

⑤④ Système de pliage pour former une ondulation dans une pièce et procédé d'utilisation du dispositif.

②② Date de dépôt : 29.04.19.

③③ Priorité :

⑥⑥ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

☐ Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : GAZTRANSPORT ET TECHNIGAZ
Société Anonyme à conseil d'administration — FR.

④③ Date de mise à la disposition du public
de la demande : 30.10.20 Bulletin 20/44.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du
brevet d'invention : 29.10.21 Bulletin 21/43.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche :

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑦② Inventeur(s) : TOS Gaël, DE FARIA Anthony et
PERROT Olivier.

⑦③ Titulaire(s) : GAZTRANSPORT ET TECHNIGAZ
Société Anonyme à conseil d'administration.

⑦④ Mandataire(s) : LOYER & ABELLO.



Description

Titre de l'invention : Système de pliage pour former une ondulation dans une pièce et procédé d'utilisation du dispositif

Domaine technique

- [0001] L'invention concerne un système de pliage pour former une ondulation dans une pièce, telle qu'une pièce d'angle, notamment destinée à la construction d'une membrane d'étanchéité d'une cuve de stockage d'un fluide, tel qu'un gaz liquéfié.
- [0002] L'invention concerne également un procédé d'utilisation du système de pliage.

Arrière-plan technologique

- [0003] Le document WO201630619 divulgue un système de pliage pour former une ondulation dans une pièce d'angle comportant deux pans inclinés l'un par rapport à l'autre et se rejoignant au niveau d'une ligne de pliage. Le système de pliage comporte un bâti inférieur, un élément central de matrice correspondant à la forme d'une portion centrale de l'ondulation, deux éléments latéraux de matrice aptes à définir une empreinte correspondant à la forme d'une première et d'une seconde portions de l'ondulation; un bâti supérieur mobile verticalement; un poinçon central apte à s'engager à l'intérieur de l'empreinte de l'élément central de matrice lors du mouvement du bâti supérieur vers sa position de pliage; deux ensembles mobiles comportant chacun deux serre-flancs et un poinçon-couteau destiné à la formation de la première ou de la seconde portion de l'ondulation. La portion centrale de l'ondulation incluant la ligne de pliage est déformée par le poinçon central tandis que les poinçons couteaux présentent des formes complexes de manière à réaliser la première et la seconde portion de l'ondulation et à former des zones de prolongement de la première portion et de la deuxième portion, transversalement de part et d'autre de la portion centrale.
- [0004] Ainsi, un tel système de pliage n'est pas totalement satisfaisant, notamment en ce qu'il nécessite l'utilisation de poinçons couteaux présentant des formes complexes qui sont difficiles et coûteux à réaliser. En outre, le système de pliage précité n'est pas modulable et est dédié à la formation d'une pièce d'angle présentant un angle déterminé. Le système de pliage n'est donc pas susceptible d'être facilement adapté pour le pliage d'une ondulation dans des pièces d'angle présentant des angles différents.

Résumé

- [0005] Une idée à la base de l'invention est de proposer un système de pliage permettant de former une ondulation dans une pièce présentant une ligne de pliage préformée qui soit plus simple à fabriquer.
- [0006] Selon un mode de réalisation, l'invention fournit un système de pliage pour former

une ondulation dans une pièce destinée à la construction d'une membrane d'étanchéité pour une cuve de stockage de fluide, ladite pièce présentant une ligne de pliage préformée perpendiculaire à l'ondulation à former, le système de pliage comportant :

- un bâti supérieur et un bâti inférieur mobiles verticalement l'un par rapport à l'autre entre une position de repos et une position de pliage ;
- au moins un poinçon porté par le bâti supérieur et destiné à presser la pièce afin de former l'ondulation, lors d'un mouvement relatif entre le bâti supérieur et le bâti inférieur de la position de repos vers la position de pliage ;
- au moins deux serre-flancs inférieurs portés par le bâti inférieur et deux serre-flancs supérieurs portés par le bâti supérieur et disposés transversalement de part et d'autre du poinçon; chaque serre-flanc supérieur comportant une surface de serrage et chaque serre-flanc inférieur comportant au moins une surface d'appui qui est en regard et parallèle à la surface de serrage de l'un des serre-flancs supérieurs de telle sorte que, dans une position intermédiaire de serrage, les surfaces de serrage des serre-flancs supérieurs serrent la pièce contre les surfaces d'appui des serre-flancs inférieurs, chaque serre-flanc supérieur étant monté mobile sur le bâti supérieur selon une direction orthogonale à la surface de serrage dudit serre-flanc supérieur de manière à ce que ledit serre-flanc supérieur se déplace par rapport au bâti supérieur selon ladite direction orthogonale à la surface de serrage dès lors que, lors du mouvement relatif de la position de repos vers la position de pliage, ledit serre-flanc supérieur atteint la position intermédiaire de serrage ;
- le système de pliage comportant en outre un dispositif de déformation de la ligne de pliage préformée comportant ;
- un doigt central destiné à être disposé en vis-à-vis de l'intersection entre la ligne de pliage préformée et l'ondulation à former ; le doigt central étant porté par le bâti inférieur ; et
- deux couteaux destinés à la déformation de la ligne de pliage préformée, disposés transversalement de part et d'autre du doigt central; les deux couteaux étant montés sur un support de couteaux, le support de couteaux étant cinématiquement lié au bâti supérieur et aux serre-flancs supérieurs par un mécanisme d'articulation qui est configuré pour former un réducteur permettant de réduire le débattement vertical du support de couteaux par rapport au débattement vertical relatif entre le bâti supérieur et le bâti inférieur lorsque, lors du mouvement relatif entre le bâti supérieur et le bâti inférieur de la position de repos vers la position de pliage, les serre-flanc supérieurs sont dans la position intermédiaire de serrage.

[0007] Ainsi, un tel système de pliage est plus simple notamment en ce que grâce à son dispositif de déformation de la ligne de pliage préformée, il n'est pas nécessaire d'utiliser des poinçons de forme complexe pour gérer la déformation de l'ondulation

dans une zone proche de la ligne de pliage préformée. En outre, grâce au mécanisme d'articulation du dispositif de déformation de la ligne de pliage préformée, il n'est pas non plus nécessaire d'utiliser des actionneurs dédiés pour décorrélérer le mouvement vertical des couteaux de celui du bâti supérieur.

- [0008] Selon d'autres modes de réalisation avantageux, un tel système de pliage peut présenter une ou plusieurs des caractéristiques suivantes.
- [0009] Selon un mode de réalisation, le mécanisme d'articulation comporte au moins un premier groupe de quatre biellettes comportant une première biellette supérieure articulée sur le bâti supérieur autour d'un premier axe géométrique, une deuxième biellette supérieure articulée sur le bâti supérieur autour d'un deuxième axe géométrique, une première biellette inférieure articulée sur l'un des serre-flancs supérieurs autour d'un troisième axe géométrique et une deuxième biellette inférieure articulées sur l'autre des serre-flancs supérieurs autour d'un quatrième axe géométrique ; la première biellette supérieure et la première biellette inférieure étant articulées l'une à l'autre autour d'un cinquième axe géométrique ; la deuxième biellette supérieure et la deuxième biellette inférieure étant articulées l'une à l'autre autour d'un sixième axe géométrique ; les premier, deuxième, troisième, quatrième, cinquième et sixième axes géométriques étant parallèles à une direction horizontale, orthogonale à la ligne de pliage préformée ; le support de couteaux étant lié, d'une part, à la première biellette supérieure et/ou à la première biellette inférieure, par l'intermédiaire d'une première liaison coulissante et, d'autre part, à la deuxième biellette supérieure et/ou à la deuxième biellette inférieure par une deuxième liaison coulissante, la première et la deuxième liaisons coulissantes étant agencées pour supporter verticalement le support de couteaux.
- [0010] Ainsi, la première et la deuxième liaison coulissantes autorisent l'articulation du premier groupe de biellettes, lors d'un mouvement relatif entre le bâti supérieur et le bâti inférieur de la position de repos vers la position de pliage alors que les serre-flancs supérieurs sont dans la position intermédiaire de serrage.
- [0011] Selon un mode de réalisation, le système de pliage comporte un deuxième poinçon porté par le bâti supérieur.
- [0012] Selon un mode de réalisation, la première liaison coulissante comporte un premier axe physique qui est lié à la première biellette supérieure et/ou à la première biellette inférieure, le premier axe physique étant monté coulissant dans une première glissière ménagée dans le support de couteaux et la deuxième liaison coulissante comporte un deuxième axe physique qui est liée à la deuxième biellette supérieure et/ou à la deuxième biellette inférieure, le deuxième axe physique étant monté coulissant dans une deuxième glissière ménagée dans le support de couteaux.
- [0013] Selon un mode de réalisation, la première glissière et la deuxième glissière s'étendent

horizontalement.

- [0014] Selon un mode de réalisation, le premier axe physique s'étend selon le cinquième axe géométrique et le deuxième axe physique s'étend selon le sixième axe géométrique.
- [0015] Selon un mode de réalisation, le premier et le deuxième axes géométriques s'étendent dans un premier plan horizontal, le troisième et le quatrième axes géométriques s'étendent dans un deuxième plan horizontal, le cinquième et le sixième axes géométriques s'étendent dans un troisième plan horizontal, positionné verticalement entre le premier plan horizontal et le deuxième plan horizontal.
- [0016] Selon un mode de réalisation, les deux couteaux sont montés coulissants transversalement sur le support de couteaux. Selon un mode de réalisation les deux couteaux sont montés coulissant entre une position écartée et une position rapprochée. Selon un mode de réalisation, les deux couteaux sont rappelés vers leur position écartée par un ou plusieurs organes de rappel.
- [0017] Selon un mode de réalisation, les couteaux présentent une extrémité de forme sphérique.
- [0018] Selon un mode de réalisation, les couteaux sont fixés de manière amovible sur le support de couteaux.
- [0019] Selon un mode de réalisation, le mécanisme d'articulation est fixé de manière amovible au bâti supérieur, au serre-flanc supérieur et au support de couteaux.
- [0020] Selon un mode de réalisation, le doigt central présente une extrémité de forme sphérique.
- [0021] Selon un mode de réalisation, le doigt central est fixé de manière amovible au bâti inférieur.
- [0022] Selon un mode de réalisation, la pièce dans laquelle l'ondulation doit être formée est une pièce d'angle comportant un premier pan et un deuxième pan qui sont inclinés l'un par rapport à l'autre d'un angle α compris entre 1° et 179° ,
 - chacun des deux serre-flancs inférieurs présentant une première et une deuxième surfaces d'appui qui sont inclinées l'une par rapport à l'autre de l'angle α et sont respectivement destinées à recevoir le premier pan et le deuxième pan de la pièce d'angle, lesdits serre-flancs inférieurs étant montés coulissants sur le bâti inférieur selon une direction transversale entre une position rapprochée et une position écartée.
- [0023] Selon un mode de réalisation, chacun des serre-flancs inférieurs comporte une base via laquelle ledit serre-flanc inférieur est monté coulissant sur le bâti inférieur selon la direction transversale, la première et la deuxième surfaces d'appui de chacun des serre-flancs inférieurs étant montées de manière amovible sur ladite base.
- [0024] Selon un mode de réalisation, le poinçon et les deux serre-flancs supérieurs appartenant à un premier ensemble mobile monté sur le bâti supérieur et disposé en vis-à-vis des premières surfaces d'appui des serre-flancs inférieurs, ledit poinçon étant

destiné à la formation d'une portion de l'ondulation dans le premier pan de la pièce d'angle, le premier ensemble mobile comportant en outre un support sur lequel est fixé le poinçon, le système de pliage comportant en outre un deuxième ensemble mobile disposé en vis-à-vis des deuxième surfaces d'appui des serre-flancs inférieurs, le deuxième ensemble mobile comportant un support, un poinçon fixé audit support et destiné à la formation d'une portion de l'ondulation dans le deuxième pan de la pièce d'angle et deux serre-flancs supérieurs disposés transversalement de part et d'autre dudit poinçon,

- chaque serre-flanc supérieur comportant une structure principale et une plaque de serrage qui présente une surface de serrage disposée en regard, parallèlement à l'une des première et deuxième surfaces d'appui des serre-flancs inférieurs ; ladite plaque de serrage étant montée coulissante transversalement sur ledit serre-flanc supérieur, chaque serre-flanc supérieur étant monté mobile sur le support dudit premier ou deuxième ensemble mobile, selon une direction orthogonale à la surface de serrage dudit serre-flanc supérieur ;

le support de chacun des premier et deuxième ensembles mobiles étant monté mobile sur le bâti supérieur selon une direction parallèle à une direction longitudinale du poinçon dudit premier ou deuxième ensemble mobile.

[0025] Selon un mode de réalisation, le mécanisme d'articulation comporte un deuxième groupe de quatre biellettes qui est symétrique au premier groupe de quatre biellettes par rapport à un plan transversal, les premier et deuxième groupes de quatre biellettes étant respectivement montés articulés sur les serre-flancs supérieurs du premier et du deuxième ensembles mobiles.

