

19 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
COURBEVOIE

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

3 144 041

22 14207

(51) Int Cl⁸: **B 29 C 64/307** (2023.01), B 29 C 64/118, B 33 Y 30/00

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②② **Date de dépôt : 22.12.22.**

③③ **Priorité :**

43 **Date de mise à la disposition du public de la demande :** 28.06.24 Bulletin 24/26.

56 Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du présent fascicule*

⑥ Références à d'autres documents nationaux apparentés :

☐ Demande(s) d'extension :

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

72 Inventeur(s) : GUY Thomas et TRABATTONI Thomas.

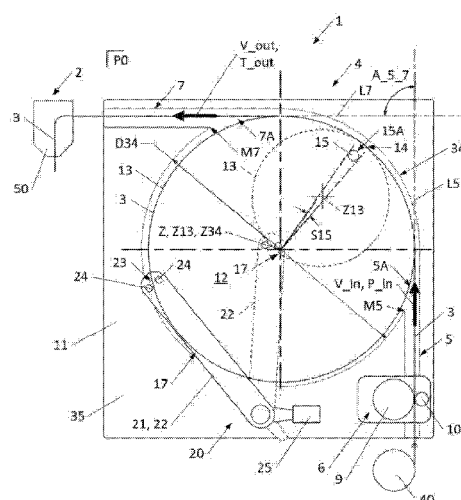
73 Titulaire(s) : COMPAGNIE GENERALE DES ETABLISSEMENTS MICHELIN Société en commandite par actions.

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

(54) COMPENSATEUR À BOUCLE POUR LA RÉGULATION DE L'ALIMENTATION D'UNE IMPRIMANTE 3D.

(57) La présente invention concerne un dispositif d'alimentation (1) destiné à acheminer vers une imprimante tridimensionnelle un matériau sous forme d'un fil (3), ledit dispositif d'alimentation étant pourvu d'un compensateur (4) qui comporte un guide d'entrée (5), un système d'entraînement (6) motorisé, un guide de sortie (7), un réceptacle de guidage (11) à l'intérieur duquel le fil (3) issu du guide d'entrée (5) forme une boucle (13) sur lui-même avant de ressortir par le guide de sortie (7), de telle manière que la boucle (13) constitue une réserve de fil (3) et ajuste spontanément sa taille en réponse aux écarts entre la vitesse de sortie (V_{out}) et la vitesse d'entrée (V_{in}) du fil (3), un organe de retenue (15) qui est placé à l'intérieur du périmètre de la boucle (13) pour limiter l'ampleur d'un déplacement d'ensemble de la boucle (13) lorsque la boucle (13) subit une traction d'appel (T_{out}) tout en autorisant la boucle (13) à adapter librement sa taille, et un système de régulation (20) qui ajuste la vitesse d'entrée (V_{in}) du fil (3) en fonction de la taille de la boucle (13).

Figure 1



FR 3 144 041 - A1



Description

Titre de l'invention : COMPENSATEUR À BOUCLE POUR LA RÉGULATION DE L'ALIMENTATION D'UNE IMPRIMANTE

3D

- [0001] La présente invention concerne le domaine général de l'alimentation en matière première d'un appareil qui consomme ladite matière première sous forme d'un fil, et plus précisément la régulation du système d'alimentation qui approvisionne un tel appareil en matière première sous forme d'un fil.
- [0002] La présente invention concerne plus spécifiquement le domaine de l'impression tridimensionnelle par dépôt de fil fondu (ou « FDM » pour « Fused Deposition Modeling » en anglais).
- [0003] Une imprimante par dépôt de fil fondu comporte une tête d'impression qui est montée mobile en vis-à-vis d'un support d'impression, tel qu'un plateau, et qui embarque une buse chauffante ainsi qu'un système d'entraînement, du genre entraîneur à rouleaux dentés, qui force un fil en matériau thermoplastique à traverser la buse, afin de faire fondre ledit matériau et de pouvoir déposer celui-ci par couches successives sur ledit support, selon un schéma de pose qui permet d'obtenir l'objet souhaité.
- [0004] L'une des difficultés rencontrées par l'impression FDM tient à son rendement industriel, en particulier lorsque l'on souhaite fabriquer des pièces de grande taille ou en grand nombre, en utilisant pour cela un plateau de grande superficie, typiquement un plateau formant un carré d'au moins un mètre de côté.
- [0005] En effet, pour obtenir un rendement élevé, il serait souhaitable que la tête d'impression portant la buse puisse se déplacer rapidement d'un point à l'autre du plateau, en particulier en dehors des phases d'impression, lorsque ladite tête d'impression se repositionne après avoir déposé du matériau en un premier point, afin de reprendre le dépôt de matériau en un second point, distant du premier point.
- [0006] Dans la mesure où la tête d'impression entraîne bien entendu le fil de matériau à sa suite, il est nécessaire de pouvoir approvisionner à tout moment une longueur nécessaire et suffisante de fil dans l'imprimante, à une vitesse qui correspond à la vitesse de déplacement de la tête d'impression.
- [0007] Or, lorsque l'on met en œuvre des accélérations rapides et des vitesses élevées de la tête d'impression sur des courses de grandes longueurs, on génère des appels soudains de fil, que les systèmes d'alimentation connus peinent à gérer.
- [0008] En effet, les imprimantes connues sont en général alimentées par un fil qui est stocké sur une bobine qui est simplement montée en rotation passive autour de son axe, de sorte que le fil est déroulé passivement, sous l'effet de la traction exercée par la tête

d'impression et de son entraîneur à rouleaux dentés.

[0009] En raison de l'inertie de la bobine, on peut alors observer, au début des phases d'accélération de la tête d'impression, l'apparition de fortes tensions dans le fil, lesquelles tensions constituent un frein au déplacement de la tête d'impression et peuvent même, dans certains cas, causer une rupture du fil. A l'inverse, au terme du déplacement de la tête d'impression, la bobine, qui a été lancée en rotation et n'est pas freinée, libère un surplus de fil, qui peut créer des écarts de trajectoire difficilement contrôlables dans le cheminement du fil, voire un bourrage.

[0010] Par ailleurs, il est difficilement envisageable de remédier à ces difficultés en interposant, entre la bobine de stockage et la buse, un régulateur conventionnel à poulies et pantin, tel qu'on en rencontre par exemple dans l'industrie textile, car les fils de matériau thermoplastiques utilisés pour l'impression tridimensionnelle de pièces de grandes dimensions présentent généralement un diamètre assez fort, typiquement de deux à trois millimètres, une rigidité assez élevée en flexion, et de surcroît une courbure intrinsèque persistante qui résulte de leur stockage en bobine, de sorte que de tels fils tolèrent mal, faute de flexibilité adaptée, un cheminement forcé à travers des poulies qui imposeraient auxdits fils de faibles rayons de courbure et/ou des changements, en particulier des changements multiples et rapprochés, du signe de leur courbure.

[0011] Les objets assignés à l'invention visent par conséquent à remédier aux inconvénients susmentionnés et proposer un dispositif d'alimentation qui permette d'approvisionner en fil un appareil, notamment une imprimante tridimensionnelle destinée à réaliser un dépôt de matière fondue à partir dudit fil, en étant capable de gérer de façon fiable et efficace des appels soudains de grandes longueurs de fil.

[0012] Les objets assignés à l'invention sont atteints au moyen d'un dispositif d'alimentation destiné à acheminer vers un appareil, tel qu'une imprimante tridimensionnelle, un matériau qui se présente sous forme d'un fil, ledit dispositif d'alimentation étant caractérisé en ce qu'il est pourvu d'un compensateur qui comporte :

- un guide d'entrée qui permet au fil de pénétrer dans le compensateur,
- un système d'entraînement motorisé, qui est agencé pour propulser le fil qui entre à travers le guide d'entrée selon une vitesse longitudinale, dite « vitesse d'entrée », choisie,
- un guide de sortie qui permet au fil de sortir du compensateur, à destination de l'appareil, sous l'effet d'un effort de traction longitudinale dit « traction d'appel » qui est généré à la demande de l'appareil et qui confère au fil qui sort par le guide de sortie une vitesse longitudinale dite « vitesse de sortie »,
- un réceptacle de guidage qui délimite un espace évidé dit « espace de débattement »

à l'intérieur duquel le fil issu du guide d'entrée forme une boucle sur lui-même avant de ressortir par le guide de sortie, de telle manière que la boucle constitue une réserve de fil et est apte à ajuster spontanément sa taille, tout en restant contenue à l'intérieur de l'espace de débattement, alternativement en se resserrant sur elle-même sous l'effet de la traction d'appel afin de réduire son périmètre et ainsi libérer une partie de ladite réserve de fil à destination de l'appareil, lorsque la vitesse de sortie résultant de ladite traction d'appel excède la vitesse d'entrée, et à l'inverse en s'élargissant afin d'accroître son périmètre et ainsi reconstituer au moins une partie de ladite réserve de fil lorsque le système d'entraînement génère une vitesse d'entrée qui excède la vitesse de sortie et crée donc au sein du fil entrant qui précède la boucle un effort de poussée longitudinal, dit « poussée d'approvisionnement », qui force ledit fil entrant à rejoindre la boucle et à accroître le périmètre de la boucle,

- un organe de retenue qui est placé à l'intérieur du périmètre de la boucle, de manière à pouvoir limiter l'ampleur d'un déplacement d'ensemble de la boucle au sein de l'espace de débattement, lorsque la boucle subit une traction d'appel, tout en autorisant la boucle à adapter librement sa taille, à l'intérieur de l'espace de débattement, en réponse aux écarts entre la vitesse de sortie et la vitesse d'entrée,

- un système de régulation qui commande le système d'entraînement et qui comporte au moins un organe de mesure permettant d'évaluer la taille de la boucle présente au sein de l'espace de débattement, de sorte que ledit système de régulation puisse ajuster la vitesse d'entrée choisie en fonction de la taille de la boucle.

[0013] Avantageusement, le dispositif selon l'invention permet de tirer parti de la nervosité du fil, c'est-à-dire de l'existence d'un cintre naturel dudit fil et d'un module d'élasticité en flexion élevé dudit fil, pour amener ledit fil à former spontanément une boucle au sein du compensateur, boucle qui est avantageusement flottante, c'est-à-dire dont le tracé et la courbure ne sont pas imposés par des poulies et peuvent donc évoluer librement au sein de l'espace de débattement, et autoporteuse, dans la mesure où la rigidité du fil est suffisante pour que ladite boucle existe et se maintienne d'elle-même sous sa forme incurvée, sensiblement circulaire, sans s'affaisser ni s'emmêler sur elle-même.

