(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

COURBEVOIE

(11) **N° de publication :** ***3 138 337***

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

(21) **N° d'enregistrement national :** **22 07851**

(51) Int Cl[8] : ***B 23 Q 1/25*** *(2022.01), B 25 J 18/04*

(12) **BREVET D'INVENTION** **B1**

(54) MACHINE-OUTIL.

(22) **Date de dépôt :** 29.07.22.

(30) **Priorité :**

(43) **Date de mise à la disposition du public de la demande :** 02.02.24 Bulletin 24/05.

(45) **Date de la mise à disposition du public du brevet d'invention :** 30.08.24 Bulletin 24/35.

(56) **Liste des documents cités dans le rapport de recherche :**

Se reporter à la fin du présent fascicule

(60) **Références à d'autres documents nationaux apparentés :**

◯ **Demande(s) d'extension :**

(71) **Demandeur(s) :** *COMAU FRANCE SASU* — FR.

(72) **Inventeur(s) :** BASELGA Vincent.

(73) **Titulaire(s) :** COMAU FRANCE SASU.

(74) **Mandataire(s) :** COLBERT INNOVATION TOULOUSE.

FR 3 138 337 - B1

Description

Titre de l'invention : MACHINE-OUTIL

[0001] DOMAINE D'APPLICATION DE L'INVENTION

[0002] La présente invention a trait au domaine des machines-outils notamment d'usinage et plus particulièrement aux adaptations des structures cinématiques des machines-outils mises en œuvre pour des opérations requérant une grande rigidité.

[0003] DESCRIPTION DE L'ART ANTERIEUR

[0004] Parmi les structures articulées susceptibles d'être exploitées pour la mise en mouvement d'une broche portant un outil d'usinage, il existe des structures articulées appelées bras articulés très connus dans le domaine de la robotique.

[0005] Présentant de nombreux avantages, ces structures ont néanmoins pour inconvénients de ne pas présenter la rigidité et la précision requises pour certains usinages.

[0006] Pour les résoudre, la demanderesse a imaginé la structure proposée dans le document EP3487667 qui décrit une machine-outil d'usinage comprenant une structure cinématique mettant en mouvement une électro-broche selon un plan perpendiculaire à l'axe de l'électro-broche et remarquable en ce que ladite structure cinématique est une structure articulée comprenant deux bras articulés par rapport à une platine selon des axes de rotation parallèles à l'axe de l'électro-broche la deuxième extrémité du deuxième bras accueillant l'électro-broche, la translation de la pièce à usiner vers l'outil de l'électro-broche selon un mouvement linéaire parallèle à l'axe de l'électro-broche étant assurée par un module support de pièce ou par un module support de la platine.

[0007]] Cette architecture de machine-outil est particulièrement avantageuse en ce qu'elle propose une structure articulée à deux bras pour mettre en œuvre les mouvements de l'électro-broche selon le plan perpendiculaire à l'axe de rotation de l' électro broche. Une structure articulée formée de deux bras pivotants est plus simple et moins onéreuse à mettre en œuvre que les structures empilées classiques.

[0008] Le seul mouvement selon un axe linéaire est celui mis en œuvre lors de la translation relative entre la pièce et l'outil parallèle à l'axe de l'électro-broche, ce qui correspond au mouvement dit de plongée.

[0009] Ce mouvement de plongée est mis en œuvre soit par un module de mise en mouvement associé au module porte-pièce, et alors la platine est fixe en translation, soit par un module de mise en mouvement associé à la platine et alors la pièce est fixe en translation lors des usinages.

[0010] L'invention constituait ainsi le résultat non seulement d'une diminution du nombre d'axes de déplacement des structures articulées multiaxes de type robot mais également d'une sélection et d'une répartition entre des axes de positionnement mis en œuvre par la structure articulée et un axe de travail mis en œuvre par le mouvement en

translation. La structure cinématique proposée ne présentait donc pas de mises en mouvement redondantes.

[0011] La diminution du nombre d'axes de mouvement permettait d'économiser les moyens de mise en mouvement associés et de diminuer l'incertitude de positionnement.

[0012] Ce n'était pas la structure articulée qui réalise les efforts d'usinage axiaux (perçage, taraudage, etc..), mais l'axe sous la pièce ou la platine.

[0013] L'utilisation d'une structure articulée permettait en outre d'agrandir la fenêtre dans laquelle un usinage peut être réalisé. De plus, une structure articulée peut réaliser des mouvements à l'extérieur de ladite fenêtre et rend plus facile une pluralité d'opérations telles :

[0014] le changement d'outil,

[0015] la maintenance,

[0016] la réalisation d'un usinage dans une zone différente,

[0017] le dégagement en repli de l'unité d'usinage afin de charger ou de décharger une pièce volumineuse,

[0018] etc...

[0019] Cette configuration de machine-outil est ouverte et sa zone d'accès est plus vaste, ce qui apporte une grande flexibilité dans :

[0020] le positionnement du magasin d'outil,

[0021] l'intégration du magasin d'outil,

[0022] le positionnement du point de changement d'outil,

[0023] le choix de la façon de changer d'outil,

[0024] le positionnement de la platine,

[0025] la juxtaposition de plusieurs machines-outils conformes à l'invention,

[0026] les possibilités d'accueil d'un chariot robotisé capable d'intervenir dans la zone d'usinage ou au plus près de cette dernière et portant un outillage permettant de réaliser différentes fonctions.

[0027] Une telle configuration permettait en effet de définir de nouvelles zones alors que l'électro-broche d'une machine-outil classique se déplace classiquement dans sa zone d'usinage. La structure articulée de la machine-outil de l'invention permettait à l'électro-broche d'aller au-delà ou en dehors de la zone d'usinage.

[0028] Cette sélection dans les articulations et les courses limite néanmoins l'utilisation et donc l'exploitation commerciale d'une telle machine-outil.

[0029] Un autre document EP3310528 décrit une machine-outil pour usiner une pièce, comprenant un bras de broche ayant une broche pour recevoir un outil ou la pièce, le bras de broche étant fixé de manière mobile à une partie de réception de bras de broche agencée sur un bâti de machine ; dans lequel le bras de broche comprend : une première section de bras de broche, qui est conçue comme un élément longitudinal et

peut être tournée autour d'un premier axe de rotation par rapport à la section de réception de bras de broche et est articulée sur la section de réception de bras de broche ; une deuxième section de bras de broche, conçue comme un élément longitudinal et pouvant tourner par rapport à la première section de bras de broche autour d'un deuxième axe de rotation, qui est liée à la première section de bras de broche ; la section de réception de bras de broche comprenant : une première sous-section et une seconde sous-section espacées sur le bâti de machine pour recevoir le bras de broche, la première sous-section de la section de réception de bras de broche ayant un premier entraînement sollicité pour transmettre un premier couple à la première section de bras de broche ; dans lequel la première section de bras de broche comprend : une première sous-section et une seconde sous-section espacées sur la section de réception de bras de broche pour recevoir la seconde section de bras de broche, la première sous-section de la première section de bras de broche ayant un second entraînement pour transmettre un deuxième couple à la deuxième section de bras de broche.

[0030] Ce document ne décrit pas comment peuvent être atteintes la rigidité et la précision requises pour la qualité de certains usinages. Comme pour le document précédent il est connu que l'utilisation de double palier pour chaque liaison pivot contribue à cet objectif. Néanmoins, la recherche de transmission d'un couple décrite peut contrevenir à l'atteinte de la raideur nécessaire à l'obtention de la précision recherchée.

[0031] De plus, comme pour le document précédent, le nombre d'axes d'articulation et de déplacements est limité.

[0032] Un autre document EP3290163 décrit une machine-outil pour usiner une pièce et un ensemble porte-broche à utiliser sur une telle machine-outil. La machine-outil comprend un bâti de machine, une section de serrage disposée sur le bâti de machine pour serrer une pièce sur la machine-outil, une section de réception de bras pivotant disposée sur le bâti de machine, un premier bras pivotant monté pivotant sur la section de réception de manière à pouvoir pivoter autour d'un premier axe de rotation, un deuxième bras de pivotement monté pivotant autour d'un deuxième axe de rotation, un bras de support de broche monté sur le deuxième bras de pivotement de sorte qu'il peut tourner autour d'un troisième axe de rotation, une tête de fraisage montée sur le bras de support de broche de sorte qu'elle puisse tourner autour d'un quatrième axe de rotation, et une broche de travail maintenue sur la tête de fraisage pour recevoir un outil, le troisième axe de rotation étant orienté perpendiculairement ou transversalement au quatrième axe de rotation.

[0033] Bien que moins limitée dans ses possibilités de déplacement, il apparaît que la disposition des différents sous-ensembles de cette machine-outil et leur dimensionnement conduisent à une structure déséquilibrée moins rigide et moins précise que ce qui pourrait être obtenu et donc non exploitable pour la réalisation économique de certains

usinages.

[0034] BREVE DESCRIPTION DE L'INVENTION

[0035] La demanderesse a mené des recherches visant à proposer une machine-outil notamment d'usinage avec bras articulé présentant des caractéristiques optimisées.

[0036] La machine-outil de l'invention comprend un bâti et au moins un module de positionnement d'une broche de travail tournante, ledit module de positionnement assurant la mise en mouvement de la broche de travail tournante par rapport au bâti fixe en mettant en œuvre les liaisons suivantes :

[0037] - une liaison glissière pour un mouvement en translation horizontale selon un premier axe d'un chariot par rapport au bâti,

[0038] - une première liaison pivot pour un mouvement en rotation selon un deuxième axe parallèle au premier d'un premier bras par rapport au chariot,

[0039] - une deuxième liaison pivot pour un mouvement de rotation selon un troisième axe parallèle aux deux premiers d'un deuxième bras par rapport au premier bras,

[0040] - une troisième liaison pivot pour un mouvement de rotation selon un quatrième axe compris dans un plan perpendiculaire aux trois premiers axes,

[0041] - une quatrième liaison pivot pour un mouvement de rotation d'un support de broche de travail tournante selon un cinquième axe perpendiculaire au quatrième axe,

[0042] la mise en œuvre des liaisons pivots selon le quatrième axe et le cinquième axe étant réalisé par un sous-ensemble nommé poignet,

[0043] la broche de travail tournante assurant la mise en mouvement en rotation d'un outil selon un sixième axe perpendiculaire au cinquième axe.

[0044] Cette machine-outil est remarquable en ce que les liaisons pivots sur le deuxième axe, le troisième axe et le cinquième axe sont mises en œuvre par deux paliers chacune : un palier principal et un palier secondaire de reprise éloignés l'un de l'autre,

[0045] le quatrième axe de la troisième liaison pivot est positionné dans un plan médian défini entre les deux paliers guidant la rotation de la liaison pivot selon le troisième axe,

[0046] ces liaisons pivots faisant l'objet chacune d'une motorisation intégrant un moto-réducteur composé d'un moteur et d'un réducteur,

[0047] les masses des différents composants étant définies et réparties de sorte que du fait du porte-à-faux formé, les réducteurs des motorisations des première et deuxième liaisons pivots soient en précharge,

[0048] la machine-outil étant commandée par une unité de commande traitant pour chaque axe des liaisons pivots, une boucle d'asservissement de positions fonctionnant en boucle fermée,

[0049] chaque axe des liaisons pivots comprenant deux systèmes de mesure et dont le retour de mesure de position de la boucle fermée de l'asservissement de positions est assuré

par un codeur de position disposé après le réducteur,

[0050] le sixième axe de rotation de l'outil se déplaçant dans un plan de déplacement passant par le quatrième axe de la troisième liaison pivot

[0051] Ces caractéristiques sont mises en œuvre en association avec un dimensionnement des différents sous-ensembles garantissant une grande rigidité. Pour atteindre cet objectif, selon une caractéristique de l'invention, les différents sous-ensembles sont dimensionnés pour atteindre une raideur statique supérieure à 10 N/µm (raideur statique de maintien entre la broche de travail tournante et le bâti). Pour information, la raideur statique d'un robot comprenant une cinématique sérielle articulée est inférieure à 1 N/µm.