[0026] Selon un mode de réalisation, chacun des premier et deuxième ensembles mobiles comporte une surface de came adaptée pour coopérer avec un suiveur de came monté sur le bâti inférieur lors du mouvement relatif entre le bâti supérieur et le bâti inférieur de la position de repos vers la position de pliage, la surface de came et le suiveur de came étant configurés de telle sorte que le support dudit premier ou deuxième ensemble mobile coulisse sur le bâti inférieur de manière à assurer un déplacement du support dudit premier ou deuxième ensemble mobile selon une direction orthogonale aux surfaces de serrage des serre-flancs supérieurs dudit premier ou deuxième ensemble mobile lors du mouvement relatif entre le bâti supérieur et le bâti inférieur de la position de repos vers la position de pliage.

[0027] Selon un mode de réalisation, chaque premier ou deuxième ensemble mobile est monté coulissant sur un élément intermédiaire, ledit élément intermédiaire étant fixé de manière amovible à une cale supérieure qui est fixée de manière amovible au bâti supérieur.

[0028] Selon un mode de réalisation, l'invention fournit également une méthode

d'utilisation d'un système de pliage précité, la méthode comprenant :

- positionner la pièce en appui contre les surfaces d'appui des serre-flancs inférieurs ;

et

- déplacer le bâti supérieur et le bâti inférieur l'un par rapport à l'autre de la position de repos vers la position de pliage.

[0029] Certains aspects de l'invention partent de l'idée de proposer un système de pliage simple et ne nécessitant pas d'actionnement spécifique pour le dispositif de déformation de la ligne de pliage préformée. Certains aspects de l'invention partent de l'idée de proposer un système de pliage modulable qui soit susceptible d'être adapté de manière simple à la formation d'une ondulation dans des pièces d'angle présentant différents angles.

Brève description des figures

[0030] L'invention sera mieux comprise, et d'autres buts, détails, caractéristiques et avantages de celle-ci apparaîtront plus clairement au cours de la description suivante de plusieurs modes de réalisation particuliers de l'invention, donnés uniquement à titre illustratif et non limitatif, en référence aux dessins annexés.

[0031] [fig.1] La figure 1 est une vue partielle en coupe d'une cuve étanche et thermiquement isolante de stockage d'un fluide, selon un mode de réalisation, dans une zone d'angle entre deux parois.

[0032] [fig.2] La figure 2 est une vue en perspective d'un système de pliage destiné à la formation d'une ondulation dans une pièce d'angle, dans une position intermédiaire de serrage de la pièce d'angle.

[0033] [fig.3] La figure 3 est une vue latérale du système de pliage de la figure 2 dans une position de repos.

[0034] [fig.4] La figure 4 est une vue écorchée en perspective du système de pliage de la figure 2 dans une position intermédiaire de serrage.

[0035] [fig.5] La figure 5 est une autre vue écorchée en perspective du système de pliage de la figure 2 dans une position intermédiaire de serrage.

[0036] [fig.6] La figure 6 est une vue du système de pliage de la figure 2, en coupe selon le plan P VI.

[0037] [fig.7] La figure 7 est une vue de détail en perspective illustrant les couteaux destinés à la déformation de la ligne de pliage pré-formée de la pièce d'angle.

[0038] [fig.8] La figure 8 est une vue de détail du bâti inférieur illustrant de manière détaillée le doigt central destiné à la déformation de la ligne de pliage pré-formée de la pièce d'angle.

[0039] [fig.9] La figure 9 est une vue de détail du doigt central de la figure 8.

[0040] [fig.10] La figure 10 est une vue de détail de la fixation d'un ensemble mobile au bâti

supérieur.

- [0041] [fig.11] La figure 11 est une vue en perspective d'une pièce d'angle selon un premier mode de réalisation.
- [0042] [fig.12] La figure 12 est une vue schématique du profil de la ligne de pliage entre le premier pan et le deuxième pan de la pièce d'angle de la figure 11.
- [0043] [fig.13] La figure 13 est une vue en perspective d'une pièce d'angle selon un deuxième mode de réalisation.
- [0044] [fig.14] La figure 14 est une vue en perspective d'une pièce d'angle selon un troisième mode de réalisation.
- [0045] [fig.15] La figure 15 est une représentation schématique écorchée d'une cuve de navire méthanier et d'un terminal de chargement/déchargement de cette cuve.

Description des modes de réalisation

- [0046] Le système de pliage 1 ainsi que la méthode d'utilisation associée, qui seront décrits par la suite, sont destinés à la réalisation d'une pièce, telle qu'une pièce d'angle 2, pour la construction d'une membrane d'étanchéité 3 d'une cuve étanche et thermiquement isolante de stockage d'un gaz liquéfié.
- [0047] A titre d'exemple, la figure 1 illustre la structure d'une cuve étanche et thermiquement isolante équipée d'une telle pièce d'angle 2, au niveau d'un angle formé entre deux parois de la cuve. Chaque paroi de la cuve comporte, depuis l'extérieur vers l'intérieur de la cuve, une structure porteuse 4, une barrière d'isolation thermique secondaire 5 comportant des blocs d'isolation retenus contre la structure porteuse 4 et ancrés à celle-ci par des organes de retenue secondaires, une membrane d'étanchéité secondaire 6 reposant contre les blocs d'isolation de la barrière d'isolation thermique secondaire 5, une barrière d'isolation thermique primaire 7 comportant des blocs d'isolation, ancrés à la membrane d'étanchéité secondaire 6 par des organes de retenue primaires, non illustrés, et une membrane d'étanchéité primaire 3 reposant contre les blocs d'isolation de la barrière d'isolation thermique primaire 7 et destinée à être en contact avec le gaz liquéfié contenu dans la cuve.
- [0048] La membrane d'étanchéité primaire 3 comporte une pluralité de plaques métalliques 8 ondulées et soudées les unes aux autres. Chaque plaque métallique 8 comporte une première série d'ondulations 9 parallèles, dites basses, et une deuxième série d'ondulations 10 parallèles, dites hautes. Les ondulations 9 de la première série sont perpendiculaires aux ondulations 10 de la deuxième série. Les ondulations 9, 10 sont ici saillantes vers l'intérieur de la cuve.
- [0049] Dans la zone d'angle ménagée à l'intersection entre les deux parois adjacentes de la cuve, la membrane d'étanchéité primaire 3 comporte une pièce d'angle 2.
- [0050] Une telle pièce d'angle 2 est représentée de manière détaillée sur la figure 11. La

pièce d'angle 2 est obtenue par pliage d'une tôle métallique. Elle est, de préférence, réalisée dans un matériau identique à celui des plaques métalliques 8. La tôle métallique peut notamment être réalisée en acier inoxydable, en aluminium, en Invar[®] : c'est-à-dire un alliage de fer et de nickel dont le coefficient de dilatation est typiquement compris entre $1,2 \cdot 10^{-6}$ et $2 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$, ou dans un alliage de fer à forte teneur en manganèse dont le coefficient de dilatation est de l'ordre de $7 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$. Toutefois, d'autres métaux ou alliages sont également possibles. A titre d'exemple, la tôle métallique présente une épaisseur d'environ 1,2 mm. D'autres épaisseurs sont également envisageables, sachant qu'un épaissement de la tôle métallique entraîne une augmentation de son coût et accroît généralement la rigidité de la pièce d'angle 2.

[0051] Comme représenté sur la figure 11, la pièce d'angle 2 comporte un premier pan 11 et un deuxième pan 12 qui sont inclinés l'un par rapport à l'autre et se rejoignent au niveau d'une ligne de pliage 13 ou arête. L'angle α formé entre le premier pan 11 et le deuxième pan 12 est de 90° , dans le mode de réalisation représenté sur la figure 11. Toutefois, de manière générale, en fonction de la géométrie de la cuve, l'angle α est susceptible de prendre toute valeur comprise entre 1° et 179° et plus particulièrement entre 90° et 179° , bornes incluses. Chacun des premier et deuxième pans 11, 12 présente une forme générale de parallélogramme rectangle et comporte ainsi deux bords latéraux 14, 15 parallèles et un bord d'extrémité 16, opposé à l'autre des premier et deuxième pans 11, 12.

[0052] La pièce d'angle 2 comporte une ondulation 17 lui conférant une flexibilité lui permettant de se déformer sous l'effet des sollicitations thermiques et mécaniques générées par le gaz liquéfié stocké dans la cuve. L'ondulation 17 s'étend perpendiculairement à la ligne de pliage 13, d'un bout à l'autre de la pièce d'angle 2. L'ondulation 17 permet ainsi à la pièce d'angle 2 de se déformer selon une direction transversale, parallèle à la ligne de pliage 13. L'ondulation 17 fait saillie vers l'intérieur de l'angle saillant α formé entre le premier et le deuxième pans 11, 12 de la pièce d'angle 2. Ainsi, l'ondulation 17 fait saillie vers l'intérieur de la cuve lorsque la pièce d'angle 2 est mise en position dans la cuve.

[0053] Comme représenté sur la figure 1, la pièce d'angle 2 est disposée de telle sorte que son ondulation 17 se situe dans le prolongement de l'une des ondulations 9 des plaques métalliques 8 adjacentes, de l'une et l'autre des parois. La pièce d'angle 2 est raccordée aux plaques métalliques 8 adjacentes, par soudage, afin d'assurer une continuité de l'étanchéité au niveau de la zone d'angle.

[0054] En revenant à la figure 11, l'on observe que l'ondulation 17 est divisée en trois portions, à savoir une première portion 18 ménagée dans le premier pan 11 et parallèle à ses bords latéraux 14, 15, une deuxième portion 19 ménagée dans le deuxième pan 12 et parallèle à ses bords latéraux 14, 15 et une portion centrale 20 disposée entre la

première portion 18 et la deuxième portion 19, c'est-à-dire à cheval entre le premier pan 11 et le deuxième pan 12 et incluant par conséquent la ligne de pliage 13 entre le premier pan 11 et le deuxième pan 12.

- [0055] La première portion 18 s'étend depuis le bord d'extrémité 16 du premier pan 11 en direction de la ligne de pliage 13. De même, la deuxième portion 19 s'étend depuis le bord d'extrémité 16 du deuxième pan 12 en direction de la ligne de pliage 13. La première portion 18 et la deuxième portion 19 font saillie vers l'intérieur de l'angle saillant α formé entre le premier et le deuxième pans 11, 12. La première portion 18 et la deuxième portion 19 présentent un profil de forme sensiblement triangulaire ou semi-elliptique.
- [0056] La figure 12 représente le profil de la ligne de pliage 13 entre le premier pan 11 et le deuxième pan 12. Le profil comporte une zone déformée 21 ayant une forme générale de W inversé. La zone déformée 21 est symétrique par rapport à l'intersection entre la ligne de pliage 13 et l'axe des première et deuxième portions 18, 19 de l'ondulation 17. La zone déformée 21 présente deux saillies convexes 22, 23 s'étendant vers l'intérieur de l'angle saillant formé entre le premier pan 11 et le deuxième pan 12 et séparées l'une de l'autre par un renforcement concave 24. De manière avantageuse, le fond du renforcement concave 24 se situe sensiblement dans le même plan que la portion rectiligne de la ligne de pliage 13 en dehors de la zone déformée 21.
- [0057] L'extrémité inférieure du renforcement concave 24 est en forme d'arc, par exemple d'arc de cercle ou d'arc elliptique.
- [0058] Par ailleurs, comme représenté sur la figure 11, le renforcement concave 24 s'étend sur toute la portion centrale 20 de l'ondulation 17. La profondeur ainsi que la largeur du renforcement concave 24 décroissent à partir de la ligne de pliage 13 en direction de l'une et l'autre des première et deuxième portions 18, 19. Le renforcement concave 24 rejoint le sommet des première et deuxième portions 18, 19 et une inversion de concavité se produit à la jonction entre le renforcement concave 24 et chacune des première et deuxième portions 18, 19.
- [0059] Les deux saillies convexes 22, 23 s'étendent également sur toute la portion centrale 20 de l'ondulation 17. La hauteur des deux saillies convexes 22, 23 augmente de la ligne de pliage 13 en direction de l'une et l'autre des première et deuxième portions 18, 19 tandis que leur écartement diminue.
- [0060] Une telle configuration des première et deuxième portions 18, 19 et de la portion centrale 20 est obtenue exclusivement par pliage et présente, par conséquent, une configuration développable en plan. En d'autres termes, la géométrie de la pièce d'angle 2 est telle qu'elle est réalisable par une opération de mise en forme n'entraînant pas de modification de longueur de matière de la tôle métallique, ni non plus de modifications de l'épaisseur de la tôle métallique qui seraient susceptibles de

dégrader localement les propriétés mécaniques de la pièce d'angle 2.