[0014] Avantageusement, le compensateur peut ainsi constituer et contenir une réserve de fil, sans contraindre ledit fil à épouser la courbure d'une poulie, notamment une poulie de petit diamètre, ni contraindre ledit fil à subir des changements de signe de courbure.

[0015] Le compensateur peut ensuite avantageusement utiliser cette réserve de fil comme tampon capable de délivrer rapidement une longueur de fil sortant en réponse à une traction d'appel soudaine, et donc en réponse à une augmentation rapide de la vitesse de sortie, sans opposer de résistance significative à cette traction d'appel, et donc notamment sans créer de risque de rupture du fil en traction, puisque le fil sortant peut

librement opérer un glissement différentiel par rapport au fil entrant, simplement en ajustant la taille de la boucle grâce à l'élasticité du fil en flexion, et sans qu'il soit nécessaire d'augmenter la vitesse d'entrée de façon aussi soudaine qu'a augmenté la vitesse de sortie.

- [0016] Une fois la traction d'appel passée, et donc une fois la vitesse de sortie redescendue à une valeur moindre, le compensateur peut avantageusement reconstituer progressivement la réserve de fil en poussant le fil entrant vers la boucle à une vitesse d'entrée choisie qui est supérieure à la vitesse de sortie, mais qui reste suffisamment modérée pour être compatible, par exemple, avec le déroulage du fil depuis une bobine placée en amont du système d'entraînement.
- [0017] En outre, le compensateur selon l'invention présente avantageusement une structure particulièrement simple et compacte, notamment du fait qu'il est dépourvu de renvoi par poulies ou de pantin.
- [0018] D'autres objets, caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront plus en détail à la lecture de la description qui suit, ainsi qu'à l'aide des dessins annexés, fournis à titre purement illustratif et non limitatif, parmi lesquels :
- [0019] La [Fig.1] illustre, selon une vue schématique de face, le principe de fonctionnement d'un dispositif d'alimentation comprenant un compensateur selon l'invention, qui permet à la boucle de fil de passer alternativement d'une configuration large, représentée en trait plein, à une configuration réduite, resserrée sur elle-même, représentée en trait pointillé.
- [0020] La [Fig.2] illustre, selon une vue d'ensemble en perspective, le compensateur de la [Fig.1].
- [0021] La [Fig.3] illustre, selon une vue d'ensemble en perspective, le compensateur de la [Fig.2] côté face, dont l'un des flasques forme une porte qui se trouve en position ouverte pour donner à un opérateur l'accès à l'espace de débattement et à la boucle de fil.
- [0022] La [Fig.4] illustre, selon une vue d'ensemble en perspective, le compensateur des figures 2 et 3, côté dos.
- [0023] La [Fig.5] illustre, selon une vue écorchée en perspective, le compensateur de la [Fig.4] au sein duquel un flasque a été retiré pour faire apparaître l'espace de débattement.
- [0024] La présente invention concerne un dispositif d'alimentation 1 destiné à acheminer vers un appareil 2, tel qu'une imprimante tridimensionnelle, un matériau qui se présente sous forme d'un fil 3.
- [0025] De préférence, ledit matériau est un polymère thermoplastique, qui est préférentiellement destiné à être fondu au sein dudit appareil 2.
- [0026] Ledit matériau pourra être choisi par exemple parmi : ABS (Acrylonitrile Butadiène

Styrène), ASA (Acrylonitrile Styrène Acrylate), PLA (acide polylactique), BVOH (copolymère de butènediol et d'alcool vinylique), PA6/66 (polyamide), PETG (polyéthylène téréphtalate glycolisé), TPU (polyuréthane thermoplastique).

- [0027] Ledit fil présente de préférence une section dont le diamètre compris entre 1,5 mm et 4 mm, plus préférentiellement entre 2 mm et 3 mm, par exemple égal à 2,85 mm.
- [0028] Le dispositif d'alimentation 1 est pourvu d'un compensateur 4 qui comporte :
- un guide d'entrée 5 qui permet au fil 3 de pénétrer dans le compensateur 4,
 - un système d'entraînement 6 motorisé, qui est agencé pour propulser le fil 3 qui entre à travers le guide d'entrée 5 selon une vitesse longitudinale V_{in} , dite « vitesse d'entrée » V_{in} , choisie,
 - un guide de sortie 7 qui permet au fil 3 de sortir du compensateur 4, à destination de l'appareil 2, sous l'effet d'un effort de traction longitudinale T_{out} dit « traction d'appel » T_{out} qui est généré à la demande de l'appareil 2 et qui confère au fil 3 qui sort par le guide de sortie 7 une vitesse longitudinale V_{out} , dite « vitesse de sortie » V_{out} .
- [0029] Le système d'entraînement 6 sera de préférence intégré au compensateur 4, en amont du guide d'entrée 5 dans le sens d'introduction du fil 3.
- [0030] Ledit système d'entraînement 6 comportera un moteur 8, de préférence un moteur 8 électrique, qui, de préférence, entraîne en rotation un galet moteur 9 contre lequel un contre-galet 10 vient pincer le fil 3. Le galet moteur 9 peut de préférence, par souci de compacité, être monté directement sur l'arbre de sortie du moteur 8.
- [0031] Par convention, les notions d'« amont » et d'« aval » s'entendront en considération du sens selon lequel le fil 3 se déplace longitudinalement, en fonctionnement normal du dispositif d'alimentation 1, c'est-à-dire en considération du sens, ici anti-horaire sur la [Fig.1], selon lequel le fil 3 entre par le guide d'entrée 5, puis rejoint le guide de sortie 7, puis sort par ledit guide de sortie 7.
- [0032] De préférence, et tel que cela est représenté schématiquement sur la [Fig.1], le dispositif d'alimentation 1 comprend une bobine 40 qui est située en amont du système d'entraînement 6 motorisé et sur laquelle est stocké le fil 3 destiné à pénétrer dans le compensateur 4.
- [0033] De préférence, ladite bobine 40 est montée en libre rotation.
- [0034] Grâce à ce système particulièrement simple, compact, et peu gourmand en énergie, c'est la traction exercée par le système d'entraînement 6 sur la portion de fil comprise entre la bobine 40, en amont, et le galet moteur 9, en aval, qui provoque la mise en rotation de la bobine 40, passive, et le déroulage du fil 3 depuis ladite bobine 40.
- [0035] En outre, le stockage en bobine 40 contribuera avantageusement à conférer au fil 3 un certain cintre, c'est-à-dire une certaine courbure persistante au repos, qui sera mis à profit par le compensateur 4 pour former une boucle 13 de fil 3 conformément à

l'invention.

- [0036] Les guides d'entrée 5 et de sortie 7 permettront de fixer des points de passage obligé pour le fil 3, et se présenteront de préférence sous une forme allongée, par exemple sous forme de tubes ou de tranchées couvertes qui permettent de conférer au fil 3 qui les traverse une direction qui correspond sensiblement à la direction longitudinale du guide 5, 7 concerné.
- [0037] Dans un exemple préférentiel d'application, la traction d'appel T_{out} sera générée par le déplacement, au sein de l'appareil 2, d'une pièce mobile, telle qu'une tête d'impression, qui tire directement à sa suite le fil 3 en provenance du compensateur 4.
- [0038] Le compensateur 4 comporte en outre un réceptacle de guidage 11 qui délimite un espace évidé 12 dit « espace de débattement » 12 à l'intérieur duquel le fil 3 issu du guide d'entrée 5 forme une boucle 13 sur lui-même avant de ressortir par le guide de sortie 7, et ce de telle manière que la boucle 13 constitue une réserve de fil 3 et est apte à ajuster spontanément sa taille, tout en restant contenue à l'intérieur de l'espace de débattement 12, alternativement en se resserrant sur elle-même sous l'effet de la traction d'appel T_{out} afin de réduire son périmètre et ainsi libérer une partie de ladite réserve de fil à destination de l'appareil 2, lorsque la vitesse de sortie V_{out} résultant de ladite traction d'appel T_{out} excède la vitesse d'entrée V_{in} , et à l'inverse en s'élargissant afin d'accroître son périmètre et ainsi reconstituer au moins une partie de ladite réserve de fil lorsque le système d'entraînement 6 génère une vitesse d'entrée V_{in} qui excède la vitesse de sortie V_{out} et crée donc au sein du fil 3 entrant qui précède la boucle 13 un effort de poussée longitudinal P_{in} , dit « poussée d'approvisionnement » P_{in} , qui force ledit fil 3 entrant à rejoindre la boucle 13 et à accroître le périmètre de la boucle 13.
- [0039] Avantagusement, le fil 3 choisi est d'une part suffisamment flexible, et avec un minimum de cintre naturel avant d'entrer dans le compensateur 4, c'est-à-dire avec un minimum de courbure préexistante au repos, pour pouvoir former une boucle et être refermé sur lui-même, et d'autre part suffisamment rigide, et peu extensible ainsi que peu compressible longitudinalement, pour que le système d'entraînement puisse agrandir la boucle 13 en poussant le fil entrant vers la boucle 13, depuis un point situé hors de ladite boucle 13, en amont de ladite boucle 13 dans le sens de déplacement longitudinal du fil 3.
- [0040] A ce titre, le matériau constitutif du fil 3 est de préférence un polymère possédant une dureté supérieure ou égale à 60 Shore A.
- [0041] Ceci contribuera à conférer au fil 3 une certaine rigidité, et plus globalement la nervosité qui lui permettra d'être configuré en boucle flottante au sein du compensateur 4.
- [0042] Bien entendu, l'espace de débattement 12 est suffisamment dégagé pour permettre à

la boucle 13 de modifier librement sa taille, et plus particulièrement de raccourcir puis d'allonger son périmètre, et de modifier la courbure du fil 3 à l'intérieur dudit périmètre, pour s'adapter quasi-instantanément aux différentiels prévisibles entre la vitesse de sortie V_{out} et la vitesse d'entrée V_{in} , tout en conservant une trajectoire incurvée du fil 3 en forme de boucle.