[0052] Ainsi,

[0053] ce dimensionnement mécanique,

[0054] les paliers de reprise sur les deuxième, troisième et cinquième axes rotatifs,

[0055] les deux systèmes de mesure par axe,

[0056] la combinaison de l'axe linéaire, des deux bras articulés, portant deux axes rotatifs formant un poignet,

[0057] qui permettent:

[0058] une réduction de la longueur des bras,

[0059] une raideur maximale des motoréducteurs grâce à la précharge assurée par le poids des équipements montés en porte-à faux dans la zone de travail ;

[0060] procurent une dynamique à la transmission entre le moteur et les parties mobiles sur les deuxième et troisième axes telle que la régulation de position peut être assurée avec un retour de position mesuré par un deuxième codeur, directement et uniquement sur la partie mobile après le réducteur, en ménageant une marge de stabilité qui autorise un gain de position suffisamment élevé pour réaliser un suivi de trajectoire optimum.

[0061] Une telle conception permet, au niveau de la broche de travail tournante d'atteindre :

[0062] une raideur statique supérieure à 10 N/µm dans le volume de travail accessible entre l'outil et le bâti,

[0063] une qualité de travail améliorée,

[0064] une précision de positionnement améliorée,

[0065] Des capacités de perçage et fraisage dans de l'aluminium améliorées.

[0066] Une telle conception de machine-outil permet en outre d'atteindre un jerk (dérivée du vecteur accélération par rapport au temps - soit la dérivée troisième par rapport au temps du vecteur position) élevé sur la trajectoire de positionnement à savoir 100 m / s^3 .

[0067] L'intégration du deuxième codeur à la boucle de positionnement, associée à un jerk élevé, est rendue possible par la raideur élevée obtenue par la structure, caractéristique impérative pour atteindre une qualité et une précision élevée pour l'opération à

réaliser.

[0068] La raideur de cinématique importante rend possible le positionnement du codeur de la boucle d'asservissement de position sur la partie mobile après le réducteur. L'orientation des bras dans la zone de travail est prévue pour générer une précharge sur le réducteur associé à la première liaison pivot d'autant plus forte, et ainsi augmenter sa rigidité, que l'inertie rapportée à l'axe est importante. Cela a pour effet de conserver un rapport entre rigidité et inertie constant et élevé, qui assure des performances optimales de l'asservissement de position dans toute la zone de travail.

[0069] En outre, ces performances permettent de se rapprocher le plus possible du modèle théorique ou transformée que peut calculer l'outil mathématique ou logiciel intégré dans l'unité de commande de la machine-outil. L'utilisation de cette transformée de la commande numérique permet de simplifier/supprimer les réglages mécaniques des géométries des différents axes.

[0070] Selon une autre caractéristique particulièrement avantageuse de l'invention, la machine-outil comprend des câbles et tuyaux d'amenée des énergies nécessaires jusqu'à la broche de travail tournante, le deuxième bras et le poignet étant ménagés d'une âme creuse afin de les accueillir.

[0071] Cette caractéristique permet de protéger les câbles et tuyaux d'une pollution par les copeaux ou liquide de coupe et limite le risque d'interférence avec le montage porte-pièce et/ou avec la pièce à travailler.

[0072] Selon une autre caractéristique particulièrement avantageuse de l'invention, la machine-outil comprend sur le quatrième axe et le cinquième axe de rotation, des moyens d'enroulement des câbles et tuyaux évitant lors des mouvements leur torsion de sorte que ceux-ci ne travaillent qu'en flexion, améliorant ainsi leur durabilité.

[0073] Selon une autre caractéristique particulièrement avantageuse de l'invention, le sous-ensemble nommé poignet forme un ensemble avec la broche de travail tournante, ensemble qui vient s'introduire et se fixer dans le deuxième bras au moyen d'un flasque d'interface de sorte que ledit ensemble puisse être facilement monté, démonté et extrait du reste de la machine réduisant la durée des opérations de maintenance.

[0074] Cette fonction poignet inclut aussi les câbles et tuyaux d'amenée des énergies à partir de la chaîne porte câble du chariot mobile en translation selon le premier axe.

[0075] Ce deuxième bras est de section suffisante pour contenir le système d'enroulement de câbles et permettre le changement de diamètre desdits enroulements de câbles.

[0076] Selon une autre caractéristique particulièrement avantageuse de l'invention, l'âme creuse du deuxième bras accueille un arbre d'enroulement et une chemise concentrique définissant un volume d'enroulement d'une gaine unique regroupant des câbles et tuyaux, le rayon de courbure des câbles et tuyaux dans le volume d'enroulement évoluant selon l'angle de rotation du poignet selon le quatrième axe.

[0077] Selon une autre caractéristique particulièrement avantageuse de l'invention, le sous-ensemble poignet est équipé de deux paliers pour mettre en œuvre la liaison pivot selon le cinquième axe et entre lesquels évolue en rotation la broche de travail tournante, un premier palier accueillant un motoréducteur traversé axialement par un joint tournant, pour l'alimentation en énergie hydraulique et pneumatique de la broche de travail tournante.

[0078] Selon une autre caractéristique particulièrement avantageuse de l'invention, le deuxième palier du sous-ensemble poignet guide en rotation une partie tournante solidaire de la broche de travail tournante et équipée d'un dispositif d'enroulement pour les câbles et tuyaux nécessaires à l'alimentation en énergie électrique et pour la lubrification de sorte que le rayon de courbure desdits câbles et tuyaux varie en fonction de la position angulaire de la broche de travail tournante selon le cinquième axe.

[0079] Selon une autre caractéristique particulièrement avantageuse de l'invention, le premier bras comprend entre le deuxième axe et le troisième axe de rotation un volume concave permettant une course angulaire augmentée du deuxième bras qui peut venir se loger dans cette concavité en position repliée. Cette conception apporte une grande compacité au module de positionnement en position repliée libérant ainsi l'espace disponible pour le chargement/déchargement/transfert des pièces et optimisant l'empreinte au sol de la machine (surface occupée au sol réduite).

[0080] Selon une autre caractéristique particulièrement avantageuse de l'invention, ledit premier bras comprend deux extrémités, une première extrémité traversée par le deuxième axe de rotation et une deuxième extrémité traversée par le troisième axe de rotation, le volume concave démarrant de l'extrémité basse et étant défini de sorte qu'en position repliée, ce volume concave évite que la partie arrière de la broche de travail tournante ne bute contre le premier bras.

[0081] La broche tournante peut être en saillie en arrière par rapport au cinquième axe de rotation sans que la rotation selon cet axe ne soit gênée en position repliée.

[0082] Selon une autre caractéristique particulièrement avantageuse de l'invention, les paliers supportant le deuxième axe et le troisième axe sont symétriques. Cette conception autorise une implantation soit à droite, soit à gauche, des motoréducteurs de ces axes. Elle présente l'avantage d'une réduction de l'encombrement sur une des faces latérales du module de positionnement. Il est ainsi possible de choisir les versions des modules de positionnement (encombrement réduit sur l'une ou l'autre des faces latérales) en fonction des contraintes d'implantation de la machine. Cet avantage est particulièrement intéressant dans une configuration de machine-outil à deux unités de travail, partageant la même glissière. Il permet d'avoir une distance minimale sur le premier axe entre les deux unités, grâce à l'implantation ''extérieure'' des motoré-

ducteurs.

[0083] Cette conception symétrique peut également permettre d'intégrer une motorisation complémentaire ou un système d'équilibrage en vis-à-vis de la motorisation principale de l'axe, dans le but d'augmenter les capacités d'usinage, de réduire la consommation d'énergie ou d'augmenter la durée de vie des composants (tels les réducteurs).

[0084] Selon une autre caractéristique particulièrement avantageuse de l'invention, le deuxième bras est préformé de sorte que le quatrième axe de rotation est sécant perpendiculairement avec le cinquième axe de rotation et non sécant avec le troisième axe de rotation. En éloignant vers l'extérieur le quatrième axe du troisième, l'encombrement du module de positionnement en position repliée est optimisé. En éloignant le quatrième axe, la rigidité des deux bras est améliorée en évitant un trop grand évidement dans le premier bras tout en gardant un deuxième bras de grande dimension pour intégrer le système d'enroulement de câble.

[0085] Selon une autre caractéristique particulièrement avantageuse de l'invention, ledit premier bras comprend deux extrémités, une première extrémité traversée par le deuxième axe de rotation et une deuxième extrémité traversée par le troisième axe de rotation, ladite deuxième extrémité étant équipée de deux paliers pour guider en rotation selon le troisième axe le deuxième bras,

[0086] ledit deuxième bras comprend deux extrémités, une première extrémité traversée par le troisième axe de rotation et une deuxième extrémité accueillant le sous-ensemble dit poignet,

[0087] la première extrémité du deuxième bras étant préformée pour être accueillie entre les deux paliers équipant la deuxième extrémité du premier bras.

[0088] Selon une autre caractéristique particulièrement avantageuse de l'invention, ledit premier bras comprend deux extrémités, une première extrémité traversée par le deuxième axe de rotation et une deuxième extrémité traversée par le troisième axe de rotation,

[0089] ledit deuxième bras comprend deux extrémités, une première extrémité traversée par le troisième axe de rotation et une deuxième extrémité accueillant le sous-ensemble dit poignet,

[0090] la première extrémité du deuxième bras étant équipée de deux paliers pour guider en rotation selon le troisième axe le deuxième bras, lesdits deux paliers étant écartés de façon à venir de part et d'autre de la deuxième extrémité du premier bras.

[0091] Cette dernière configuration permet d'envisager plus facilement la caractéristique suivante à savoir que la deuxième extrémité du premier bras traversée par le troisième axe de rotation est équipée de deux paliers pour guider en rotation selon le troisième axe le deuxième bras, le motoréducteur étant disposé entre les deux paliers de la deuxième extrémité du premier bras.

[0092] La disposition entre paliers du motoréducteur apporte une meilleure compacité car ce dernier ne dépasse pas alors du volume de la structure articulée. De plus, le motoréducteur est alors mieux protégé.

[0093] Selon une autre caractéristique particulièrement avantageuse de l'invention, la translation selon le premier axe est motorisée selon l'une des technologies suivantes :

[0094] - au moyen d'un moteur linéaire,

[0095] - au moyen d'une motorisation à vis à billes,

[0096] - au moyen d'une crémaillère.

[0097] La combinaison préférée de motoréducteurs pour les axes rotatifs et d'un moteur linéaire pour l'axe de translation :

[0098] -permet une course sur le premier axe très importante et modulaire

[0099] - autorise le travail sur des pièces de grande longueur

[0100] - Donne la possibilité d'intégrer plusieurs modules de travail pour travailler sur une même pièce de grande longueur et/ou sur plusieurs postes de travail distincts.

[0101] Selon une autre caractéristique particulièrement avantageuse de l'invention, ledit bâti est préformé de façon à accueillir deux rails horizontaux disposés parallèlement au premier axe de déplacement en translation et décalés en hauteur, ledit chariot étant préformé pour coopérer avec lesdits rails.

[0102] Selon une autre caractéristique particulièrement avantageuse de l'invention, la translation selon le premier axe est motorisée au moyen d'un moteur linéaire et ledit bâti comprend une surface plane verticale d'axe longitudinal parallèle aux rails et destinée à accueillir la partie secondaire du moteur linéaire, ladite surface plane étant disposée plus haut que lesdits rails et décalée latéralement,

[0103] ledit chariot étant préformé pour accueillir la partie primaire du moteur linéaire.

[0104] Selon une autre caractéristique particulièrement avantageuse de l'invention, le bâti accueille des éléments de guidage et de motorisation selon le premier axe et est conçu en unités de longueur juxtaposables et démontables de façon à

[0105] - faciliter le transport,

[0106] - réduire les couts de transport,

[0107] - être adaptable en fonction des besoins des clients ou des pièces à travailler.

[0108] La position du support de la pièce à travailler par rapport au bâti est configurable.

[0109] De plus, la géométrie du bâti canalise les copeaux/effluents en partie frontale, facilitant leur extraction.

[0110] Le positionnement des rails, du moteur et de la règle permet, pour le premier axe, de se dispenser des cartérisations d'usage de la cinématique, de la glissière et du système de mesure linéaire.