- [0061] Les figures 13 et 14 illustrent des pièces d'angle 2 selon deux autres modes de réalisation. Les pièces d'angle des figures 13 et 14 ne diffèrent de la pièce d'angle 2 décrite ci-dessus en relation avec la figure 11 qu'en ce que l'angle α formé entre le premier et le deuxième pans 11, 12 de la pièce d'angle 2 est respectivement d'environ 105° et 165° .
- [0062] Un système de pliage 1 permettant de mettre en forme la pièce d'angle 2 décrite ci-dessus ainsi que la méthode d'utilisation d'un tel système de pliage 1 seront maintenant décrits en relation avec les figures 2 à 10. Par convention, l'orientation « longitudinale » du système de pliage 1 correspond à la projection, dans un plan horizontal, des axes des première et deuxième portions 18, 19 de l'ondulation 17 à former et l'orientation « transversale » est dirigée transversalement à ladite direction longitudinale.
- [0063] Dans un premier temps, une tôle métallique est préalablement pliée de sorte à former le premier et le deuxième pans 11, 12 inclinés l'un par rapport à l'autre. Par la suite, une ondulation 17 est formée dans la pièce d'angle 2 au moyen du système de pliage 1, tel que décrit ci-dessous.
- [0064] Le système de pliage 1 comporte un bâti inférieur 25 et un bâti supérieur 26 monté mobile verticalement par rapport au bâti inférieur 25. Le bâti supérieur 26 est mobile entre une position de repos et une position de pliage dans laquelle la pièce d'angle 2 est déformée afin de former l'ondulation 17. Le bâti supérieur 26 est ainsi apte à exercer sur la pièce d'angle 2 une pression permettant le pliage de la pièce d'angle 2 et la formation de l'ondulation 17. Le bâti supérieur 26 est illustré dans sa position de repos sur les figures 3 et 6. Le bâti supérieur 26 est également représenté, sur les figures 2, 4 et 5, dans une position intermédiaire de serrage dans laquelle la pièce d'angle 2 à plier est serrée entre des serre-flancs inférieurs 27, 28 et des serre-flancs supérieurs 42, 43, 44, 45 décrits ci-dessous.
- [0065] Le bâti inférieur 25 comporte deux serre-flancs inférieurs 27, 28 qui sont disposés de part et d'autre d'un plan vertical longitudinal médian. Les deux serre-flancs inférieurs 27, 28 présentent chacun une première et une deuxième surfaces d'appui 29, 30 qui sont inclinées l'une par rapport à l'autre d'un angle correspondant à l'angle α formé entre le premier et le deuxième pans 11, 12 de la pièce d'angle 2. Les première et deuxième surfaces d'appui 29, 30 sont inclinées de telle sorte que l'intérieur de la pièce d'angle 2 soit dirigé vers le bas en direction du bâti inférieur 25. En d'autres termes, les première et deuxième surfaces d'appui 29, 30 de chacun des deux serre-flancs inférieurs 27, 28 sont respectivement destinées à recevoir la surface intérieure des premier et deuxième pans 11, 12 de la pièce d'angle 2. Les deux serre-flancs inférieurs 27, 28 sont espacés l'un de l'autre selon la direction transversale de manière à

permettre aux poinçons 31 décrits par la suite de venir se loger entre les deux serre-flancs inférieurs 27, 28 lors du mouvement du bâti supérieur 26 de la position de repos vers la position de pliage.

- [0066] Les deux serre-flancs inférieurs 27, 28 sont chacun montés coulissants, sur le bâti inférieur 25, selon une direction horizontale transversale entre une position écartée, représentée sur la figure 4 et une position rapprochée, non représentée. Pour ce faire, comme représenté par exemple sur la figure 5, chaque serre-flanc inférieur 27, 28 comporte deux chariots 32 qui sont chacun montés coulissants sur un rail de guidage 33 associé porté par le bâti inférieur 25. Des organes de rappel, tels que des ressorts ou des vérins à gaz, non représentés, assurent un rappel des deux serre-flancs inférieurs 27, 28 vers leur position écartée.
- [0067] Le bâti inférieur 25 comporte des éléments de butée permettant de limiter la course des serre-flancs inférieurs 27, 28 par rapport au bâti inférieur 25 et permettant ainsi de définir la position écartée desdits serre-flancs inférieurs 27, 28 par rapport au bâti inférieur 25. Comme illustré par exemple sur la figure 6, chaque élément de butée comporte une aile 34 qui est fixée sur le bâti inférieur 25, le long d'un des bords du bâti inférieur 25, et qui comporte un alésage fileté dans lequel est positionnée une vis filetée 35 qui s'étend transversalement. L'extrémité de la vis filetée 35 constitue une surface de butée contre laquelle vient en contact une surface de butée complémentaire de l'un des serre-flancs inférieurs 27, 28 lorsque ceux-ci sont dans leur position écartée.
- [0068] De manière avantageuse, comme représenté sur la figure 2 par exemple, chaque serre-flanc inférieur 27, 28 comporte une base 36 via laquelle ledit serre-flanc inférieur 27, 28 est monté coulissant sur le bâti inférieur 25 et deux cales 37, 38 qui forment respectivement la première surface d'appui 29 et la deuxième surface d'appui 30 dudit serre-flanc inférieur 27, 28 et qui sont montés de façon amovible sur la base 36. Les cales 37, 38 sont ici montées sur la base 36 par l'intermédiaire d'une cornière 39. Chacune des cales 37, 38 est fixée à la cornière 39, par exemple par l'intermédiaire de vis de fixation, et ladite cornière 39 est fixée à la base 36, par exemple par l'intermédiaire de vis de fixation. La forme de la cornière 39 est ajustée en fonction de l'angle α ménagé entre le premier et le deuxième pans 11, 12 de la pièce d'angle 2. Dès lors, les cornières 39 et les cales 37, 38 des serre-flancs inférieurs 27, 28 sont facilement substituables par d'autres cornières 39 et cales 37, 38 adaptés au pliage de pièces d'angle 2 présentant des angles α différents.
- [0069] Par ailleurs, le système de pliage 1 comporte deux ensembles mobiles 40, 41, visibles par exemple sur la figure 2, qui sont montés mobiles sur le bâti supérieur 26.
- [0070] Un premier ensemble mobile 40 est disposé en regard des premières surfaces d'appui 29 des serre-flancs inférieurs 27, 28 et un deuxième ensemble mobile 41 est disposé en

regard des deuxièmes surfaces d'appui 30 des serre-flancs inférieurs 27, 28. Le premier ensemble mobile 40 comporte deux serre-flancs supérieurs 42, 43 qui sont disposés parallèlement et en regard de l'une et l'autre des premières surfaces d'appui 29 des serre-flancs inférieurs 27, 28 et sont ainsi destinés à serrer le premier pan 11 de la pièce d'angle 2 contre les premières surface d'appui 29 des serre-flancs inférieurs 27, 28 lorsque les serre-flancs supérieurs 42, 43 sont dans la position intermédiaire de serrage. De manière similaire, le deuxième ensemble mobile 41 comporte deux serre-flancs supérieurs 44, 45 qui sont disposés parallèlement et en regard de l'une et l'autre des deuxièmes surfaces d'appui 30 des serre-flancs inférieurs 27, 28 de manière à serrer le deuxième pan 12 de la pièce d'angle 2 contre les deuxièmes surfaces d'appui 30 des serre-flancs inférieurs 27, 28 lorsque les serre-flancs supérieurs 44, 45 sont dans la position intermédiaire de serrage.

[0071] Plus particulièrement, les serre-flancs supérieurs 42, 43, 44, 45 comportent chacun une structure principale 46 et une plaque de serrage 47 qui présente une surface de serrage destinée à venir en contact contre la pièce d'angle 2. Chaque plaque de serrage 47 est montée coulissante sur la structure principale 48 respective, parallèlement à la direction transversale. Ainsi, les plaques de serrages 47 de chacun des premier et deuxième ensembles mobiles 40, 41 sont mobiles entre une position rapprochée et une position écartée. Pour ce faire, comme représenté sur la figure 6, les plaques de serrage 47 comportent des rainures transversales 49 dans lesquelles coulisent des pions de guidage 50 fixés à la structure principale 48. Des organes de rappel, tels que des ressorts, non représentés, assurent un rappel des plaques de serrage 47 vers leur position écartée.

[0072] Ainsi, les serre-flancs inférieurs 27, 28 et les plaques de serrage 47 des serre-flancs supérieurs 42, 43, 44, 45 étant mobiles transversalement, lorsque le serre-flancs supérieurs 42, 43, 44, 45 sont en position intermédiaire de serrage et que les poinçons 31 déforment la pièce d'angle 2 afin de former l'ondulation 17, les serre-flancs inférieurs 27, 28 et les plaques de serrage 47 se déplacent vers leur position rapprochée sous l'effet des efforts de traction exercés par la pièce d'angle 2 lors de son pliage. Ceci permet ainsi d'éviter des modifications de l'épaisseur de la pièce d'angle 2 lors de son pliage.

[0073] Chacun des premier et deuxième ensembles mobiles 40, 41 comporte un support 51 qui est équipé d'un poinçon 31, illustré sur la figure 5, disposé transversalement entre les deux serre-flancs supérieurs 42, 43, 44, 45 dudit premier ou deuxième ensemble mobile 40, 41. Les poinçons 31 des premier et deuxième ensembles mobiles 40, 41 sont destinés à former respectivement la première portion 18 et la deuxième portion 19 de l'ondulation 17. Chaque poinçon 31 comporte une section en forme de V correspondant à la section sensiblement triangulaire ou semi-elliptique de la première

portion 18 et de la deuxième portion 19 de l'ondulation 17 à former. La section en forme de V du poinçon 31 du premier ensemble mobile 40 s'allonge selon une direction parallèle à la première surface d'appui 29 des serre-flancs inférieurs 27, 28 alors que la section en forme de V du poinçon, non représenté, du deuxième ensemble mobile 41 s'allonge selon une direction parallèle à la deuxième surface d'appui 30 des serre-flancs inférieurs 27, 28.

- [0074] Chaque serre-flanc supérieur 42, 43, 44, 45 est monté mobile sur le support 51 de l'ensemble mobile 40, 41 respectif, selon une direction orthogonale à la surface de serrage des plaques de serrage 47. Comme représenté par exemple sur la figure 2, le déplacement des serre-flancs supérieurs 42, 43, 44, 45 par rapport au support 51 est assuré au moyen d'un dispositif de guidage comportant, pour chaque serre-flanc supérieur 42, 43, 44, 45, deux tubes guides 52 fixés audit serre-flanc supérieur 42, 43, 44, 45 et orientés orthogonalement à la surface de serrage dudit serre-flanc supérieur 42, 43, 44, 45. Les tubes guides 52 coulisent à l'intérieur d'alésages ménagés dans le support 51. Par ailleurs, une pluralité d'organes élastiques 53, tels que des ressorts de compression ou des vérins à gaz par exemple, comportent une première extrémité en appui contre le serre-flanc supérieur 42, 43, 44, 45 et une seconde extrémité en appui contre le support 51. Les organes élastiques 53 exercent ainsi un effort élastique tendant à écarter le serre-flanc supérieur 42, 43, 44, 45 et le support 51 l'un de l'autre selon la direction orthogonale à la surface de serrage dudit serre-flanc supérieur 42, 43, 44, 45. Dans le mode de réalisation représenté, la première extrémité de chaque organe élastique 53 est logée à l'intérieur d'un trou borgne ménagé dans le serre-flanc supérieur 42, 43, 44, 45 et la deuxième extrémité est logée à l'intérieur d'un trou borgne ménagé dans le support 51.
- [0075] Le support 51 de chacun des premier et deuxième ensembles mobiles 40, 41 est monté coulissant par rapport au bâti supérieur 26 selon une direction parallèle à la direction longitudinale du poinçon 31 dudit premier ou deuxième ensemble mobile 40, 41. Pour ce faire, dans le mode de réalisation représenté, le support 51 de chacun des ensembles mobiles comporte des rails de guidage 54 qui sont chacun montés coulissants à l'intérieur d'un chariot 55 fixé au bâti supérieur 26. Dans un autre mode de réalisation alternatif, le support 51 de chacun des premier et deuxième ensembles mobiles 40, 41 comporte deux chariots qui sont chacun montés coulissants sur un rail de guidage porté par le bâti supérieur 26.
- [0076] Dans le mode de réalisation avantageux représenté, le support 51 de chacun des premier et deuxième ensembles mobiles 40, 41 est monté coulissant sur un élément intermédiaire 56. En d'autres termes, dans le mode de réalisation représenté, les chariots 55 de chaque premier ou deuxième ensemble mobile 40, 41 sont fixés à l'un des éléments intermédiaires 56. Chacun des éléments intermédiaires 56 est fixé sur le bâti

supérieur 26 au moyen d'une cale supérieure 57 amovible, représentée de manière détaillée sur la figure 10. La cale supérieure 57 est, d'une part, fixée sur le bâti supérieur 26 par des organes de fixation et, d'autre part, fixée à l'un des éléments intermédiaires 56 par des organes de fixation. Ainsi, en substituant la cale supérieure 57 par une autre cale supérieure présentant un autre angle, l'inclinaison des poinçons 31 et des surfaces de serrage des serre-flancs supérieurs 42, 43, 44, 45 peut être facilement adaptée au pliage de pièces d'angle 2 présentant des angles α différents.