- [0043] En particulier, on notera que le compensateur 4 selon l'invention est avantageusement dépourvu de poulie qui contraindrait le fil 3 à épouser la courbure de ladite poulie. Plus particulièrement, le fil 3 appartenant au périmètre de la boucle 13 ne comprend aucune zone de contact avec une poulie qui serait située à l'intérieur du périmètre de la boucle 13 et dans laquelle zone de contact ledit fil 3 présenterait le même centre de rotation instantané que celui de ladite poulie. Ainsi, la boucle 13 n'épouse pas, n'est pas contrainte d'épouser, la courbure d'un quelconque élément situé à l'intérieur de ladite boucle 13.
- [0044] On notera de surcroît que le fil 3 formant le périmètre de la boucle 13 ne contient de préférence pas de tronçon rectiligne, c'est-à-dire présente en tout point du périmètre de la boucle 13 une courbure qui dirige ledit fil 3 vers l'intérieur de la boucle 13.
- [0045] Par convention et par commodité de description, on pourra associer au compensateur 4, et plus particulièrement au réceptacle de guidage 11, un repère comprenant un axe principal Z et un plan de référence P0 normal audit axe principal Z.
- [0046] L'axe principal Z est tel que la boucle 13, quelle que soit sa taille, forme une spire de fil 3 qui s'enroule autour d'un axe central Z13 dit « axe de boucle » Z13 qui est parallèle audit axe principal Z, et dont le point d'intersection avec le plan de référence P0 se déplace en fonction d'une part de la position d'ensemble qu'occupe la boucle 13 au sein de l'espace de débattement 12 et d'autre part de la taille de ladite boucle 13 à l'instant considéré.
- [0047] Par commodité de description, on pourra désigner comme « axiale » une direction parallèle à l'axe principal Z, et plus particulièrement parallèle à l'axe de boucle Z13 à l'instant considéré, et par radiale une direction perpendiculaire à l'axe considéré. Ainsi, l'accroissement, respectivement la diminution, du périmètre de la boucle 13 se traduira par un accroissement radial centrifuge, respectivement par une réduction radiale centripète, de la boucle par rapport à son axe de boucle Z13.
- [0048] En pratique, la boucle 13 peut être assimilée à une boucle 13 plate, qui est contenue, ou sensiblement contenue, dans le plan de référence P0.
- [0049] A ce titre, on notera que, de préférence, l'angle formé par le fil 3 constitutif de la boucle 13 par rapport au plan de référence P0, c'est-à-dire typiquement l'angle d'hélice de la spire de fil 3 qui forme la boucle 13, est, et reste lors des variations de taille de la boucle 13, inférieur ou égal à 10 degrés, plus préférentiellement inférieur ou égal à 5 degrés, voire égal ou inférieur à 2 degrés. Le réceptacle de guidage 11, et

notamment le guide d'entrée 5 et le guide de sortie 7, seront de préférence agencés pour limiter l'inclinaison du fil 3 par rapport au plan de référence P0 dans la plage d'angle d'hélice susmentionnée, et ainsi maintenir la boucle 13 dans sa configuration sensiblement plate.

- [0050] En projection dans le plan de référence P0, la boucle 13 forme au moins un tour complet sur elle-même, autour de l'axe de boucle Z13, c'est-à-dire que le fil 3 parcourt, en permanence, au moins 360 degrés au tour de l'axe de boucle Z13.
- [0051] Ladite boucle 13 forme toutefois moins de deux tours complets, c'est-à-dire que le fil parcourt moins de 720 degrés autour de l'axe de boucle Z13.
- [0052] A titre préférentiel, la boucle 13 pourra former entre 1 tour et 1,5 tour, de préférence entre 1 tour et 1,25 tour, c'est-à-dire que le fil 3 parcourra entre 360 degrés et 540 degrés autour de l'axe de boucle Z13, de préférence entre 360 degrés et 450 degrés autour de l'axe de boucle Z13.
- [0053] Une telle configuration permet avantageusement de conserver la forme de la boucle 13 et la capacité du fil 3 à s'enrouler et à se fermer sur lui-même pour former ladite boucle 13 en régime dynamique, quelles que soient les variations respectives de la vitesse de sortie V_{out} et de la vitesse d'entrée V_{in} .
- [0054] Cette configuration pourra notamment être déterminée par le choix des positions et des orientations respectives du guide de sortie 7 par rapport au guide d'entrée 5.
- [0055] Le secteur dans lequel le fil 3 se croise lui-même, en projection dans le plan de référence P0, de sorte à fermer la boucle, et plus particulièrement le secteur dans lequel un tronçon de fil 3 entrant court le long d'un tronçon de fil 3 sortant et ferme ainsi la boucle 13, est dit « secteur de chevauchement » 14.
- [0056] Le compensateur comporte par ailleurs un organe de retenue 15 qui est placé à l'intérieur du périmètre de la boucle 13, de manière à pouvoir limiter l'ampleur d'un déplacement d'ensemble de la boucle 13 au sein de l'espace de débattement 12, lorsque la boucle 13 subit une traction d'appel T_{out} , tout en autorisant la boucle 13 à adapter librement sa taille, et plus particulièrement à adapter librement son périmètre et à adapter élastiquement la courbure du fil 3 le long de ce périmètre, à l'intérieur de l'espace de débattement 12, en réponse aux écarts entre la vitesse de sortie V_{out} et la vitesse d'entrée V_{in} .
- [0057] Avantageusement, l'organe de retenue 15 permet notamment de maintenir la boucle 13, et plus particulièrement le point de sortie de boucle par lequel le fil 3 quitte la boucle 13 pour rejoindre le guide de sortie 7, dans une position, et plus globalement dans une plage prédéfinie de positions possibles, par rapport au guide de sortie 7, qui permet d'empêcher un mauvais positionnement du fil 3, et plus particulièrement d'éviter que le fil 3 sortant ne forme une cassure angulaire entre le point de sortie de boucle et l'entrée du guide de sortie 7 et ne vienne frotter excessivement contre

l'entrée du guide de sortie 7, et ce quelle que soit par ailleurs l'intensité de la traction d'appel T_{out} .

[0058] Ainsi, l'organe de retenue 15 permet à la boucle 13 de conserver à tout moment sa capacité à libérer ou à accumuler du fil 3, sans s'écraser ni se coincer au sein du réceptacle de guidage 11, quelle que soit l'intensité ou la soudaineté de variation de la traction d'appel T_{out} .

[0059] Le compensateur 4 comporte également un système de régulation 20 qui commande, par exemple au moyen d'une unité de contrôle électronique, le système d'entraînement 6 et qui comporte au moins un organe de mesure 21 permettant d'évaluer la taille de la boucle 13 présente au sein de l'espace de débattement 12, de sorte que ledit système de régulation 20 puisse ajuster la vitesse d'entrée V_{in} choisie en fonction de la taille de la boucle 13, telle qu'évaluée ici par l'organe de mesure 21.

[0060] Le système de régulation 20 est de préférence agencé de manière à faire converger la taille de la boucle 13 vers une taille nominale prédéterminée, qui correspond à une réserve de fil 3 nominale, laquelle est de préférence choisie égale à la réserve maximale de fil 3 que peut constituer le compensateur 4 et qui est représentée en trait plein sur la [Fig.1].

[0061] Le système de régulation 20 cherchera donc à établir un équilibre dynamique entre la vitesse d'entrée V_{in} , choisie, et la vitesse de sortie V_{out} , subie en fonction des besoins de l'appareil 2, afin de maintenir la réserve de fil 3 à sa valeur nominale, et à reconstituer ladite réserve après qu'une traction d'appel T_{out} soudaine et de forte intensité aura temporairement réduit cette réserve de fil 3.

[0062] Avantagusement, le compensateur 4 permet de dissocier, au moins temporairement, la consigne de vitesse d'entrée V_{in} , déterminée par le système de régulation 20, de la vitesse de sortie V_{out} instantanée générée par les besoins de l'appareil 2. On peut ainsi tolérer des variations transitoires rapides et intenses de la traction d'appel T_{out} et donc de la vitesse de sortie V_{out} qui en résulte, sans répercuter directement ces variations sur la vitesse d'entrée V_{in} , mais au contraire en permettant au système de régulation 20 d'effectuer un rattrapage progressif de la réserve de fil 3, en réalisant des variations douces de la vitesse d'entrée V_{in} , qui sollicitent de façon très lissée la bobine 40, sans créer de risque de casse du fil 3 ni d'emballement inertiel de ladite bobine 40, jusqu'à retrouver, une fois la taille nominale de la boucle 13 restaurée, et donc une fois la réserve de fil 3 reconstituée, un régime stabilisé selon lequel la vitesse d'entrée V_{in} est sensiblement égale à la vitesse de sortie V_{out} .

[0063] De préférence, l'organe de retenue 15 présente, en vis-à-vis de la face interne de la boucle 13, une surface de réception 15A incurvée contre laquelle le fil 3 de la boucle 13 vient en appui sous l'effet de la traction d'appel T_{out} , au moins lorsque la vitesse de sortie V_{out} résultant de ladite traction d'appel T_{out} excède la vitesse d'entrée

V_{in} .

