et un encombrement réduits. En effet, le système est simplifié par le positionnement des deux crémaillères sur le fond du casier. De plus, le système s'affranchi d'un débrayage et évite un blocage du casier grâce à l'espacement entre les dents des crémaillères qui se croisent. Par ailleurs, le système est simplifié par la mise en œuvre de casiers dits passifs qui peuvent être déplacés

sous l'unique actionnement des pignons fixés sur le châssis de la structure modulaire et donc sans motorisation incorporée à chaque casier et sans débrayage du casier.

Avantageusement, mais facultativement, le procédé exposé comprend l'une au moins des caractéristiques suivantes, prise seule ou dans une quelconque combinaison :

- le pignon longitudinal comprend des dents successives espacées chacune entre elles d'un intervalle supérieur à l'épaisseur des dents de la crémaillère longitudinale de manière à permettre aux dents de la crémaillère longitudinale de translater à travers l'intervalle du pignon longitudinal quand la crémaillère transversale engraine avec le pignon transversal et le pignon transversal comprend des dents successives espacées chacune entre elles d'un intervalle supérieur à l'épaisseur des dents de la crémaillère transversale, de manière à permettre aux dents de la crémaillère transversale de translater à travers l'intervalle du pignon transversal quand la crémaillère longitudinale engraine avec le pignon longitudinal ;

- l'intervalle entre les dents de la crémaillère longitudinale est supérieur à la largeur des dents du pignon transversal et l'intervalle entre les dents de la crémaillère transversale est supérieur à la largeur des dents du pignon longitudinal, de manière à permettre au pignon longitudinal de croiser la crémaillère transversale quand il engraine sur la crémaillère longitudinale et au pignon transversal de croiser la crémaillère longitudinale quand il engraine sur la crémaillère transversale ;

- la crémaillère longitudinale et la crémaillère transversale sont positionnées sur le casier transversalement, l'une par rapport à l'autre, et se croisent de manière à équilibrer les charges sur le casier ;

- le système comprend deux crémaillères longitudinales distinctes et parallèles, et deux crémaillères transversales distinctes et parallèles, chacune des deux crémaillères longitudinales et des deux crémaillères transversales engrainant respectivement avec deux pignons longitudinaux et deux pignons transversaux ;

- le système comprend des rotules pour supporter le casier sur le châssis, les rotules permettant un déplacement du casier selon la première direction et selon la deuxième direction ;

- le système comprend des rails longitudinaux fixés au châssis afin de guider des rotules supportant le casier selon la première direction et des rails transversaux fixés au châssis afin de guider des rotules supportant le casier selon la deuxième direction, chaque rail longitudinal présentant une intersection avec chaque rail transversal ;

- chaque pignon longitudinal est positionné sur le châssis le long d'un rail transversal et chaque pignon transversal est positionné sur le châssis le long d'un rail longitudinal, un unique premier moteur entrainant en rotation chaque pignon longitudinal positionné le long d'un même rail transversal et un unique deuxième moteur entrainant en rotation chaque pignon transversal positionné le long d'un même rail longitudinal ;

- chaque rotule comprend une jupe de guidage configurée pour maintenir la rotule dans un des rails longitudinaux ou dans un des rails transversaux ;

- chacune des crémaillère longitudinale et crémaillère transversale comprend respectivement à ses deux extrémités une dent de guidage dont la largeur est respectivement plus importante que la largeur des dents de la crémaillère longitudinale et de la crémaillère transversale, la dent de guidage de la crémaillère longitudinale étant configurée pour guider le casier selon la deuxième direction en glissant dans l'intervalle du pignon longitudinal et la dent de guidage de la crémaillère transversale étant configurée pour guider le casier selon la première direction en glissant dans l'intervalle du pignon transversal ;

- la largeur des dents de guidage de la crémaillère longitudinale est supérieure à une longueur de l'intersection selon la deuxième direction et la largeur des dents de guidage de la crémaillère transversale est supérieure à une longueur de l'intersection selon la première direction, afin de permettre un guidage du casier quand l'une des rotules du casier traverse l'intersection ;

- le système comprend des pions de guidage fixés sur le casier et configurés pour translater dans un des rails longitudinaux ou dans un des rails transversaux, le pion de guidage guidant le casier selon la première direction ou selon la deuxième direction quand une rotule est à une des intersections.

Selon un autre aspect, il est proposé un casier configuré pour être déplacé dans une structure modulaire de stockage et comprenant une crémaillère longitudinale configurée pour déplacer le casier dans la structure modulaire selon une première direction et une crémaillère transversale configurée pour déplacer le casier dans la structure modulaire selon une deuxième direction, perpendiculaire à la première direction, la crémaillère longitudinale et la crémaillère transversale étant positionnées sur le casier, caractérisé en ce que la crémaillère longitudinale et la crémaillère transversale comprennent respectivement des dents espacées d'un intervalle et présentant une largeur, la largeur des dents de la crémaillère longitudinale étant inférieure ou égale à l'intervalle entre les dents

de la crémaillère transversale et la largeur des dents de la crémaillère transversale est inférieure ou égale à l'intervalle entre les dents de la crémaillère longitudinale.

Selon un autre aspect, il est proposé une unité d'actionnement pour un système d'actionnement tel que précédemment décrit, l'unité d'actionnement comprenant :

- un poteau s'étendant le long d'une direction principale,
- un rail fixé le long du poteau et configuré pour guider des rotules supportant un casier,
- un premier pignon positionné d'un côté du poteau par rapport à la direction longitudinale et un deuxième pignon positionné d'un autre côté du poteau par rapport à la direction principale, chaque pignon étant configuré pour être entrainé en rotation autour de la direction principale par un moteur fixé au poteau,
- un dispositif de commande, pour commander en synchrone le moteur respectif de chacun du premier pignon et du deuxième pignon.

Selon un autre aspect, il est proposé un châssis d'une structure modulaire de stockage, comprenant une pluralité d'unités d'actionnement telles que précédemment décrites, la pluralité d'unités d'actionnement formant une pluralité de modules adjacents configurés pour recevoir un casier, le châssis comprenant :

- des unités d'actionnement dont la direction principale est orientée selon une première direction, configurées pour engrainer avec une crémaillère transversale d'un casier et pour guider des rotules supportant le casier selon la première direction, et
- des unités d'actionnement dont la direction principale est orientée selon une deuxième direction, configurées pour engrainer avec une crémaillère longitudinale d'un casier et pour guider des rotules supportant le casier selon la deuxième direction.

Selon un autre aspect, il est proposé une structure modulaire de stockage comprenant un casier tel que précédemment décrit et un châssis tel que précédemment décrit, le casier étant configuré pour être déplacé dans les modules du châssis.

