

(86) Date de dépôt PCT/PCT Filing Date: 2015/10/20
(87) Date publication PCT/PCT Publication Date: 2016/04/28
(45) Date de délivrance/Issue Date: 2023/01/24
(85) Entrée phase nationale/National Entry: 2017/04/21
(86) N° demande PCT/PCT Application No.: FR 2015/052818
(87) N° publication PCT/PCT Publication No.: 2016/062964
(30) Priorité/Priority: 2014/10/22 (FR1460174)

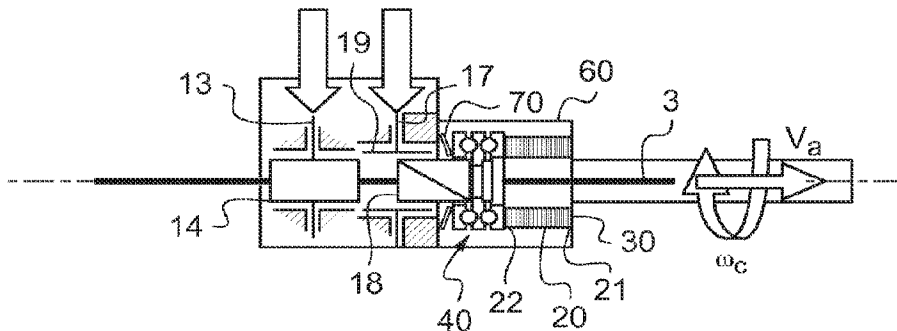
(51) **Cl.Int./Int.Cl.** *B23B 47/34* (2006.01),
B23Q 1/34 (2006.01), *B23Q 5/32* (2006.01),
B23Q 5/40 (2006.01)

(72) **Inventeurs/Inventors:**
MASCIANTONIO, UGO, FR;
MORARU, GEORGE, FR

(73) **Propriétaires/Owners:**
CENTRE TECHNIQUE DES INDUSTRIES
MECANIQUES, FR;
AMVALOR, FR

(74) **Agent:** NORTON ROSE FULBRIGHT CANADA
LLP/S.E.N.C.R.L., S.R.L.

(54) Titre : DISPOSITIF D'USINAGE VIBRATOIRE AMELIORE
(54) Title: IMPROVED VIBRATORY MACHINING DEVICE



(57) **Abrégé/Abstract:**

L'invention concerne un dispositif d'usage comprenant un bâti, un arbre de transmission (3) et un mécanisme d'entraînement (1) comprenant un organe de rotation (13) pour entraîner en rotation ledit arbre autour de son axe (A), un organe d'entraînement (18) en liaison hélicoïdale avec l'arbre pour l'entraîner en translation le long de son axe selon un mouvement d'avance, en fonction de la vitesse relative de rotation desdits organes de rotation et d'entraînement. L'organe d'entraînement est monté mobile en translation par rapport audit bâti le long de l'axe (A) et est disposé entre ledit organe de rotation et une extrémité de couplage dudit arbre avec un outil coupant, tandis qu'un actionneur électromécanique (20) est monté en repère fixe, lié audit bâti, à l'avant dudit organe d'entraînement (18) avec lequel il est apte à être couplé pour le faire osciller en translation, de manière à superposer une composante d'oscillation axiale audit mouvement d'avance.

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
28 avril 2016 (28.04.2016)

WIPO | PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2016/062964 A1

(51) Classification internationale des brevets :

B23Q 1/34 (2006.01) **B23Q 5/32** (2006.01)
B23B 47/34 (2006.01) **B23Q 5/40** (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :

PCT/FR2015/052818

(22) Date de dépôt international :

20 octobre 2015 (20.10.2015)

(25) Langue de dépôt :

français

(26) Langue de publication :

français

(30) Données relatives à la priorité :

1460174 22 octobre 2014 (22.10.2014) FR

(71) **Déposants** : **CENTRE TECHNIQUE DES INDUSTRIES MECANQUES** [FR/FR]; 52, Avenue Félix Louat, F-60300 Senlis (FR). **ARTS** [FR/FR]; 151, Boulevard de l'Hôpital, F-75013 Paris (FR).

(72) **Inventeurs** : **MASCIANTONIO, Ugo**; 7 Voie d'Herminette, F-59267 Proville (FR). **MORARU, George**; 665 avenue Wolfgang Amadeus Mozart, Rés. Port Royal, bât. A, F-13100 Aix-en-Provence (FR).

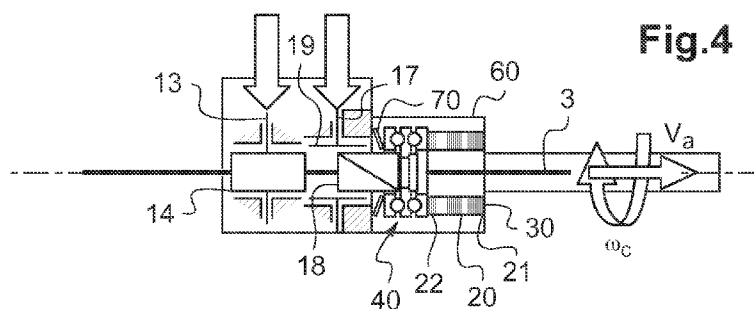
(74) **Mandataires** : **GENDRON, Vincent** et al.; c/o S.A. Fedit-Loriot, 38, avenue Hoche, F-75008 Paris (FR).

(81) **États désignés** (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) **États désignés** (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

(54) **Title** : IMPROVED VIBRATORY MACHINING DEVICE(54) **Titre** : DISPOSITIF D'USINAGE VIBRATOIRE AMELIORE

(57) **Abstract** : The invention relates to a machining device comprising a framework, a transmission shaft (3) and a drive mechanism (1) comprising a rotation member (13) for driving said shaft in rotation about its axis (A), a drive member (18) in helical connection with the shaft to drive the translation thereof along its axis with a feed movement, according to the relative rotational speed of said rotation and drive members. The drive member is mounted with the ability to effect translational movement with respect to said framework along the axis (A) and is positioned between said rotation member and an end for coupling of said shaft to a cutting tool, while an electromechanical actuator (20) is mounted in a fixed frame of reference associated with said framework in front of said drive member (18) to which it can be coupled in order to cause it to oscillate translationally so as to superpose an axial oscillation component with said feed movement.

(57) **Abrégé** : L'invention concerne un dispositif d'usinage comprenant un bâti, un arbre de transmission (3) et un mécanisme d'entraînement (1) comprenant un organe de rotation (13) pour entraîner en rotation ledit arbre autour de son axe (A), un organe d'entraînement

[Suite sur la page suivante]

WO 2016/062964 A1

(18) en liaison hélicoïdale avec l'arbre pour l'entraîner en translation le long de son axe selon un mouvement d'avance, en fonction de la vitesse relative de rotation desdits organes de rotation et d'entraînement. L'organe d'entraînement est monté mobile en translation par rapport audit bâti le long de l'axe (A) et est disposé entre ledit organe de rotation et une extrémité de couplage dudit arbre avec un outil coupant, tandis qu'un actionneur électromécanique (20) est monté en repère fixe, lié audit bâti, à l'avant dudit organe d'entraînement (18) avec lequel il est apte à être couplé pour le faire osciller en translation, de manière à superposer une composante d'oscillation axiale audit mouvement d'avance.