- [0064] On notera qu'il n'est pas exclu que, en régime stabilisé, lorsque la boucle 13 présente sa taille nominale et que la vitesse d'entrée V_{in} est égale à la vitesse de sortie V_{out} , la boucle 13 puisse, selon la configuration du compensateur 4, ne pas appuyer, ou à tout le moins ne pas appuyer en permanence, contre l'organe de retenue 15 mais flotter librement dans l'espace de débattement 12 à proximité dudit organe de retenue 15, et que la boucle 13 vienne au contact de la surface de réception 15A temporairement, par effet d'inertie, lorsqu'un appel soudain de fil 3 fait que la vitesse de sortie V_{out} augmente brusquement et dépasse la vitesse d'entrée V_{in} .
- [0065] A ce titre, lorsque l'appareil 2 est en fonctionnement, et plus particulièrement lorsqu'une opération d'impression tridimensionnelle est en cours, l'appareil 2 déclenchera de fréquents appels de fil, de sorte que la boucle 13 viendra fréquemment en contact avec l'organe de retenue 15.
- [0066] Avantageusement, la courbure de la surface de réception 15A de l'organe de retenue 15 est de même signe que la courbure du fil 3 qui vient en appui contre ladite surface de réception 15A, mais présente un rayon de courbure qui est strictement inférieur au rayon de courbure du fil 3 qui vient en appui contre ladite surface de réception 15A.
- [0067] Plus préférentiellement, en considérant la boucle 13 et l'organe de retenue 15 en projection dans le plan de référence P0, normal à l'axe de boucle Z13, les courbures respectives du fil 3 d'une part et de la surface de réception 15A de l'organe de retenue 15 d'autre part seront telles que, en tout point de contact entre le fil 3 et l'organe de retenue 15, ici donc en tout point de contact entre le fil 3 et la surface de réception 15A dudit organe de retenue 15, le cercle osculateur du fil 3 est plus grand, c'est-à-dire de plus grand diamètre, que le cercle osculateur de la surface de réception 15A.
- [0068] La rigidité du fil 3 permet en effet avantageusement audit fil 3 de tangenter sensiblement la surface de réception 15A de l'organe de retenue 15 sans devoir en épouser exactement la courbure, ce qui facilite le glissement relatif du fil 3 sur la surface de réception 15A qui permet entre autres l'adaptation dynamique de la taille de la boucle 13.
- [0069] De préférence, l'organe de retenue 15 est formé par un pion cylindrique ou un rouleau, d'un diamètre qui est préférentiellement compris entre 10 mm et 15 mm.
- [0070] La petite taille de l'organe de retenue 15 permet de laisser un important espace libre au sein de l'espace de débattement 12, et notamment entre l'organe de retenue 15 et le sommet 17 de la boucle 13 qui est situé à l'opposé du secteur de chevauchement 14, de manière à autoriser d'importantes variations de taille de la boucle 13, et notamment une importante réduction de la taille de la boucle 13 par rapport à sa taille nominale, puisque l'organe de retenue 15 n'entrave pas le resserrement de la boucle 13 sur elle-même.

- [0071] La forme cylindrique de l'organe de retenue 15, et plus préférentiellement l'utilisation d'un rouleau, ici dont l'axe est normal au plan de référence P0 et donc parallèle à l'axe de boucle Z13 à chaque instant, permet de mettre en œuvre un organe de retenue 15 simple et compact, et facilite de surcroît le mouvement longitudinal du fil 3 de l'amont vers l'aval, et notamment le transfert du fil 3 de la boucle 13 au guide de sortie 7 sous l'effet de la traction d'appel T_{out}, en opposant très peu de résistance à l'avance du fil 3.
- [0072] De préférence, tel que cela est notamment visible sur les figures 1, 4 et 5, l'organe de mesure 21 du système de régulation 20 comprend un bras suiveur 22 basculant qui est pourvu d'un passage de fil 23, par exemple formé par une paire de rouleaux 24, passage de fil 23 à travers lequel passe une portion de la boucle 13, de sorte qu'une variation de la taille de la boucle 13 entraîne un déplacement du bras suiveur 22 basculant, lequel déplacement est mesuré par un capteur 25, tel qu'une fourche optique.
- [0073] Les rouleaux 24 portés par le bras suiveur 22 et formant le passage de fil 23 pourront présenter un diamètre compris entre 10 mm et 15 mm.
- [0074] De préférence, le bras suiveur 22 bascule autour d'un axe horizontal, de sorte à être naturellement rappelé vers le bas par la gravité lorsqu'il accompagne une expansion de la boucle 13, et inversement, pour être soulevé par un rétrécissement de la boucle 13.
- [0075] On pourra bien entendu utiliser tout capteur 25 approprié pour détecter et quantifier les mouvements du bras suiveur 22. Une fourche optique présente cependant l'avantage de la simplicité, de la compacité, et d'un temps de réponse court. Le bras suiveur 22 est alors disposé de manière à ce qu'une portion dudit bras suiveur 22 traverse l'entrefer délimité par les deux branches de la fourche, afin de couper le faisceau optique, lorsque la boucle 13 présente sa taille nominale, ici sa taille maximale, et pour sortir de l'entrefer de la fourche optique lorsque la boucle 13 rétrécit en se resserrant sur elle-même.
- [0076] L'axe de basculement du bras suiveur 22, de même que les axes centraux des rouleaux 24 formant le passage de fil 23 seront avantageusement normaux au plan de référence P0, et donc parallèles entre eux et parallèles à l'axe de boucle Z13.
- [0077] On notera que le passage de fil 23 matérialisé par les rouleaux 24 portés par le bras suiveur 22 forme ainsi un point mobile que la boucle 13 va, lorsqu'elle modifie sa taille, déplacer par rapport au point fixe que forme l'organe de retenue 15.
- [0078] De préférence, le passage de fil 23 du bras suiveur 22 coopérera avec le fil 3 de la boucle 13 sensiblement vers le sommet 17 de la boucle, dans un secteur du périmètre de la boucle 13 qui est situé sensiblement à l'opposé diamétralement du secteur de chevauchement 14, et donc sensiblement à l'opposé diamétralement de l'organe de retenue 15. Ceci permettra notamment une bonne sensibilité de la détection, puisque le tronçon

de boucle 13 qui est situé dans le secteur du sommet 17 est celui qui effectue le déplacement radial le plus ample lorsque la boucle 13 se resserre, et respectivement lorsque la boucle 13 s'étend.

- [0079] De préférence, le réceptacle de guidage 11 comprend un premier flasque 30 et un second flasque 31, de préférence plans, qui bordent latéralement l'espace de débattement 12 afin de contenir la boucle 13 sensiblement à plat entre lesdits premier flasque 30 et second flasque 31.
- [0080] Lesdits premier flasque 30 et second flasque 31 sont de préférence parallèles entre eux et parallèles au plan de référence P0, et donc normaux à l'axe de boucle Z13.
- [0081] De préférence, tel que cela est visible sur la [Fig.3], le premier flasque 30 forme une porte qui est montée sur une charnière 32 de sorte à pouvoir adopter alternativement une position ouverte, qui donne accès à l'espace de débattement 12 situé à l'intérieur du réceptacle de guidage 11 et au fil 3 ainsi qu'à la boucle 13, notamment pour permettre à un opérateur de mettre en place le fil 3, au sein de l'espace de débattement 12, en récupérant le fil 3 qui émerge par le guide d'entrée 5 et en faisant décrire au fil 3 une boucle 13 avant d'engager le fil 3 dans le guide de sortie 7, et une position fermée dans laquelle la surface plane, de préférence pleine, de ladite porte assure le guidage latéral de la boucle 13, en empêchant le fil 3 de s'éloigner axialement au-delà de la limite formée par ladite porte.
- [0082] De préférence, tel que cela est visible sur les figures 2, 3 et 4, le second flasque 31 est quant à lui pourvu d'une fente 33 en arc de cercle qui permet aux rouleaux 24 formant le passage de fil 23 du bras suiveur 22 de pénétrer à l'intérieur de l'espace de débattement 12 délimité axialement par les premier et second flasques 30, 31, tandis que ledit bras suiveur 22 se situe et exécute ses mouvements basculants à l'extérieur dudit espace de débattement 12, au dos du second flasque 31, de sorte que ledit bras suiveur 22 ne risque pas d'interférer avec les mouvements radiaux de resserrement puis d'expansion de la boucle 13.
- [0083] Le premier flasque 30 peut lui aussi être pourvu d'une fente 33' analogue, qui permet aux rouleaux 24 formant le passage de fil 23 de traverser ledit premier flasque 30 et de ressortir à l'extérieur de l'espace de débattement 12, de sorte que le fil 3 est captif du passage de fil 3 ainsi fermé, entre les deux rouleaux 24 d'une part, et entre le premier flasque 30 et le second flasque 31 d'autre part.
- [0084] Par ailleurs, le premier flasque 30 et/ou le second flasque 31 sera de préférence réalisé dans un matériau transparent, de sorte à permettre à un opérateur de surveiller le comportement du fil 3, et de la boucle 13, à l'intérieur du réceptacle de guidage 11, au sein de l'espace de débattement 12.
- [0085] De préférence, la distance d'écartement W12 entre le premier flasque 30 et le second flasque 31, considérée ici bien sûr en configuration de travail, c'est-à-dire lorsque la

porte formant le premier flasque 30 se trouve en position fermée, laquelle distance d'écartement W12 correspond ici à la largeur axiale W12 de l'espace de débattement 12, est comprise entre 2,1 fois et 6 fois le diamètre D3 de la section du fil.

- [0086] De préférence, de façon absolue ou bien en complément des proportions indiquées ci-dessus, la distance d'écartement W12 entre le premier flasque 30 et le second flasque 31 est comprise entre 6 mm et 20 mm, notamment lorsque le diamètre D3 de la section du fil 3 est compris entre 1,5 mm et 4 mm, de préférence entre 2 mm et 3 mm, comme indiqué plus haut.
- [0087] Avantageusement, ceci permet de maintenir la boucle 13 sensiblement à plat, tout en laissant subsister un jeu axial qui est suffisant pour permettre à deux brins de fil 3, ici le brin entrant qui entre par le guide d'entrée 5 et arrive à la boucle 13 et le brin sortant qui quitte la boucle 13 pour rejoindre le guide de sortie 7, de se croiser en se superposant axialement, dans le secteur de chevauchement 14, et de glisser l'un par rapport à l'autre au gré de l'avance longitudinale du fil 3, consommé par l'appareil 2, et des variations de taille de la boucle 13, sans friction excessive, ni échauffement excessif, ni abrasion.
- [0088] De préférence, le réceptacle de guidage 11 comprend une piste de guidage 34 de forme cylindrique de base circulaire, qui délimite l'espace de débattement 12 afin de contenir l'expansion radiale centrifuge de la boucle 13 dans la limite d'un diamètre maximal D34 autorisé, tel que défini par ladite piste de guidage 34.
- [0089] En pratique, le diamètre maximal, radialement externe, de la boucle 13 pourra ainsi être égal au diamètre D34 de la piste de guidage 34.
- [0090] L'axe central Z34 de la piste de guidage 34 est de préférence confondu, par convention, avec l'axe principal Z, et donc normal au plan de référence P0, et par conséquent parallèle à l'axe de boucle Z13 et normal aux premier et second flasques 30, 31.
- [0091] De même, les génératrices de ladite piste de guidage 34 seront donc parallèles à l'axe de boucle Z13 et normales aux premier et second flasques 30, 31.
- [0092] Une telle piste de guidage 34 circulaire, outre qu'elle protège la boucle 13 des perturbations extérieures et permet de limiter la taille de ladite boucle 13 en de conserver ladite boucle 13 de façon maîtrisée dans un espace prédéfini, offre avantageusement un guidage incurvé qui favorise la prise de courbure par le fil 3 qui entre dans l'espace de débattement 12 par le guide d'entrée 5, et donc le maintien dudit fil 3 sous forme d'une boucle 13.
- [0093] De préférence, le diamètre D34 de la piste de guidage 34 est compris entre 200 mm et 600 mm, de préférence entre 250 mm et 400 mm, par exemple égal à 300 mm.
- [0094] De telles dimensions permettent notamment de constituer une réserve de fil 3 suffisante au sein de la boucle 13 pour couvrir des appels soudains d'une longueur de