DESCRIPTION DES FIGURES

D'autres caractéristiques, buts et avantages ressortiront de la description qui suit, qui est purement illustrative et non limitative, et qui doit être lue en regard des dessins annexés sur lesquels :

La **figure 1** illustre une vue en perspective d'une structure modulaire de stockage, selon un mode de réalisation possible du présent exposé ;

La **figure 2A** illustre une vue en perspective d'un châssis formant trois modules voisins d'une structure modulaire de stockage et d'un casier dans l'un des trois modules, selon un mode de réalisation possible du présent exposé ;

La **figure 2B** illustre une vue en perspective d'une unité d'actionnement formant une partie d'un châssis d'une structure modulaire de stockage, selon un mode de réalisation possible du présent exposé

La **figure 3** illustre une vue en perspective d'un système de déplacement d'un casier dans une structure modulaire de stockage, selon un mode de réalisation possible du présent exposé ;

La **figure 4** illustre une vue en perspective d'une partie du système de déplacement d'un casier dans une structure modulaire de stockage, selon un mode de réalisation possible du présent exposé ;

La **figure 5** illustre une partie d'un système de déplacement et une dent de guidage du système de déplacement, selon un mode de réalisation possible du présent exposé ;

La **figure 6** illustre le système de déplacement et plus particulièrement un ensemble de support, selon un mode de réalisation possible du présent exposé ;

La **figure 7** illustre une partie de l'ensemble de support, selon un mode de réalisation possible du présent exposé ;

La **figure 8** illustre une vue dans un plan perpendiculaire à une première direction du système de déplacement d'un casier dans un premier module, selon un mode de réalisation possible du présent exposé ;

La **figure 9** est un organigramme d'étapes d'un procédé de déplacement d'un casier dans une structure modulaire selon un mode de mise en œuvre du présent exposé.

Sur l'ensemble des figures, les éléments similaires portent des références identiques.

DESCRIPTION DETAILLEE

Structure modulaire de stockage

Une structure modulaire **1** de stockage, comme illustré par la figure 1, comprend un châssis **10**, formant une pluralité de modules **11** adjacents, et des casiers **20** configurés pour être positionnés dans les modules **11** et pour se déplacer de module **11** en module **11**.

Le châssis **10** de la structure modulaire **1** peut comprendre des poteaux verticaux **12**, fixés au sol d'un entrepôt, et des poteaux horizontaux **13**, fixés au poteaux verticaux **12**. Les poteaux verticaux **12** et les poteaux horizontaux **13** définissent la pluralité de modules **11** de la structure modulaire **1**.

Les modules **11**, comme illustré par la figure 2A, peuvent être identiques selon leur forme et leur taille. Les poteaux verticaux **12** sont positionnés entre eux à intervalle régulier selon une première direction **X** horizontale et à intervalle régulier selon une deuxième direction **Y** horizontale, perpendiculaire à la première direction **X** horizontale. Les poteaux horizontaux **13** sont fixés entre les poteaux verticaux **12** de manière à former des étages à intervalle régulier selon une troisième direction **Z** verticale. Chaque poteau horizontal est fixé entre deux poteaux verticaux **12** parallèlement à la première direction **X** horizontale ou à la deuxième direction **Y** horizontale. Le châssis **10** peut ainsi présenter une matrice tridimensionnelle. Par matrice tridimensionnelle on comprendra que les modules **11** de la structure modulaire **1** sont identiques selon leur forme et leur taille et peuvent être adjacents les uns aux autres selon la première direction **X**, la deuxième direction **Y** et la troisième direction **Z**.

Chaque module **11** comprend quatre poteaux verticaux **12** et quatre poteaux horizontaux **13**. Les quatre poteaux horizontaux **13** sont fixés aux quatre poteaux verticaux **12** et définissent un parallélogramme. Les quatre poteaux horizontaux **13** comprennent deux poteaux horizontaux **13x** selon la première direction **X** horizontale et deux poteaux horizontaux **13y** selon la deuxième direction **Y** horizontale. Le module **11** est donc délimité par les quatre poteaux verticaux **12**, les quatre poteaux horizontaux **13** et par les quatre poteaux horizontaux **13** du module **11** voisin supérieur au module **11** selon la troisième direction **Z** verticale.

Le casier **20** peut être un plateau ou bien une caisse ou bien une boite, ouverte ou fermée ou partiellement fermée. Le casier **20** comprend des dimensions et une forme, notamment parallélépipédique rectangle, qui lui permettent d'être déplacé dans chaque module **11**. Le casier **20** comprend un fond **21** parallèle au poteaux horizontaux **13** du châssis **10**. Le fond **21** est la partie inférieure du casier **20** selon la troisième direction **Z**.

La structure modulaire **1** peut être configurée pour que chaque casier **20** puisse se déplacer dans le châssis **10**, et plus précisément dans la pluralité de modules **11**, de module **11** en module **11**. La structure modulaire **1** comprend un système de déplacement **100** d'un casier **20**. Le système de déplacement 100 d'un casier 20 peut être au moins partiellement positionné sur une partie du châssis 10. Le châssis 10 peut donc être formé par des unités d'actionnement 130 liées entre elles pour former les modules 11 et comprenant des éléments du système de déplacement 100, comme illustré par la figure 2B.

Système de déplacement

Par la suite on appellera premier module **111** le module **11** parmi la pluralité de modules **11** dans lequel un casier **20** considéré est positionné. La pluralité de modules **11** comprend, pour chaque premier module **111** au moins un deuxième module **112** voisin et au moins un troisième module **113** voisin. Le deuxième module **112** est voisin du premier module **111** selon la première direction **X** horizontale et le troisième module **113** est voisin du premier module **111** selon la deuxième direction **Y** horizontale.

Le système de déplacement **100** permet à chaque casier **20** considéré de la structure modulaire **1** de se déplacer dans le châssis **10**, du premier module **111** au deuxième module **112** et/ou au troisième module **113**. En d'autres termes, le système de déplacement **100** est configuré pour déplacer un casier **20** horizontalement dans la structure modulaire **1**, c'est-à-dire sur un même étage du châssis **10**.

Le système de déplacement **100** peut être connecté à une unité de commande C centrale par un câblage filaire le long du châssis **10**. L'unité de commande C est programmée pour coordonner les déplacements des casiers **20** selon un algorithme donné et activer le système de déplacement **100** de manière adéquate. L'unité de commande C peut en outre comprendre un contrôleur PID. Le contrôleur PID est un dispositif de contrôle utilisé pour réguler le déplacement d'un casier **20** et synchroniser l'entrainement du casier **20** depuis le premier module **111** vers le deuxième module **112** ou le troisième module **113**.

Le système de déplacement **100**, comme illustré par la figure 3, comprend un ensemble de translation **200** du casier **20** et un ensemble de support **300** du casier **20**. L'ensemble de translation **200** est configuré pour entrainer en mouvement le casier **20** dans le châssis **10**. L'ensemble de support **300** est configuré pour supporter et guider le casier **20** sur le châssis **10**.