Dispositif d'usinage vibratoire amélioré

La présente invention concerne le domaine des dispositifs d'usinage de pièces, tel que les dispositifs de perçage et, plus particulièrement ceux
5 intégrant un mouvement d'avance de l'outil coupant, par exemple du foret.

Un tel dispositif est bien connu de l'homme du métier, notamment par l'exemple qu'en donne le document de brevet FR 2 907 695, qui décrit une machine, qu'on appelle unité de perçage, comportant un mécanisme d'entraînement muni d'un pignon d'entraînement monté solidaire en rotation sur
10 une broche porte-outil pour entraîner en rotation cette dernière, tout en lui autorisant un mouvement axial, et d'un pignon d'avance couplé à la broche porte outil par une liaison hélicoïdale pour entraîner la broche en translation le long de son axe, dans un mouvement d'avance, en fonction de la vitesse relative de rotation des pignons d'entraînement et d'avance.

A la différence des machines à commande numériques ou autres moyens de perçage utilisant des moteurs électriques, les unités de perçage ne possèdent généralement qu'un moteur (pneumatique ou électrique), qui assure, via le mécanisme d'entraînement, la mise en rotation de l'outil autour de son axe et simultanément son avance ou son recul par translation le long de son
15 axe. Les entraînements en translation et en rotation étant mécaniquement liés, les paramètres opératoires des unités de perçage sont figés par le choix des pignons et constants tout au long du cycle de perçage. En particulier, le rapport entre la vitesse de rotation et la vitesse d'avance est imposé cinématiquement, donnant ainsi une avance par tour constante, qui ne peut donc être adaptée de
20 façon optimale en fonction des matériaux percés. Ainsi, si une telle machine s'avère généralement satisfaisante, son utilisation pour percer des alésages profonds et / ou des empilages multi-matériaux peut s'avérer délicate.

En effet, dans ce contexte, l'évacuation des copeaux formés lors du perçage peut s'avérer difficile. Le bourrage des copeaux peut provoquer la
30 casse ou une usure prononcée de l'outil de perçage, la dégradation de l'état des surfaces générées, plus particulièrement lors des opérations de perçage d'empilements de matériaux différents, ou une baisse importante de la productivité, notamment par la limitation imposée de paramètres de coupe comme la vitesse de rotation ou la vitesse d'avance.

Un remède à cet inconvénient consiste à provoquer la fragmentation de ces copeaux par variation de leur épaisseur, grâce à un perçage discontinu. Aussi, la machine de perçage décrite dans le document de brevet précité est-elle munie d'un système de déplacement du pignon d'avance par rapport au bâti de la machine, se présentant sous la forme d'un ensemble de 5 came/suiveur de came, un premier de ces éléments étant solidaire en rotation de la broche et l'autre étant solidaire en rotation du pignon d'avance, permettant de superposer une oscillation au mouvement d'avance de la broche le long de son axe lors du perçage. Ainsi, lors de l'avance de l'outil de perçage, ces oscillations axiales font varier l'épaisseur des copeaux, permettant de ce 10 fait leur fragmentation et leur évacuation. Il en résulte toutefois un frottement au niveau de la came, qui génère un échauffement, de l'usure et du bruit. En outre, la fréquence des oscillations est fonction de la vitesse relative de rotation entre le pignon d'avance et la broche porte-outil et ne permet pas toujours d'obtenir les fréquences d'oscillation optimales pour une bonne fragmentation 15 des copeaux, car le nombre d'oscillations par tour reste constant. Par conséquent, une telle machine ne pourra pas s'adapter à des configurations d'usinage multiples, par exemple au perçage avec des forets à deux arêtes ou à une seule arête, pour lesquelles les nombres d'oscillations par tour doivent être différents. En outre, les architectures proposées par le brevet suscité ne 20 permettent pas de pouvoir commander un arrêt de la mise en oscillations en fonction des particularités du processus d'usinage. Or, un tel arrêt peut être rendu nécessaire, par exemple si le même outil doit réaliser un perçage suivi par la réalisation d'un chanfrein, ce dernier nécessitant un mouvement d'avance sans oscillations superposées. D'autres optimisations de l'assistance 25 vibratoire à la fragmentation des copeaux sont également impossibles avec des principes connus, comme par exemple la variation en temps réel, pendant l'opération de perçage, de l'amplitude ou de la fréquence des oscillations imposées, ou la génération de formes d'oscillations différentes d'une sinusoïde, comme par exemple une forme d'oscillation en dents de scie. 30

Aussi, un but de la présente invention est de proposer un dispositif d'usinage amélioré, notamment un dispositif de perçage permettant une fragmentation des copeaux lors du perçage par superposition d'oscillations axiales au mouvement d'avance de l'outil, qui soit exempt de l'une au moins

des limitations précédemment évoquées et, en particulier, qui soit simple à mettre en œuvre, peu encombrant et dont les caractéristiques d'oscillation sont aisément adaptables.

5 A cet effet, la présente invention a pour objet un dispositif d'usinage comprenant un bâti, un arbre de transmission s'étendant le long d'un axe et apte à être couplé à un outil coupant, et un mécanisme d'entraînement de l'arbre de transmission, ledit mécanisme comprenant un organe de rotation couplé à l'arbre de transmission et apte à entraîner en rotation l'arbre de transmission autour de son axe par rapport au bâti, un organe d'entraînement en liaison hélicoïdale avec l'arbre
10 de transmission et apte à entraîner en translation l'arbre de transmission le long de son axe par rapport au bâti selon un mouvement d'avance, en fonction de la vitesse relative de rotation desdits organes de rotation et d'entraînement, et des moyens de génération d'oscillations axiales aptes à générer un mouvement d'avance oscillant de l'arbre de transmission le long de son axe.

15 Selon l'invention, ledit organe d'entraînement est monté mobile en translation par rapport audit bâti le long de l'axe et est disposé entre une extrémité de couplage de l'arbre de transmission avec ledit outil coupant et ledit organe de rotation, lesdits moyens de génération d'oscillations axiales comprenant un actionneur électromécanique monté en repère fixe, lié audit bâti, à l'avant dudit
20 organe d'entraînement, avec lequel ledit actionneur électromécanique est apte à être couplé pour le faire osciller en translation, de manière à superposer une composante d'oscillation axiale audit mouvement d'avance.