[0111] La machine-outil de l'invention présente une réduction d'impact environnemental de par :

[0112] sa compacité,

[0113] la réduction des masses en général et plus particulièrement des masses en mouvement,

[0114] la suppression du besoin de lavage du bâti par optimisation des évacuations des copeaux.

[0115] Bien que l'usinage par enlèvement de copeaux constitue l'application envisagée en premier lieu pour la mise en œuvre de la machine-outil de l'invention, elle peut également être utilisée pour d'autres opérations, telles :

[0116] – le soudage par friction,

[0117] – l'usinage par abrasion,

[0118] – etc…

[0119] De même, sur la base de la même architecture mais sans mettre en œuvre une broche tournante, d'autres applications sont envisagées, telles :

[0120] – la fabrication additive ou impression 3D,

[0121] – l'usinage par jet d'eau,

[0122] – l'électroérosion,

[0123] – l'usinage ou la découpe par faisceau laser,

[0124] – etc…

[0125] Les concepts fondamentaux de l'invention venant d'être exposés ci-dessus dans leur forme la plus élémentaire, d'autres détails et caractéristiques ressortiront plus clairement à la lecture des exemples non limitatifs de modes de réalisation de machine-outil conformes à l'invention.

Brève description des dessins

[0126] La [Fig.1] est un dessin schématique d'une vue générale en perspective d'un mode de réalisation d'une machine-outil d'usinage conforme à l'invention ;

[0127] La [Fig.2] est un schéma cinématique de la machine-outil de l'invention

[0128] La [Fig.3] est un dessin schématique d'une vue en perspective du module de positionnement dans une position déployée;

[0129] La [Fig.4] est un dessin schématique d'une vue de côté en perspective du module de positionnement dans une position repliée;

[0130] La [Fig.4a] est un dessin schématique d'une vue de dessous en perspective du module de positionnement dans une position repliée;

[0131] La [Fig.5] est un dessin schématique d'une vue en coupe selon un plan de coupe passant par les deuxième et troisième axes du premier bras;

[0132] La [Fig.6] est un schéma explicatif du fonctionnement d'un asservissement de position mis en œuvre par la machine-outil de l'invention ;

[0133] La [Fig.7] est un dessin schématique d'une vue de dessus en coupe du deuxième

bras ;

[0134] La [Fig.8] est un dessin schématique d'une vue en perspective de l'ensemble poignet et broche de travail tournante ;

[0135] La [Fig.9] est un dessin schématique d'une vue de détail en coupe selon un plan de coupe passant par le cinquième et le sixième axe de l'extrémité libre du module de positionnement ;

[0136] La [Fig.10] est un dessin schématique d'une vue en perspective d'une variante du deuxième bras ;

[0137] La [Fig.11] est un dessin schématique d'une vue en perspective d'une variante de motorisation du premier bras ;

[0138] La [Fig.12] est un dessin schématique d'une vue en perspective d'une configuration de machine-outil comportant plusieurs modules de positionnement sur un même bâti.

[0139] DESCRIPTION DES MODES PREFERES DE REALISATION

[0140] Comme illustrée par la [Fig.1], la machine-outil d'usinage référencée M dans son ensemble comprend un bâti 100 et un module de positionnement P d'une broche de travail tournante ici constituée par une électro-broche 200 portant un outil 210.

[0141] Un sous-ensemble porte-pièce B est positionné devant le bâti 100 et est associé à un sous ensemble de récupération et d'évacuation des copeaux C. Un opérateur O peut interagir avec le sous-ensemble porte-pièce.

[0142] La [Fig.2] illustre les liaisons cinématiques mises en œuvre par la machine-outil M. Les figures 3 et 4 illustrent le module de positionnement P seul.

[0143] Comme illustré, ledit module de positionnement P est une structure articulée qui assure la mise en mouvement de l'outil 210 par rapport au bâti fixe 100 en mettant en œuvre une pluralité de liaisons sur six axes numérotés de A1 à A6.

[0144] Pour ce faire, le module de positionnement P comprend un chariot 300 supportant des bras articulés 400 et 500 à l'extrémité duquel évolue un sous-ensemble formant poignet 600 accueillant l'électro-broche 200.

[0145] Plus précisément, le module de positionnement P met en œuvre les liaisons décrites ci-après.

[0146] Le chariot 300 est en liaison glissière avec le bâti 100 pour un mouvement en translation horizontale selon un premier axe A1. La mise en mouvement est motorisée au moyen d'un moteur linéaire 110.

[0147] Le bâti 100 est préformé de façon à accueillir deux rails horizontaux 120 et 130 disposés parallèlement au premier axe A1 de déplacement en translation et décalés en hauteur. Ledit chariot 300 est préformé et équipé de patins 310 de guidage pour coopérer avec lesdits rails 120 et 130 afin de mettre en œuvre la liaison glissière selon l'axe A1. Le bâti 100 comprend une surface plane verticale 140 d'axe longitudinal parallèle aux rails 120 et 130 et destinée à accueillir la partie secondaire 112 du moteur

linéaire 110. Ladite surface plane 140 est disposée plus haut que lesdits rails 120 et 130 et est décalée latéralement.

[0148] Ledit chariot 300 est préformé pour accueillir la partie primaire 111 (cf. [Fig.4a]) du moteur linéaire 110.

[0149] Une telle disposition décalée et surélevée a pour avantage de rapprocher le moteur 110 du centre de gravité du module de positionnement P.

[0150] Le chariot 300 est préformé pour guider en rotation selon un axe A2 parallèle à l'axe A1 le premier bras 400. Pour ce faire, il comprend deux paliers symétriques 320 et 330 entre lesquels tourne une première extrémité 410 du premier bras 400.

[0151] Le premier bras 400 est lui-même préformé au niveau de sa deuxième extrémité 420 de deux paliers symétriques 430 et 440 pour guider en rotation selon un axe A3 parallèle aux axes A1 et A2 le deuxième bras 500. Une première extrémité 510 dudit deuxième bras 500 s'intercale entre les deux paliers. 430 et 440. Ce premier bras 400 comprend entre l'axe A2 et l'axe A3, un volume concave 450 permettant une course angulaire augmentée du deuxième bras 500 qui peut venir se loger dans cette concavité dans la position repliée illustrée par la [Fig.4]. En outre, le volume concave 450 démarre de l'extrémité basse 410 et est défini de sorte qu'en position repliée, ce volume concave évite que la partie arrière de l'électro-broche 200 ne bute contre le premier bras 400 lorsque en position repliée l'électro-broche 200 est orientée avec son axe A6 coupant l'axe longitudinal du bras 400 comme illustrée par la [Fig.4a].

[0152] Le deuxième bras 500 adopte un corps tubulaire creux et accueille au niveau de sa deuxième extrémité 520 un sous-ensemble formant poignet 600 lequel met en œuvre :

[0153] une troisième liaison pivot motorisée pour un mouvement de rotation selon un axe A4 perpendiculaire aux axes A1, A2 et A3, et

[0154] - une quatrième liaison pivot motorisée pour un mouvement de rotation de l'électro-broche 200 broche selon un axe A5 perpendiculaire au quatrième axe,

[0155] L'électro-broche 200 assure la mise en mouvement en rotation de l'outil 210 selon un axe A6 perpendiculaire à l'axe A5. L'axe A6 de rotation de l'outil 210 se déplace dans un plan de déplacement passant par l'axe A4 de la troisième liaison pivot

[0156] L'axe A4 de la troisième liaison pivot se confond avec l'axe du corps tubulaire constituant le deuxième bras 500 et est positionné dans le plan médian défini entre les deux paliers 430 et 440 guidant la rotation de la liaison pivot selon l'axe A3 et dans celui confondu avec le premier défini entre les deux paliers 320 et 330 proposés par le chariot 300. Le deuxième bras 500 est préformé de sorte que le l'axe A4 est sécant perpendiculairement avec l'axe A5 et non sécant avec l'axe A3 grâce à un décalage créé par la géométrie de l'extrémité 510 qui décale l'axe A4 correspondant à l'axe du corps tubulaire du deuxième bras 500.

[0157] Toutes les liaisons pivots font l'objet d'une motorisation intégrant un motoréducteur

composé d'un moteur et d'un réducteur,

[0158] Comme illustrées par les figures 5 et 9, les liaisons pivots sur les axes A2, A3 et A5, sont mises en œuvre par deux paliers chacune : un palier principal et un palier secondaire.

[0159] Plus précisément, comme illustrée par la [Fig.5], la liaison pivot mise en œuvre selon l'axe A2 entre l'extrémité basse 410 du bras 400 et le chariot 300 est guidée par les deux paliers 320 et 330. L'entraînement en rotation est mis en œuvre au moyen d'un moteur 321 associé à un réducteur 322. Ce moteur 321 est également associé à un premier codeur 323 assurant une prise de mesure de la vitesse.

[0160] La partie entraînée en rotation du réducteur 322 est fixée à un côté de l'extrémité 410 du premier bras 400 pour transmettre le mouvement de rotation. Le palier 320 assurant le guidage de ce côté est appelé principal car au plus près du moteur 321.

[0161] Le deuxième côté de l'extrémité 410 est équipé d'une extension axiale 331 qui guidée en rotation par le deuxième palier 330 dit secondaire ou de reprise est associé à un deuxième codeur 332 assurant une prise de mesure de la position.

[0162] Il en est de même pour les liaisons pivots pour les axes A3 et A5.

[0163] Ainsi, également illustrée par la [Fig.5], la liaison pivot mise en œuvre selon l'axe A3 entre l'extrémité haute 420 du bras 400 et le deuxième bras 500 est guidée par les deux paliers 430 et 440. L'entraînement en rotation est mis en œuvre au moyen d'un moteur 431 associé à un réducteur 432. Ce moteur 431 est également associé à un premier codeur 433 assurant une prise de mesure de la vitesse.

[0164] La partie entraînée en rotation du réducteur 432 est fixée à un côté de l'extrémité 510 du deuxième bras 500 pour transmettre le mouvement de rotation. Le palier 430 assurant le guidage de ce côté est appelé principal car au plus près du moteur 431.

[0165] Le deuxième côté de l'extrémité 510 est équipé d'une extension axiale 441 qui guidée en rotation par le deuxième palier 440 dit secondaire ou de reprise est associé à un deuxième codeur 442 assurant une prise de mesure de la position.

[0166] Enfin, comme illustrée par [Fig.9], la liaison pivot mise en œuvre selon l'axe A5 dans le poignet 600 pour guider en rotation l'électro-broche 200 selon un plan perpendiculaire à l'axe A5 est guidée par les deux paliers 610 et 620. L'entraînement en rotation est mis en œuvre au moyen d'un motoréducteur 611. Ce motoréducteur 611 est équipé d'un premier codeur assurant une prise de mesure de la vitesse.

[0167] La partie entraînée en rotation du motoréducteur 611est fixée à un côté du fourreau 220 accueillant l'électro-broche 200 pour transmettre le mouvement de rotation selon l'axe A5. Le palier 610 assurant le guidage de ce côté est appelé principal car au plus près du motoréducteur 611.

[0168] Le fourreau 220 sur sa portion disposée en opposition à celle coopérant avec le motoréducteur 611 est préformé pour être guidé en rotation par le deuxième palier 620 dit

secondaire ou de reprise et est associé à un deuxième codeur 622 assurant une prise de mesure de la position.

[0169] La présence sur ces liaisons pivots de deux codeurs, l'un lié directement au moteur et l'autre disposé dans la chaîne d'entraînement après la cinématique du réducteur permet de mettre en œuvre l'asservissement illustré par la [Fig.6].

[0170] Comme illustrée par la [Fig.6], la machine-outil est commandée par une unité de commande 700 dite CNC traitant ave des consignes pour chaque axe des liaisons pivots à deux paliers (mais également celle mise en œuvre à un seul palier pour l'axe A4) ci-dessus décrites, une boucle d'asservissement :

[0171] de position 710,

[0172] de vitesse 720, et

[0173] de couple 730.

[0174] Chaque boucle est équipée d'un régulateur désigné PID. Comme illustrée, la liaison pivot comprend un moteur M associé à une cinématique G de réducteur et deux codeurs E1 et E2. Le premier codeur E1 est un codeur de vitesse. Le deuxième codeur E2 et symbolisant les codeurs 332, 442, et 622 ci-dessus décrits, est situé après la cinématique G des réducteurs et permet un retour précis des positions mesurées pour le fonctionnement en boucle fermée dudit asservissement.