Ensemble de translation

L'ensemble de translation **200** comprend :

- au moins une première crémaillère **210** fixée sur le casier **20** et configurée pour permettre le déplacement du casier **20** selon la première direction **X**,
- au moins une deuxième crémaillère **220** fixée sur le casier **20** et configurée pour permettre le déplacement du casier **20** selon la deuxième direction **Y**,
- au moins un premier pignon **230** positionné sur le châssis **10** dans chaque module **11** et configuré pour engrainer avec la première crémaillère **210** du casier **20**,
- au moins un deuxième pignon **240** positionné sur le châssis **10** dans chaque module **11** et configuré pour engrainer avec la deuxième crémaillère **220** du casier **20**,

L'ensemble de translation **200** utilise ainsi le système pignon-crémaillère. Le système pignon-crémaillère transmet la puissance de manière efficace, en réduisant les pertes d'énergie liées à la friction. La transmission est directe, ce qui signifie que l'énergie est transférée de manière plus efficace par rapport à un système de friction, où la transmission dépend principalement de la force de friction entre les surfaces en contact. Le système pignon crémaillère est configuré pour supporter des charges élevées, ce qui en fait un choix robuste pour des applications nécessitant le déplacement de charges importantes. Les dents des pignons répartissent la charge de manière uniforme, minimisant les points de forte pression. De plus, le système pignon-crémaillère présente une réponse dynamique, ce qui signifie qu'il peut démarrer, s'arrêter et changer de direction, plus rapidement et de manière plus précise que certains systèmes de friction.

Crémaillères

La première crémaillère **210** est configurée pour permettre le déplacement du casier **20** entre le premier module **111** et le deuxième module **112**. Pour cela, la première crémaillère **210** est dirigée selon la première direction **X** et est appelée crémaillère longitudinale **210**.

La deuxième crémaillère **220** est configurée pour permettre le déplacement du casier **20** entre le premier module **111** et le troisième module **113**. Pour cela, la deuxième crémaillère **220** est dirigée selon la deuxième direction **Y**. La deuxième crémaillère **220**, est positionnée transversalement à la crémaillère longitudinale **210**, et est appelée crémaillère transversale **220**.

La crémaillère longitudinale **210** et la crémaillère transversale **220** sont respectivement positionnées sur le fond **21** du casier **20**. De plus, la crémaillère longitudinale **210** et la crémaillère transversale **220** sont positionnées sur le casier **20** dans un même plan horizontal parallèle aux poteaux horizontaux **13** du châssis **10**. Ainsi, la crémaillère longitudinale **210**

et la crémaillère transversale **220** se croisent sur le fond **21** du casier **20**. La crémaillère longitudinale **210** et la crémaillère transversale **220** présentent respectivement une longueur adaptée aux dimensions du casier **20** selon la première direction **X** et la deuxième direction **Y**.

Comme illustré par la figure 4, la crémaillère longitudinale **210** comprend une pluralité de dents **211** successives espacées chacune entre elles d'un même premier intervalle **212**. La crémaillère transversale **220** comprend une pluralité de dents **221** successives espacées chacune entre elles d'un même deuxième intervalle **222**. Un intervalle entre deux dents successives d'une crémaillère est la distance entre les deux dents successives mesurée à la ligne primitive de la crémaillère.

Les dents **211** de la crémaillère longitudinale **210** présentent une même première largeur **213**. Les dents **221** de la crémaillère transversale **220** présentent une même deuxième largeur **223**. Une largeur de dent d'une crémaillère est la dimension de la dent dans la direction orthogonale à la direction de la crémaillère.

Les dents **211** de la crémaillère longitudinale **210** présentent une même première épaisseur **215**. Les dents **221** de la crémaillère transversale **220** présentent une même deuxième épaisseur **225**. Une épaisseur de dent d'une crémaillère est la dimension la dent à la ligne primitive de la crémaillère.

La première largeur **213** des dents **211** de la crémaillère longitudinale **210** est inférieure ou égale au deuxième intervalle **222** entre les dents **221** de la crémaillère transversale **220** et la deuxième largeur **223** des dents **221** de la crémaillère transversale **220** est inférieure ou égale au premier intervalle **212** entre les dents **211** de la crémaillère longitudinale **210**. Ainsi, la crémaillère longitudinale **210** et la crémaillère transversale **220** peuvent présenter une intersection **216** vierge de dents **211** de la crémaillère longitudinale et de dents **221** de la crémaillère transversale **220**. Ceci permet à la crémaillère longitudinale **210** et à la crémaillère transversale **220** de se croiser sans empêcher un engrainement du pignon longitudinal **230** sur la crémaillère longitudinale **210** et du pignon transversal **240** sur la crémaillère transversale **220** à l'intersection **216** entre la crémaillère longitudinale **210** et la crémaillère transversale **220**.

Ainsi, l'intersection **216** entre la crémaillère longitudinale **210** et la crémaillère transversale **220** ne présente pas d'obstacle au déplacement du casier **20**.

Le premier intervalle **212** entre les dents **211** de la crémaillère longitudinale **210** peut être égale au deuxième intervalle **222** entre les dents **221** de la crémaillère transversale **220**. La première largeur **213** des dents **211** de la crémaillère longitudinale **210** peut être égale à la deuxième largeur **223** des dents **221** de la crémaillère transversale **220**. La première épaisseur **215** des dents **211** de la crémaillère longitudinale **210** peut être égale à la deuxième épaisseur **225** des dents **221** de la crémaillère transversale **220**. Ainsi, le montage de l'ensemble de translation **200** est facilité et les déplacements du casier **20** sont simplifiés.

L'intersection **216** entre la crémaillère longitudinale **210** et la crémaillère transversale **220** peut être délimitée par deux dents **211** successives de la crémaillère longitudinale **210** selon la première direction **X** et par deux dents **221** successives de la crémaillère transversale **220** selon la deuxième direction **Y**.

Selon un mode de réalisation, l'ensemble de translation **200** comprend une seule crémaillère longitudinale **210** et une seule crémaillère transversale **220**. La crémaillère longitudinale **210** et la crémaillère transversale **220** peuvent être positionnées transversalement, l'une par rapport à l'autre. La crémaillère longitudinale **210** et la crémaillère transversale **220** peuvent être positionnées en croix sur le casier **20** et se croiser respectivement en leur milieu. Ceci permet d'équilibrer les charges sur le casier **20**.

Selon un autre mode de réalisation, comme par exemple illustré par la figure 3, l'ensemble de translation **200** comprend deux crémaillères longitudinales **210** et deux crémaillères transversales **220**, positionnées transversalement par rapport aux crémaillères longitudinales **210**. Les deux crémaillères longitudinales **210** peuvent être positionnées de manière à équilibrer les efforts transmis par le pignon longitudinal **230** engrainant avec chacune des crémaillères longitudinales **210**. Pour cela, les deux crémaillères longitudinales **210** peuvent être positionnées symétriquement sur le casier **20** par rapport au milieu du casier selon la deuxième direction **Y** et les deux crémaillères longitudinales **210** peuvent être positionnées peuvent être positionnées symétriquement sur le casier **20** par rapport à la au milieu du casier selon la première direction **X**. Par exemple, les deux crémaillères longitudinales **210** peuvent chacune être écartées du milieu du casier **20**, selon la deuxième direction **Y**, d'un sixième ou d'un quart de la longueur totale du casier **20** selon la deuxième direction **Y**. Et, les deux crémaillères transversales **220** peuvent être positionnées de manière à équilibrer les efforts transmis par le pignon transversal **240** engrainant avec chacune des crémaillères transversales **220**. Par exemple, les deux crémaillères transversales **220** peuvent chacune être écartées du milieu du casier **20**, selon la première

direction **X**, d'un sixième ou d'un quart de la longueur totale du casier **20** selon la première direction **X**. Ceci permet d'équilibrer les charges sur le casier **20** et d'éviter tout blocage du casier **20** au cours du déplacement entre deux modules **11**. De plus, les deux crémaillères longitudinales **210** sont chacune positionnées sur le casier **20** de manière à croiser les deux crémaillères transversales **220** au niveau d'un deuxième intervalle **222** et les deux crémaillères transversales **220** sont chacune positionnées sur le casier **20** de manière à croiser les deux crémaillères longitudinales **210** au niveau d'un premier intervalle **212**.