Selon d'autres caractéristiques avantageuses du dispositif d'usinage conforme à l'invention, prises isolément ou en combinaison:

25 - ledit actionneur électromécanique peut être agencé de manière à générer un mouvement de déplacement axial dudit organe d'entraînement dans une direction axiale opposée à la direction du mouvement d'avance, tandis qu'un ressort de précharge sollicite ledit organe d'entraînement dans une direction axiale correspondant à la direction du mouvement d'avance ;

30 - ledit actionneur électromécanique peut être agencé, en variante, de manière à générer un mouvement de déplacement axial dudit organe d'entraînement dans une direction axiale correspondant à la direction dudit

mouvement d'avance, tandis qu'un ressort de précharge sollicite ledit organe d'entraînement dans une direction axiale opposée à la direction du mouvement d'avance;

- ledit mouvement de déplacement axial peut être avantageusement transmis audit organe d'entraînement par l'intermédiaire d'un moyen d'amplification mécanique apte à amplifier l'amplitude du mouvement généré par ledit actionneur électromécanique ;

- ledit moyen d'amplification mécanique peut comprendre, selon un exemple de réalisation, un bras de levier s'étendant entre une extrémité libre dudit actionneur électromécanique et ledit organe d'entraînement ;

- le dispositif comprend préférentiellement un moyen d'accouplement avec ledit organe d'entraînement de type butée à double effet solidaire dudit organe d'entraînement ;

- ledit actionneur électromécanique est en appui par une de ses extrémités sur une butée annulaire d'appui axial fixée audit bâti ;

- ladite butée annulaire d'appui axial peut avantageusement comprendre des moyens élastiques d'amortissement par l'intermédiaire desquels ladite extrémité dudit actionneur électromécanique est en appui sur ladite butée annulaire d'appui axial ;

- ledit organe d'entraînement est en liaison glissière dans la direction de l'axe avec une roue d'entraînement en rotation dudit organe d'entraînement, ladite roue d'entraînement recevant un mouvement de rotation et étant en liaison pivot par rapport audit bâti ;

- ladite liaison glissière entre ledit organe d'entraînement et ladite roue d'entraînement dans la direction de l'axe est réalisée par des moyens de guidage élastiques ;

- ledit dispositif peut comprendre un pivot glissant entre ledit organe d'entraînement et ledit bâti ;

- ledit actionneur électromécanique peut être un actionneur piézoélectrique ou magnétostrictif ou électrostrictif.

D'autres particularités et avantages de l'invention ressortiront à la lecture de la description faite ci-après d'un mode de réalisation particulier de l'invention, donné à titre indicatif mais non limitatif, en référence aux dessins annexés sur lesquels :

- la Figure 1 est un schéma illustrant la cinématique d'un mécanisme d'entraînement d'une unité de perçage dit à avance programmée, auquel l'invention peut être appliquée, non limitativement ;

5 - la Figure 2 est un schéma similaire à la figure 1, détaillant l'agencement de la partie de guidage de l'arbre selon un premier mode de réalisation de l'invention, pour combiner le mouvement d'avance de l'arbre de transmission de sortie avec un mouvement oscillatoire le long de l'axe ;

 - la Figure 3 est un schéma illustrant une variante du mode de réalisation illustré à la figure 2 ;

10 - la Figure 4 est un schéma illustrant un deuxième mode de réalisation de l'invention ;

 - la Figure 5 est un schéma illustrant un troisième mode de réalisation de l'invention ;

15 - la Figure 6 est un schéma illustrant un quatrième mode de réalisation de l'invention.

A cet égard, sur les figures, il est noté que les éléments portant les mêmes références numériques correspondent à des éléments identiques ou similaires.

20 La figure 1, illustre une structure cinématique classique d'un dispositif de perçage présentant un mécanisme d'entraînement 1 constituant un mécanisme d'entraînement dit à avance programmée, reliant mécaniquement un arbre de transmission d'entrée 2 à un arbre de transmission de sortie 3, auquel est destiné à être couplé un outil coupant, en l'occurrence un outil de perçage. L'arbre 2 du mécanisme d'entraînement est accouplé à un moteur
25 d'entraînement ou à un ensemble moteur / réducteur. L'ensemble de ces éléments est au moins partiellement logé dans un bâti du dispositif de perçage et l'arbre de transmission de sortie 3 est reçu dans le bâti de manière mobile en rotation autour de son axe A et en translation le long de cet axe A.

30 Selon l'exemple de réalisation de la figure 1, le mécanisme d'entraînement 1 comprend un premier moyen d'engrenage 11, qui permet de transformer le mouvement de rotation de l'arbre d'entrée 2 en un mouvement de rotation de l'arbre de sortie 3. Ce premier moyen d'engrenage comporte par exemple une première roue d'entraînement 12 fixée sur l'arbre d'entrée 2 engrenant sur un organe de rotation 13 couplé à l'arbre de sortie 3, de façon à

ce que l'organe de rotation 13 tourne avec l'arbre de sortie 3 tout en autorisant un déplacement en translation de celui-ci le long de son axe A par rapport à l'organe de rotation 13, la liaison entre l'organe de rotation 13 et l'arbre de transmission de sortie 3 étant par exemple une liaison glissière 14, l'arbre de transmission de sortie 3 pouvant comporter des cannelures dans lesquelles
5 s'engagent des nervures correspondantes de l'organe de rotation 13.

Conformément aux mécanismes d'entraînement classiques à avance mécanique programmée, le mécanisme d'entraînement 1 comprend un deuxième moyen d'engrenage 15, permettant de transformer le mouvement de rotation de l'arbre de transmission d'entrée 2 en un mouvement d'avance de
10 l'arbre de transmission de sortie 3. Ce deuxième moyen d'engrenage 15 peut par exemple comprendre une première roue d'entraînement 16 couplée à l'arbre d'entrée 2 et permettant d'engrener une deuxième roue d'entraînement 17 en liaison pivot avec le bâti et solidaire d'un organe d'entraînement 18
15 couplé à l'arbre de transmission de sortie 3 par l'intermédiaire d'une liaison hélicoïdale, permettant de transformer le mouvement de rotation de l'organe d'entraînement 18 relativement à l'arbre de transmission de sortie 3 en un mouvement de translation correspondant de l'arbre de transmission de sortie 3 le long de son axe A par rapport au bâti, de sorte que l'arbre de transmission
20 de sortie 3 avance le long de l'axe A (dans la direction de la flèche Va) par rapport au bâti en fonction de la vitesse relative de rotation des organes de rotation et d'entraînement 13 et 18. En effet, la liaison hélicoïdale va transformer le mouvement de rotation relative entre l'organe d'entraînement 18 et l'arbre de transmission de sortie 3 en un mouvement de translation. Le choix
25 judicieux des deux rapports de transmission u_1 et u_2 , respectivement entre la deuxième roue d'entraînement 17 et la première roue d'entraînement 16 du deuxième moyen d'engrenage 15 et entre le premier organe de rotation 13 et la première roue d'entraînement 12 du premier moyen d'engrenage 11, permettra d'obtenir une avance de faible valeur (quelques centièmes de millimètres) tout
30 en mettant en œuvre une liaison hélicoïdale à pas relativement important et facile à réaliser (quelques millimètres).

En variante, les mouvements de rotation des organes de rotation 13 et d'entraînement 17 peuvent également être fournis par deux chaînes cinématique parallèles, plus complexes que celles présentées ci-dessus, qui

reçoivent le mouvement d'entraînement du même moteur ou couple moteur/réducteur, ou de deux moteurs différents.