[0077] En outre, chacun des premier et deuxième ensembles mobiles 40, 41 comporte une surface de came 58, représentée sur la figure 5, adaptée pour coopérer avec un suiveur de came 59 monté sur le bâti inférieur 25, lorsque le bâti supérieur 26 se déplace de sa position de repos vers sa position de pliage. Le suiveur de came 59 est ici un galet monté fou autour d'un axe horizontal, s'étendant selon une direction transversale. Par ailleurs, dans le mode de réalisation représenté sur la figure 5, la surface de came 58 est ménagée à l'extrémité du poinçon 31. La surface de came 58 est une surface orthogonale à la surface de serrage des serre-flancs supérieurs 42, 43, 44, 45 dudit premier ou deuxième ensemble mobile 40, 41. Ainsi, grâce au montage coulissant dudit premier ou deuxième ensemble mobile 40, 41 sur le bâti supérieur 26 et à la coopération entre la surface de came 58 et le suiveur de came 59, le support 51 et par conséquent le poinçon 31 de chaque premier ou deuxième ensemble mobile 40, 41 se déplacent selon une direction orthogonale aux surfaces de serrage des serre-flancs supérieurs 42, 43, 44, 45 dudit ensemble mobile 40, 41, c'est-à-dire selon une direction orthogonale au pan 11, 12 de la pièce d'angle 2 en regard, alors que le bâti supérieur 26 se déplace verticalement de sa position de repos vers sa position de pliage.

[0078] Par ailleurs, le système de pliage 1 comporte en outre un dispositif de déformation de la ligne de pliage entre le premier pan 11 et le deuxième pan 12 de la pièce d'angle 2.

[0079] Le dispositif de déformation de la ligne de pliage comporte un doigt central 60 et deux couteaux 61, 62, notamment illustrés sur la figure 4. Les deux couteaux 61, 62 sont disposés transversalement de part et d'autre du doigt central 60. Le dispositif de déformation de la ligne de pliage vise à déformer une zone de la ligne de pliage 13 afin de lui donner la forme générale de W, décrite précédemment en relation avec la figure 12. Comme représenté par exemple sur la figure 6, le doigt central 60 est fixé sur le bâti inférieur 25 et fait saillie vers le haut en direction du bâti supérieur 26. Le doigt central 60 est positionné de manière à être disposé en regard de l'intersection entre la ligne de pliage 13 et les axes des première et deuxième portions 18, 19 de l'ondulation 17. Comme représenté par exemple sur la figure 4, le doigt central 60 affleure la ligne de pliage 13 de la pièce d'angle 2 lorsque la pièce d'angle 2 repose sur les serre-flancs inférieurs 27, 28. Les couteaux 61, 62 sont disposés dans le même plan transversal que le doigt central 60, de part et d'autre de celui-ci. Les couteaux 61, 62 sont portés par le

bâti supérieur 26.

- [0080] Les deux couteaux 61, 62 sont destinés à déformer la ligne de pliage 13 afin de former les deux saillies convexes 22, 23 de la zone déformée 21 en forme de W tandis que le doigt central 60 vise à former le renfonceement concave 24.
- [0081] Comme illustré sur la figure 7, les deux couteaux 61, 62 sont montés coulissant, sur un support de couteaux 63 et la distance entre ces couteaux 61, 62 est ajustable selon les besoins, en les rapprochant ou au contraire en les éloignant. Plus particulièrement, les deux couteaux 61, 62 sont montés coulissant selon une direction horizontale transversale, entre une position écartée, représentée sur la figure 7, et une position rapprochée, non représentée. Pour ce faire, comme représenté sur la figure 7, chaque couteau 61, 62 est fixé sur un chariot qui est monté sur un rail de guidage fixé au support de couteaux 63. Un organe de rappel 64, ici un ressort hélicoïdal, assure un rappel des deux couteaux 61, 62 vers leur position écartée. En outre, le support de couteaux 63 comporte des éléments de butée 65, 66 permettant de limiter la course transversale des couteaux 61, 62 et permettant ainsi de définir la position écartée desdits couteaux 61, 62. Pour ce faire, comme représenté sur la figure 7, les éléments de butée 65, 66 comportent chacun une aile 67 qui est fixée au support de couteaux 63. Une vis filetée 68 s'étendant transversalement est montée dans un alésage ménagé dans chacune des ailes 67. L'une des extrémités de chacune des vis filetées constitue une surface de butée contre laquelle vient en contact un chariot sur lequel est fixé l'un des couteaux 61, 62 lorsque celui-ci est dans sa position écartée.
- [0082] Par ailleurs, le support de couteaux 63 est cinématiquement lié au bâti supérieur 26 et aux serre-flancs supérieurs 42, 43, 44, 45 par un mécanisme d'articulation, par exemple illustré sur les figures 2 et 6. Le mécanisme d'articulation comporte au moins un premier groupe de quatre biellettes, à savoir une première et une deuxième biellettes supérieures 68, 69 et une première et une deuxième biellettes inférieures 70, 71. Toutefois, de manière avantageuse, comme illustré par exemple sur la figure 2, le mécanisme d'articulation comporte un premier et un deuxième groupes de quatre biellettes identiques l'un à l'autre, c'est-à-dire que chacune des quatre biellettes de l'un des groupes est parallèle et présente des axes géométriques d'articulation identiques à l'une des quatre biellettes de l'autre groupe. Les deux groupes de quatre biellettes sont respectivement disposés de part et d'autre du plan médian transversal et permettent ainsi d'assurer une symétrie des efforts.
- [0083] Les deux groupes de quatre biellettes étant identiques, seul un des deux groupes est décrit ci-dessous. En revenant à la figure 6, l'on observe que la première et la deuxième biellettes supérieures 68, 69 sont respectivement articulées sur le bâti supérieur 26 selon un premier axe géométrique A et un deuxième axe géométrique B. La première et la deuxième biellettes inférieures 70, 71 sont respectivement articulées

sur l'un et l'autre des deux serre-flancs supérieurs 42, 43 d'un même ensemble mobile, ici le premier ensemble mobile 40, selon un troisième axe géométrique C et un quatrième axe géométrique D. La première biellette supérieure 68 et la première biellette inférieure 70 sont articulées l'une à l'autre autour d'un cinquième axe géométrique E tandis que la deuxième biellette supérieure 69 et la deuxième biellette inférieure 71 sont articulées l'une à l'autre autour d'un sixième axe géométrique F.

[0084] Les six axes d'articulations géométriques A, B, C, D, E et F sont horizontaux et parallèles à la direction longitudinale. Les axes A et B s'étendant dans un premier plan horizontal, les axes C et D s'étendent dans un deuxième plan horizontal tandis que les axes E et F s'étendent dans un troisième plan horizontal disposé verticalement entre le premier et le deuxième plan horizontal.

[0085] Le support de couteaux 63 est lié à la première biellette supérieure 68 et/ou à la première biellette inférieure 70 par l'intermédiaire d'une première liaison coulissante. Dans le mode de réalisation représenté, la première liaison coulissante est formée par un axe physique 72 formant le cinquième axe E de pivotement de la première biellette supérieure 68 par rapport à la première biellette inférieure 70 et par une glissière 73 ménagée dans le support de couteaux 63. L'axe physique 72 coulisse horizontalement dans la glissière 73. La glissière 73 s'étend selon une direction transversale horizontale. Le support de couteaux 63 est lié à la deuxième biellette inférieure 69 et/ou à la deuxième biellette inférieure 71 par l'intermédiaire d'une deuxième liaison coulissante. La deuxième liaison coulissante est formée par un axe physique 74 formant le sixième axe F de pivotement de la deuxième biellette supérieure 69 par rapport à la deuxième biellette inférieure 71 et par une glissière 75 ménagée dans le support de couteaux 63 et dans laquelle coulisse horizontalement l'axe physique 74. La glissière 75 s'étend selon une direction transversale horizontale.

[0086] Les six axes géométriques A, B, F, D, C, E définissent un hexagone déformable articulé qui est configuré de sorte que, lors du mouvement du bâti supérieur 26 de sa position de repos vers sa position de pliage, dès que les serre-flancs supérieurs 42, 43, 44, 45 atteignent leur position intermédiaire de serrage dans laquelle ils serrent la pièce d'angle 2 contre les serre-flancs inférieurs 27, 28, l'hexagone formé par les six axes géométriques A, B, F, D, C, E se déforme et plus particulièrement s'aplatit. Ainsi, dès lors que les serre-flancs supérieurs 42, 43, 44, 45 sont dans leur position intermédiaire de serrage, le débattement vertical du support de couteaux 63 et par conséquent des couteaux 61, 62 devient inférieur au mouvement vertical du bâti supérieur 26. En d'autres termes, le mécanisme d'articulation est configuré pour former un réducteur permettant de réduire le débattement vertical des couteaux 61, 62 par rapport à celui du bâti supérieur 25.

[0087] Par ailleurs, selon un mode de réalisation avantageux, le mouvement vertical du

support de couteaux 63 par rapport au bâti supérieur 26 est guidé par un dispositif de guidage. Dans le mode de réalisation représenté, le dispositif de guidage comporte deux tubes guides 76, notamment représentés sur la figure 6, qui sont fixés au support de couteaux 63. Les tubes guides 76 s'étendent verticalement et coulissent à l'intérieur d'alésages 77 ménagés dans le bâti supérieur 26.

- [0088] De manière avantageuse, le mécanisme d'articulation, c'est-à-dire le premier et le deuxième groupe de quatre biellettes sont montées de manière amovible. Ainsi, il est possible de modifier la cinématique du support de couteaux 63 par rapport au bâti supérieur 26 en fonction de la géométrie de la pièce d'angle 2 que l'on souhaite plier.
- [0089] De même, comme illustré les figures 7 et 9, les couteaux 61, 62 et le doigt central 60 sont également fixés de manière amovible sur le système de pliage. Par ailleurs, on observe que les extrémités des couteaux 61, 62 et du doigt central 60 présentent une forme sphérique.
- [0090] La méthode d'utilisation du système de pliage 1 sera maintenant décrite de manière détaillée.
- [0091] Dans un premier temps, une tôle métallique est préalablement cintrée afin de former une pièce d'angle 2 comportant un premier pan 11 et un deuxième pan 12 qui sont inclinés l'un par rapport à l'autre.
- [0092] Par la suite, la pièce d'angle 2 ainsi réalisée est positionnée contre les première et deuxième surfaces d'appui 29, 30 des serre-flancs inférieurs 27, 28. L'angle saillant α de la pièce d'angle 2 est dirigé vers le bâti inférieur 25 de sorte que les surfaces intérieures des premier et deuxième pans 11, 12 reposent contre les premières et deuxièmes surfaces d'appui 29, 30 des serre-flancs inférieurs 27, 28.
- [0093] Lorsque la pièce d'angle 2 a été correctement positionnée, le bâti supérieur 26 est déplacé, vers le bas, de sa position de repos vers de sa position de pliage. Lors du mouvement du bâti supérieur 26 vers sa position de pliage, les serre-flancs supérieurs 42, 43, 44, 45 parviennent dans une position intermédiaire de serrage dans laquelle le premier pan 11 et le deuxième pan 12 de la pièce d'angle 2 sont serrées entre les plaques de serrage 47 des serre-flancs supérieurs 42, 43, 44, 45 et les serre-flancs inférieurs 27, 28.
- [0094] Lorsque les serre-flancs supérieurs 42, 43, 44, 45 atteignent leur position intermédiaire de serrage, la surface de came 58 de chacun des premier et deuxième ensembles mobiles 40, 41 coopère avec le suiveur de came 59 respectif, solidaire du bâti inférieur 25 de manière que, lorsque le bâti supérieur 26 poursuit sa course vers sa position de pliage, le premier et le deuxième ensembles mobiles 40, 41 se rapprochent l'un de l'autre et que chaque poinçon 31 se déplace orthogonalement au premier ou au deuxième pan 11, 12 de la pièce d'angle 2. Les poinçons 31 déforment ainsi le premier et le deuxième pans 11, 12 de la pièce d'angle 2 de manière à former la première

portion 18 et la deuxième portion 19 de l'ondulation 17.