- fil 3 comprise entre 300 mm et 900 mm, par exemple entre 350 mm et 500 mm.
- [0095] En première approximation, on pourra considérer que la réserve de fil 3 mobilisable pour un appel soudain représente environ la moitié du périmètre de la boucle 13 maximale.
- [0096] A titre d'exemple indicatif, on pourra avoir une boucle 13 qui présente un diamètre maximal de 270 mm, correspondant à une réserve pleine, et qui peut sans dommage rétrécir pour atteindre un diamètre minimal de 120 mm, correspondant à une réserve épuisée, de sorte que la longueur de fil libérée sera de $471 \text{ mm} = \text{Pi} \times (270 \text{ mm} - 120 \text{ mm})$.
- [0097] Selon un agencement préféré particulièrement simple, la piste de guidage 34 forme une entretoise qui relie le premier flasque 30 au second flasque 31, et qui maintient entre lesdits premier flasque 30 et second flasque 31, parallèles entre eux, une distance d'écartement W12 qui est égale à la largeur W34 de ladite piste de guidage 34.
- [0098] La largeur W34 de la piste de guidage 34 sera ainsi adaptée, comme expliqué plus haut, pour offrir suffisamment d'espace axialement, transversalement à la direction d'avance longitudinale du fil 3, pour permettre au fil 3 de cheminer et de se superposer axialement sur lui-même dans le secteur de chevauchement 14, en se répartissant le long de l'axe de boucle Z13, sans risque d'échauffement, de blocage ou d'abrasion.
- [0099] De préférence, la piste de guidage 34 pourra former la portion évidée interne d'un bâti 35, de préférence métallique, qui sert de support à différents organes du compensateur, parmi lesquels : le système d'entraînement 6, et plus particulièrement le moteur 8, le galet moteur 9 et le contre-galet 10, le premier flasque 30 qui s'articule ici sur ledit bâti 35 au moyen de la charnière 32, le second flasque 31, ici fixé en position invariante sur le bâti 35, par exemple au moyen de vis, et le bras suiveur 22 basculant qui s'articule en pivot sur ledit bâti 35.
- [0100] On notera que la piste de guidage 34 comprend de préférence une encoche 36 qui permet à l'un des rouleaux 24 du passage de fil 23 du bras suiveur 22 de s'escamoter radialement au-delà de la surface de la piste de guidage 34 de sorte que le fil 3 passe naturellement à travers le passage de fil 23, entre les deux rouleaux 24, lorsque ledit fil chemine au contact de la piste de guidage 34, et donc ici forme la boucle 13 de plus grande taille qui correspond à la réserve nominale, et maximale, de fil 3.
- [0101] Le guide d'entrée 5 et le guide de sortie 7 sont de préférence formés par des rainures creusées depuis une face du bâti 35 qui est ensuite recouverte par l'un des premier et second flasques 30, 31 de sorte que les guides 5, 7 présentent chacun une section fermée autour du fil 3.
- [0102] En projection dans le plan de référence P0 normal à l'axe central Z34 de la piste de guidage 34, le guide d'entrée 5 débouche sur ladite piste de guidage 34 en un premier point M5, situé à un premier azimuth autour de l'axe central Z34 de la piste de guidage

34, tandis que le guide de sortie 7 quitte définitivement la piste de guidage 34 en un second point M7, situé à un second azimuth distinct du premier azimuth. De préférence, la surface de réception 15A, et plus préférentiellement la totalité de l'organe de retenue 15, est comprise dans le segment circulaire défini par la piste de guidage 34 entre ce premier point M5 et ce second point M7, c'est-à-dire dans le domaine qui correspond à la portion de disque qui est délimitée d'une part par la corde d'arc qui correspond au segment de droite qui relie le premier point M5 au second point M7 et d'autre part par l'arc de cercle qui correspond à la portion de la piste de guidage 34 qui s'étend depuis le premier point M5 jusqu'au second point M7.

- [0103] Ainsi, non seulement l'organe de retenue 15 laissera subsister un grand espace libre pour permettre au sommet 17 de la boucle 13 de se déplacer radialement et donc pour permettre à la boucle 13 de se resserrer sur elle-même, mais en outre ledit organe de retenue 15 permettra de maintenir en permanence le secteur de chevauchement 14 dans une position dans laquelle le fil 3 parvient à la boucle 13 depuis le guide d'entrée 15 puis ressort de ladite boucle 13 pour gagner le guide de sortie 7 en étant quasiment tangent à la boucle 13, ce qui favorise le mouvement d'avance longitudinal fluide du fil 3, sans formation d'angles qui pourraient freiner ou endommager le fil 3.
- [0104] De préférence, l'organe de retenue 15 sera situé dans un secteur angulaire S15, considéré en azimuth autour de l'axe central Z34 de la piste de guidage 34, qui est situé entre le premier point M5 et le second point M7, et plus préférentiellement sensiblement à égale distance du premier point M5 et du second point M7, par exemple centré sur la bissectrice de l'angle formé, dans le plan de référence P0, par les demi-droites issues perpendiculairement de l'axe central Z34 et passant respectivement par le premier point M5 et le second point M7.
- [0105] Plus globalement, considérant que le guide d'entrée 5 débouche sur la piste de guidage 34 par une embouchure d'entrée 5A et le guide de sortie 7 s'ouvre sur la piste de guidage 34 par une embouchure de sortie 7A, alors l'organe de retenue 15 est de préférence contenu dans un secteur angulaire S15, considéré en azimuth autour de l'axe central Z34 de la piste de guidage 34, qui est compris entre l'embouchure d'entrée 5A, en amont, et l'embouchure de sortie 7A, en aval.
- [0106] Préférentiellement, l'organe de retenue 15 sera contenu à l'intérieur d'un secteur angulaire S15, considéré autour de l'axe central Z34 de la piste de guidage 34, dans le plan de référence P0, ici plus particulièrement le secteur angulaire S15 susmentionné compris entre l'embouchure d'entrée 5A et l'embouchure de sortie 7A, qui s'étend sur moins de 30 degrés, préférentiellement sur moins de 20 degrés, plus préférentiellement sur moins de 10 degrés, par exemple sur 5 degrés.
- [0107] Le faible encombrement angulaire de l'organe de retenue 15 optimisera, ici encore, la capacité de la boucle 13 à se resserrer pour libérer une réserve de fil 3.

- [0108] De préférence, l'organe de retenue 15, et plus particulièrement sa surface de réception 15A, sera contenu radialement à l'intérieur d'une couronne fictive qui est centrée sur l'axe central Z34 de la piste de guidage 34 et dont :
- le rayon interne représente entre 60 % et 85 % du rayon de la piste de guidage 34, de sorte que l'on conserve un large espace central totalement dégagé pour permettre le resserrement de la boucle 13,
 - et le rayon externe, strictement supérieur au rayon interne, représente entre 70 % et 97 % du rayon de la piste de guidage 34, de telle sorte que l'organe de retenue 15 sera suffisamment éloigné de la piste de guidage 34 pour permettre au fil 3 de cheminer librement entre la surface de réception 15A et la piste de guidage 34, sans que le mouvement longitudinal du fil 3 soit gêné, tout en étant suffisamment proche de la piste de guidage 34 pour agir rapidement sur la boucle 13 afin de limiter le déplacement d'ensemble de la boucle 13 en cas de traction d'appel T_{out} soudaine et intense, et notamment pour garantir qu'à tout moment le secteur de chevauchement 14 reste correctement positionné vis-à-vis des guides d'entrée 5 et de sortie 7 pour que le mouvement d'avance longitudinal du fil 3 reste fluide.
- [0109] A titre indicatif, on pourra positionner l'organe de retenue 15 par rapport à la piste de guidage 34 de telle sorte que, considérée dans le plan de référence P0, la plus petite distance séparant l'organe de retenue 15, et plus particulièrement sa surface de réception 15A, de la surface de la piste de guidage 34, et qui offre donc un passage au fil 3 et plus particulièrement au secteur de chevauchement 14, est égale ou supérieure à 4 fois le diamètre D3 de la section du fil 3.
- [0110] De préférence, le guide d'entrée 5 débouche sur la piste de guidage 34 à un premier azimut qui est situé en amont de l'azimut auquel se trouve l'organe de retenue 15 dans le sens d'arrivée du fil 3, et selon une première direction L5, dite « direction d'entrée » L5, qui est tangente à ladite piste de guidage 34, tandis que le guide de sortie 7 quitte la piste de guidage 34 à un azimut qui se trouve en aval de l'azimut auquel se trouve l'organe de retenue 15, et selon une seconde direction L7, dite « direction de sortie » L7, qui est tangente à la piste de guidage 34.
- [0111] Ici encore, cet agencement, considéré dans le plan de référence P0, normal à l'axe central Z34 de la piste de guidage 34, favorise le mouvement d'avance longitudinal du fil 3, tant pour entrer dans la boucle 13 que pour sortir de la boucle 13, et permet au fil 3 de réaliser un tour complet sur lui-même, pour former la boucle 13, et de se croiser sur lui-même dans un secteur de chevauchement 14 qui se situe au voisinage de, et de préférence en appui contre, l'organe de retenue 15.
- [0112] De préférence, le guide de sortie 7 quitte le réceptacle de guidage 11 selon une direction L7 dite « direction de sortie » L7 qui dévie de la direction L5 dite « direction d'entrée » L5, selon laquelle le guide d'entrée 5 débouche sur le réceptacle de guidage

11, d'un angle A_{5_7} dit « angle de déviation » A_{5_7} qui est compris entre zéro degré et 180 degrés, par exemple égal à 90 degrés.