[0175] Comme expliqué plus haut, c'est la rigidité des différents composants qui autorise la mise en œuvre d'un tel asservissement de position.

[0176] Participant à cette rigidité et cette précision, les masses des différents composants sont définies et réparties de sorte que du fait du porte-à-faux formé, les réducteurs des motorisations des première et deuxième liaisons pivots respectivement sur les axes A2 et A3 soient en précharge. Selon un mode préféré de réalisation, ces réducteurs sont cycloïdaux sans jeux.

[0177] Selon un mode préféré de réalisation, les réducteurs des motorisations des troisième et quatrième liaisons pivots respectivement sur les axes A4 et A5 sont à entraînement harmonique.

[0178] Ces caractéristiques évitent la présence de jeu dans les réducteurs.

[0179] La machine-outil M comprend une pluralité de câbles et de tuyaux d'amenée des énergies et de transmission des ordres et informations nécessaires au fonctionnement des axes et de l'électro-broche 200. Ces câbles et tuyaux sont agencés sous la forme d'enroulement de façon à ce que, lors des mouvements de rotation, ils soient soumis à des contraintes de flexion plus qu'à des contraintes de torsion.

[0180] Comme illustrés par la [Fig.7], le corps tubulaire constituant le deuxième bras 500 est ménagé d'une âme creuse 530 afin d'accueillir un tel enroulement 540 (cf. [Fig.8]) qui prend en compte la rotation selon l'axe A4 .

[0181] Plus précisément, l'âme creuse 530 du deuxième bras 500 accueille un arbre

d'enroulement 550 et une chemise concentrique 560 définissant un volume d'enroulement d'une gaine unique regroupant des câbles et tuyaux, le rayon de courbure des câbles et tuyaux dans le volume d'enroulement évoluant selon l'angle de rotation du poignet 600 selon le quatrième axe A4. La chemise 560 limite l'expansion de l'enroulement dans ledit volume.

[0182] L'arbre d'enroulement 550 est lui-même ménagée d'une âme creuse 551 dans laquelle débouche un joint tournant 552 à des fins d'amenée de l'énergie hydraulique pour le bridage et le débridage de l'outil 210.

[0183] Comme illustré par la [Fig.9], la liaison pivot selon l'axe A5 accueille également un dispositif enroulement 630 légèrement différent en ce que chaque tuyaux ou câbles dispose d'un galet d'enroulement dédié.

[0184] Ainsi, le deuxième palier 620 du sous-ensemble poignet 600 guide en rotation une partie tournante solidaire du fourreau 220 accueillant l'électro-broche 200. Cette partie tournante est équipée du dispositif d'enroulement 630 pour les câbles et tuyaux nécessaires à l'alimentation en énergie électrique et pour la lubrification de sorte que le rayon de courbure desdits câbles et tuyaux varie en fonction de la position angulaire de l'électro-broche selon l'axe A5.

[0185] De même, le motoréducteur 611 est traversé axialement par un joint tournant 614, pour l'alimentation en énergie hydraulique et pneumatique de l'électro-broche 200.

[0186] Comme illustré par les figures 7 et 8, le sous-ensemble nommé poignet 600 forme un ensemble indépendant avec l'électro-broche 200 et avec l'arbre d'enroulement 550 et l'enroulement 540. Cet ensemble vient s'introduire et se fixer dans le deuxième bras 500 au moyen d'un flasque d'interface 570 qui vient se fixer sur une collerette de fixation 580 équipant l'extrémité 520 du deuxième bras 500. Ainsi, ledit ensemble peut être facilement monté, démonté et extrait du reste de la machine. Il est à noter qu'un deuxième codeur 571 (en addition de celui équipant le moteur 572) équipe également cette liaison pivot selon l'axe A4.

[0187] Selon la configuration illustrée par les figures précédentes, pour la mise en œuvre de la liaison pivot selon l'axe A3, la première extrémité 510 du deuxième bras 500 était préformée pour être accueillie entre les deux paliers 430 et 440 équipant la deuxième extrémité 420 du premier bras 400.

[0188] La [Fig.10] illustre une configuration différente en ce qui concerne la mise en œuvre de la liaison pivot sur l'axe A3.

[0189] Dans cette nouvelle configuration, ledit deuxième bras 500' comprend deux extrémités, une première extrémité 510' traversée par le troisième axe de rotation A3 et une deuxième extrémité 520' accueillant le sous-ensemble dit poignet 600'. La différence se situe au niveau de le première extrémité 510' qui est équipée de deux paliers 511' et 512' pour guider en rotation selon le troisième axe A3 le deuxième bras

500'. Lesdits deux paliers 511' et 512' sont en effet écartés de façon à venir de part et d'autre de la deuxième extrémité 420' du premier bras 400'.

[0190] La deuxième extrémité 420' traversée par le troisième axe de rotation A3 du premier bras 400' est équipée de deux paliers 430' et 440' pour guider en rotation selon le troisième axe A3 le deuxième bras 500', le motoréducteur 431' est ici disposé entre les deux paliers 430' et 440' de la deuxième extrémité 420' du premier bras 400'.

[0191] On comprend que la conception symétrique du chariot 100, des paliers de l'axe A2 et du premier bras 400 intégrant les paliers de l'axe A3 autorise une implantation soit à droite, soit à gauche, des motoréducteurs de ces axes. Elle présente l'avantage d'une réduction de l'encombrement sur une des faces latérales du module de positionnement. Il est ainsi possible de choisir les versions des modules de positionnement (encombrement réduit sur l'une ou l'autre des faces latérales) en fonction des contraintes d'implantation de la machine. Cet avantage est particulièrement intéressant dans une configuration de machine à deux unités de travail, partageant la même glissière sur l'axe A1. Il permet d'avoir une distance minimale sur cet axe entre les deux modules de positionnement, grâce à l'implantation ''extérieure'' des motoréducteurs.

[0192] La [Fig.12] illustre une telle configuration où les deux modules de positionnement P et P' peuvent se rapprocher sans que leur motorisation respective n'entrent en conflit. Une autre caractéristique illustrée par cette figure concerne le bâti qui est ici conçu en unités de longueur juxtaposables et démontables 100a et 100b. autorisant l'accueil d'une pluralité de modules de positionnement.

[0193] Ladite conception symétrique peut également permettre d'intégrer une motorisation complémentaire ou un système d'équilibrage en vis-à-vis de la motorisation principale de l'axe, dans le but d'augmenter les capacités d'usinage, de réduire la consommation d'énergie ou d'augmenter la durée de vie des composants (tels les réducteurs) comme illustré par la [Fig.11] ou un deuxième motoréducteur M2 est disposé en vis-à-vis du premier M1 sur le palier symétrique 330 assurant le guidage en rotation selon l'axe A2.

[0194] On comprend que la machine-outil d'usinage qui vient d'être ci-dessus décrite et représentée, l'a été en vue d'une divulgation plutôt que d'une limitation. Bien entendu, divers aménagements, modifications et améliorations pourront être apportés aux exemples ci-dessus, sans pour autant sortir du cadre de l'invention.

Revendications

[Revendication 1] Machine-outil (M) d'usinage comprenant un bâti (100) et au moins un module de positionnement (P) d'une broche de travail tournante (200), ledit module de positionnement (P) assurant la mise en mouvement de la broche de travail tournante (200) par rapport au bâti fixe (100) en mettant en œuvre les liaisons suivantes :
- une liaison glissière pour un mouvement en translation horizontale selon un premier axe (A1) d'un chariot (300) par rapport au bâti (100),
- une première liaison pivot pour un mouvement en rotation selon un deuxième axe (A2) parallèle au premier d'un premier bras (400) par rapport au chariot (300),
- une deuxième liaison pivot pour un mouvement de rotation selon un troisième axe (A3) parallèle aux deux premiers d'un deuxième bras (500) par rapport au premier bras (400),
- une troisième liaison pivot pour un mouvement de rotation selon un quatrième axe (A4) compris dans un plan perpendiculaire aux trois premiers axes,
- une quatrième liaison pivot pour un mouvement de rotation d'un support de broche de travail tournante (200) selon un cinquième axe (A5) perpendiculaire au quatrième axe (A4),
la mise en œuvre des liaison pivots selon le quatrième axe (A4) et le cinquième axe (A5) étant réalisé par un sous-ensemble nommé poignet (600),
la broche de travail tournante (200) assurant la mise en mouvement en rotation d'un outil (210) selon un sixième axe (A6) perpendiculaire au cinquième axe (A5),
CARACTERISEE PAR LE FAIT QUE
les liaisons pivots sur le deuxième axe (A2), le troisième axe (A3) et le cinquième axe (A5) sont mises en œuvre par deux paliers chacune : un palier principal et un palier secondaire éloignés l'un de l'autre,
le quatrième axe (A4) de la troisième liaison pivot est positionné dans un plan médian défini entre les deux paliers guidant la rotation de la liaison pivot selon le troisième axe (A3),
ces liaisons pivots faisant l'objet chacune d'une motorisation intégrant un motoréducteur composé d'un moteur et d'un réducteur,
les masses des différents composants étant définies et réparties de sorte que du fait du porte-à-faux formé, les réducteurs des motorisations des

première et deuxième liaisons pivots soient en précharge,
la machine-outil (M) étant commandée par une unité de commande traitant pour chaque axe des liaisons pivots, une boucle d'asservissement de positions fonctionnant en boucle fermée,
chaque axe des liaisons pivots, comprenant deux systèmes de mesure avec le moteur associé à un codeur assurant une prise de mesure de la vitesse et dont le retour de mesure de position de la boucle fermée de l'asservissement de positions se fait en aval de l'unité de commande et est assuré par un codeur de position disposé après le réducteur,
le sixième axe de rotation (A6) de l'outil (210) se déplaçant dans un plan de déplacement passant par le quatrième axe (A4) de la troisième liaison pivot.

[Revendication 2] Machine-outil (M) selon la revendication 1, CARACTERISEE PAR LE FAIT QUE les paliers (320, 330 et 430, 440) supportant le deuxième axe (A2) et le troisième axe (A3) sont symétriques.

[Revendication 3] Machine-outil (M) selon la revendication 1 ou 2, CARACTERISEE PAR LE FAIT QUE le deuxième bras (500) est préformé de sorte que le quatrième axe (A4) de rotation est sécant perpendiculairement avec le cinquième axe (A5) de rotation et non sécant avec le troisième axe (A3) de rotation.

[Revendication 4] Machine-outil (M) selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, CARACTERISEE PAR LE FAIT QUE ledit premier bras (400) comprend deux extrémités (410, 420), une première extrémité (410) traversée par le deuxième axe (A2) de rotation et une deuxième extrémité (420) traversée par le troisième axe (A3) de rotation, ladite deuxième extrémité (420) étant équipée de deux paliers (430, 440) pour guider en rotation selon le troisième axe (A3) le deuxième bras (500),
ledit deuxième bras (500) comprend deux extrémités, une première extrémité (510) traversée par le troisième axe (A3) de rotation et une deuxième extrémité (520) accueillant le sous-ensemble dit poignet (600),
la première extrémité (510) du deuxième bras (500) étant préformée pour être accueillie entre les deux paliers (430, 440) équipant la deuxième extrémité (420) du premier bras (400).

[Revendication 5] Machine-outil (M) selon la revendication selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, CARACTERISEE PAR LE FAIT QUE ledit premier bras (400') comprend deux extrémités, une première extrémité traversée par le deuxième axe (A2) de rotation et une deuxième extrémité (420')

traversée par le troisième axe (A3) de rotation,
ledit deuxième bras (500') comprend deux extrémités (510', 520'), une première extrémité (510') traversée par le troisième axe (A3) de rotation et une deuxième extrémité (520') accueillant le sous-ensemble dit poignet,
la première extrémité (510') du deuxième bras (500') étant équipée de deux paliers (511', 512') pour guider en rotation selon le troisième axe (A3) le deuxième bras (500'), lesdits deux paliers (511', 512') étant écartés de façon à venir de part et d'autre de la deuxième extrémité (420') du premier bras (400').