- [0095] La pièce d'angle 2 étant serrée entre les surfaces d'appui des serre-flancs inférieurs 27, 28 et la surface de serrage des plaques de serrage, ladite pièce d'angle 2, en se déformant sous l'effet des poinçons 31 exerce des efforts de traction sur les serre-flancs inférieurs 27, 28 et les plaques de serrage 47, ce qui provoque leur déplacement vers leur position rapprochée. Dès lors, les serre-flancs inférieurs 27, 28 et les plaques de serrage 47 sont déplacés vers leur position rapprochée de manière synchronisée avec le déplacement des poinçons 31. Ceci permet d'assurer qu'il n'y ait pas ou peu de modification de l'épaisseur de la pièce d'angle 2 lors de son pliage.
- [0096] Par ailleurs, simultanément à la déformation des première et deuxième pans 11, 12 de la pièce d'angle 2 par les poinçons 31, le dispositif de déformation de la ligne de pliage déforme la ligne de pliage 13. Les deux couteaux déforment la ligne de pliage 13 vers le bâti inférieur 25 de part et d'autre du doigt central 60 alors que celui-ci exerce un effort de réaction en direction du bâti supérieur 26, ce qui permet de ménager dans la ligne de pliage 13 une zone déformée ayant la forme générale de W, décrite ci-dessus. La pièce d'angle 2 en se déformant exerce également sur les couteaux 61, 62 des efforts transversaux, ce qui provoque leur déplacement.
- [0097] En référence à la figure 15, une vue écorchée d'un navire méthanier 170 montre une cuve étanche et isolée 171 de forme générale prismatique montée dans la double coque 172 du navire. La paroi de la cuve 171 comporte une barrière étanche primaire destinée à être en contact avec le GNL contenu dans la cuve, une barrière étanche secondaire agencée entre la barrière étanche primaire et la double coque 172 du navire, et deux barrières isolante agencées respectivement entre la barrière étanche primaire et la barrière étanche secondaire et entre la barrière étanche secondaire et la double coque 172.
- [0098] De manière connue en soi, des canalisations de chargement/déchargement 173 disposées sur le pont supérieur du navire peuvent être raccordées, au moyen de connecteurs appropriés, à un terminal maritime ou portuaire pour transférer une cargaison de GNL depuis ou vers la cuve 171.
- [0099] La figure 15 représente un exemple de terminal maritime comportant un poste de chargement et de déchargement 175, une conduite sous-marine 176 et une installation à terre 177. Le poste de chargement et de déchargement 175 est une installation fixe off-shore comportant un bras mobile 174 et une tour 178 qui supporte le bras mobile 174. Le bras mobile 174 porte un faisceau de tuyaux flexibles isolés 179 pouvant se connecter aux canalisations de chargement/déchargement 173. Le bras mobile 174 orientable s'adapte à tous les gabarits de méthaniers. Une conduite de liaison non représentée s'étend à l'intérieur de la tour 178. Le poste de chargement et de déchargement 175 permet le chargement et le déchargement du méthanier 170 depuis ou

vers l'installation à terre 177. Celle-ci comporte des cuves de stockage de gaz liquéfié 180 et des conduites de liaison 181 reliées par la conduite sous-marine 176 au poste de chargement ou de déchargement 175. La conduite sous-marine 176 permet le transfert du gaz liquéfié entre le poste de chargement ou de déchargement 175 et l'installation à terre 177 sur une grande distance, par exemple 5 km, ce qui permet de garder le navire méthanier 170 à grande distance de la côte pendant les opérations de chargement et de déchargement.

- [0100] Pour engendrer la pression nécessaire au transfert du gaz liquéfié, on met en œuvre des pompes embarquées dans le navire 170 et/ou des pompes équipant l'installation à terre 177 et/ou des pompes équipant le poste de chargement et de déchargement 175.
- [0101] De manière alternative, la pièce d'angle décrite ci-dessus peut également être utilisée pour la fabrication d'une cuve ne comportant qu'une seule membrane d'étanchéité. Une telle cuve est généralement utilisée pour le transport de gaz liquide dont la température d'ébullition à pression atmosphérique est supérieure à -55°C.
- [0102] Bien que l'invention ait été décrite en liaison avec plusieurs modes de réalisation particuliers, il est bien évident qu'elle n'y est nullement limitée et qu'elle comprend tous les équivalents techniques des moyens décrits ainsi que leurs combinaisons si celles-ci entrent dans le cadre de l'invention.
- [0103] L'usage du verbe « comporter », « comprendre » ou « inclure » et de ses formes conjuguées n'exclut pas la présence d'autres éléments ou d'autres étapes que ceux énoncés dans une revendication.
- [0104] Dans les revendications, tout signe de référence entre parenthèses ne saurait être interprété comme une limitation de la revendication.

Revendications

[Revendication 1]

Système de pliage (1) pour former une ondulation (17) dans une pièce (2) destinée à la construction d'une membrane d'étanchéité (3) pour une cuve de stockage de fluide, ladite pièce (2) présentant une ligne de pliage préformée (13) perpendiculaire à l'ondulation (17) à former, le système de pliage (1) comportant :

- un bâti supérieur (26) et un bâti inférieur (25), mobiles verticalement l'un par rapport à l'autre entre une position de repos et une position de pliage ;

- au moins un poinçon (31) porté par le bâti supérieur (26) et destiné à presser la pièce afin de former l'ondulation (17), lors d'un mouvement relatif entre le bâti supérieur (26) et le bâti inférieur (25) de la position de repos vers la position de pliage ;

- au moins deux serre-flancs inférieurs (27, 28) portés par le bâti inférieur (25) et deux serre-flancs supérieurs (42, 43, 44, 45) portés par le bâti supérieur (26) et disposés transversalement de part et d'autre du poinçon (31); chaque serre-flanc supérieur (42, 43, 44, 45) comportant une surface de serrage et chaque serre-flanc inférieur (27, 28) comportant au moins une surface d'appui (29, 30) qui est en regard et parallèle à la surface de serrage de l'un des serre-flancs supérieurs (42, 43, 44, 45) de telle sorte que, dans une position intermédiaire de serrage, les surfaces de serrage des serre-flancs supérieurs (42, 43, 44, 45) serrent la pièce (2) contre les surfaces d'appui (29, 30) des serre-flancs inférieurs (27, 28), chaque serre-flanc supérieur (42, 43, 44, 45) étant monté mobile sur le bâti supérieur (26) selon une direction orthogonale à la surface de serrage dudit serre-flanc supérieur (42, 43, 44, 45) de manière à ce que ledit serre-flanc supérieur (42, 43, 44, 45) se déplace par rapport au bâti supérieur (26) selon ladite direction orthogonale à la surface de serrage dès lors que, lors du mouvement relatif de la position de repos vers la position de pliage, ledit serre-flanc supérieur (42, 43, 44, 45) atteint la position intermédiaire de serrage ;

- le système de pliage (1) comportant en outre un dispositif de déformation de la ligne de pliage préformée (13) comportant ;

- un doigt central (60) destiné à être disposé en vis-à-vis de l'intersection entre la ligne de pliage préformée (13) et l'ondulation (17) à former ; le doigt central (60) étant porté par le bâti inférieur (25) ; et

- deux couteaux (61, 62) destinés à la déformation de la ligne de pliage

préformée, disposés transversalement de part et d'autre du doigt central (60); les deux couteaux (61, 62) étant montés sur un support de couteaux (63), le support de couteaux (63) étant cinématiquement lié au bâti supérieur (26) et aux serre-flancs supérieurs (42, 43, 44, 45) par un mécanisme d'articulation qui est configuré pour former un réducteur permettant de réduire le débattement vertical du support de couteaux (63) par rapport au débattement vertical relatif entre le bâti supérieur (26) et le bâti inférieur (25) lorsque, lors du mouvement relatif entre le bâti supérieur (26) et le bâti inférieur (25) de la position de repos vers la position de pliage, les serre-flanc supérieurs (42, 43, 44, 45) sont dans la position intermédiaire de serrage.

[Revendication 2]

Système de pliage (1) selon la revendication 2, dans lequel le mécanisme d'articulation comporte au moins un premier groupe de quatre biellettes comportant une première biellette supérieure (68) articulée sur le bâti supérieur (26) autour d'un premier axe géométrique (A), une deuxième biellette supérieure (69) articulée sur le bâti supérieur (26) autour d'un deuxième axe géométrique (B), une première biellette inférieure (70) articulée sur l'un des serre-flancs supérieurs (42, 43, 44, 45) autour d'un troisième axe géométrique (C) et une deuxième biellette inférieure (71) articulées sur l'autre des serre-flancs supérieurs (42, 43, 44, 45) autour d'un quatrième axe géométrique (D); la première biellette supérieure (68) et la première biellette inférieure (70) étant articulées l'une à l'autre autour d'un cinquième axe géométrique (E) ; la deuxième biellette supérieure (69) et la deuxième biellette inférieure (71) étant articulées l'une à l'autre autour d'un sixième axe géométrique (F) ; les premier, deuxième, troisième, quatrième, cinquième et sixième axes géométriques (A, B, C, D, E, F) étant parallèles à une direction horizontale, orthogonale à la ligne de pliage préformée (13) ; le support de couteaux (63) étant lié, d'une part, à la première biellette supérieure (68) et/ou à la première biellette inférieure (70), par l'intermédiaire d'une première liaison coulissante et, d'autre part, à la deuxième biellette supérieure (69) et/ou à la deuxième biellette inférieure (71) par une deuxième liaison coulissante, la première et la deuxième liaisons coulissantes étant agencées pour supporter verticalement le support de couteaux (63).

[Revendication 3]

Système de pliage (1) selon la revendication 2, dans laquelle la première liaison coulissante comporte un premier axe physique (72) qui est lié à la première biellette supérieure (68) et/ou à la première biellette in-

férieure (70), le premier axe physique (72) étant monté coulissant dans une première glissière (73) ménagée dans le support de couteaux (63) et la deuxième liaison coulissante comporte un deuxième axe physique (74) qui est liée à la deuxième biellette supérieure (69) et/ou à la deuxième biellette inférieure (71), le deuxième axe physique (74) étant monté coulissant dans une deuxième glissière (75) ménagée dans le support de couteaux(63).

- [Revendication 4] Système de pliage (1) selon la revendication 3, dans lequel le premier axe physique (72) s'étend selon le cinquième axe géométrique (E) et le deuxième axe physique (74) s'étend selon le sixième axe géométrique (F).
- [Revendication 5] Système de pliage (1) selon l'une quelconque des revendications 2 à 4, dans lequel le premier et le deuxième axes géométriques (A, B) s'étendent dans un premier plan horizontal, le troisième et le quatrième axes géométriques (C, D) s'étendent dans un deuxième plan horizontal, le cinquième et le sixième axes géométrique (E, F) s'étendent dans un troisième plan horizontal, positionné verticalement entre le premier plan horizontal et le deuxième plan horizontal.
- [Revendication 6] Système de pliage (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans laquelle les deux couteaux (61, 62) sont montés coulissants transversalement sur le support de couteaux (63).
- [Revendication 7] Système de pliage (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel les couteaux (61, 62) présentent une extrémité de forme sphérique.
- [Revendication 8] Système de pliage (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, dans lequel le doigt central (60) présente une extrémité de forme sphérique.
- [Revendication 9] Système de pliage (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, dans lequel la pièce dans laquelle l'ondulation (17) doit être formée est une pièce d'angle (2) comportant un premier pan (11) et un deuxième pan (12) qui sont inclinés l'un par rapport à l'autre d'un angle α compris entre 1° et 179° ,
 - chacun des deux serre-flancs inférieurs (27, 28) présentant une première et une deuxième surfaces d'appui (29, 30) qui sont inclinées l'une par rapport à l'autre de l'angle α et sont respectivement destinées à recevoir le premier pan (11) et le deuxième pan (12) de la pièce d'angle (2), lesdits serre-flancs inférieurs (27, 28) étant montés coulissants sur le bâti inférieur (25) selon une direction transversale entre

une position rapprochée et une position écartée.

[Revendication 10] Système de pliage (1) selon la revendication 9, dans lequel chacun des serre-flancs inférieurs (27, 28) comporte une base (36) via laquelle ledit serre-flanc inférieur (27, 28) est monté coulissant sur le bâti inférieur (25) selon la direction transversale, la première et la deuxième surfaces d'appui (29, 30) de chacun des serre-flancs inférieurs (27, 28) étant montées de manière amovible sur ladite base (36).