Selon un autre mode de réalisation, l'ensemble de translation **200** peut comprendre plus de deux crémaillères longitudinales **210** et plus de deux crémaillères transversales **220**.

Pignons

Comme illustré par la figure 3, le premier pignon **230** est configuré pour être entrainé en rotation par un premier moteur **250** autour de la deuxième direction **Y** de manière à déplacer la crémaillère longitudinale **210** selon la première direction **X**. Par la suite, le premier pignon **230** est appelé pignon longitudinal **230**, car il est configuré pour entrainer la crémaillère longitudinale **210**. Le deuxième pignon **240** est configuré pour être mis en rotation par un deuxième moteur **251** autour de la première direction **X** de manière à déplacer la crémaillère transversale **220** selon la deuxième direction **Y**. Par la suite, le deuxième pignon **240** est appelé pignon transversal **240**, car il est configuré pour entrainer la crémaillère transversale **220**. Le premier moteur **250** et le deuxième moteur **251** sont respectivement positionnés sur le châssis **10** du module **11** considéré.

Comme illustré par la figure 4, le pignon longitudinal **230** comprend des dents **231** successives espacées entre elles d'un même premier intervalle **232**. Chaque dent **231** du pignon longitudinal **230** présente une même première largeur **233**. Le pignon transversal **240** comprend des dents **241** successives espacées entre elles d'un même deuxième intervalle **242**. Chaque dent **241** du pignon transversal **240** présente une même deuxième largeur **243**. Un intervalle entre deux dents successives d'un pignon est la dimension de l'arc du cercle primitif entre les deux dents. Une largeur de dent d'un pignon est la dimension de la dent dans la direction de l'axe de rotation du pignon.

La largeur **233** des dents **231** du pignon longitudinal **230** est inférieure à l'intervalle **222** entre les dents **221** de la crémaillère transversale **220** et la largeur **243** des dents **241** du pignon transversal **240** est inférieure à l'intervalle **212** entre les dents **211** de la crémaillère longitudinale **210**. Ceci permet :

- aux dents **231** du pignon longitudinal **230** de croiser la crémaillère transversale **220** sans être bloqué par les dents **221** de la crémaillère transversale **220** quand le pignon longitudinal **230** engraine avec la crémaillère longitudinale **210**, et
- aux dents **241** du pignon transversal **240** de croiser la crémaillère longitudinale **210** sans être bloqué par les dents **211** de la crémaillère longitudinale **210** quand le pignon transversal **240** engraine avec la crémaillère transversale **220**.

Le premier intervalle **232** entre les dents **231** du pignon longitudinal **230** est supérieur à la première épaisseur **215** des dents **211** de la crémaillère longitudinale **210**. Le deuxième intervalle **242** entre les dents **241** du pignon transversal **240** est supérieur à la deuxième épaisseur **225** des dents **221** de la crémaillère transversale **220**. Ceci permet :

- aux dents **211** de la crémaillère longitudinale **210** de translater, selon la deuxième direction **Y**, à travers le premier intervalle **232** entre deux dents **231** du pignon longitudinal **230**, quand la crémaillère transversale **220** engraine avec le pignon transversal **240** et que la casier **20** translate selon la deuxième direction **Y**, et
- aux dents **221** de la crémaillère transversale **220** de translater, selon la première direction **X**, à travers le deuxième intervalle **242** entre deux dents **241** du pignon transversal **240** quand la crémaillère longitudinale **210** engraine avec le pignon longitudinal **230** et que le casier **20** translate selon la première direction **X**.

Le pignon longitudinal **230** comprend, pour un module et un diamètre primitif préalablement choisis, un nombre de dents **231** inférieur au rapport du diamètre primitif par le module. Ainsi, le premier intervalle **232** entre les dents **231** du pignon longitudinal **230** est plus important que l'intervalle entre les dents d'un pignon standard (dont le nombre de dents est strictement égale au rapport du diamètre primitif par le module choisi). Le pignon transversal **240** comprend, pour un module et un diamètre primitif préalablement choisis, un nombre de dents **241** inférieur au rapport du diamètre primitif par le module. Ainsi, l'intervalle **242** entre les dents **241** du pignon transversal **240** est plus important que l'intervalle entre les dents d'un pignon standard (dont le nombre de dents est strictement égale au rapport du diamètre primitif par le module choisi). Ceci permet de réduire les contraintes de dimensionnement du système de déplacement **100**.

Le pignon longitudinal **230** et le pignon transversal **240** peuvent comprendre respectivement un nombre de dents **231**,**241** égale à la moitié du rapport du diamètre primitif par le module, autrement dit, ils comprennent respectivement une dent sur deux par rapport à un pignon standard de même diamètre primitif et de même module.

Le nombre de dents **231** et la largeur **233** des dents **231** du pignon longitudinal **230** peuvent être respectivement égaux au nombre de dents **241** et à la largeur **243** des dents **241** du pignon transversal **240**. Ainsi le montage de l'ensemble de translation **200** est facilité et les déplacements du casier **20** sont simplifiés.

L'ensemble de translation **200** peut comprendre deux pignons longitudinaux **230** pour entrainer la crémaillère longitudinale **210** et deux pignons transversaux **240** pour entrainer la crémaillère transversale **220**. Les deux pignons longitudinaux **230** peuvent être chacun répartis sur l'un des deux poteaux horizontaux **13y** selon la deuxième direction **Y** horizontale. Les deux pignons transversaux **240** peuvent être chacun répartis sur l'un des deux poteaux horizontaux **13x** selon la première direction **X** horizontale. Ainsi, quand le casier **20** est positionné au centre d'un module, la crémaillère longitudinale **210** peut engrainer avec les deux pignons longitudinaux **230** et la crémaillère transversale **220** peut engrainer avec les deux pignons transversaux **240**.

L'ensemble de translation **200** peut comprendre un système d'indexation de chaque pignon longitudinal **230** et de chaque pignon transversal **240**. Le système d'indexation permet d'imposer une orientation précise à chaque pignon longitudinal **230** et à chaque pignon transversal **240** considéré. L'orientation peut comprendre une position débrayée et une position embrayée. Dans la position embrayée le pignon longitudinal **230**, et respectivement le pignon transversal **240**, est apte à coopérer avec la crémaillère longitudinale **210**, respectivement avec la crémaillère transversale **220**, pour assurer l'entrainement.