- [0113] L'angle de déviation A_{5_7} pourra être choisi en fonction de l'implantation du compensateur 4 par rapport à la bobine 40 et à l'appareil 2. Un angle de déviation de zéro degré correspondra à un guide de sortie 7 placé dans l'alignement du guide d'entrée 5, de sorte que le fil 3 forme exactement un tour sur lui-même. Un angle de déviation de 180 degrés signifiera que le fil 3 ressort du compensateur 4 dans une direction parallèle mais de sens opposé à la direction selon laquelle il est entré, c'est-à-dire forme 1,5 tour sur lui-même et emprunte un guide de sortie 7 qui est diamétralement opposé au guide d'entrée 5. Un angle de déviation A_{5_7} de 90 degrés indique que le fil réalise 1,25 tour et est renvoyé en sortie du compensateur 4 à angle droit par rapport à sa direction d'entrée, tel que cela est illustré sur les figures 1, 2, 3 et 5.
- [0114] Ces valeurs, considérées dans le plan de référence P0, permettent avantageusement de créer et d'entretenir aisément une boucle 13 de fil qui couvre au moins un tour mais moins de deux tours, typiquement entre 1,1 tour et 1,5 tours, par exemple 1,25 tour comme indiqué plus haut.
- [0115] Bien entendu, l'invention concerne également en tant que tel tout appareil 2 pourvu d'un dispositif d'alimentation 1 selon l'invention.
- [0116] En particulier, l'invention concerne une imprimante tridimensionnelle qui est équipée d'un dispositif d'alimentation 1 selon l'invention pour assurer l'alimentation de ladite imprimante en un matériau thermoplastique se présentant sous forme d'un fil 3.
- [0117] Comme indiqué en préambule, ladite imprimante sera de préférence une imprimante de type « FDM » et comprendra une buse chauffante 50 permettant de faire fondre le fil 3 afin de déposer le matériau en couches successives sur un support, tel qu'un plateau.
- [0118] Ladite buse chauffante 50 pourra appartenir à une tête d'impression montée mobile par rapport au support, sous le contrôle d'un système de positionnement motorisé. De façon connue en soi, ladite tête d'impression embarquera de préférence un redresseur à poulies permettant de réduire voire supprimer la courbure du fil 3, suivi d'un entraîneur à rouleaux dentés qui tracte le fil 3 issu du compensateur 4 pour le forcer à passer à travers la buse chauffante 50, à la vitesse requise par le dépôt de matériau fondu.
- [0119] Bien entendu, l'invention n'est nullement limitée aux seules variantes de réalisation décrites dans ce qui précède, l'homme du métier étant notamment à même d'isoler ou de combiner librement entre elles les caractéristiques susmentionnées ou de leur substituer des équivalents.

Revendications

[Revendication 1]

Dispositif d'alimentation (1) destiné à acheminer vers un appareil (2), tel qu'une imprimante tridimensionnelle, un matériau qui se présente sous forme d'un fil (3), ledit dispositif d'alimentation étant caractérisé en ce qu'il est pourvu d'un compensateur (4) qui comporte :

- un guide d'entrée (5) qui permet au fil (3) de pénétrer dans le compensateur (4),
- un système d'entraînement (6) motorisé, qui est agencé pour propulser le fil (3) qui entre à travers le guide d'entrée (5) selon une vitesse longitudinale, dite « vitesse d'entrée » V_{in} , choisie,
- un guide de sortie (7) qui permet au fil de sortir du compensateur (4), à destination de l'appareil (2), sous l'effet d'un effort de traction longitudinale dit « traction d'appel » (T_{out}) qui est généré à la demande de l'appareil (2) et qui confère au fil (3) qui sort par le guide de sortie (7) une vitesse longitudinale dite « vitesse de sortie » (V_{out}),
- un réceptacle de guidage (11) qui délimite un espace évidé dit « espace de débattement » (12) à l'intérieur duquel le fil (3) issu du guide d'entrée (5) forme une boucle (13) sur lui-même avant de ressortir par le guide de sortie (7), de telle manière que la boucle (13) constitue une réserve de fil (3) et est apte à ajuster spontanément sa taille, tout en restant contenue à l'intérieur de l'espace de débattement (12), alternativement en se resserrant sur elle-même sous l'effet de la traction d'appel (T_{out}) afin de réduire son périmètre et ainsi libérer une partie de ladite réserve de fil à destination de l'appareil (2), lorsque la vitesse de sortie (V_{out}) résultant de ladite traction d'appel (T_{out}) excède la vitesse d'entrée (V_{in}), et à l'inverse en s'élargissant afin d'accroître son périmètre et ainsi reconstituer au moins une partie de ladite réserve de fil (3) lorsque le système d'entraînement (6) génère une vitesse d'entrée (V_{in}) qui excède la vitesse de sortie (V_{out}) et crée donc au sein du fil (3) entrant qui précède la boucle (13) un effort de poussée longitudinal, dit « poussée d'approvisionnement » (P_{in}), qui force ledit fil (3) entrant à rejoindre la boucle (13) et à accroître le périmètre de la boucle (13),
- un organe de retenue (15) qui est placé à l'intérieur du périmètre de la boucle (13), de manière à pouvoir limiter l'ampleur d'un déplacement d'ensemble de la boucle (13) au sein de l'espace de débattement (12), lorsque la boucle (13) subit une traction d'appel (T_{out}), tout en au-

torisant la boucle (13) à adapter librement sa taille, à l'intérieur de l'espace de débattement (12), en réponse aux écarts entre la vitesse de sortie (V_{out}) et la vitesse d'entrée (V_{in}),

- un système de régulation (20) qui commande le système d'entraînement (6) et qui comporte au moins un organe de mesure (21) permettant d'évaluer la taille de la boucle (13) présente au sein de l'espace de débattement (12), de sorte que ledit système de régulation (20) puisse ajuster la vitesse d'entrée (V_{in}) choisie en fonction de la taille de la boucle (13).

[Revendication 2] Dispositif selon la revendication 1 caractérisé en ce que l'organe de retenue (15) présente, en vis-à-vis de la face interne de la boucle (13), une surface de réception (15A) incurvée contre laquelle le fil (3) de la boucle (13) vient en appui sous l'effet de la traction d'appel (T_{out}), au moins lorsque la vitesse de sortie (V_{out}) résultant de ladite traction d'appel (T_{out}) excède la vitesse d'entrée (V_{in}), et en ce que la courbure de ladite surface de réception (15A) est de même signe que la courbure du fil (3) qui vient en appui contre ladite surface de réception (15A), mais présente un rayon de courbure qui est strictement inférieur au rayon de courbure du fil (3) qui vient en appui contre ladite surface de réception (15A).

[Revendication 3] Dispositif selon la revendication 1 ou 2 caractérisé en ce que l'organe de retenue (15) est formé par un pion cylindrique ou un rouleau, d'un diamètre compris entre 10 mm et 15 mm.

[Revendication 4] Dispositif selon l'une des revendications précédentes caractérisé en ce que l'organe de mesure (21) du système de régulation (20) comprend un bras suiveur (22) basculant qui est pourvu d'un passage de fil (23), par exemple formé par une paire de rouleaux (24), à travers lequel passe une portion de la boucle (13), de sorte qu'une variation de la taille de la boucle (13) entraîne un déplacement du bras suiveur (22) basculant, lequel déplacement est mesuré par un capteur (25), tel qu'une fourche optique.

[Revendication 5] Dispositif selon l'une des revendications précédentes caractérisé en ce que le réceptacle de guidage (11) comprend un premier flasque (30) et un second flasque (31), de préférence plans, qui bordent latéralement l'espace de débattement (12) afin de contenir la boucle (13) sensiblement à plat entre lesdits premier flasque (30) et second flasques (31).

[Revendication 6] Dispositif selon la revendication 5 caractérisé en ce que la distance

d'écartement (W12) entre le premier flasque (30) et le second flasque (31) est comprise entre 2,1 fois et 6 fois le diamètre (D3) de la section du fil (3), et/ou entre 6 mm et 20 mm.

- [Revendication 7] Dispositif selon l'une des revendications précédentes caractérisé en ce que le réceptacle de guidage (11) comprend une piste de guidage (34) de forme cylindrique de base circulaire, qui délimite l'espace de débatement (12) afin de contenir l'expansion radiale centrifuge de la boucle (13) dans la limite d'un diamètre (D34) maximal autorisé, tel que défini par ladite piste de guidage (34).
- [Revendication 8] Dispositif selon la revendication 7, caractérisé en ce que le diamètre (D34) de la piste de guidage (34) est compris entre 200 mm et 600 mm, de préférence entre 250 mm et 400 mm, par exemple égal à 300 mm.
- [Revendication 9] Dispositif selon l'une des revendications 5 ou 6 et l'une des revendications 7 ou 8 caractérisé en ce que la piste de guidage (34) forme une entretoise qui relie le premier flasque (30) au second flasque (31), et qui maintient entre lesdits premier flasque (30) et second flasque (31) une distance d'écartement (W12) égale à la largeur (W34) de ladite piste de guidage (34).
- [Revendication 10] Dispositif selon l'une des revendications 7 à 9 caractérisé en ce que le guide d'entrée (5) débouche sur la piste de guidage (34) à un premier azimut qui est situé en amont de l'azimut auquel se trouve l'organe de retenue (15) dans le sens d'arrivée du fil (3), et selon une première direction (L5), dite « direction d'entrée » (L5), qui est tangente à ladite piste de guidage (34), et en ce que le guide de sortie (7) quitte la piste de guidage (34) à un azimut qui se trouve en aval de l'azimut auquel se trouve l'organe de retenue (15), et selon une seconde direction (L7), dite « direction de sortie » (L7), qui est tangente à la piste de guidage (34).
- [Revendication 11] Dispositif selon l'une des revendications 7 à 10 caractérisé en ce que le guide d'entrée (5) débouche sur la piste de guidage (34) par une embouchure d'entrée (5A) et le guide de sortie (7) s'ouvre sur la piste de guidage (34) par une embouchure de sortie (7A), en ce que l'organe de retenue (15) est contenu dans un secteur angulaire (S15), considéré en azimut autour de l'axe central (Z34) de la piste de guidage (34), qui est compris entre l'embouchure d'entrée (5A) et l'embouchure de sortie (7A), en ce que ledit secteur angulaire (S15) s'étend sur moins de 30 degrés, préférentiellement sur moins de 20 degrés, plus préférentiellement sur moins de 10 degrés, par exemple sur 5 degrés, et en ce que l'organe de retenue (15) est contenu radialement à l'intérieur d'une

couronne fictive qui est centrée sur l'axe central (Z34) de la piste de guidage (34) et dont :

- le rayon interne représente entre 60 % et 85 % du rayon de la piste de guidage (34),
- et le rayon externe, strictement supérieur au rayon interne, représente entre 70 % et 97 % du rayon de la piste de guidage (34).