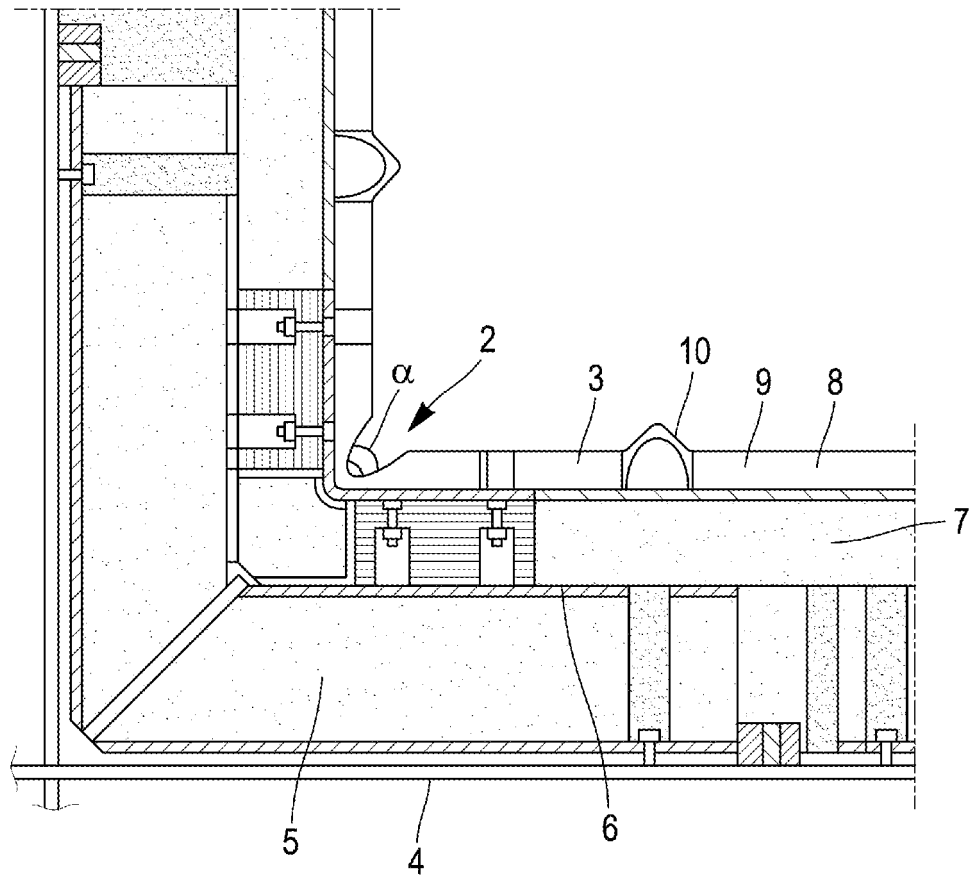
[Revendication 11] Système de pliage (1) selon la revendication 9 ou 10, le poinçon (31) et les deux serre-flancs supérieurs (42, 43) appartenant à un premier ensemble mobile (40) monté sur le bâti supérieur (26) et disposé en vis-à-vis des premières surfaces d'appui (29) des serre-flancs inférieurs (27, 28), ledit poinçon (31) étant destiné à la formation d'une portion de l'ondulation (17) dans le premier pan (11) de la pièce d'angle (2), le premier ensemble mobile (40) comportant en outre un support (51) sur lequel est fixé le poinçon (31), le système de pliage (1) comportant en outre un deuxième ensemble mobile (41) disposé en vis-à-vis des deuxièmes surfaces d'appui (30) des serre-flancs inférieurs (27, 28), le deuxième ensemble mobile (41) comportant un support (51), un poinçon (31) fixé audit support (51) et destiné à la formation d'une portion de l'ondulation (17) dans le deuxième pan (12) de la pièce d'angle (2) et deux serre-flancs supérieurs (44, 45) disposés transversalement de part et d'autre dudit poinçon (31),
 - chaque serre-flanc supérieur (42, 43, 44, 45) comportant une structure principale (46) et une plaque de serrage (47) qui présente une surface de serrage disposée en regard, parallèlement à l'une des première et deuxième surfaces d'appui (29, 30) des serre-flancs inférieurs (27, 28) ; ladite plaque de serrage (47) étant montée coulissante transversalement sur ledit serre-flanc supérieur (42, 43, 44, 45), chaque serre-flanc supérieur (42, 43, 44, 45) étant monté mobile sur le support (51) dudit premier ou deuxième ensemble mobile (40, 41), selon une direction orthogonale à la surface de serrage dudit serre-flanc supérieur (42, 43, 44, 45);
 le support (51) de chacun des premier et deuxième ensembles mobiles (40, 41) étant monté mobile sur le bâti supérieur (26) selon une direction parallèle à une direction longitudinale du poinçon (31) dudit premier ou deuxième ensemble mobile (40, 41).

[Revendication 12] Système de pliage (1) selon les revendications 2 et 11, dans lequel le mécanisme d'articulation comporte un deuxième groupe de quatre

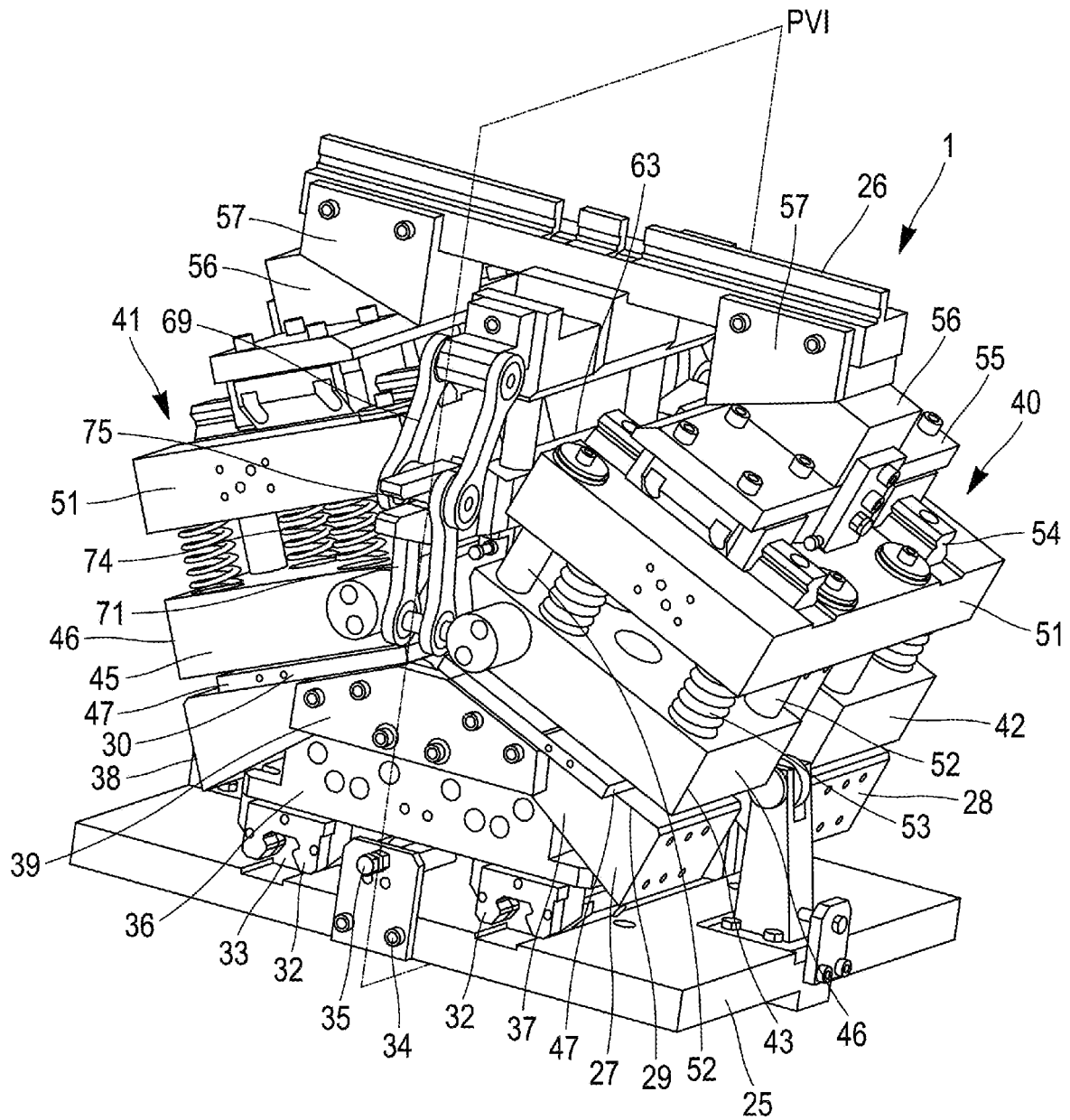
biellettes qui est symétrique au premier groupe de quatre biellettes par rapport à un plan transversal, les premier et deuxième groupes de quatre biellettes étant respectivement montés articulés sur les serre-flancs supérieurs (42, 43, 44, 45) du premier et du deuxième ensembles mobiles (40, 41).

- [Revendication 13] Système de pliage (1) selon la revendication 11 ou 12, dans lequel chacun des premier et deuxième ensembles mobiles (40, 41) comporte une surface de came (58) adaptée pour coopérer avec un suiveur de came (59) monté sur le bâti inférieur (25) lors du mouvement relatif entre le bâti supérieur (26) et le bâti inférieur (25) de la position de repos vers la position de pliage, la surface de came (58) et le suiveur de came (59) étant configurés de telle sorte que le support (51) dudit premier ou deuxième ensemble mobile (40, 41) coulisse sur le bâti inférieur (25) de manière à assurer un déplacement du support (51) dudit premier ou deuxième ensemble mobile (40, 41) selon une direction orthogonale aux surfaces de serrage des serre-flancs supérieurs (42, 43, 44, 45) dudit premier ou deuxième ensemble mobile (40, 41) lors du mouvement relatif entre le bâti supérieur (26) et le bâti inférieur (25) de la position de repos vers la position de pliage.
- [Revendication 14] Système de pliage (1) selon l'une quelconque des revendications 11 à 12, dans lequel chaque premier ou deuxième ensemble mobile (40, 41) est monté coulissant sur un élément intermédiaire (56), ledit élément intermédiaire (56) étant fixé de manière amovible à une cale supérieure (57) qui est fixée de manière amovible au bâti supérieur (26).
- [Revendication 15] Méthode d'utilisation d'un système de pliage (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 14, la méthode comprenant :
- positionner la pièce (2) en appui contre les surfaces d'appui (29, 30) des serre-flancs inférieurs (27, 28) ; et
 - déplacer le bâti supérieur (26) et le bâti inférieur (25) l'un par rapport à l'autre de la position de repos vers la position de pliage.

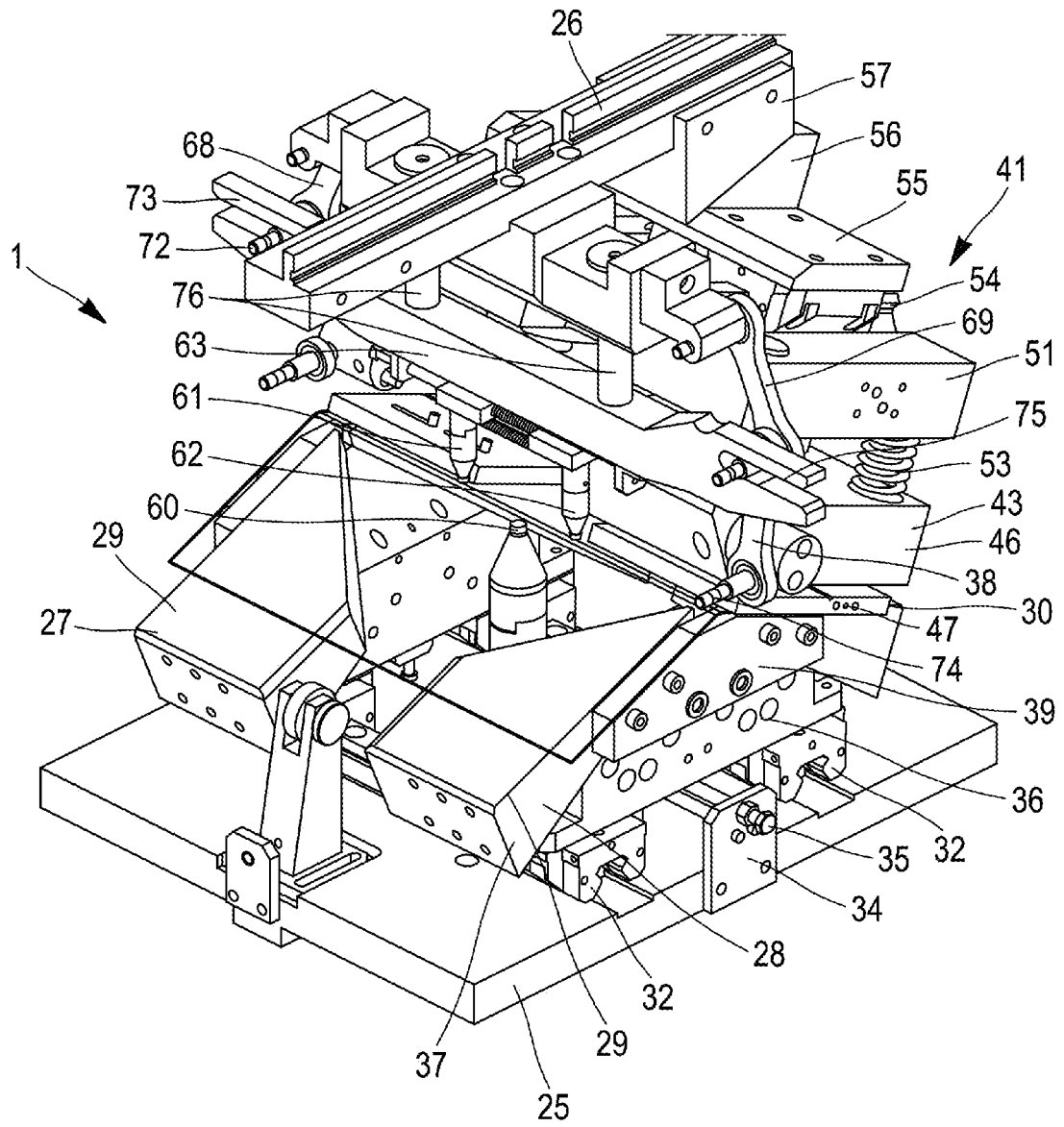
[Fig. 1]