Dans le mode de réalisation dans lequel l'ensemble de translation **200** comprend deux crémaillères longitudinales **210** et deux crémaillères transversales **220**, un unique premier moteur **250** peut être positionné sur chacun des poteaux horizontaux **13y** selon la deuxième direction **Y** et un unique deuxième moteur **251** peut être positionné sur chacun des poteaux horizontaux **13x** selon la première direction **X**. Chaque unique premier moteur **250** entraine respectivement en rotation les pignons longitudinaux **230** positionnés sur le poteau horizontal **13y** selon la deuxième direction **Y** considérée. Chaque unique deuxième moteur **251** entraine respectivement en rotation les pignons transversaux **240** positionnés sur le poteau horizontal **13x** selon la première direction **X** considérée. Autrement dit, chaque pignon longitudinal **230** de chaque crémaillère longitudinale **210** positionnés sur le même poteau horizontal **13y** selon la deuxième direction **Y** est entrainé en rotation par le même premier moteur **250**. Et, chaque pignon transversal **240** de chaque crémaillère transversale **220**, positionnés sur le même poteaux horizontaux **13x** selon la première direction **X** est entrainé en rotation par le même deuxième moteur **251**. En d'autres termes, chaque module

comprend un seul premier moteur **250** sur chaque poteau horizontal **13x** selon la première direction **X** et un seul deuxième moteur **251** sur chaque poteau horizontal **13y** selon la deuxième direction **Y**. Ceci permet de synchroniser mécaniquement la translation du casier **20** par les deux crémaillères longitudinales **210** ou crémaillères transversales **220** selon la première direction **X** ou la deuxième direction **Y**. Ceci permet également d'éviter tout blocage du casier **20** du fait de sur contraintes ou de déformations du casier **20**.

L'ensemble de translation **200** peut également participer à un guidage du casier **20**, comme illustré par la figure 5. La crémaillère longitudinale **210** et la crémaillère transversale **220** présentent chacune deux extrémités. Chacune des dents **211** de la crémaillère longitudinale **210** positionnée la plus proche de l'une des deux extrémités de la crémaillère longitudinale **210** peut être une dent de guidage longitudinale **214**. Chaque dent de guidage longitudinale **214** présente une largeur **217** plus importante que la première largeur **213** des dents **211** de la crémaillère longitudinale **210** comme illustré par la figure 5. Chacune des dents **231** de la crémaillère transversale **220** positionnée la plus proche de l'une des deux extrémités de la crémaillère transversale **220** peut être une dent de guidage transversale **224**. Chaque dent de guidage transversale **224** présente une largeur **227** plus importante que la deuxième largeur **223** des dents **221** de la crémaillère transversale **220**.

Les dents de guidage longitudinales **214** de la crémaillère longitudinale **210** sont configurées pour guider le casier **20** selon la deuxième direction **Y** lorsque le casier **20** se déplace selon la deuxième direction **Y**. Pour cela, les dents de guidage longitudinales **214** de la crémaillère longitudinale **210** peuvent glisser respectivement dans le premier intervalle **232** entre deux dents **231** d'un pignon longitudinal **230**. Et, les dents de guidage transversales **224** de la crémaillère transversale **220** sont configurées pour guider le casier **20** selon la première direction **X** quand le casier **20** se déplace selon la première direction **X**. Pour cela, les dents de guidage transversales **224** de la crémaillère transversale **220** peuvent glisser respectivement dans le deuxième intervalle **242** entre les dents **241** d'un pignon transversal **240**.

Dans le mode de réalisation selon lequel chaque crémaillère longitudinale **210** et chaque crémaillère transversale **220** comprend respectivement deux pignons longitudinaux **230** et deux pignons transversaux **240**, les dents de guidage longitudinales **214** d'une même crémaillère peuvent chacune être guidées en glissant le long d'une dent **231** d'un des deux pignons longitudinaux **230**. Autrement dit, chacune des deux dents de guidage longitudinales **214** de la crémaillère longitudinale **210** passe entre deux dents **231** de l'un des deux pignons longitudinaux **230** et peut même être en contact avec l'une des deux dents **231** afin d'être

guidé selon la deuxième direction **Y**. Et, chacune des deux dents de guidage transversales **224** de la crémaillère transversale **220** passe entre deux dents **241** de l'un des deux pignons transversaux **240** et peut même être en contact avec l'une des deux dents **241** afin d'être guidé selon la première direction **X**.

Ensemble de support

Comme illustré par la figure 6, l'ensemble de support **300** peut comprendre des rotules **310** positionnées sur le casier **20** et des rails **320** fixés au châssis **10** et configurés pour guider les rotules **310** sur le châssis **10**.

Rails

Le châssis **10** comprend des rails **320** pour supporter les rotules **310** du casier **20**. Plus précisément, les rails **320** sont fixés sur les quatre poteaux horizontaux **13** de chaque module **11**.

Les rails **320** présentent préférentiellement une partie de support **321** et une partie de guidage **322**. La partie de support **321** est avantageusement plane et est encadrée par la partie de guidage **322** qui fait saillie depuis la partie de support **321** selon la troisième direction **Z**. En d'autres termes, chaque rail **320** forme un canal dont la partie de support **321** forme un fond **21** et la partie de guidage **322** des rebords. La partie de guidage **322** peut présenter deux parties, symétriques entre elles par rapport à la partie de support **321** et présentant respectivement une forme concave vers la partie de support **321**. De tels rails **320** permettent de guider chaque rotule **310** selon la direction considérée.

Les rails **320** comprennent des rails longitudinaux **320x** fixés sur les poteaux horizontaux **13x** selon la première direction **X** et configurés pour guider les rotules **310** du casier **20** selon la première direction **X** quand le casier **20** se déplace selon le première direction **X**. Et, les rails **320** comprennent des rails transversaux **320y** fixés sur les poteaux horizontaux **13y** selon la deuxième direction **Y** et configurés pour guider les rotules **310** du casier **20** selon la deuxième direction **Y** quand le casier **20** se déplace selon le deuxième direction **Y**.

Chacun des rails longitudinaux **320x** présente une intersection **324** avec chacun des rails transversaux **320y**. L'intersection **324** entre le rail longitudinal **320x** et le rail transversal **320y** ne présentent pas de partie de guidage **322**. La rotule **310** n'est donc pas guidée par la partie de guidage **322** à l'intersection **324** entre deux rails **320**. Les dents de guidage longitudinales **214** peuvent participer au guidage d'un casier **20** selon la deuxième direction

Y lorsque le casier **20** se déplace selon la deuxième direction **Y** et les dents de guidage transversales **224** de la crémaillère transversale **220** sont configurées pour guider le casier **20** selon la première direction **X** quand le casier **20** se déplace selon la première direction **X**, lorsqu'une des rotules traverse l'une des intersections **324**. L'intersection **324** peut être d'une longueur **325** selon la première direction **X** inférieure à largeur **227** de la dent de guidage transversale **224** et une longueur **326** selon la deuxième direction **Y** inférieure à largeur **217** de la dent de guidage longitudinale **214**.