Il a été expliqué précédemment que les copeaux qui se forment au cours du perçage d'un matériau peuvent être évacués plus facilement si ces derniers se fragmentent en même temps qu'ils se forment. On cherche classiquement à rendre cette fragmentation possible en imprimant à l'outil de perçage couplé à l'arbre de transmission de sortie 3 un mouvement d'avance oscillant, en superposant au mouvement d'avance généré par l'organe d'entraînement 18 via la liaison hélicoïdale avec l'arbre de sortie 3, un mouvement oscillant.

Les solutions proposées par la présente invention pour générer le mouvement d'avance oscillant peuvent être appliquées à tout dispositif d'usinage comprenant un mécanisme d'entraînement de l'arbre de transmission présentant une chaîne cinématique telle que décrite en référence à la figure 1, mais peuvent s'appliquer, de manière plus large, indépendamment du choix de la chaîne cinématique conçue pour transmettre les mouvements à l'arbre de transmission de sortie 3 et, en particulier, conçue pour transmettre les deux mouvements de rotation respectivement à l'organe de rotation 13 et à l'organe d'entraînement 18. Aussi, les solutions qui vont maintenant être décrites peuvent-elle être appliquées à toute chaîne cinématique mettant en œuvre un arbre de transmission de sortie couplé à un organe de rotation apte à entraîner l'arbre en rotation autour de son axe à l'intérieur d'un bâti en le laissant libre en translation, le bâti logeant un mécanisme d'entraînement comprenant un organe d'entraînement couplé à l'arbre par une liaison hélicoïdale de sorte à provoquer l'avance automatique de l'arbre le long de son axe relativement au bâti sous l'effet de l'entraînement en rotation de l'arbre et ce, quelle que soit la manière dont est réalisée la différence entre la vitesse de rotation ω_1 de l'organe d'entraînement et la vitesse de rotation ω_2 de l'organe de rotation.

Le premier mode de réalisation illustré à la figure 2 présente une configuration basée sur une architecture de machine où l'organe d'entraînement 18 formant l'élément écrou de la liaison hélicoïdale avec l'arbre 3 est positionné dans la partie arrière de la machine, comme cela est classiquement le cas sur les machines existantes. Autrement dit, l'organe d'entraînement 18 est positionné le long de l'arbre de transmission de sortie 3 à

l'opposé d'une extrémité de couplage de cet arbre avec l'outil coupant (non représenté) par rapport à l'organe de rotation 13.

L'organe d'entraînement 18, couplé à l'arbre de transmission de sortie 3 par l'intermédiaire de la liaison hélicoïdale, est mobile axialement à l'intérieur du bâti selon l'axe A, la liaison entre l'organe d'entraînement 18 et la deuxième
5 roue d'entraînement 17 étant par exemple une liaison glissière 19 d'axe A. Cette liaison glissière 19 a la particularité de devoir assurer une course de faible amplitude, égale à l'amplitude des oscillations qui seront imposées, typiquement de l'ordre du dixième de millimètres, préférentiellement de 0,1 à
10 0,2 mm. Ainsi, bien qu'elle puisse être réalisée par des moyens classiques pour une liaison glissière (palier lisse, patins à éléments roulants etc.), elle peut aussi être réalisée par des moyens de guidage élastiques, qui peuvent être assimilés à une liaison glissière de faible course. En variante, un pivot glissant dans la direction de l'axe A peut être agencé entre l'organe d'entraînement 18
15 et le bâti, de sorte que l'organe d'entraînement 18 destiné à imprimer le mouvement d'avance à l'arbre de transmission de sortie 3, est mobile en translation par rapport au bâti le long de l'axe A. Par ailleurs, l'arbre de transmission de sortie 3 est solidaire en translation de l'organe d'entraînement 18 du fait de la liaison hélicoïdale entre eux, l'organe d'entraînement 18
20 formant l'élément écrou de cette liaison hélicoïdale étant vissé sur un tronçon fileté de l'arbre de sortie 3.

Selon ce premier mode de réalisation illustré à la figure 2, les moyens de génération d'oscillations axiales destinés à permettre un mouvement d'avance oscillant de l'arbre de transmission de sortie 3 le long de son axe A,
25 comprennent un actionneur électromécanique 20, par exemple de type piézoélectrique, dont les oscillations, engendrées par une tension variable qui lui est appliquée, sont orientées le long de l'axe A. L'actionneur 20 peut également être de type magnétostrictif ou électrostrictif ou mettant en œuvre tout autre type de milieu et phénomènes physiques, par exemple
30 électrohydraulique ou électropneumatique, capables de fournir une oscillation générée par un signal de commande extérieur.

L'actionneur électromécanique 20, de forme tubulaire, est monté sur l'arbre de transmission de sortie 3 dans la partie arrière de la machine, en arrière de l'organe d'entraînement 18 constituant l'élément écrou de la liaison

hélicoïdale avec l'arbre de transmission de sortie 3, et est destiné à être couplé axialement à l'organe d'entraînement 18 pour le faire osciller en translation le long de l'axe A, lorsqu'il est commandé, de manière à superposer une composante d'oscillation axiale au mouvement d'avance de l'arbre imprimé par l'organe d'entraînement 18.

L'actionneur électromécanique 20 est avantageusement monté en repère fixe, lié au bâti, dit autrement il est non tournant autour de l'axe A de l'arbre de sortie 3 relativement au bâti, ce qui simplifie grandement son alimentation électrique, en évitant ainsi d'avoir à mettre en œuvre des solutions complexes et coûteuses, par exemple de type collecteur tournant à base de contacts glissants. Pour ce faire, l'actionneur électromécanique 20 est en appui par une de ses extrémités 21 sur une butée annulaire d'appui axial 30 fixée au bâti, afin de laisser l'actionneur 20 en repère fixe. La butée annulaire d'appui axial 30 peut comprendre des moyens élastiques d'amortissement (non représentés), interposés entre la butée elle-même et l'extrémité 21 de l'actionneur électromécanique 20 destinée à venir en appui sur la butée 30.

En avant de l'actionneur électromécanique 20 monté fixe en rotation autour de l'axe A, une extrémité libre oscillante 22 de l'actionneur 20, qui est située à l'opposé de l'extrémité 21 en appui axial sur la cale 30 fixé au bâti, est destinée à être couplée à l'organe d'entraînement 18 pour le faire osciller en translation le long de l'axe A au travers de la liaison glissière 19, de manière à superposer une composante d'oscillation axiale au mouvement d'avance uniforme de l'arbre 3 selon l'axe A, généré à partir du mouvement de rotation relatif entre l'organe d'entraînement 18 et l'arbre de transmission de sortie 3.