[Revendication 6] Machine-outil (M) selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, CARACTERISEE PAR LE FAIT QUE le premier bras (400) comprend entre le deuxième axe (A2) et le troisième axe (A3) de rotation, un volume concave (450) permettant une course angulaire augmentée du deuxième bras (500) qui peut venir se loger dans cette concavité en position repliée.

[Revendication 7] Machine-outil (M) selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, CARACTERISEE PAR LE FAIT QUE le sous-ensemble nommé poignet (600) forme un ensemble avec la broche de travail tournante (200), ensemble qui vient s'introduire et se fixer dans le deuxième bras (500) au moyen d'un flasque d'interface (570) de sorte que ledit ensemble puisse être facilement monté, démonté et extrait du reste de la machine (M).

[Revendication 8] Machine-outil (M) selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, CARACTERISEE PAR LE FAIT QU'elle comprend des câbles et tuyaux d'amenée des énergies nécessaires jusqu'à la broche de travail tournante (200), le deuxième bras (500) et le poignet (600) étant ménagés d'une âme creuse afin de les accueillir.

[Revendication 9] Machine-outil (M) selon la revendication 8, CARACTERISEE PAR LE FAIT QU'elle comprend sur le quatrième axe (A4) et le cinquième axe (A5) de rotation, des moyens d'enroulement des câbles et tuyaux évitant lors des mouvements, leur torsion de sorte que ceux-ci ne travaillent qu'en flexion.

[Revendication 10] Machine-outil (M) selon la revendication 6, CARACTERISEE PAR LE FAIT QUE ledit premier bras (400) comprend deux extrémités (410, 420), une première extrémité (410) traversée par le deuxième axe (A2) de rotation et une deuxième extrémité (420) traversée par le troisième axe (A3) de rotation, le volume concave (450) démarrant de l'extrémité

basse et étant défini de sorte qu'en position repliée, ce volume concave (450) évite que la partie arrière de la broche de travail tournante (200) ne bute contre le premier bras (400).

[Revendication 11] Machine-outil (M) selon la revendication 5, CARACTERISEE PAR LE FAIT QUE la deuxième extrémité (420') du premier bras (400') traversée par le troisième axe (A3) de rotation est équipée de deux paliers pour guider en rotation selon le troisième axe (A3) le deuxième bras (500'), le motoréducteur (431') étant disposé entre les deux paliers de la deuxième extrémité (420') du premier bras (400').

[Revendication 12] Machine-outil (M) selon la revendication 8 ou 9, CARACTERISEE PAR LE FAIT QUE l'âme creuse du deuxième bras (500) accueille un arbre d'enroulement (550) et une chemise concentrique (560) définissant un volume d'enroulement d'une gaine unique regroupant des câbles et tuyaux, le rayon de courbure des câbles et tuyaux dans le volume d'enroulement évoluant selon l'angle de rotation du poignet (600) selon le quatrième axe (A4).

[Revendication 13] Machine-outil (M) selon l'une quelconque des revendications précédentes, CARACTERISEE PAR LE FAIT QUE le sous-ensemble poignet (600) est équipé de deux paliers (610, 620) pour mettre en œuvre la liaison pivot selon le cinquième axe (A5) et entre lesquels évolue en rotation la broche de travail tournante (200), un premier palier accueillant un motoréducteur (611) traversé axialement par un joint tournant, pour l'alimentation en énergie hydraulique et pneumatique de la broche de travail tournante (200).

[Revendication 14] Machine-outil (M) selon la revendication 13, CARACTERISEE PAR LE FAIT QUE le deuxième palier (620) du sous-ensemble poignet (600) guide en rotation une partie tournante solidaire de la broche de travail tournante (200) et équipée d'un dispositif d'enroulement (630) pour les câbles et tuyaux nécessaires à l'alimentation en énergie électrique et pour la lubrification de sorte que le rayon de courbure desdits câbles et tuyaux varie en fonction de la position angulaire de la broche de travail tournante (200) selon le cinquième axe (A5).

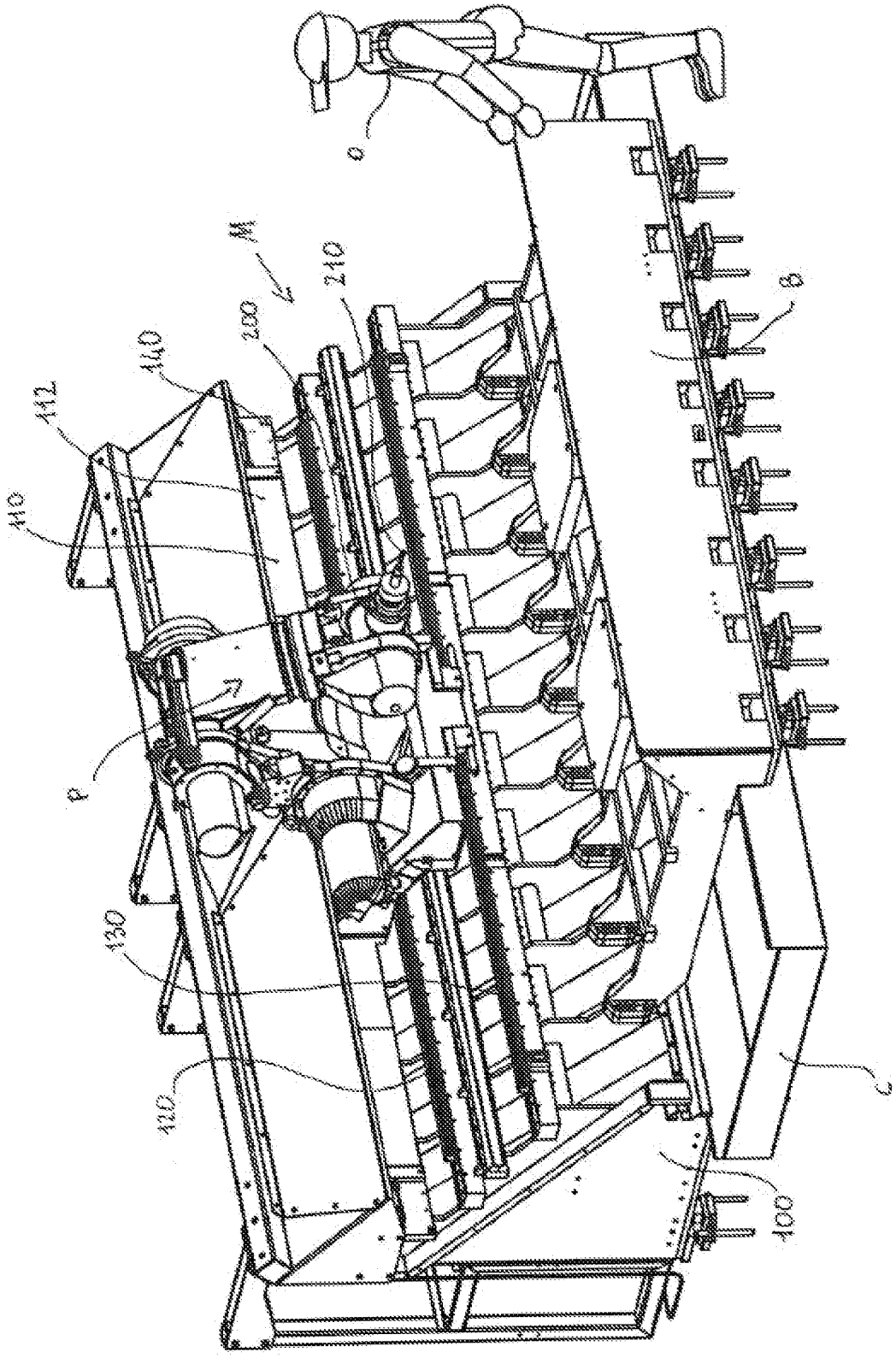
[Revendication 15] Machine-outil (M) selon l'une quelconque des revendications précédentes, CARACTERISEE PAR LE FAIT QUE ledit bâti (100) est préformé de façon à accueillir deux rails horizontaux (120 et 130) disposés parallèlement au premier axe (A1) de déplacement en translation et décalés en hauteur, ledit chariot (300) étant préformé pour coopérer avec lesdits rails.

[Revendication 16] Machine-outil (M) selon la revendication 15, CARACTERISEE PAR LE FAIT QUE la translation selon le premier axe (A1) est motorisée selon l'une des technologies suivantes :
- au moyen d'un moteur linéaire (110),
- au moyen d'une motorisation à vis à billes,
- au moyen d'une crémaillère.

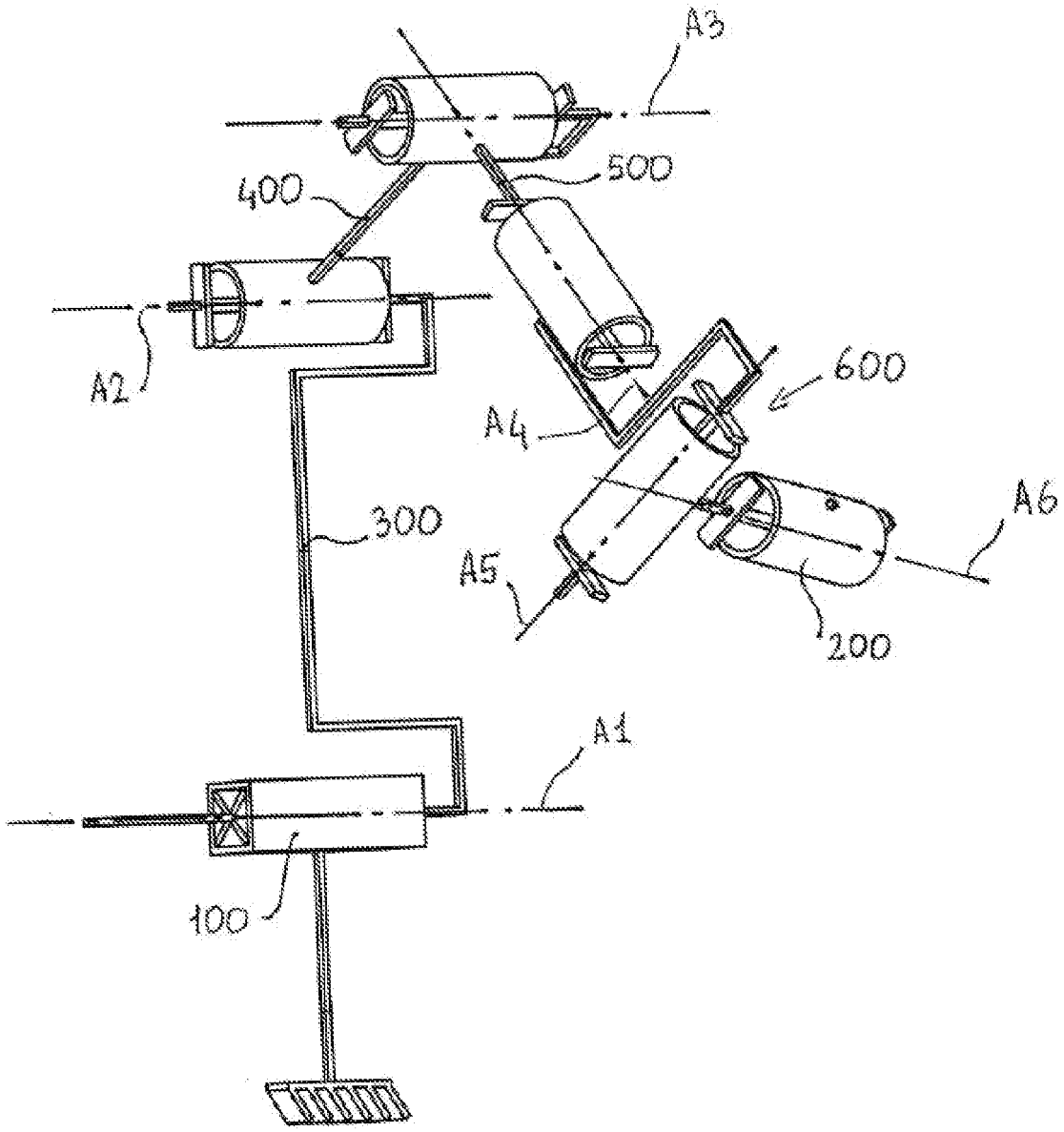
[Revendication 17] Machine-outil (M) selon la revendication 15, CARACTERISEE PAR LE FAIT QUE la translation selon le premier axe (A1) est motorisée au moyen d'un moteur linéaire (110) et ledit bâti (100) comprend une surface plane verticale (140) d'axe longitudinal parallèle aux rails et destinée à accueillir la partie secondaire (112) du moteur linéaire (110), ladite surface plane (140) étant disposée plus haut que lesdits rails (120, 130) et décalée latéralement,
ledit chariot (300) étant préformé pour accueillir la partie primaire (111) du moteur linéaire (110).