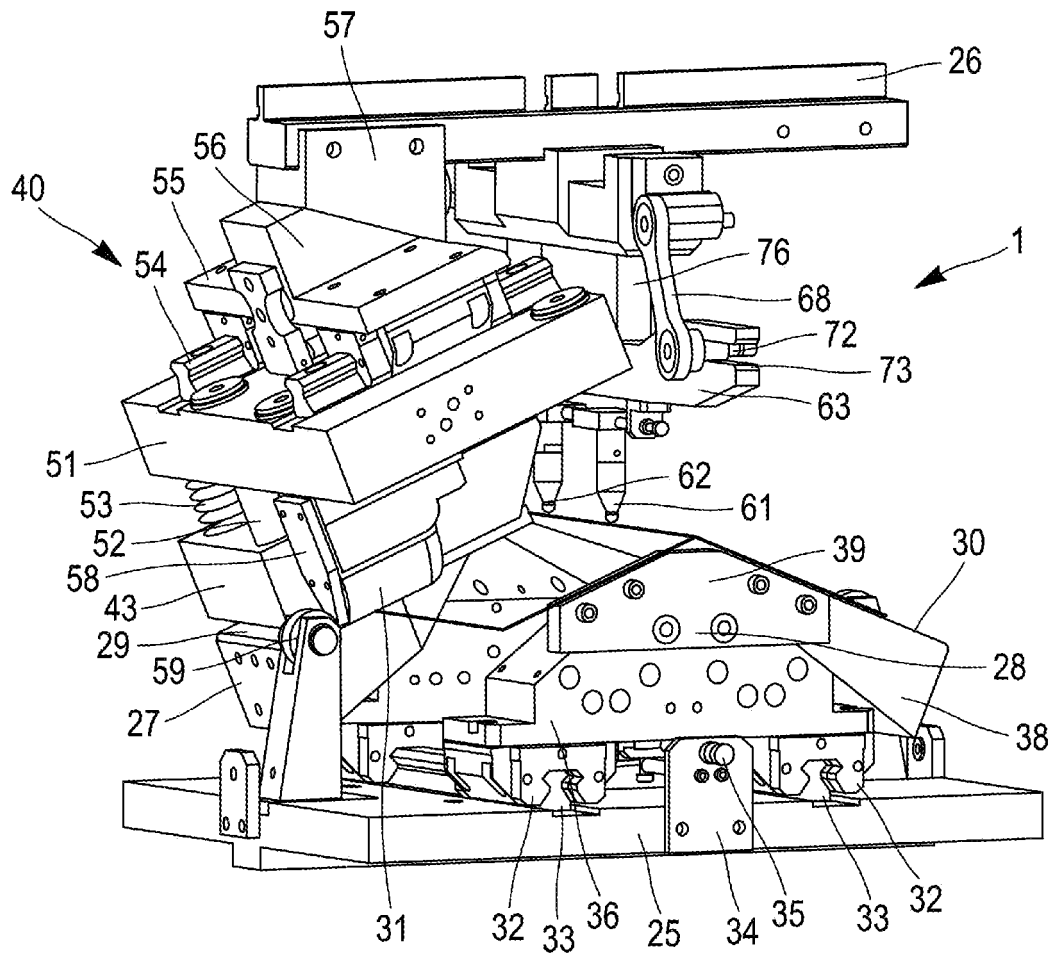
[Fig. 2]



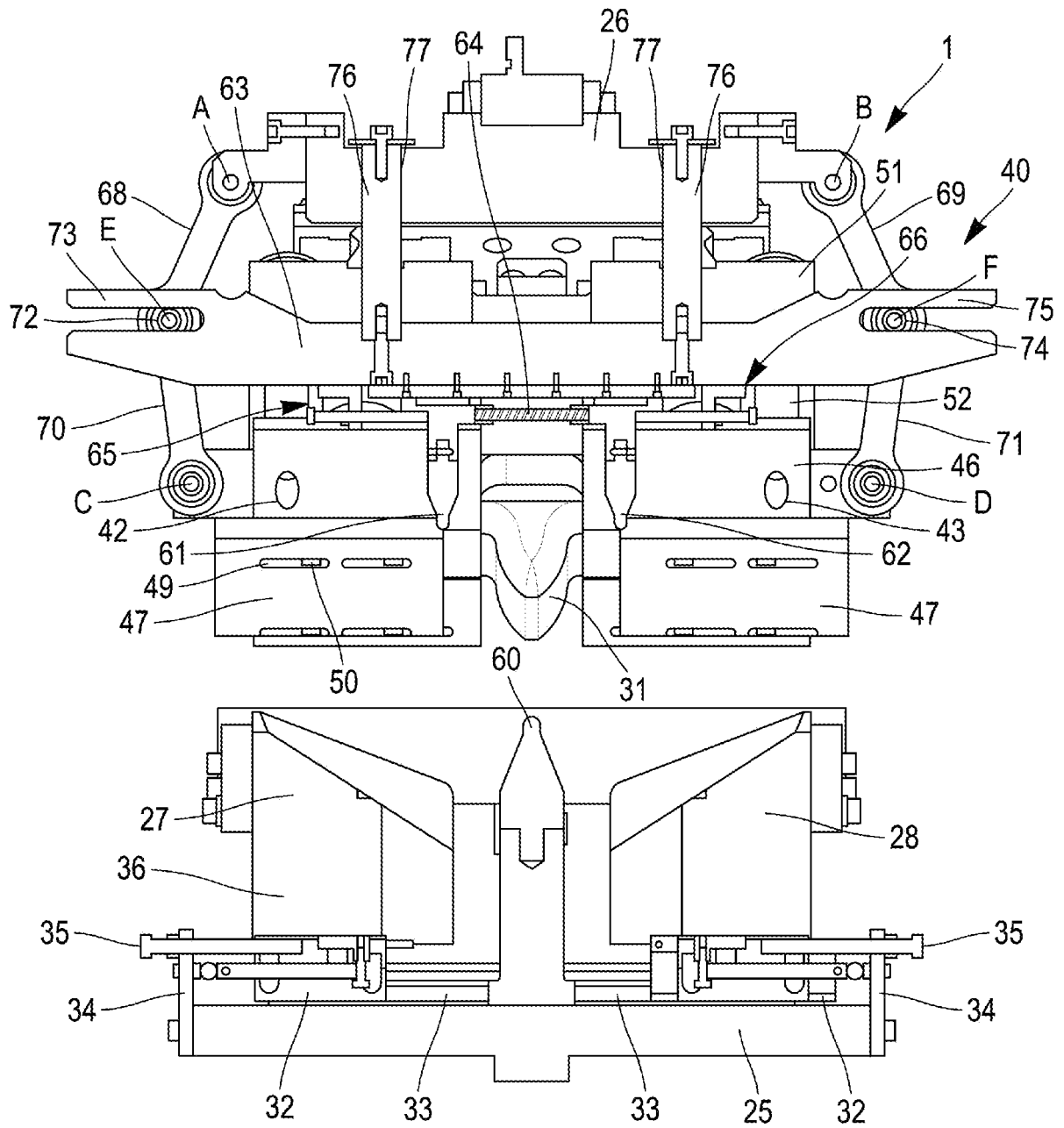
[Fig. 4]



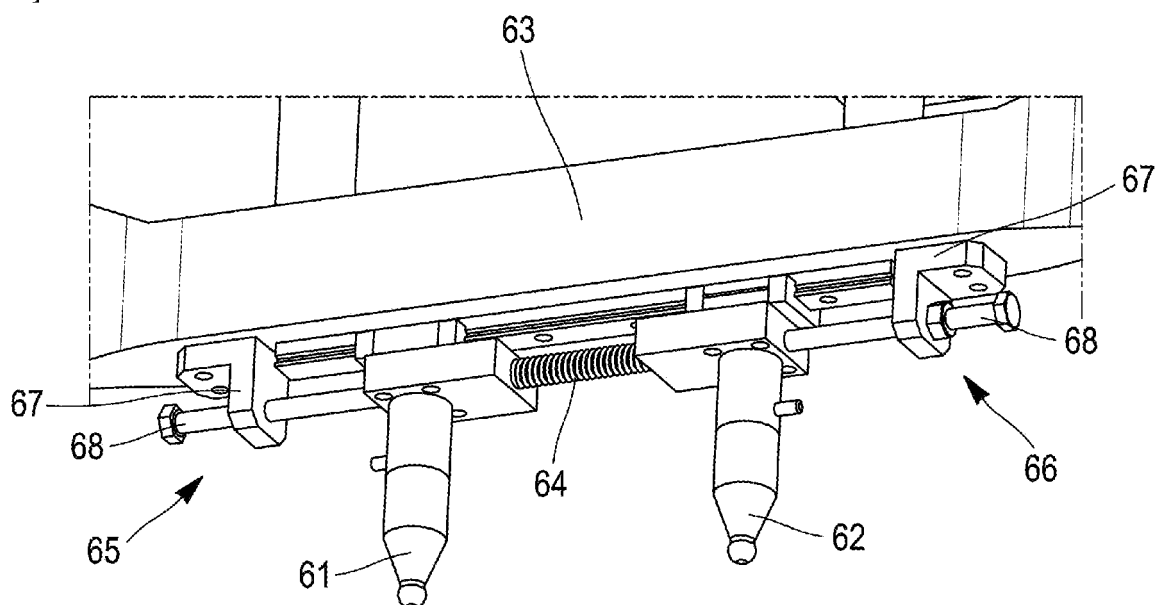
[Fig. 5]



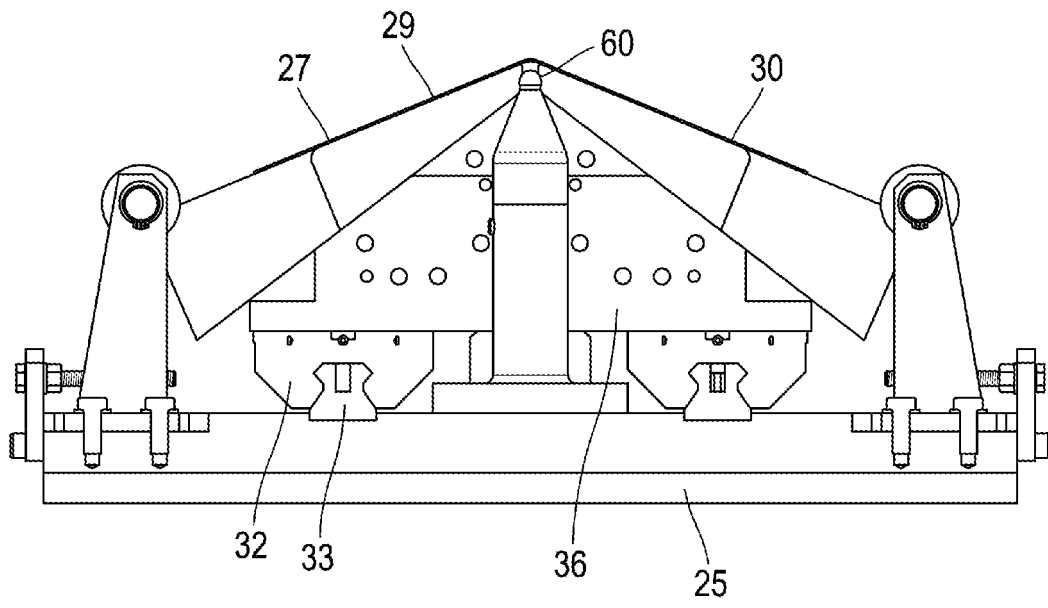
[Fig. 6]



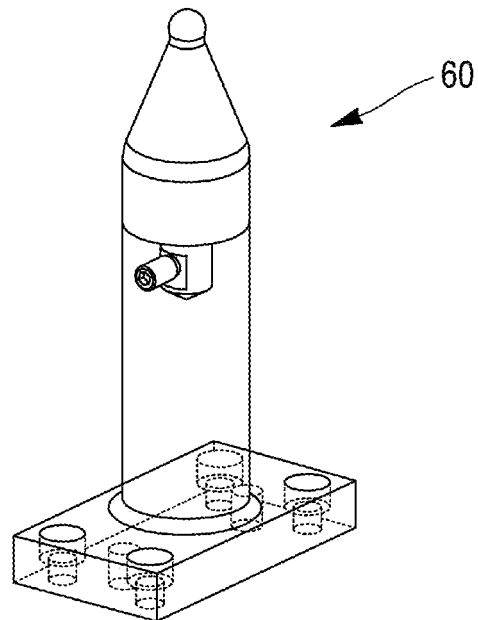
[Fig. 7]