L'organe d'entraînement 18 est préférentiellement monté mobile axialement par rapport au bâti dans la direction de l'axe A par l'intermédiaire d'un mécanisme de rappel élastique (non représenté) de l'organe d'entraînement 18 en une position axiale nominale par rapport au bâti. Le mécanisme de rappel élastique, par exemple un ressort de précharge, associé à la liaison glissière ou au pivot glissant, est adapté pour autoriser les mouvements de l'organe d'entraînement 18 par rapport au bâti en direction du mouvement d'avance de l'outil depuis une position axiale nominale sous l'effet du mouvement de déplacement axial généré par l'actionneur 20, tout en sollicitant l'organe d'entraînement 18 dans une direction axiale opposée à la

direction du mouvement d'avance. Ainsi, l'organe d'entraînement 18 est sollicité pour être couplé avec l'extrémité libre oscillante 22 de l'actionneur 20 par le mécanisme de rappel élastique.

Selon ce mode de réalisation, l'actionneur 20 « pousse » l'organe d'entraînement 18 en direction du mouvement d'avance de l'outil et le ressort de précharge génère la force de retour permettant de sortir l'outil de la matière. Ainsi, les pics d'effort de perçage interviennent sur la course « aller », lorsque l'outil pénètre dans la matière avec une vitesse élevée et enlève un copeau d'épaisseur maximum, tandis que le recul de l'outil est réalisé sous l'effet du ressort de précharge. Ce dernier devra avantageusement être dimensionné de manière à éviter toute perte de contact avec l'actionneur 20.

Le couplage entre l'extrémité libre oscillante 22 de l'actionneur électromécanique 20 et l'organe d'entraînement 18 peut être assuré par un moyen d'accouplement 40 permettant de limiter les frottements entre l'extrémité libre oscillante 22 de l'actionneur 20, monté fixe en rotation autour de l'axe A, et l'organe d'entraînement 18 entraîné en rotation autour de l'axe A. Plus précisément, le moyen d'accouplement 40 peut être de type butée à double effet comportant un chemin de roulement fixe, formé sur une bague fixe rapportée sur l'arbre de sortie 3 de manière mobile par rapport bâti le long de l'axe A et destinée à être associée à l'extrémité libre oscillante 22 de l'actionneur électromécanique 20, et un chemin de roulement tournant, destiné à être fixé à l'organe d'entraînement 18, tandis que des éléments tournants sont disposés entre les chemins de roulement fixe et tournant. Le chemin de roulement tournant peut être formé soit directement sur l'organe d'entraînement 18, soit sur une bague tournante rapportée sur l'organe d'entraînement 18.

Ce dispositif d'usinage permet avantageusement une meilleure maîtrise des oscillations axiales combinées au mouvement d'avance de l'arbre, notamment en raison du fait que l'actionneur électromécanique mis en œuvre est pilotable en temps réel par des moyens de commande réagissant à un simple ajustement des caractéristiques de son alimentation électrique. Aussi, il est possible de régler à la fois l'amplitude et la fréquence des oscillations y compris pendant une opération de perçage en cours, ce qui est particulièrement avantageux pour la mise en œuvre d'un processus de perçage adaptatif, notamment pour tenir compte des différents matériaux traversés dans

une même opération ou de la configuration particulière du processus d'usinage, comme par exemple dans le cas d'une opération combinée réalisant avec un seul outil, un perçage suivi par un chanfreinage.

La figure 3 illustre une variante du mode de réalisation de la figure 2, dans laquelle l'actionnement intègre une amplification, par opposition à l'actionnement direct sans amplification décrit à la figure 2, de manière à augmenter l'amplitude du mouvement oscillatoire généré par l'actionneur 20. Autrement dit, l'actionnement avec amplification intégrée permet une course de déplacement axial plus importante pour un même actionneur. Pour ce faire, comme illustré à la figure 3, le mouvement de déplacement axial généré par l'actionneur 20 est transmis à l'organe d'entraînement 18 par l'intermédiaire d'un moyen d'amplification mécanique 50 apte à amplifier l'amplitude de ce mouvement, qui vient s'intercaler entre l'extrémité libre 22 de l'actionneur 20 et la butée à double effet 40, tandis que l'actionneur 20 est toujours monté en repère fixe, lié au bâti. A titre d'exemple, le moyen d'amplification mécanique 50 comprend un bras de levier monté à pivotement entre l'extrémité libre 22 de l'actionneur 20 et la bague fixe de la butée à double effet 40 rapportée sur l'arbre de transmission de sortie 3.

Un tel actionnement avec amplification comme décrit à la figure 3 permet avantageusement d'augmenter l'amplitude des oscillations pour assurer la fragmentation systématique des copeaux et permet de couvrir une gamme plus importante d'avance par tour.

En référence à la figure 4, est décrit un deuxième mode de réalisation présentant une configuration basée sur une architecture de machine où l'organe d'entraînement 18 formant l'élément écrou de la liaison hélicoïdale est cette fois positionné dans la partie avant de la machine. Autrement dit, selon cette configuration, l'organe d'entraînement 18 est positionné le long de l'arbre de transmission de sortie 3 entre l'extrémité de couplage de l'arbre de transmission avec l'outil coupant et l'organe de rotation 13. Dans cette configuration particulière, comme illustré à la figure 4, on prévoit de positionner l'actionneur 20 dans la partie avant 60 de la machine encore appelé nez de la machine, à l'avant de l'organe d'entraînement 18. Ainsi, l'actionneur 20 se trouve être positionné dans le nez de la machine, entre l'extrémité de couplage de l'arbre de transmission avec l'outil coupant et l'organe d'entraînement 18.

Un tel positionnement de l'actionneur est particulièrement avantageux en termes d'encombrement et permet ainsi d'améliorer la compacité de la machine.

L'actionneur électromécanique 20 est en appui par une de ses extrémités 21 sur une butée annulaire d'appui axial 30 fixée au bâti, au niveau du nez 60 de la machine, du côté de l'extrémité de couplage de l'arbre de transmission avec l'outil coupant, afin de laisser l'actionneur 20 en repère fixe, de la même manière qu'expliqué précédemment en référence à la figure 1, et son extrémité libre 22, située à l'opposé de son extrémité 21 du côté de la deuxième roue d'entraînement 17, est couplée à l'organe d'entraînement 18 par l'intermédiaire de la butée à double effet 40, pour le faire osciller en translation le long de l'axe A au travers de la liaison glissière 19.

Dans cette configuration, l'actionneur électromécanique 20 est donc agencé de manière à générer un mouvement de déplacement axial de l'organe d'entraînement 18 dans une direction axiale opposée à la direction du mouvement d'avance de l'outil (symbolisée par la flèche Va sur les figures), depuis une position axiale nominale par rapport au bâti, tandis qu'un ressort de précharge 70 sollicite l'organe d'entraînement 18 dans une direction axiale correspondant à la direction du mouvement d'avance. Ainsi, le sens d'actionnement selon le mode de réalisation de la figure 4 est en sens inverse par rapport au sens d'actionnement selon le mode de réalisation des figures 2 et 3, où l'actionneur 20 « pousse » en direction du mouvement d'avance de l'outil. Par contraste, l'actionneur 20 « pousse » ici en direction opposée au mouvement d'avance de l'outil. Le ressort de précharge 70 doit alors être suffisamment raide afin de pouvoir « ramener » l'outil dans la matière, sans générer de phénomènes nuisibles (tels que des instabilités, par exemple).