- [Revendication 12] Dispositif selon l'une des revendications précédentes caractérisé en ce que le guide de sortie (7) quitte le réceptacle de guidage (11) selon une direction (L7) dite « direction de sortie » (L7) qui dévie de la direction (L5) dite « direction d'entrée » (L5), selon laquelle le guide d'entrée (5) débouche sur le réceptacle de guidage (11), d'un angle dit « angle de déviation » (A_5_7) qui est compris entre zéro degrés et 180 degrés, par exemple égal à 90 degrés.
- [Revendication 13] Dispositif selon l'une des revendications précédentes caractérisé en ce que le matériau constitutif du fil (3) est un polymère possédant une dureté supérieure ou égale à 60 Shore A.
- [Revendication 14] Dispositif selon l'une des revendications précédentes caractérisé en ce qu'il comprend une bobine (40) qui est située en amont du système d'entraînement (6) motorisé et montée en libre rotation, et sur laquelle est stocké le fil (3) destiné à pénétrer dans le compensateur (4).
- [Revendication 15] Imprimante tridimensionnelle équipée d'un dispositif d'alimentation (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes pour assurer l'alimentation de ladite imprimante en un matériau thermoplastique se présentant sous forme d'un fil (3).

[Fig. 1]

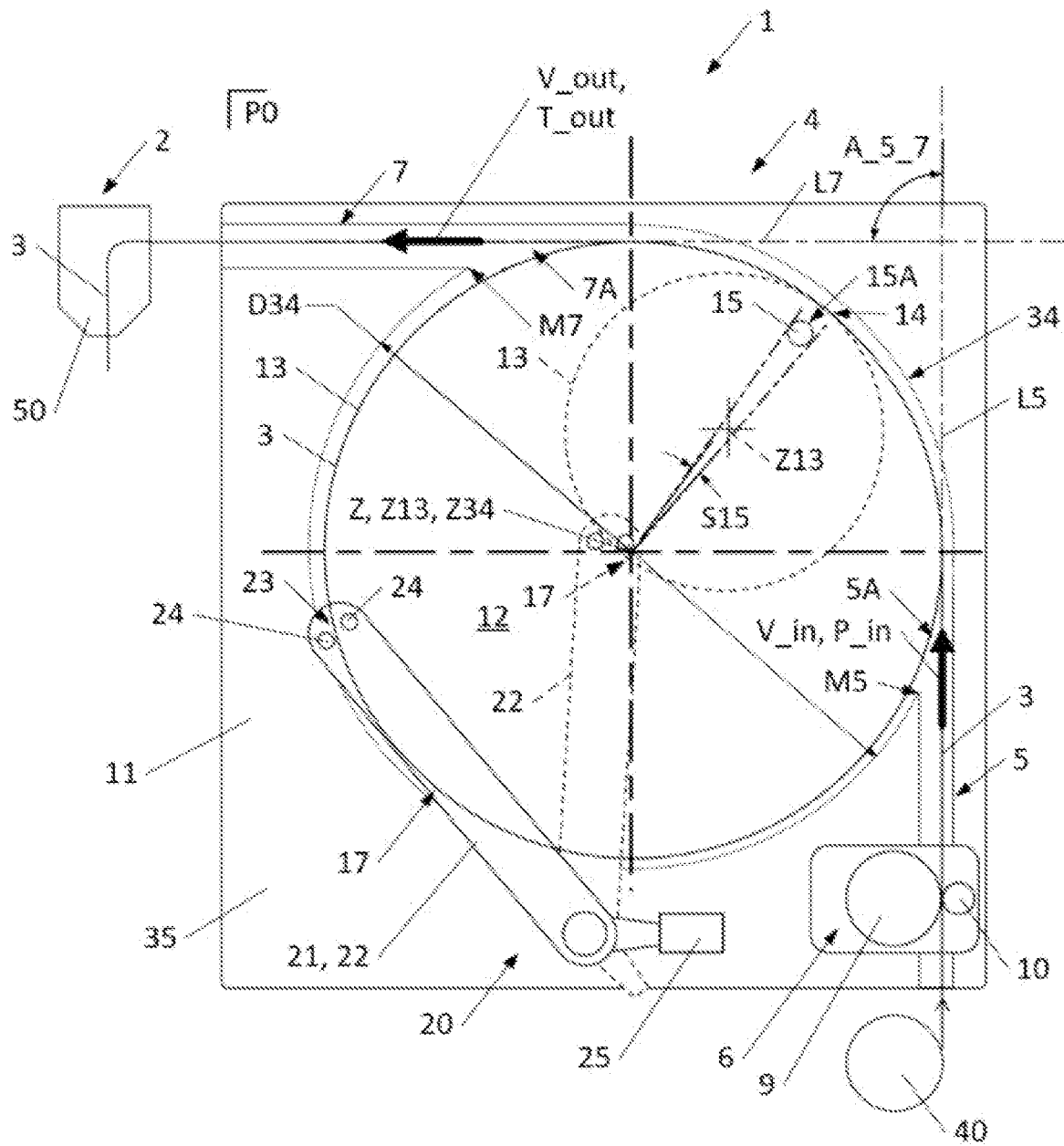
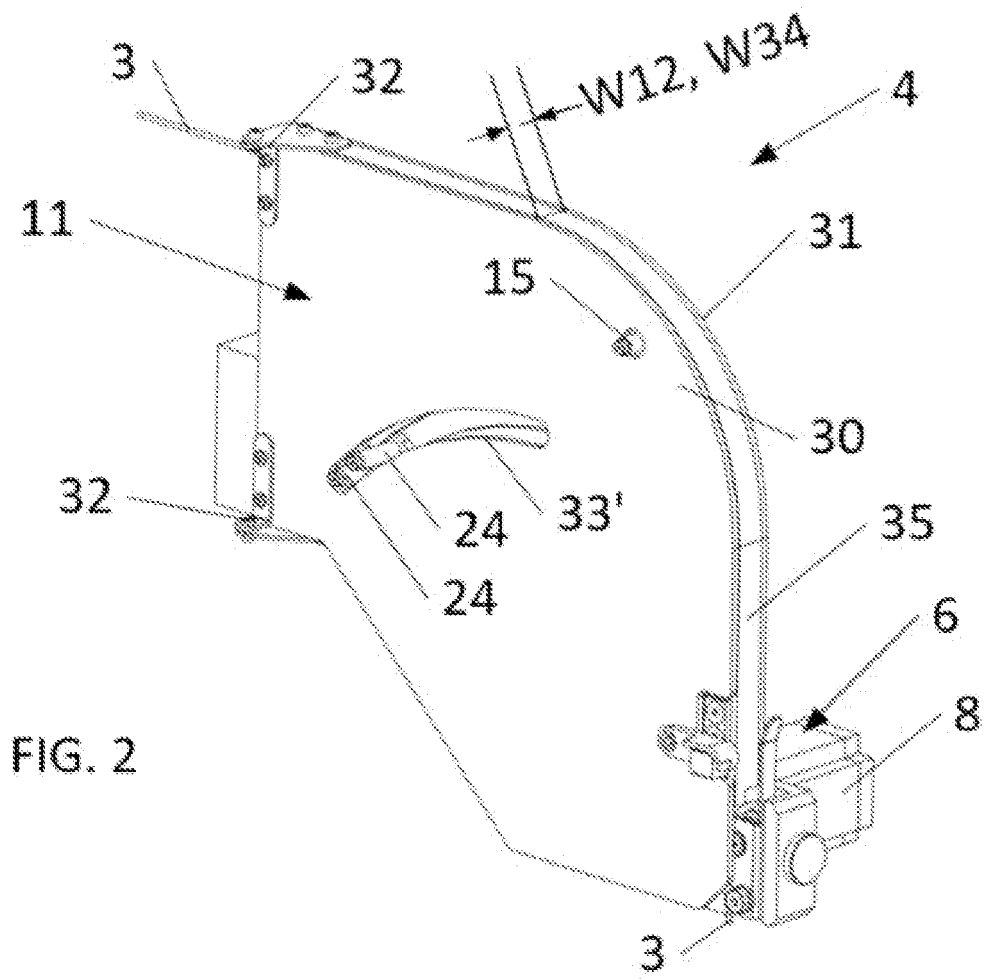
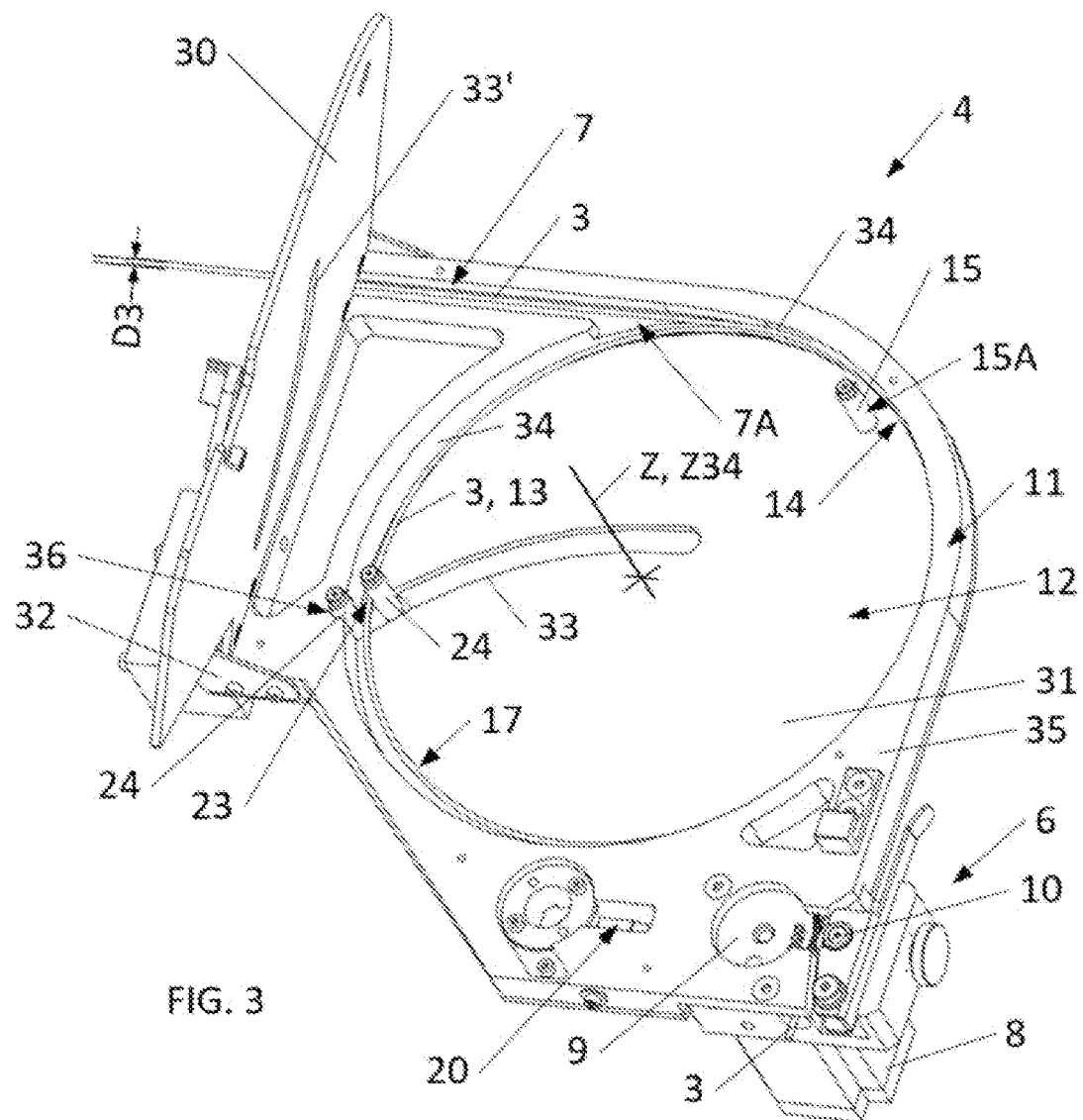