[Revendication 18] Machine-outil (M) selon l'une quelconque des revendications 15 à 17, CARACTERISEE PAR LE FAIT QUE le bâti (100) accueille des éléments de guidage et de motorisation selon le premier axe (A1) et est conçu en unités de longueur juxtaposables et démontables (100a, 100b).

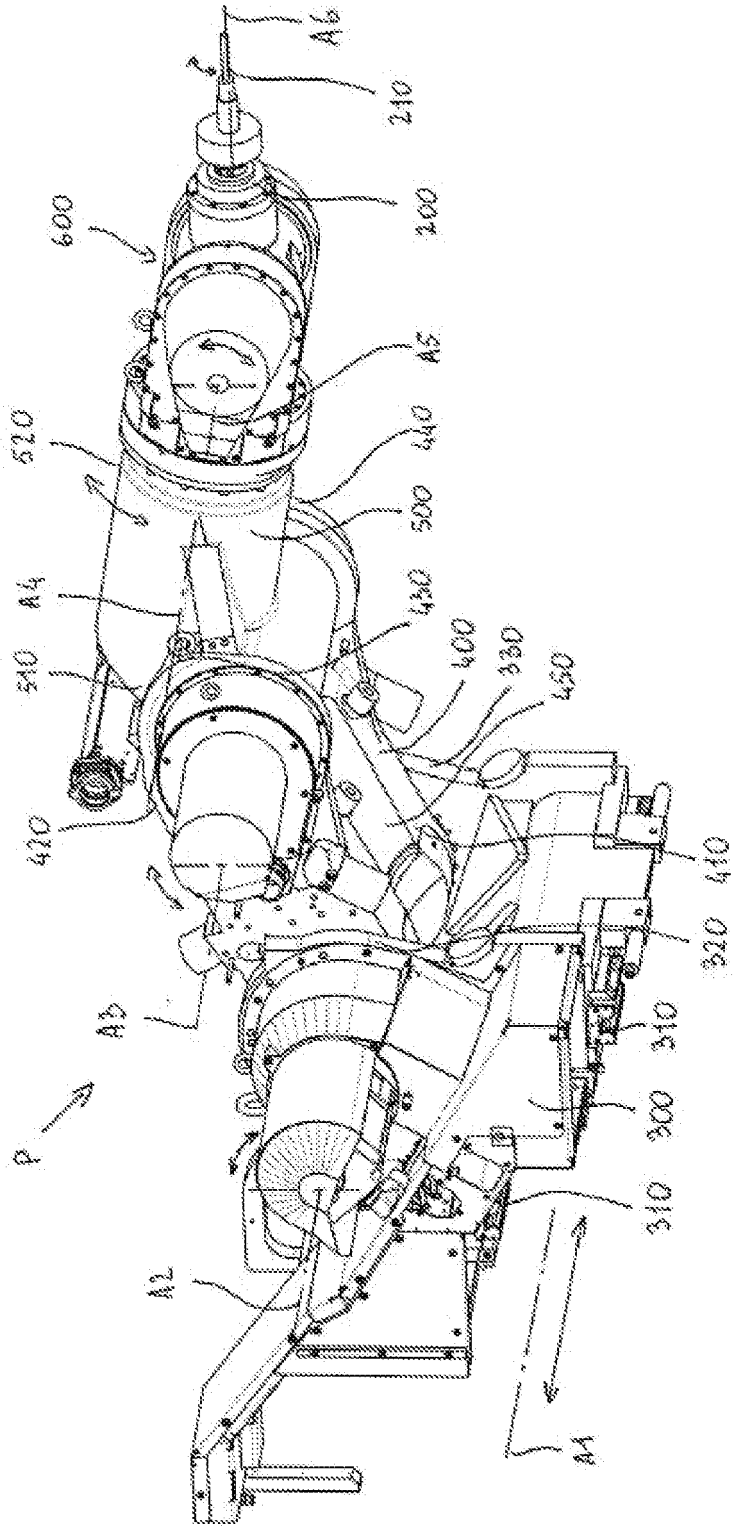
[Fig. 1]



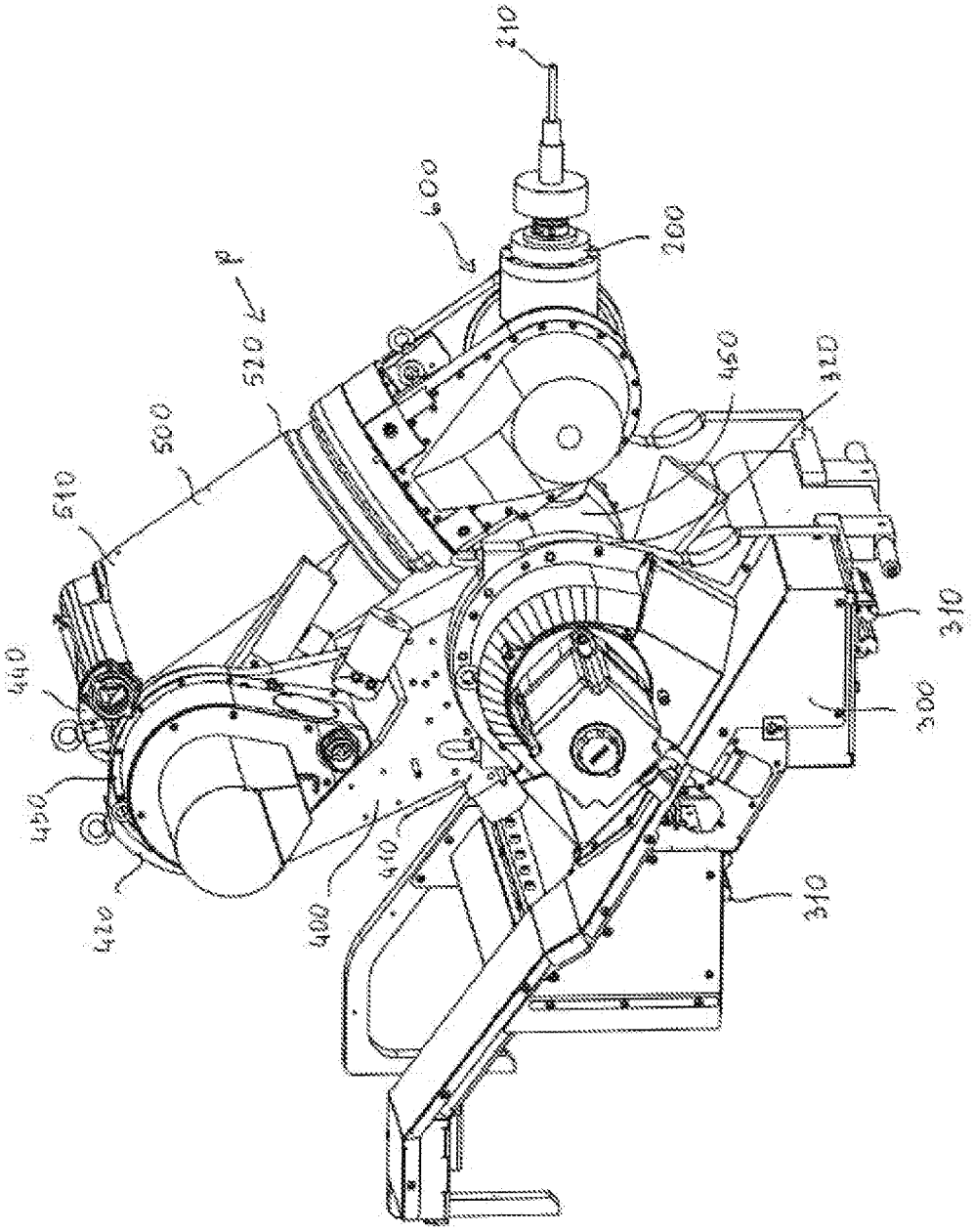
[Fig. 2]



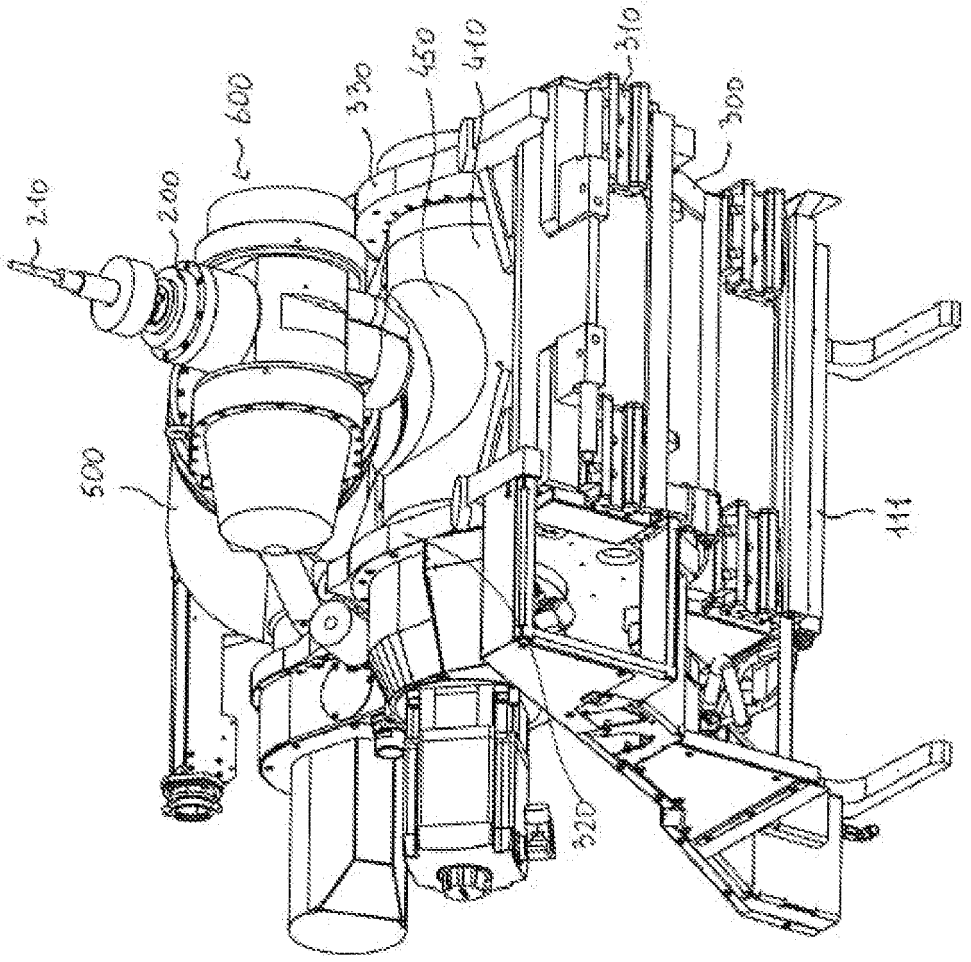
[Fig. 3]