Le mode de réalisation de la figure 4 est plus particulièrement adapté à un mode d'assistance vibratoire consistant à imposer des oscillations de forme autre que sinusoïdales et, plus précisément, des oscillations en dents de scie.

En effet, dans cette configuration, l'actionneur 20 utilise toute sa puissance pour entraîner l'organe d'entraînement 18 dans une direction opposée au mouvement d'avance de l'outil et ainsi générer une course de recul de l'outil qui est beaucoup plus rapide que le retour de l'outil dans la matière assuré par le ressort de précharge 70. De cette manière, la pente de la trajectoire sur la course active de

l'outil, correspondant à la phase de formation du copeau lorsque l'outil est ramené dans la matière, sera plus faible que pour un mode d'assistance vibratoire où les oscillations sont de forme sinusoïdale, diminuant ainsi les efforts de coupe et l'usure de l'outil. De plus, la fréquence d'oscillations optimale pour l'assistance vibratoire de type en dents de scie est plus faible que celle nécessaire dans le cas d'oscillations de forme sinusoïdale.

Le mode de réalisation illustré à la figure 5 est basé sur une même architecture de machine que celle décrite en référence à la figure 4 et concerne également un positionnement de l'actionneur 20 dans le nez 60 de la machine, à l'avant de l'organe d'entraînement 18. Cependant, le sens d'actionnement est inversé par rapport au sens d'actionnement de la figure 4 et l'actionnement intègre une amplification, de manière à augmenter l'amplitude du mouvement oscillatoire généré par l'actionneur 20, sur le principe du mode de réalisation décrit en référence à la figure 3.

Pour ce faire, l'actionneur 20 est toujours monté en repère fixe, lié au bâti de la machine, en étant en appui par une de ses extrémités 21 sur une butée annulaire d'appui axial 30 fixée au bâti, au niveau du nez 60 de la machine, du côté de l'extrémité de couplage de l'arbre de transmission avec l'outil coupant, et le mouvement de déplacement axial généré par l'actionneur 20 est transmis à l'organe d'entraînement 18 par l'intermédiaire d'un bras de levier 50 (suivant l'exemple de la figure 3) monté à pivotement entre la deuxième roue d'entraînement 17 et l'extrémité libre 22 de l'actionneur 20, située sensiblement au droit de la deuxième roue d'entraînement 17 à l'opposé de la première extrémité 21. De la sorte, l'actionneur permet de générer un mouvement de déplacement axial de l'organe d'entraînement 18 dans une direction axiale correspondant à la direction du mouvement d'avance de l'outil depuis une position axiale nominale par rapport au bâti, tandis que le ressort de précharge 70 sollicite l'organe d'entraînement 18 dans une direction axiale opposée à la direction du mouvement d'avance. Pour ce faire, le ressort de précharge 70 est agencé dans le nez de la machine à l'opposé de l'organe d'entraînement 18 par rapport à la butée à double effet 40 montée solidaire à l'avant de l'organe d'entraînement 18 et est précontraint contre la butée à double effet 40 pour générer la force de retour permettant de sortir l'outil de la matière.

Le mode de réalisation de la figure 5 avec l'actionnement logé dans le nez de machine présente ainsi toujours un impact positif en termes d'encombrement et, s'il n'est pas particulièrement optimisé pour la mise en œuvre d'une assistance vibratoire avec des oscillations en dents de scie
5 contrairement au mode de réalisation de la figure 4, il peut par contre procurer avantageusement des amplitudes d'oscillations multipliées par le facteur d'amplification permis par le moyen d'amplification mécanique intercalé entre l'actionneur et l'organe d'entraînement 18.

Le mode de réalisation de la figure 6 est toujours basée sur l'architecture
10 de machine décrite aux figures 4 et 5, avec l'organe d'entraînement 18 positionné à l'avant de la machine par rapport à l'organe de rotation 13 et concerne encore un positionnement de l'actionneur 20 dans le nez 60 de la machine, à l'avant de l'organe d'entraînement 18. Ce mode de réalisation combine en outre les avantages liés à la disposition inversée de la direction
15 d'actionnement (figure 4) et à la mise en œuvre d'une amplification de l'amplitude du mouvement généré (figure 5). Pour ce faire, l'actionneur 20 est monté en repère fixe, lié au bâti de la machine, en étant en appui par une de ses extrémités 21 sur une butée annulaire d'appui axial 30 fixée au bâti, au niveau du nez 60 de la machine, du côté de l'organe d'entraînement 18, et
20 s'étend dans le nez de la machine sensiblement au droit de la butée à double effet 40 montée à l'avant de l'organe d'entraînement 18. Selon l'exemple de réalisation, un bras de levier 50 est monté à pivotement entre l'extrémité libre 22 de l'actionneur 20 et la bague fixe de la butée à double effet 40 montée mobile en translation sur l'arbre de transmission de sortie 3. Ainsi, l'actionneur
25 20 permet de générer un mouvement de déplacement axial de l'organe d'entraînement 18 dans une direction opposée à la direction du mouvement d'avance de l'outil et ce mouvement de déplacement axial généré par l'actionneur 20 est transmis à l'organe d'entraînement 18 par l'intermédiaire du bras de levier 50. De la sorte, l'actionneur est apte à « pousser » l'organe
30 d'entraînement 18 en direction opposée à la direction du mouvement d'avance de l'outil avec une amplitude de mouvement amplifiée par le bras de levier 50 et le ressort de précharge 70 sollicite l'organe d'entraînement 18 en direction inverse. Pour ce faire, le ressort de précharge 70 est agencé dans le nez de la machine du côté de l'organe d'entraînement 18 et est précontraint contre la

bague tournante de la butée à double effet 40 rapportée sur l'organe d'entraînement 18 pour générer la force permettant de ramener l'outil dans la matière.

Les différents modes de réalisation de l'invention tels qu'ils viennent d'être
5 décrits pour combiner le mouvement d'avance de l'arbre de transmission de sortie avec un mouvement oscillatoire le long de son axe, pourront être facilement adaptés à tout type d'unité d'usinage, étant donné que des opérations autres que le perçage restent réalisables et dans la mesure où les moyens mis en œuvre pour générer les oscillations axiales interviennent
10 uniquement dans la partie de guidage de l'arbre, indépendamment de la chaîne cinématique qui fournit les deux mouvements de rotation respectivement à l'organe de rotation 13 pour l'entraînement en rotation de l'arbre autour de son axe et à l'organe d'entraînement 18 pour l'entraînement en translation de l'arbre le long de son axe. Ainsi, la solution proposée pourra par exemple être
15 utilisée dans la conception d'un moyen d'usinage de type électrobroche, procurant ainsi l'avantage de l'intégration du mouvement d'avance dans ledit moyen d'usinage et de l'assistance vibratoire. De façon générale, l'invention est applicable à tout domaine industriel dans lequel un outil ou un outillage doit être animé par un mouvement de rotation (de vitesse constante ou pas), associé à
20 un mouvement d'avance (de vitesse constante ou pas) et à un mouvement oscillant (vibrations de fréquence, amplitude et forme d'onde variables), tous les paramètres de ces mouvements pouvant être indépendamment réglés, hors ou pendant le processus.