Rotules

Le casier **20** comprend préférentiellement quatre rotules **310** afin de répartir uniformément la charge du casier **20** et d'équilibrer le casier **20** sur le châssis **10**. Les rotules **310** peuvent être positionnées aux quatre angles du casier **20**. Les rotules **310** permettent au casier **20** de se déplacer selon plusieurs directions horizontales différentes sans opposer de résistance au déplacement, contrairement à des roues qui ne permettent qu'une seule direction de déplacement. En effet les rotules **310** sont libres en rotation et peuvent donc faire office être entrainée en rotation quelle que soit la direction horizontale de déplacement du casier **20** sur le châssis **10**. Ainsi, les rotules **310** supportent le casier **20** sur le châssis **10** et permettent au casier **20** de translater selon la première direction **X** et selon la deuxième direction **Y**. Les rotules **310** permettent ainsi de s'affranchir d'un système de débrayage souvent nécessaire avec un ensemble de support **300** comprenant des roues.

Chaque rotule **310** peut comprendre une jupe **311**. La jupe **311**, comme illustré par exemple par la figure 7, est configurée pour coopérer avec la partie de guidage **322** concave du rail **320** pour assurer un maintien de la rotule **310** dans le rail **320** et donc un bon guidage du casier **20** dans le châssis **10**. La jupe **311** est fixée au casier **20** et supporte la rotule **310**. La jupe **311** entoure la rotule **310** et peut présenter un bord externe circulaire afin de faciliter son insertion dans la partie de guidage **322** concave. Une fois dans le rail **320**, la jupe **311** est configurée pour empêcher la rotule **310** de se déplacer dans le rail **320** selon une autre direction que la direction du rail **320** considéré.

Pion de guidage

L'ensemble de support **300** peut en outre comprendre des pions de guidage **330**. Les pions de guidage **330** sont configurés pour glisser dans les rails **320** de guidages et pour guider le casier **20** lorsqu'une ou plusieurs des rotules **310** du casier **20** traversent une intersection **324** entre un des rails longitudinaux **320x** et un des rails transversaux **320y**. Les pions de guidage **330** coopèrent ainsi avec les dents de guidage longitudinales **214** et avec les dents

de guidage transversales **224** au guidage casier **20** lorsqu'une ou plusieurs des rotules **310** du casier **20** traversent une intersection **324** entre un des rails longitudinaux **320x** et un des rails transversaux **320y**.

Le pion de guidage **330** est donc avantageusement positionné sur le casier **20**, entre deux rotules **310** considérées pour être guidé par la partie de guidage **322** d'un rail **320** selon une direction de déplacement considérée quand l'une des deux rotules **310** considérées se situe au niveau d'une des intersection **324**.

Le casier **20** peut comprendre un pion de guidage **330** sur chaque côté du casier **20** soit quatre pions de guidage **330**.

Chaque rail **320** présente un passage **323**, comme illustré par la figure 8, dans la partie de guidage **322** afin de laisser passer le pion de guidage **330**. Le passage **323** est positionné sur le rail **320** de sorte que chaque pion de guidage **330** est en face du passage **323** quand le casier **20** est positionné au centre du module **11**. Ceci permet aux pions de guidage **330** qui ne participent pas au guidage du casier **20** selon la direction de déplacement considérée, de ne pas entraver le déplacement selon cette direction en butant sur la partie de guidage **322**.

Unité d'actionnement

L'unité d'actionnement 130 comprend :

- le poteau horizontal 13 formant le châssis 10. Le poteau s'étend selon une direction principale qui peut être la première direction horizontale X, ou bien la deuxième direction horizontale Y, selon l'unité d'actionnement 130 considérée.

- un rail 320 du système de déplacement 100. Le rail 320 est fixé le long du poteau 13. Selon que le poteau est orienté selon la première direction horizontale X, ou bien selon la deuxième direction horizontale Y, le rail 320 est un rail longitudinal 320x ou bien un rail transversal 320y.

- un premier pignon 230 positionné d'un côté du poteau 13 (autrement dit du côté du premier module 111) et un deuxième pignon 230 positionné d'un autre côté du poteau 13 (autrement dit du côté du deuxième module 112 ou du troisième module 113). Selon que le poteau est orienté selon la première direction horizontale X, ou bien selon la deuxième direction horizontale Y, le premier pignon 230 et le deuxième pignon 230 sont configurés pour être entrainés en rotation autour de la première direction X ou selon la deuxième direction Y, par un moteur 250,251 fixé au poteau 13.

- un dispositif de commande c, pour commander en synchrone le moteur 250,251 de chacun du premier pignon 230 et du deuxième pignon 230. Le dispositif de commande est relié à l'unité de commande C centrale pour permettre un déplacement coordonné du casier 20 dans le châssis 10. Le dispositif de commande c de chaque unité d'actionnement 130 est configurée pour commander le moteur 250,251 respectif de chacun du premier pignon 230 et du deuxième pignon 230 en cas de commande reçue de l'unité de commande C. Le dispositif de commande c de chaque unité d'actionnement 130 est configurée pour commander le moteur 250,251 respectif de chacun du premier pignon 230 et du deuxième pignon 230 de façon synchronisée pour qu'un casier passant par l'unité d'actionnement 130 puisse transiter en étant entrainé conjointement par le premier pignon 230 et par le deuxième pignon 230. Le dispositif de commande c permet ainsi d'éviter tout disfonctionnement dans la translation du casier 20 entre deux modules 11 adjacents séparés entre eux par l'unité d'actionnement 130 considérées.

L'agencement d'une pluralité d'unités d'actionnement 130 entre elles et avec des poteaux verticaux 12 permet la formation de la pluralité de modules 11 adjacents configurés pour recevoir un (ou plusieurs) casier 20. Le châssis 10 comprend ainsi, liés entre eux, outre des poteaux verticaux 12 :

- des unités d'actionnement 130 dont la direction principale est orientée selon la première direction X, configurées pour engrainer avec une crémaillère transversale 220 d'un casier 20 et pour guider des rotules 310 supportant le casier 20 selon la première direction X, et

- des unités d'actionnement 130 dont la direction principale est orientée selon la deuxième direction Y, configurées pour engrainer avec une crémaillère longitudinale 210 d'un casier 20 et pour guider des rotules 310 supportant le casier 20 selon la deuxième direction Y.

Les unités d'actionnement 130 peuvent être fabriquées en assemblées entre elles directement lors du montage de la structure modulaire 1 de stockage. Ceci permet de faciliter la conception et le montage de la structure modulaire.

Procédé de déplacement du casier entre deux modules voisins

Le casier **20** peut se déplacer entre le premier module **111** et le deuxième module **112** ou le troisième module **113** sous l'action du système de déplacement **100**. Le procédé détaillé ci-après concerne un déplacement du casier **20** depuis le premier module **111** vers le deuxième module **112**. Mais un déplacement du premier module **111** vers le troisième module **113** est similaire dans le principe.