A6
210
200
600
A5
520
440
500
A4
430
510
400
330
450
420
410
320
A3
310
P
300
310
A2
A1

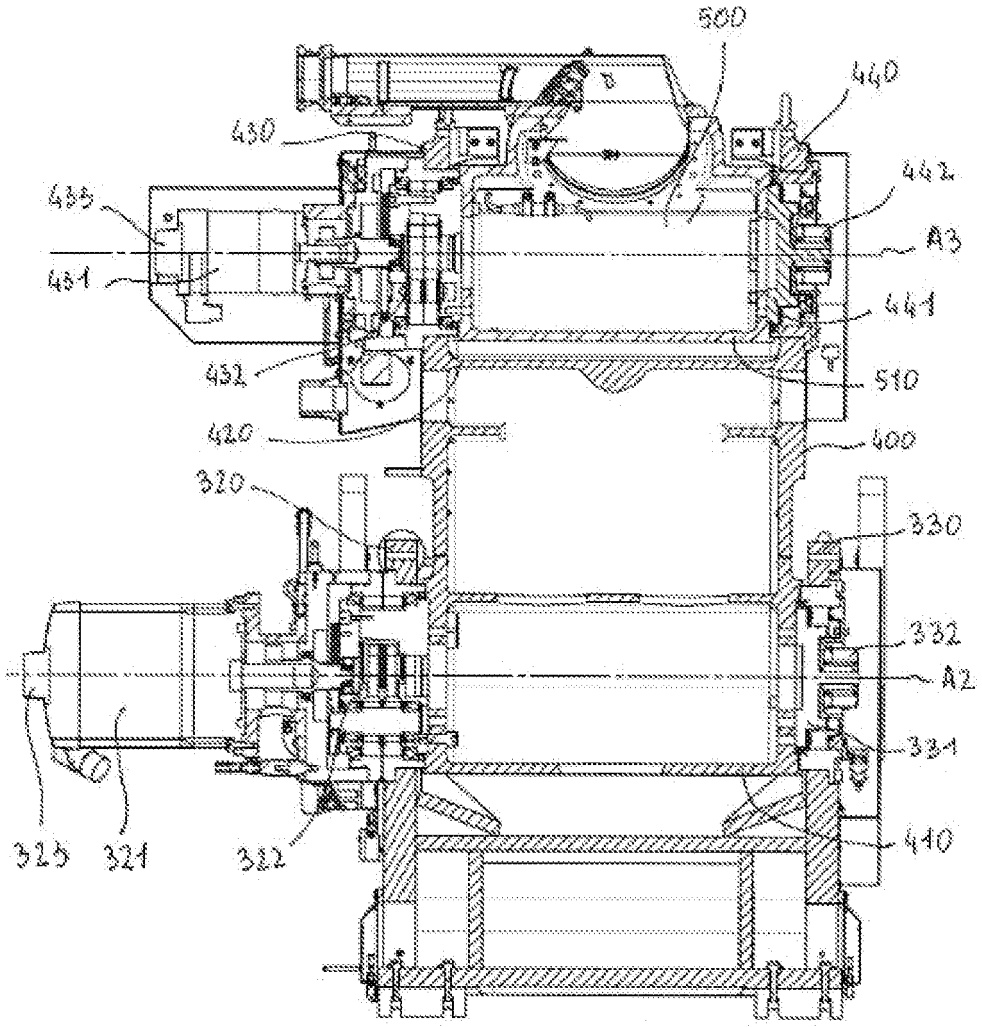
[Fig. 4]



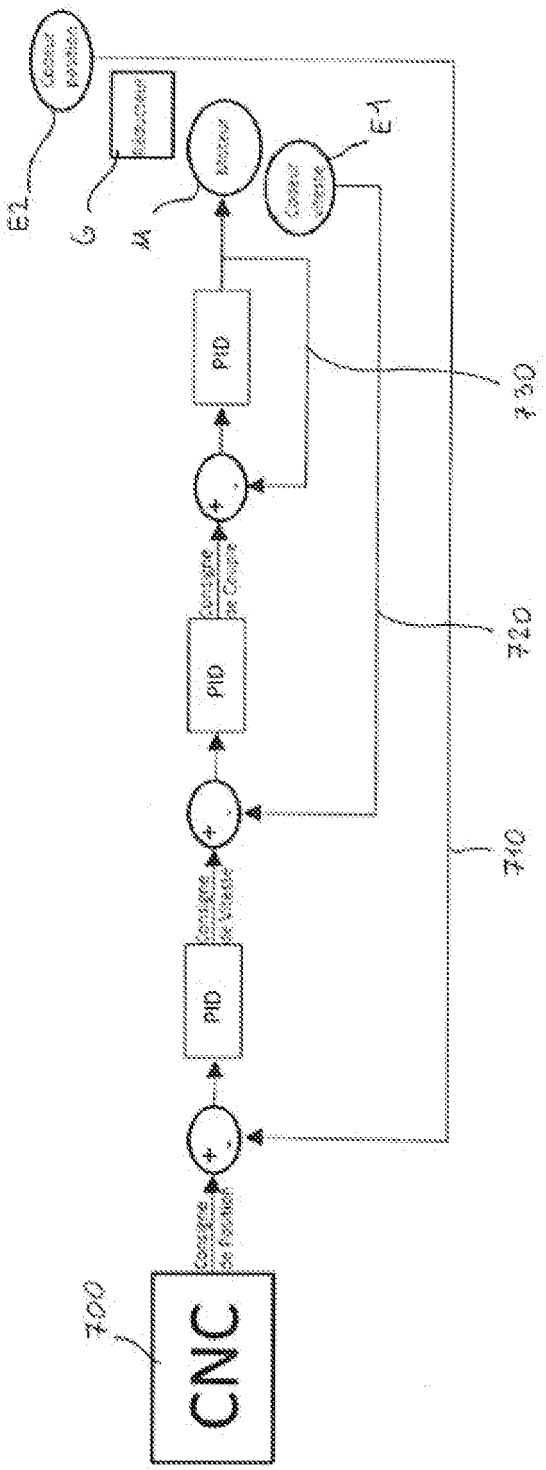
[Fig. 4a]



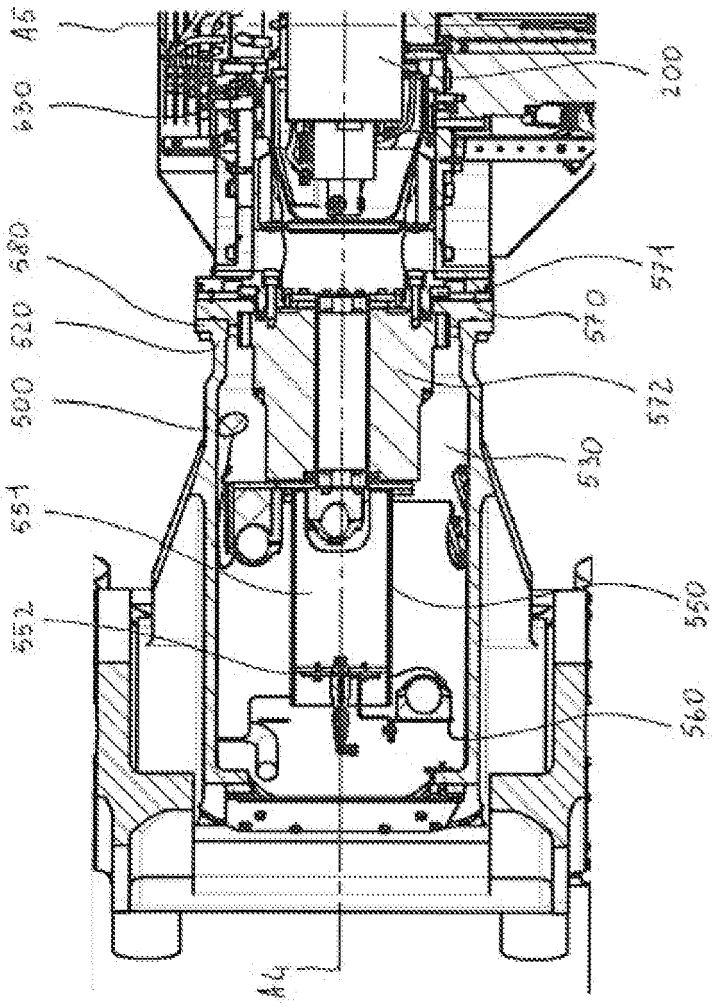
[Fig. 5]


500
460
430
442
435
A3
431
441
432
510
420
400
320
330
332
A2
331
325
321
322
410

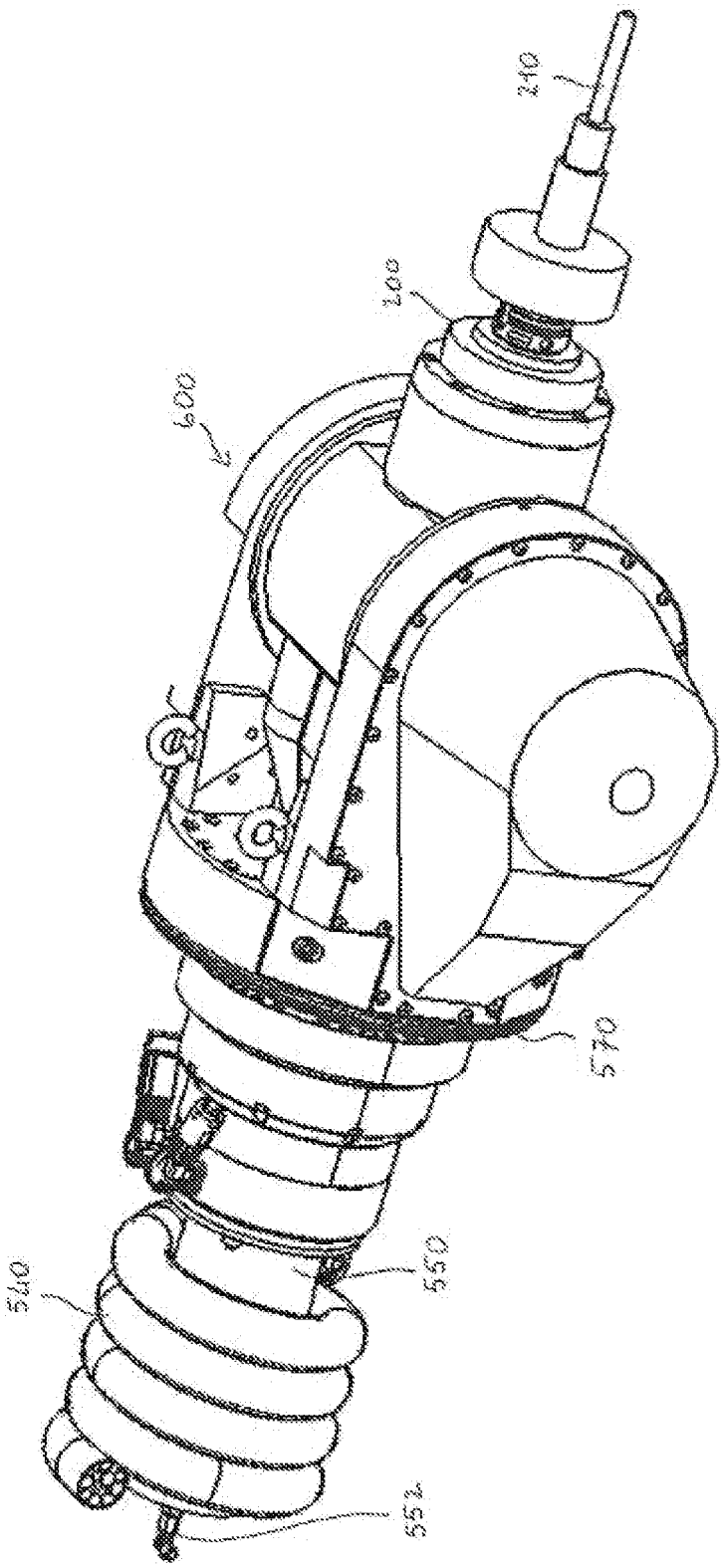
[Fig. 6]



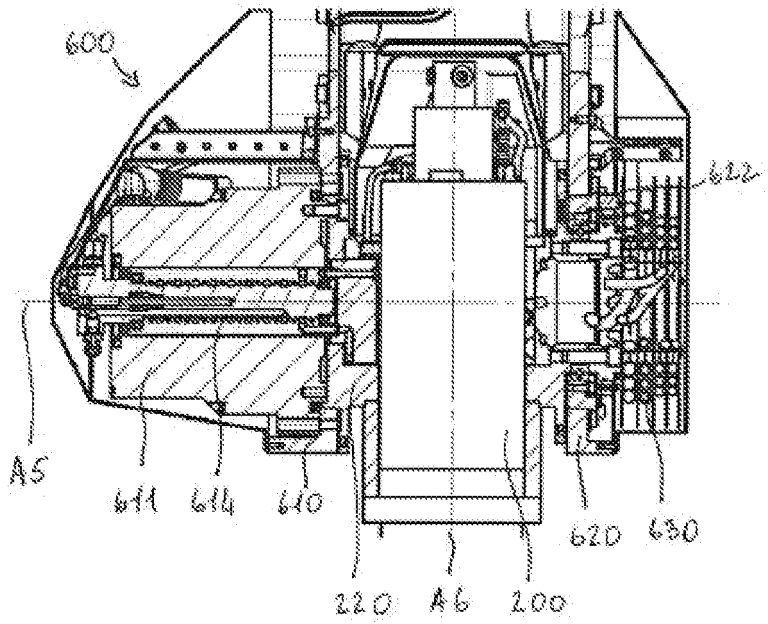
[Fig. 7]