REVENDECATIONS

1. Dispositif d'usinage comprenant un bâti, un arbre de transmission s'étendant le long d'un axe (A) et apte à être couplé à un outil coupant, et un
5 mécanisme d'entraînement de l'arbre de transmission, ledit mécanisme comprenant un organe de rotation couplé à l'arbre de transmission et apte à entraîner en rotation l'arbre de transmission autour de son axe par rapport au bâti, un organe d'entraînement en liaison hélicoïdale avec l'arbre de transmission et apte à entraîner en translation l'arbre de transmission le long
10 de son axe (A) par rapport au bâti selon un mouvement d'avance, en fonction de la vitesse relative de rotation desdits organes de rotation et d'entraînement, et des moyens de génération d'oscillations axiales aptes à générer un mouvement d'avance oscillant de l'arbre de transmission le long de son axe, caractérisé en ce que ledit organe d'entraînement est monté
15 mobile en translation par rapport audit bâti le long de l'axe (A) et est disposé entre une extrémité de couplage de l'arbre de transmission avec ledit outil coupant et ledit organe de rotation, lesdits moyens de génération d'oscillations axiales comprenant un actionneur électromécanique monté en repère fixe, lié audit bâti, à l'avant dudit organe d'entraînement avec lequel
20 ledit actionneur électromécanique est apte à être couplé pour le faire osciller en translation, de manière à superposer une composante d'oscillation axiale audit mouvement d'avance.

2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que ledit actionneur électromécanique est agencé de manière à générer un
25 mouvement de déplacement axial dudit organe d'entraînement dans une direction axiale opposée à la direction du mouvement d'avance, tandis qu'un ressort de précharge sollicite ledit organe d'entraînement dans une direction axiale correspondant à la direction du mouvement d'avance.

3. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que ledit
30 actionneur électromécanique est agencé de manière à générer un mouvement de déplacement axial dudit organe d'entraînement dans une direction axiale correspondant à la direction dudit mouvement d'avance, tandis qu'un ressort de précharge sollicite ledit organe d'entraînement dans une direction axiale opposée à la direction du mouvement d'avance.

4. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 2 ou 3, caractérisé en ce que ledit mouvement de déplacement axial est transmis audit organe d'entraînement par l'intermédiaire d'un moyen d'amplification mécanique apte à amplifier l'amplitude du mouvement généré par ledit actionneur électromécanique.

5. Dispositif selon la revendication 4, caractérisé en ce que ledit moyen d'amplification mécanique comprend un bras de levier s'étendant entre une extrémité libre dudit actionneur électromécanique et ledit organe d'entraînement.

6. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce qu'il comprend un moyen d'accouplement avec ledit organe d'entraînement de type butée à double effet solidaire dudit organe d'entraînement.

7. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que ledit actionneur électromécanique est en appui par une de ses extrémités sur une butée annulaire d'appui axial fixée audit bâti.

8. Dispositif selon la revendication 7, caractérisé en ce que ladite butée annulaire d'appui axial comprend des moyens élastiques d'amortissement par l'intermédiaire desquels ladite extrémité dudit actionneur électromécanique est en appui sur ladite butée annulaire d'appui axial.

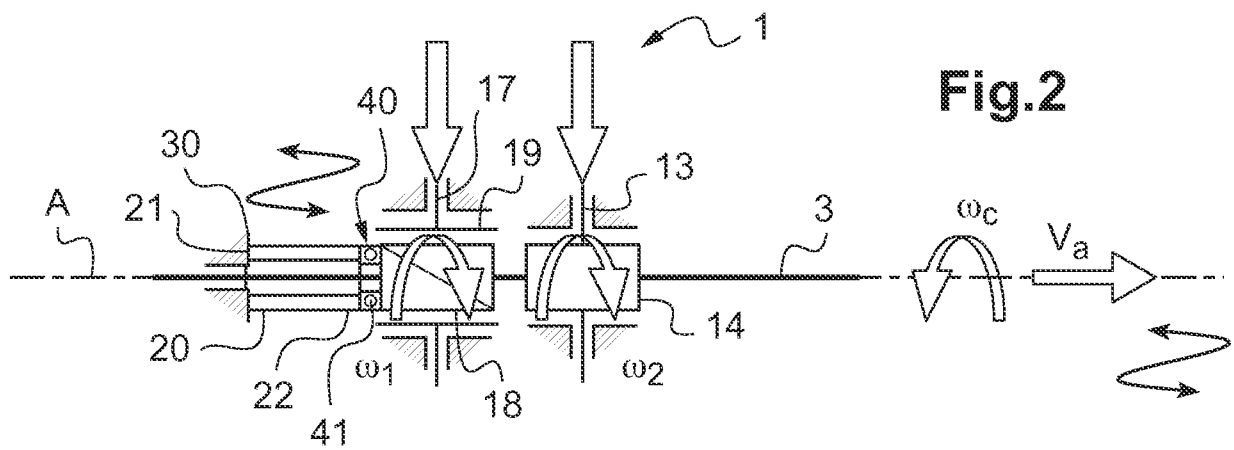
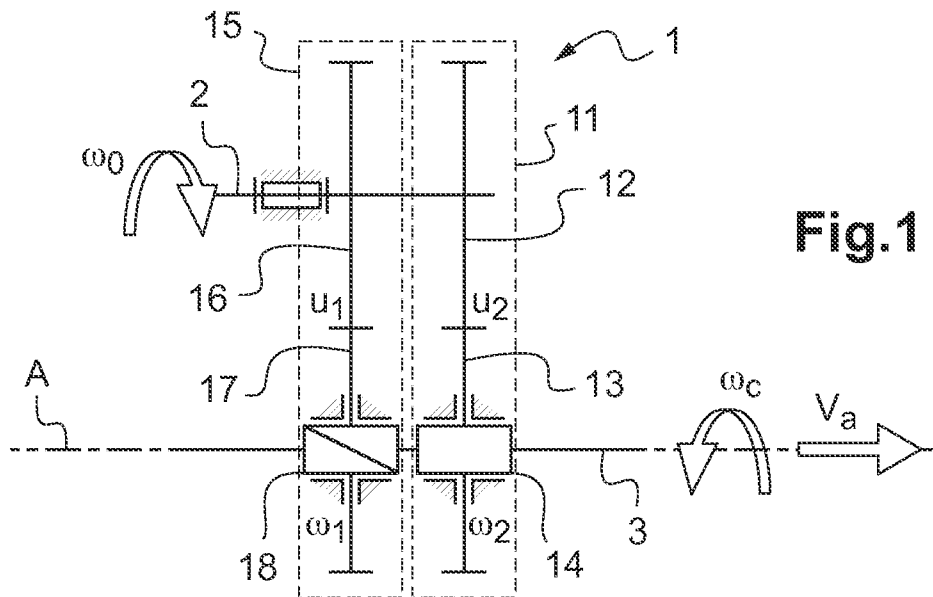
9. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que ledit organe d'entraînement est en liaison glissière dans la direction de l'axe (A) avec une roue d'entraînement en rotation dudit organe d'entraînement, ladite roue d'entraînement recevant un mouvement de rotation et étant en liaison pivot par rapport audit bâti.