FIG. 1

[Fig. 2]



[Fig. 3]



[Fig. 4]

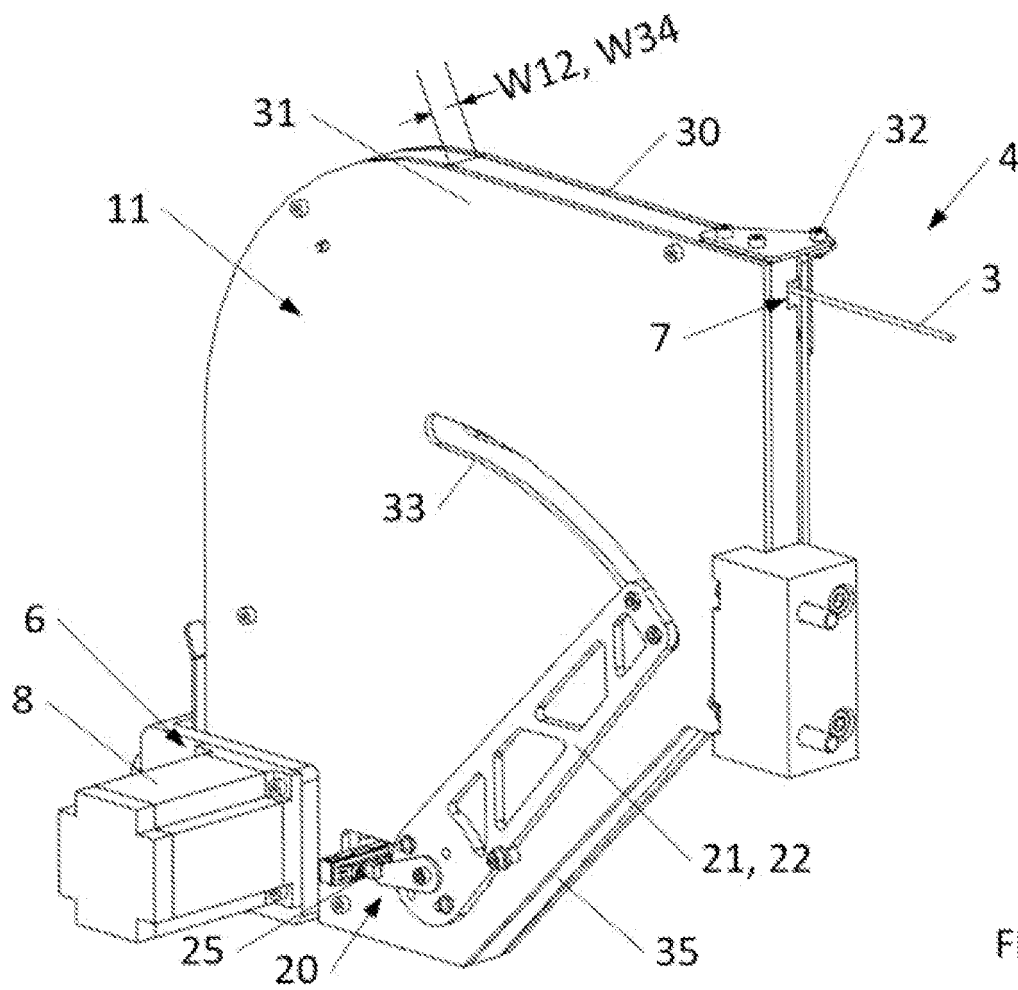


FIG. 4

[Fig. 5]

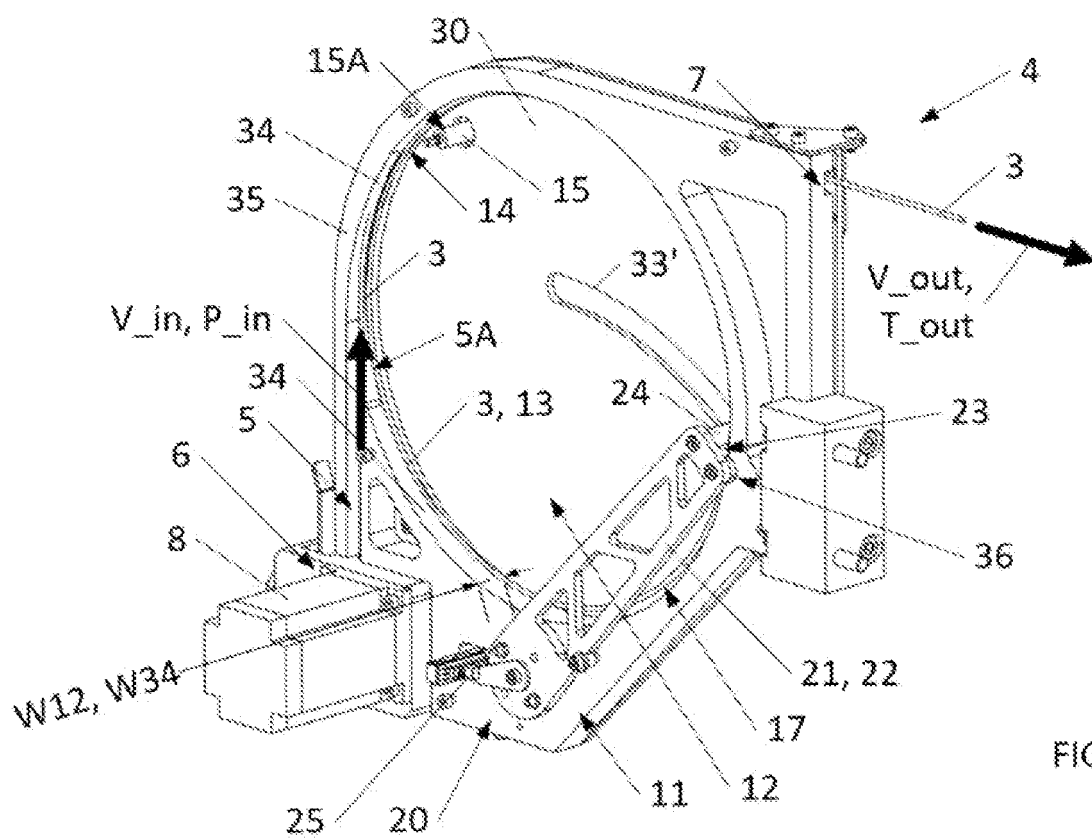


FIG. 5

RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 914533
FR 2214207

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	DE 43 20 405 A1 (FRAUNHOFER GES FORSCHUNG [DE]) 22 décembre 1994 (1994-12-22)	1-3, 5, 6, 9-15	B29C64/307 B29C64/118
A	* figures 1, 2 * * revendications 1-7, 13, 15, 17 * * colonne 2, lignes 28-49 * -----	4, 7, 8	B33Y30/00
X	EP 1 410 868 A2 (FRONIUS INT GMBH [AT]) 21 avril 2004 (2004-04-21)	1-3, 5, 6, 9-15	
A	* figure 8 * * revendications 1, 5, 6 * * alinéas [0010], [0028], [0052] * -----	4, 7, 8	
A	US 2020/139475 A1 (FORSETH TROND [NO] ET AL) 7 mai 2020 (2020-05-07)	1-15	
	* figures 2, 3, 7 * * revendication 1 * * alinéas [0020], [0025] * -----		
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			B29C B33Y C22C B22F B23K
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
13 juin 2023		Schmitt, Sebastian	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE **RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2214207 FA 914533**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.
 Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **13-06-2023**
 Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
DE 4320405	A1	22-12-1994	AUCUN	
EP 1410868	A2	21-04-2004	AT 299775 T	15-08-2005
			AT 411032 B	25-09-2003
			AT 411341 B	29-12-2003
			AT 446155 T	15-11-2009
			AU 1644301 A	04-06-2001
			DK 1253990 T3	14-11-2005
			EP 1253990 A1	06-11-2002
			EP 1410868 A2	21-04-2004
			ES 2333946 T3	03-03-2010
			US 6831251 B1	14-12-2004
			WO 0138034 A1	31-05-2001
US 2020139475	A1	07-05-2020	AU 2017294305 A1	24-01-2019
			CA 3029846 A1	11-01-2018
			CN 109689270 A	26-04-2019
			DK 3481581 T3	03-05-2021
			EA 201990024 A1	31-07-2019
			EP 3481581 A1	15-05-2019
			ES 2869896 T3	26-10-2021
			JP 7048570 B2	05-04-2022
			JP 2019521857 A	08-08-2019
			KR 20190038795 A	09-04-2019
			SG 11201811248Q A	30-01-2019
			US 2018009054 A1	11-01-2018
			US 2020139475 A1	07-05-2020
			WO 2018007028 A1	11-01-2018