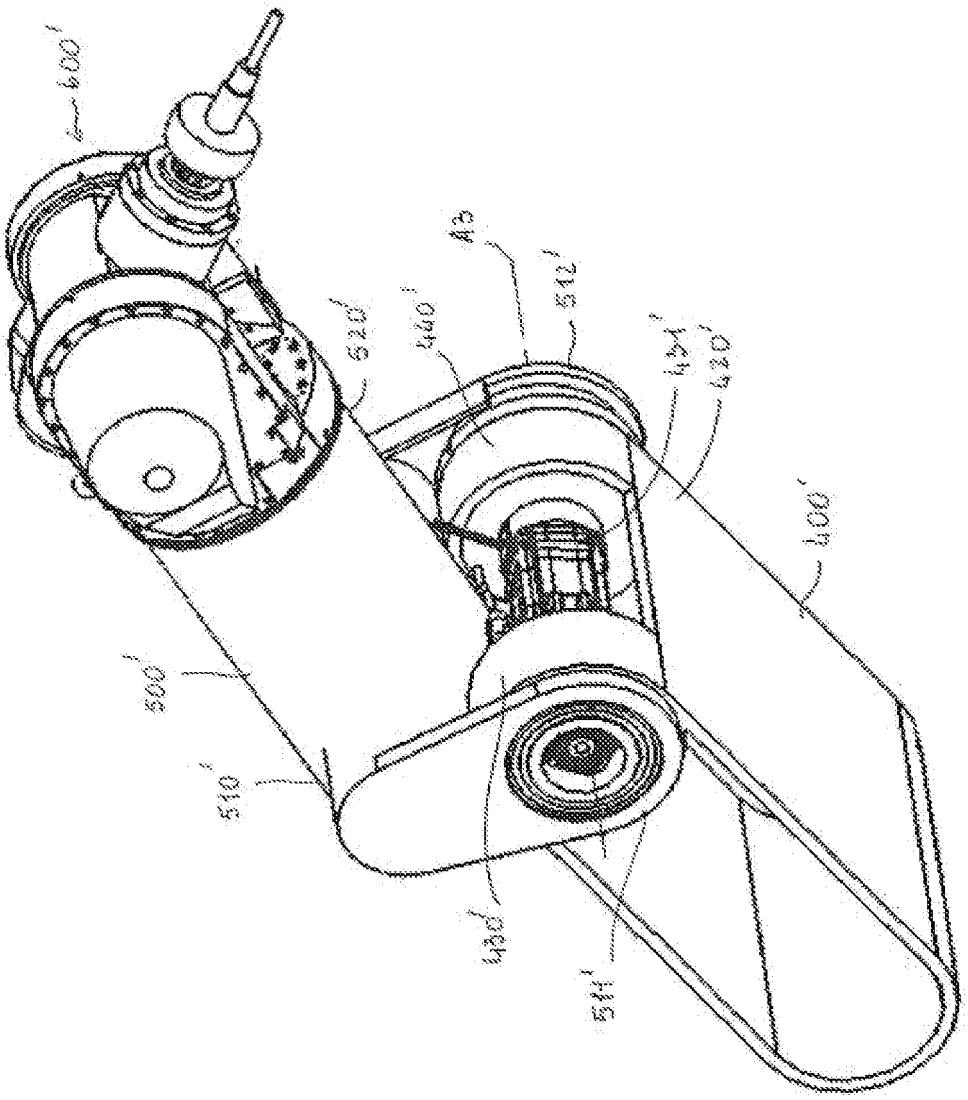
[Fig. 8]



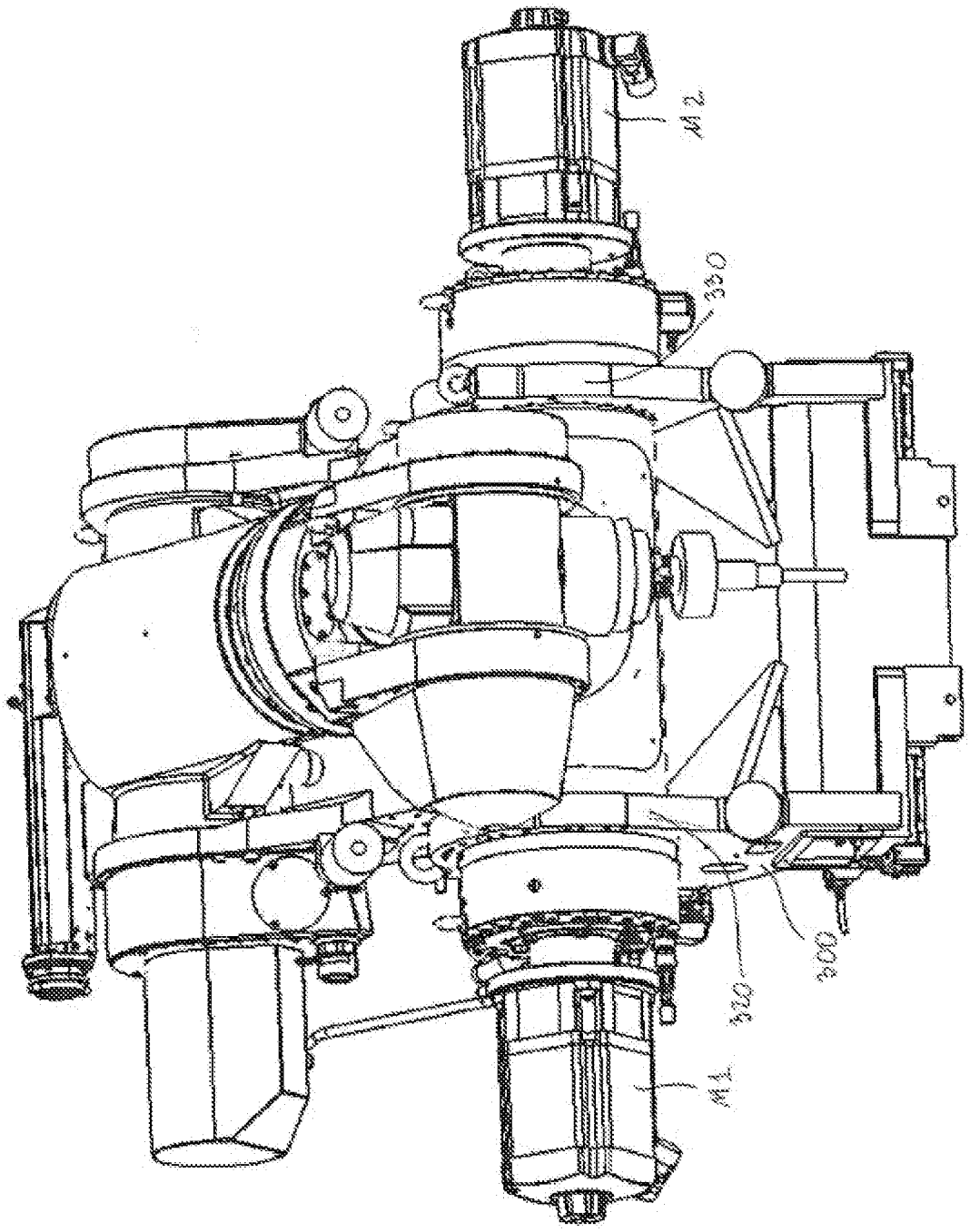
[Fig. 9]



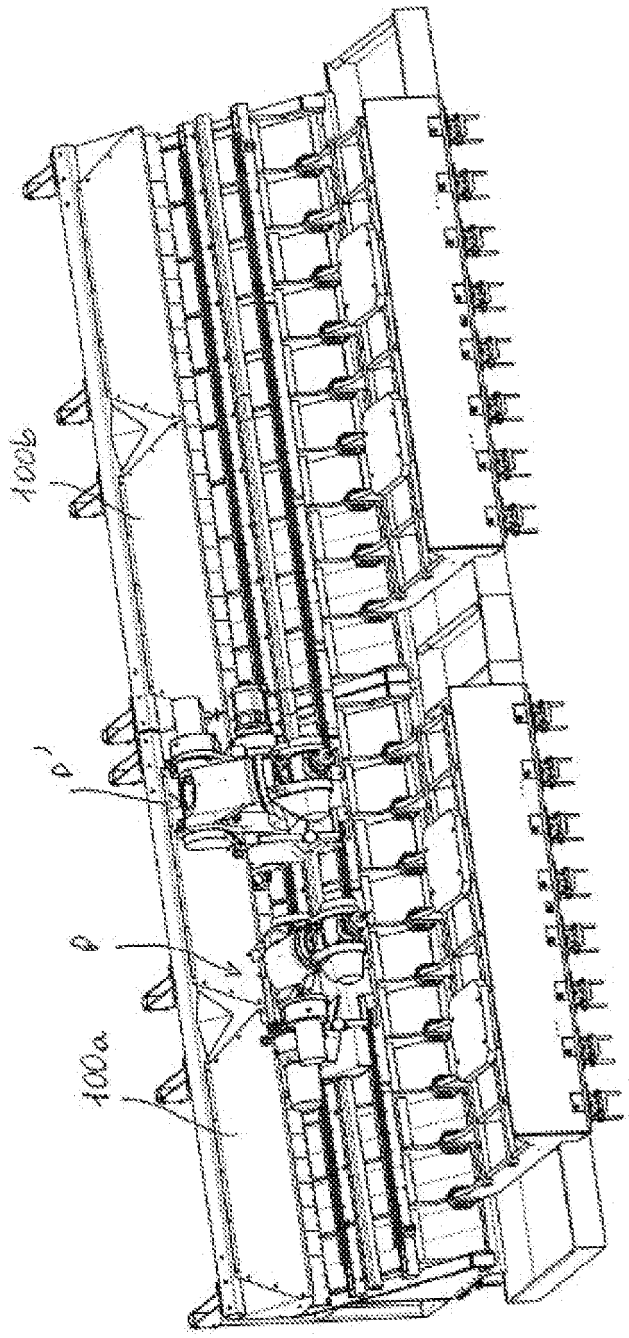
[Fig. 10]



[Fig. 11]



[Fig. 12]



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 (nouveauté) 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

[x] Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.

☐ Le demandeur a maintenu les revendications.

[x] 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.

[x] 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

CN 110 802 465 A (TOCEMA POWER TECH NINGBO CO LTD) 18 février 2020 (2020-02-18)

US 2010/191374 A1 (TSAI JASON [US] ET AL) 29 juillet 2010 (2010-07-29)

US 4 507 043 A (FLATAU CARL R [US]) 26 mars 1985 (1985-03-26)

JP S61 121882 A (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD) 9 juin 1986 (1986-06-09)

JP 2005 144610 A (FANUC LTD) 9 juin 2005 (2005-06-09)

US 2010/319811 A1 (WATERMAN BRECK [AU]) 23 décembre 2010 (2010-12-23)

US 3 108 498 A (JAMES THOMAS R ET AL) 29 octobre 1963 (1963-10-29)

US 9 845 850 B2 (IROBOT CORP [US]) 19 décembre 2017 (2017-12-19)

JP 2005 014100 A (NACHI FUJIKOSHI CORP) 20 janvier 2005 (2005-01-20)

JP H05 237789 A (TOSHIBA CORP) 17 septembre 1993 (1993-09-17)

JP 2001 169529 A (SHINKO ELECTRIC CO LTD) 22 juin 2001 (2001-06-22)

JP 2018 075689 A (NTN TOYO BEARING CO LTD) 17 mai 2018 (2018-05-17)

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