10. Dispositif selon la revendication 9, caractérisé en ce que ladite liaison glissière entre ledit organe d'entraînement et ladite roue d'entraînement dans la direction de l'axe (A) est réalisée par des moyens de guidage élastiques.

11. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, caractérisé en ce qu'il comprend un pivot glissant entre ledit organe d'entraînement et ledit bâti.

12. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, caractérisé en ce que ledit actionneur électromécanique est un actionneur piézoélectrique ou magnétostrictif ou électrostrictif.

1/2



2/2

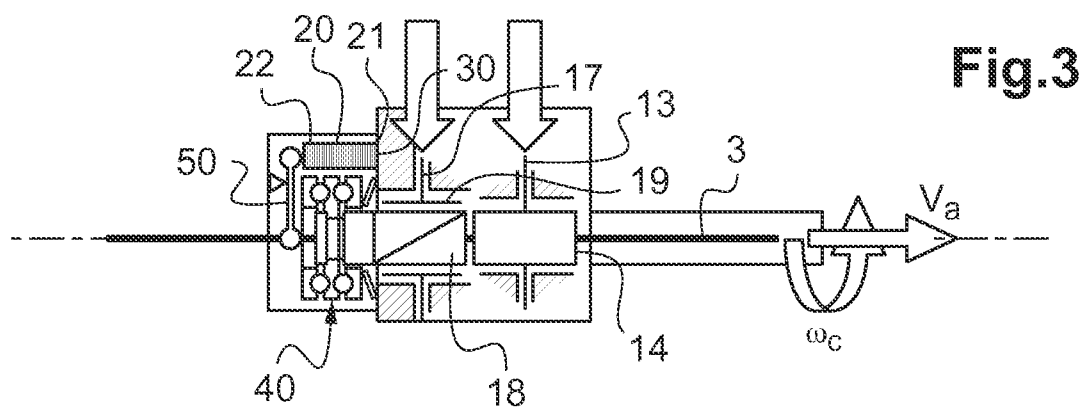


Fig. 3

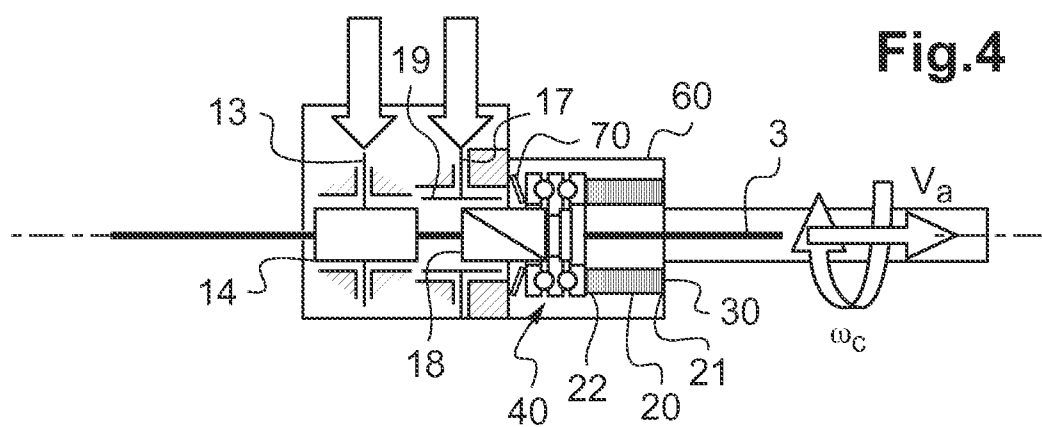


Fig. 4

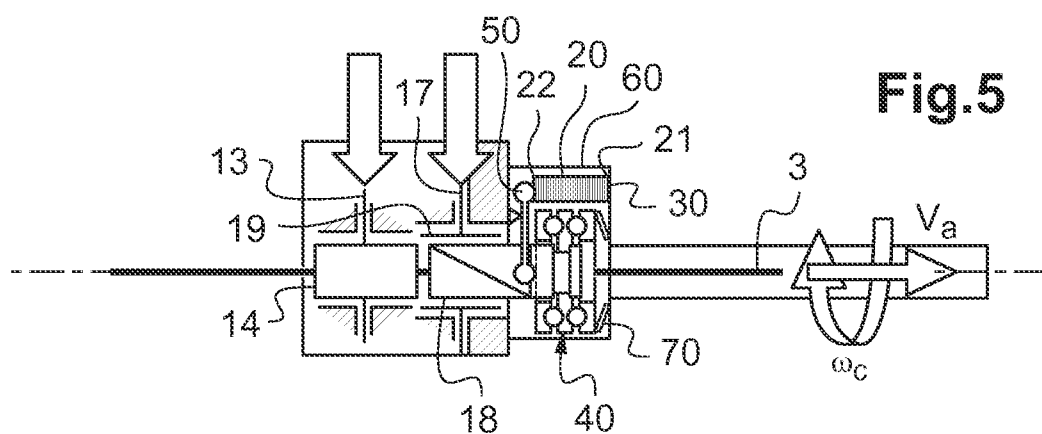


Fig. 5

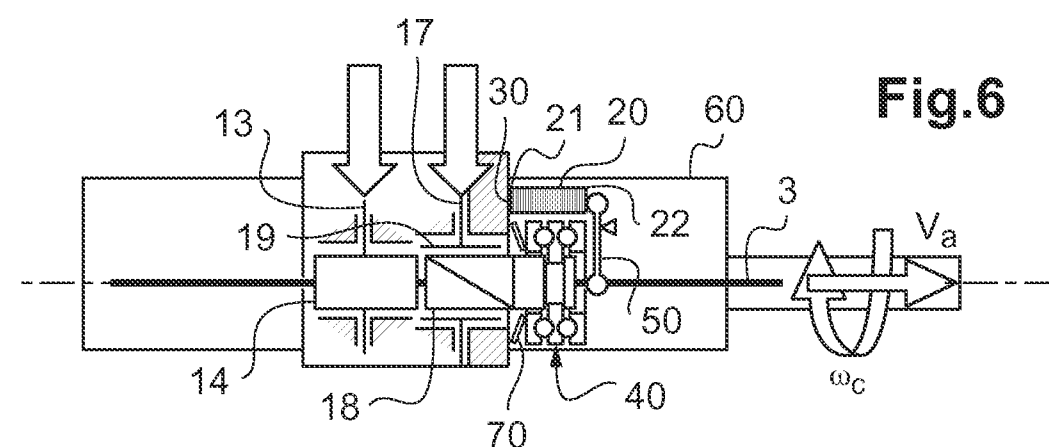


Fig. 6