Le procédé, dont les principales étapes sont schématisées par un organigramme dans la figure 9, est décrit pour un casier **20** selon le mode de réalisation dans lequel le système de déplacement **100** comprend deux crémaillères longitudinales **210** et deux crémaillère transversales **220** ainsi que deux pignons longitudinaux **230** pour chaque crémaillère longitudinale **210** et deux pignons transversaux **240** pour chaque crémaillère transversale **220**. Mais un déplacement d'un casier **20** avec un nombre de crémaillères longitudinales **210** et un nombre de crémaillères transversales **220** différents ainsi qu'avec un nombre de pignons longitudinaux **230** pour chaque crémaillère longitudinale **210** et de pignons transversaux **240** pour chaque crémaillère transversale **220** différents est également similaire dans le principe.

Le casier **20** est initialement positionné au centre du premier module **111**, comme illustré par exemple par la figure 2. Les dents de guidage **214** de chaque crémaillère longitudinale **210** sont chacune positionnées dans l'intervalle **232** entre deux dents **231** d'un des pignons longitudinaux **230** et les dents de guidage **224** de chaque crémaillère transversale **220** sont chacune positionnées dans l'intervalle **242** entre deux dents **241** d'un des pignons transversaux **240**. Le casier **20** peut ainsi éventuellement être déplacé selon la première direction **X** et selon la deuxième direction **Y** par un actionnement des pignons longitudinaux **230** ou des pignons transversaux **240**.

L'unité de commande C commande (étape **E1**) les deuxièmes moteurs **251** du premier module **111** afin que les pignons transversaux **240** se mettent dans une position de guidage des dents de guidage transversales **224** des crémaillères transversales **220**. Dans la position de guidage, comme illustré par la figure 8, les dents de guidage transversales **224** sont chacune tangentes à une des dents **241** d'un des pignons transversaux **240**. Avantageusement, chaque dent de guidage transversal **224** des crémaillères transversales **220** est tangente à une des dents **241** d'un des pignons transversaux **240** du côté du poteaux horizontale selon première direction **X** auquel le pignon transversal **240** considéré est fixé. Ceci permet ainsi de réaliser une glissière sur le casier **20** selon la première direction **X**.

L'unité de commande C commande (étape **E2**) ensuite les premiers moteurs **250** du premier module **111** afin que les pignons longitudinaux **230** engrainent avec les crémaillères longitudinales **210**. Avantageusement, seul le moteur **250** actionnant les pignons longitudinaux **230** du premier module **111** fixés sur le poteau horizontal **13y** selon la deuxième direction **Y** voisin du deuxième module **112** est actionné.

L'unité de commande C peut également commander (étape **E3**) le premier moteur **250** actionnant les pignons longitudinaux **230** du deuxième module **112** fixés sur le poteaux horizontale selon la deuxième direction **Y** voisin du premier module **111** afin de collaborer avec les pignons longitudinaux **230** du premier module **111** qui sont actionnés, au déplacement du casier **20** puis de les remplacer une fois que les crémaillères longitudinales **210** n'engraineront plus avec les pignons longitudinaux **230** du premier module **111**. L'actionnement des pignons longitudinaux **230** du deuxième module **112** est réalisé de manière synchronisée avec l'actionnement des pignons longitudinaux **230** du premier module **111** par le contrôleur PID. Le contrôleur PID est configuré pour maintenir une vitesse constante et minimiser les écarts de position pour permettre au casier **20** de passer du premier module **111** au deuxième module **112** sans blocage.

L'unité de commande C commande (étape **E4**) également les deuxièmes moteurs **251** du deuxième module **112** afin que les pignons transversaux **240** se mettent dans une position configurée pour laisser passer les dents de guidage transversales **224** des crémaillères transversales **220** selon la première direction **X**. Autrement dit, les pignons transversaux **240** du deuxième module **112** sont orientés de sorte que les dents de guidage transversales **224** des crémaillères transversales **220** passent respectivement dans l'intervalle **242** entre deux des dents **241** des pignons transversaux **240** du deuxième module **112.** Ainsi, le déplacement du casier **20** selon la première direction **X** n'est pas empêché ou gêné par les crémaillères transversales **220** et les pignons transversaux **240**, configurés pour le déplacement selon la deuxième direction **Y**. Les pignons transversaux **240** du deuxième module **112** peuvent être actionnés pour se mettre dans la position de guidage lorsque au moins une des rotules **310** du casier **20** traverse une des intersections **324**.

Au cours du déplacement du casier **20** entre le premier module **111** et le deuxième module **112**, les rotules **310** du casier **20** se déplacent dans les rails **320** selon la première direction **X** du premier module **111** puis du deuxième module **112**. Au cours du déplacement, chaque pion de guidage **330** positionné dans les rails **320** selon la première direction **X** coopèrent au guidage du casier **20** selon la première direction **X** en glissant dans les rails **320** selon la première direction **X**.

REVENDICATIONS

1. Système de déplacement (100) d'un casier (20) dans une structure modulaire (1) de stockage comprenant un châssis (10) formant une pluralité de modules (11) adjacents, le système de déplacement (100) comprenant :

- une crémaillère longitudinale (210) positionnée sur le casier (20) et configurée pour déplacer le casier (20) dans la structure modulaire (1) selon une première direction (X) et une crémaillère transversale (220) positionnée sur le casier (20) et configurée pour déplacer le casier (20) dans la structure modulaire (1) selon une deuxième direction (Y) , perpendiculaire à la première direction (X) ; et
- un pignon longitudinal (230) et un pignon transversal (240) positionnés sur le châssis (10) de chaque module (11), le pignon longitudinal (230) étant configuré pour engrainer avec la crémaillère longitudinale (210) et le pignon transversal (240) étant configuré pour engrainer avec la crémaillère transversale (220) ;

caractérisé en ce que la crémaillère longitudinale (210) et la crémaillère transversale (220) comprennent respectivement des dents (211,221) espacées d'un intervalle (212,222) et présentant une largeur (213,223), la largeur (213) des dents (211) de la crémaillère longitudinale (210) étant inférieure ou égale à l'intervalle (222) entre les dents (221) de la crémaillère transversale (220) et la largeur (223) des dents (221) de la crémaillère transversale (220) étant inférieure ou égale à l'intervalle (212) entre les dents (211) de la crémaillère longitudinale (210).

2. Système de déplacement (100) selon la revendication 1, dans lequel le pignon longitudinal (230) comprend des dents (231) successives espacées chacune entre elles d'un intervalle (232) supérieur à l'épaisseur des dents (211) de la crémaillère longitudinale (210) de manière à permettre aux dents (211) de la crémaillère longitudinale (210) de translater à travers l'intervalle (232) du pignon longitudinal (230) quand la crémaillère transversale (220) engraine avec le pignon transversal (240) et le pignon transversal (240) comprend des dents (241) successives espacées chacune entre elles d'un intervalle (242) supérieur à l'épaisseur des dents (221) de la crémaillère transversale (220), de manière à permettre aux dents (221) de la crémaillère transversale (220) de translater à travers l'intervalle (242) du pignon transversal (240) quand la crémaillère longitudinale (210) engraine avec le pignon longitudinal (230).