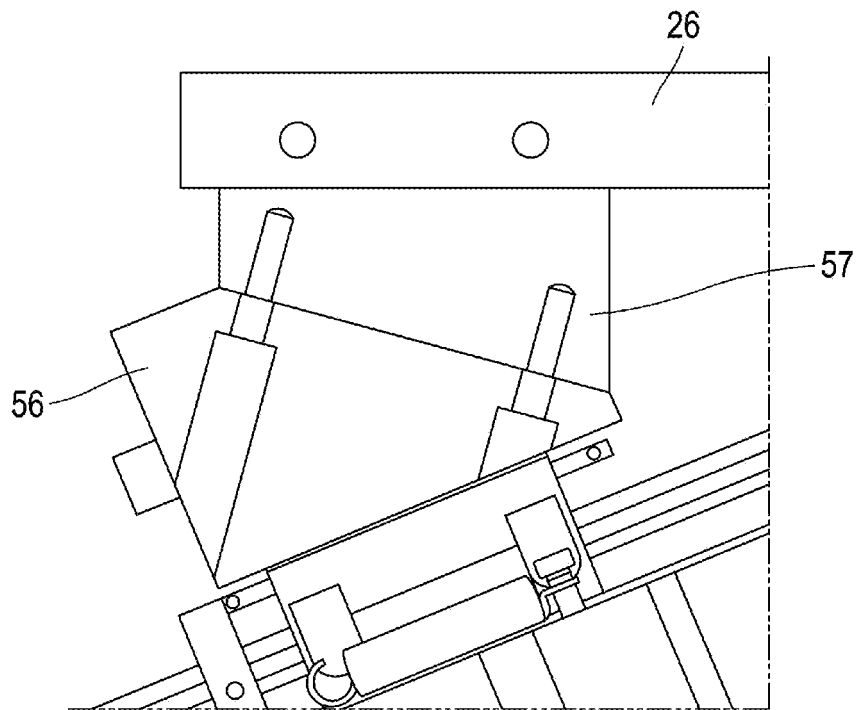
[Fig. 8]



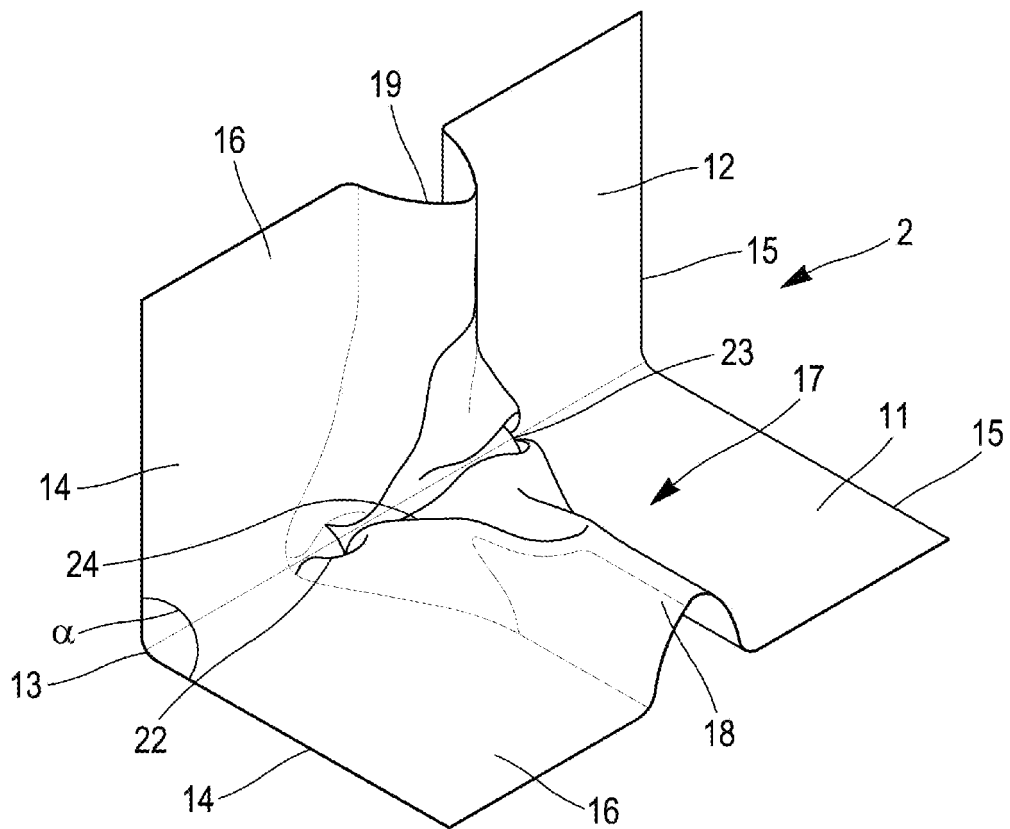
[Fig. 9]



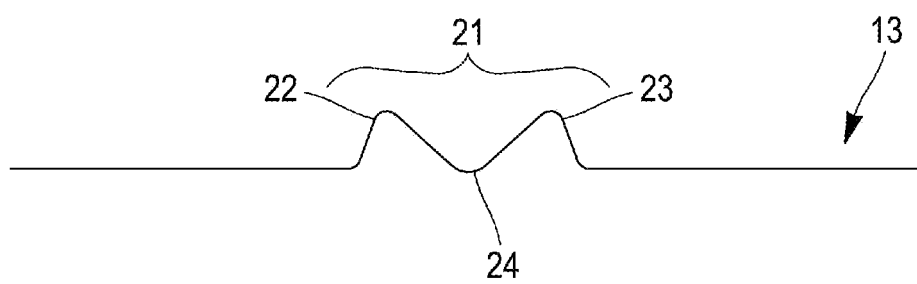
[Fig. 10]



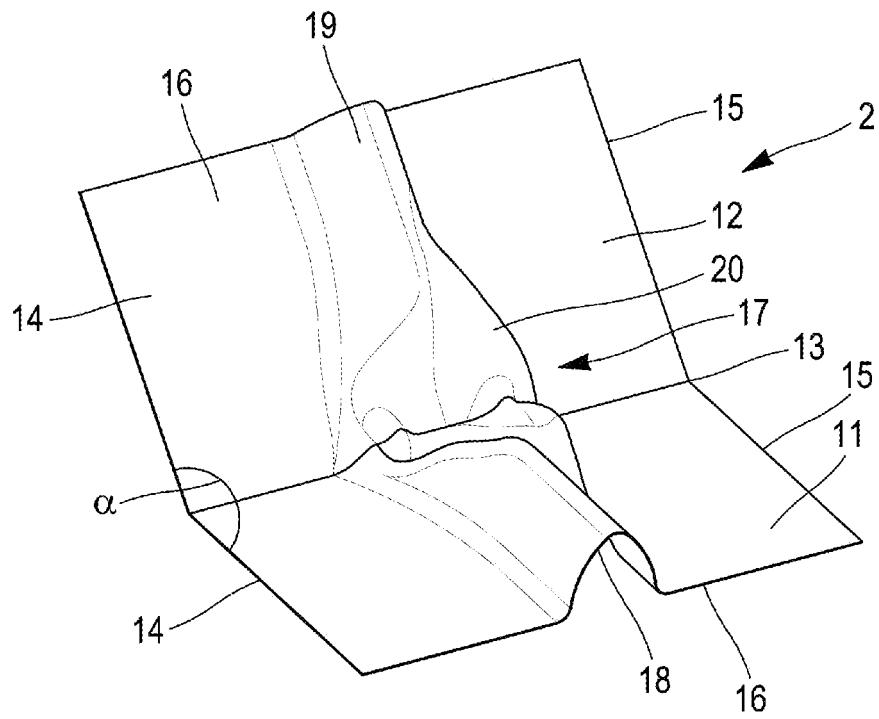
[Fig. 11]



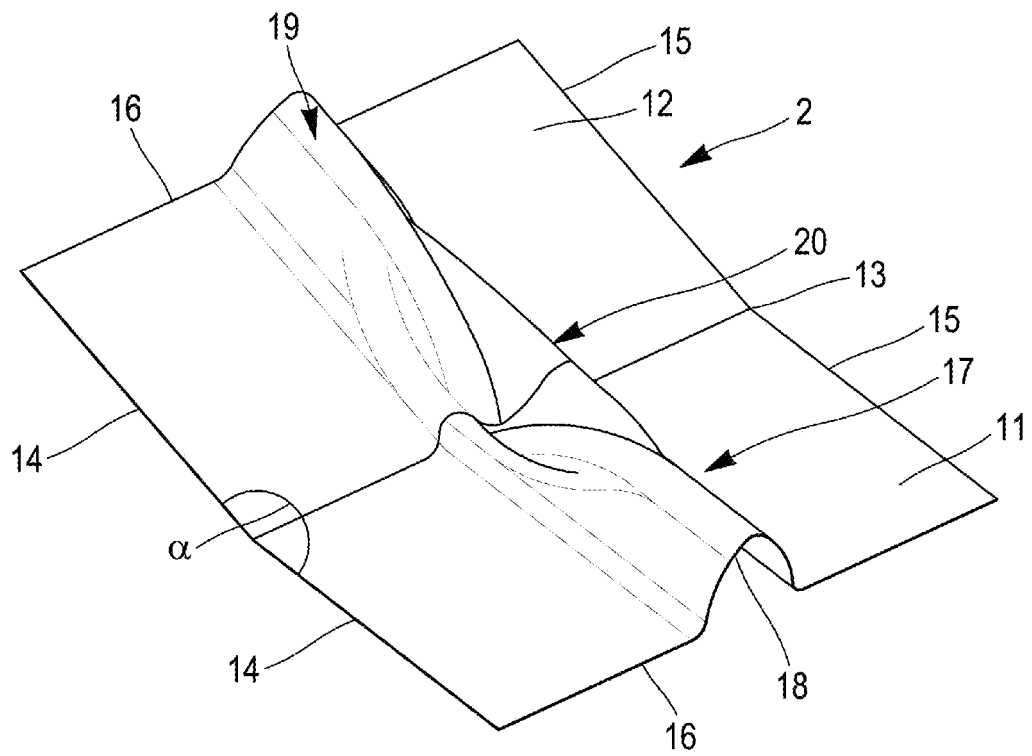
[Fig. 12]



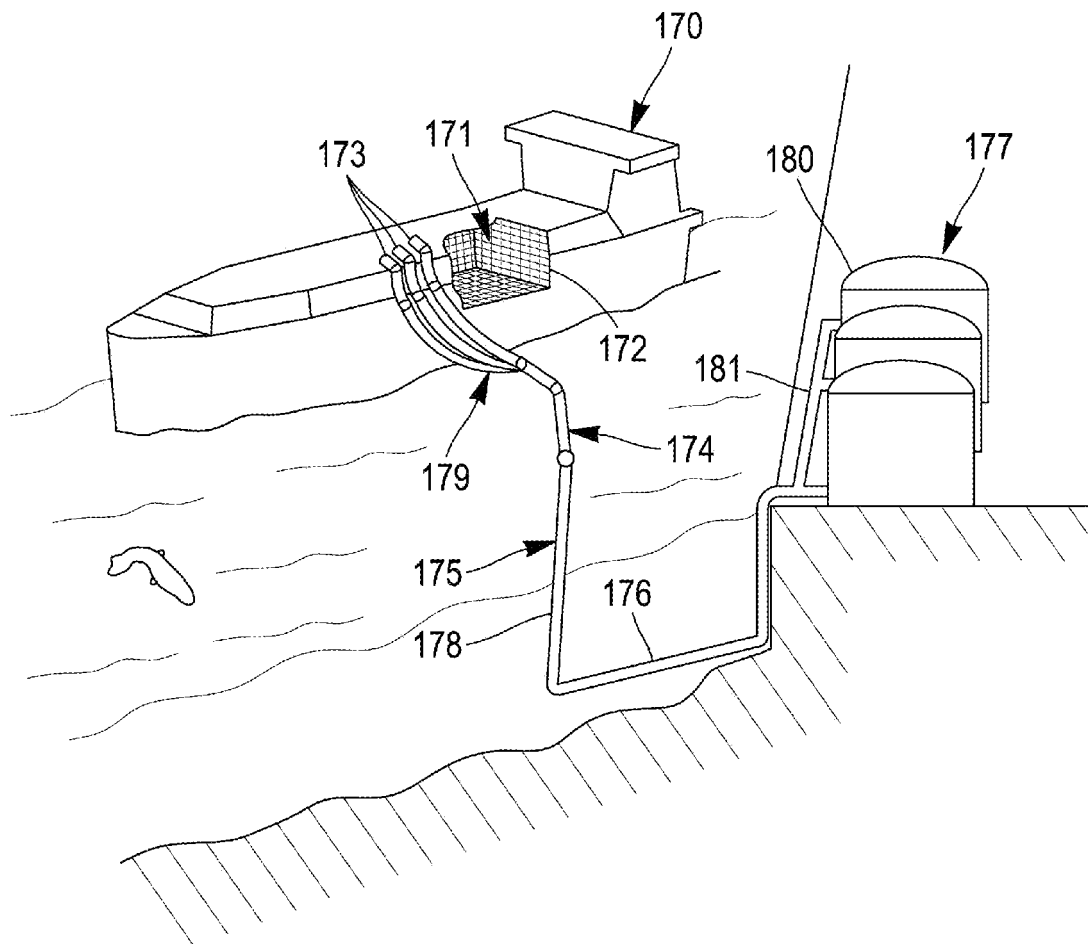
[Fig. 13]



[Fig. 14]



[Fig. 15]



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**

WO 2016/030619 A1 (GAZTRANSP ET TECHNIGAZ
[FR]) 3 mars 2016 (2016-03-03)

WO 2018/065685 A1 (GAZTRANSPORT ET
TECHNIGAZ [FR]) 12 avril 2018 (2018-04-12)

WO 2015/170054 A1 (GAZTRANSP ET TECHNIGAZ
[FR]) 12 novembre 2015 (2015-11-12)

WO 2016/034792 A1 (GAZTRANSP ET TECHNIGAZ
[FR]) 10 mars 2016 (2016-03-10)

**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