3. Système de déplacement (100) selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, dans lequel l'intervalle (212) entre les dents (211) de la crémaillère longitudinale (210) est supérieur à la largeur (243) des dents (241) du pignon transversal (240) et l'intervalle (222)

entre les dents (221) de la crémaillère transversale (220) est supérieur à la largeur (233) des dents (231) du pignon longitudinal (230), de manière à permettre au pignon longitudinal (230) de croiser la crémaillère transversale (220) quand il engraine sur la crémaillère longitudinale (210) et au pignon transversal (240) de croiser la crémaillère longitudinale (210) quand il engraine sur la crémaillère transversale (220).

4. Système de déplacement (100) selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel la crémaillère longitudinale (210) et la crémaillère transversale (220) sont positionnées sur le casier (20) transversalement, l'une par rapport à l'autre, et se croisent de manière à équilibrer les charges sur le casier (20).

5. Système de déplacement (100) selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, comprenant deux crémaillères longitudinales (210) distinctes et parallèles, et deux crémaillères transversales (220) distinctes et parallèles, chacune des deux crémaillères longitudinales (210) et des deux crémaillères transversales (220) engrainant respectivement avec deux pignons longitudinaux (230) et deux pignons transversaux (240).

6. Système de déplacement (100) selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, comprenant des rotules (310) pour supporter le casier (20) sur le châssis (10), les rotules (310) permettant un déplacement du casier (20) selon la première direction (X) et selon la deuxième direction (Y).

7. Système de déplacement (100) l'une quelconque des revendications 1 à 6, comprenant des rails longitudinaux (320x) fixés au châssis (10) afin de guider des rotules (310) supportant le casier (20) selon la première direction (X) et des rails transversaux (320y) fixés au châssis (10) afin de guider des rotules (310) supportant le casier (20) selon la deuxième direction (Y), chaque rail longitudinal (320x) présentant une intersection (324) avec chaque rail transversal (320y).

8. Système de déplacement (100) selon la revendication 7, dans lequel chaque pignon longitudinal (230) est positionné sur le châssis (10) le long d'un rail transversal (320y) et chaque pignon transversal (240) est positionné sur le châssis (10) le long d'un rail longitudinal (320x), un unique premier moteur (250) entrainant en rotation chaque pignon longitudinal (230) positionné le long d'un même rail transversale (320y) et un unique deuxième moteur (251) entrainant en rotation chaque pignon transversal (240) positionné le long d'un même rail longitudinal (320x).

9. Système de déplacement (100) selon les revendications 6 et 7, dans lequel chaque rotule (310) comprend une jupe (311) de guidage configurée pour maintenir la rotule (310) dans un des rails longitudinaux (320x) ou dans un des rails transversaux (320y).

10. Système de déplacement (100) selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, dans lequel chacune des crémaillère longitudinale (210) et crémaillère transversale (220) comprend respectivement à ses deux extrémités une dent de guidage (214,224) dont la largeur (217,227) est respectivement plus importante que la largeur (213,223) des dents (211,221) de la crémaillère longitudinale (210) et de la crémaillère transversale (220), la dent de guidage (214) de la crémaillère longitudinale (210) étant configurée pour guider le casier (20) selon la deuxième direction (Y) en glissant dans l'intervalle (232) du pignon longitudinal (230) et la dent de guidage (224) de la crémaillère transversale (220) étant configurée pour guider le casier (20) selon la première direction (X) en glissant dans l'intervalle (242) du pignon transversal (240).

11. Système de déplacement (100) selon les revendications 7 et 10, dans lequel la largeur (217) des dents de guidage (214) de la crémaillère longitudinale (210) est supérieure à une longueur (326) de l'intersection (324) selon la deuxième direction (Y) et la largeur (227) des dents de guidage (224) de la crémaillère transversale (220) est supérieure à une longueur (325) de l'intersection (324) selon la première direction (X), afin de permettre un guidage du casier (20) quand l'une des rotules (310) du casier (20) traverse l'intersection (324).

12. Système de déplacement (100) selon la revendication 7, comprenant des pions de guidage (330) fixés sur le casier (20) et configurés pour translater dans un des rails longitudinaux (320x) ou dans un des rails transversaux (320y), le pion de guidage (330) guidant le casier (20) selon la première direction (X) ou selon la deuxième direction (Y) quand une rotule (310) est à une des intersections (324).

13. Casier (20) configuré pour être déplacé dans une structure modulaire (1) de stockage et comprenant une crémaillère longitudinale (210) configurée pour déplacer le casier (20) dans la structure modulaire (1) selon une première direction (X) et une crémaillère transversale (220) configurée pour déplacer le casier (20) dans la structure modulaire (1) selon une deuxième direction (Y), perpendiculaire à la première direction (X), la crémaillère longitudinale (210) et la crémaillère transversale (220) étant positionnées sur le casier (20), caractérisé en ce que la crémaillère longitudinale (210) et la crémaillère transversale (220) comprennent respectivement des dents (211,221) espacées d'un intervalle (212,222) et présentant une largeur (213,223), la largeur (213) des dents (211) de la crémaillère

longitudinale (210) étant inférieure ou égale à l'intervalle (222) entre les dents (221) de la crémaillère transversale (220) et la largeur (223) des dents (221) de la crémaillère transversale (220) est inférieure ou égale à l'intervalle (212) entre les dents (211) de la crémaillère longitudinale (210).

14. Unité d'actionnement (130) pour un système d'actionnement (100) selon la revendication 1, l'unité d'actionnement (130) comprenant :
- un poteau (13) s'étendant le long d'une direction principale (X,Y),
- un rail (320) fixé le long du poteau (13) et configuré pour guider des rotules (310) supportant un casier (20),
- un premier pignon (230) positionné d'un côté du poteau (13) par rapport à la direction longitudinale (X,Y) et un deuxième pignon (230) positionné d'un autre côté du poteau (13) par rapport à la direction principale (X,Y), chaque pignon étant configuré pour être entrainé en rotation autour de la direction principale (X,Y) par un moteur (250,251) fixé au poteau (13),
- un dispositif de commande (c), pour commander en synchrone le moteur (250,251) respectif de chacun du premier pignon (230) et du deuxième pignon (230).

15. Châssis (10) d'une structure modulaire (1) de stockage, comprenant une pluralité d'unités d'actionnement (130) selon la revendication 14, la pluralité d'unités d'actionnement (130) formant une pluralité de modules (11) adjacents configurés pour recevoir un casier (20), le châssis (10) comprenant :

- des unités d'actionnement (130) dont la direction principale est orientée selon une première direction (X), configurées pour engrainer avec une crémaillère transversale (220) d'un casier (20) et pour guider des rotules (310) supportant le casier (20) selon la première direction (X), et
- des unités d'actionnement (130) dont la direction principale est orientée selon une deuxième direction (Y), configurées pour engrainer avec une crémaillère longitudinale (210) d'un casier (20) et pour guider des rotules (310) supportant le casier (20) selon la deuxième direction (Y).

16. Structure modulaire (1) de stockage comprenant un casier (20) selon la revendication 13 et un châssis (10) selon la revendication 15, le casier (20) étant configuré pour être déplacé dans les modules (11) du châssis (10) sous l'action d'une unité de commande (C).