

A1

**DEMANDE  
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

**N° 82 21769**

---

(54) Convertisseur de mouvement de rotation en mouvement linéaire à billes et mécanisme d'avance utilisant un tel convertisseur.

(51) Classification internationale (Int. Cl. 7). F 16 H 25/22.

(22) Date de dépôt..... 24 décembre 1982.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée : JP, 29 décembre 1981, n° 214817/81.

(41) Date de la mise à la disposition du public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 36 du 9-9-1983.

---

(71) Déposant : TERAMACHI Hiroshi. — JP.

(72) Invention de : Hiroshi Teramachi.

(73) Titulaire : *idem* (71)

(74) Mandataire : Cabinet Regimbeau, Corre, Martin et Schrimpf,  
26, av. Kléber, 75116 Paris.

---

La présente invention se rapporte à des dispositifs pour convertir un mouvement de rotation en un mouvement rectiligne et elle se rapporte plus spécifiquement à un tel convertisseur de mouvement de rotation en mouvement linéaire du type qui comporte une vis sans fin et un écrou à billes, une série ou une multiplicité de billes anti-friction étant montées en appui de roulement entre leurs filets de vis opposés pour transformer la rotation de l'un des deux en un déplacement rectiligne de l'autre. L'invention se rapporte également spécifiquement à des mécanismes d'avance qui utilisent un ou deux convertisseurs de mouvement de rotation en mouvement linéaire de ce type.

Les convertisseurs de mouvement de rotation en mouvement linéaire du type à vis sans fin et à écrou à billes, appelés également dans la technique du type à recirculation de billes, convertissent un frottement de glissement en un frottement de roulement grâce à l'action des billes de roulement. Du fait de la résistance de frottement minimale entre les pièces conjuguées, les dispositifs de cette catégorie ont été très largement utilisés en tant que mécanismes d'avance de machines-outils et autres machines.

Tels qu'ils ont été construits jusqu'à présent, les ensembles à vis sans fin et à écrou à billes ont présenté divers inconvénients. L'un de ceux-ci concerne les guides de retour des billes tubulaires classiquement utilisés pour faire recirculer les billes. Après avoir effectué entre un tour et demi et trois tours autour de la vis sans fin, les billes entrent dans le guide de retour et retournent en roulant jusqu'au point initial entre la vis sans fin et l'écrou à billes en faisant approximativement un tour autour de l'écrou à billes. Les guides de retour des billes sont incurvés avec un rayon inférieur à celui de l'écrou à billes. De telles courbures ont un effet nuisible sur le déplacement régulier des billes dans les guides de retour et elles ont pour effet d'engendrer du bruit. La recirculation régulière des billes est une condition préalable requise pour la rotation et le déplacement axial relatifs efficaces et sans frottement

de la vis sans fin et de l'écrou à billes.

Un autre problème qui se pose avec les dispositifs de la technique antérieure est le jeu axial ou battement entre la vis sans fin et l'écrou à billes. Le jeu est immanquable-  
5 ment à l'origine d'une usure inégale, d'un bruit et d'une mauvaise réponse qui se produisent lorsque soit la vis sans fin soit l'écrou à billes commence à se déplacer axialement lorsque l'autre organe tourne. Un remède classique à ce défaut a été de diviser l'écrou à billes en deux moitiés sui-  
10 vant un plan perpendiculaire à son axe et de placer une bague intermédiaire entre elles pour précharger les deux groupes de billes disposés sur ses côtés opposés soit en rapprochement soit en éloignement l'un de l'autre. La division en deux de l'écrou à billes nécessite, naturellement, le renforcement de  
15 l'ensemble d'écrou à billes comportant la bague intermédiaire, ce qui rend difficile la fabrication et l'assemblage du dispositif.

Un autre inconvénient des convertisseurs connus de mouvement de rotation en mouvement linéaire s'est manifesté  
20 dans le montage à rotation de l'écrou à billes sur une quelconque pièce externe. Le palier anti-friction utilisé à cette fin est presque invariablement du type à éléments de roulement comprenant une ou plusieurs rangées d'éléments de roulement, normalement des billes, interposés entre deux bagues ou an-  
25 neaux concentriques. Placé autour de l'écrou à billes, le roulement de cette construction classique rend le dispositif complet d'un encombrement malcommode pour son emploi en tant que mécanisme d'avance.

Un inconvénient de la technique antérieure est également  
30 le fait que les extrémités axiales opposées de l'écrou à billes ont été laissées ouvertes, ce qui facilite l'intrusion de poussière et d'autres matières étrangères dans l'espace tubulaire qui existe entre la vis sans fin et l'écrou à billes. L'accumulation de poussière ou analogue sur les surfaces op-  
35 posées de la vis sans fin et de l'écrou à billes entrave fortement le roulement régulier des billes le long de leurs filetages et, par conséquent, le mouvement relatif régulier de la

vis sans fin et de l'écrou à billes.

Un problème supplémentaire apparaît lors de l'usage de l'ensemble de vis sans fin et d'écrou à billes en tant que mécanisme d'avance. Dans un mécanisme d'avance classique typique de ce type, l'écrou à billes est couplé à un objet qui doit être déplacé, tel que la table d'une machine-outil. La vis sans fin, d'autre part, engrène, à une extrémité, avec un moteur d'entraînement et est montée, à son autre extrémité, dans un palier, le moteur d'entraînement et le palier étant tous deux portés par un élément fixe. Ainsi, la rotation de la vis sans fin se traduit par un mouvement axial de l'écrou à billes avec l'objet qui y est accouplé. Cette construction de la technique antérieure pose le problème de la vitesse critique de la vis sans fin, c'est-à-dire la vitesse angulaire à laquelle la vis sans fin devient dynamiquement instable avec de fortes amplitudes latérales du fait d'une résonance avec les fréquences propres de vibration latérale de la vis sans fin. La vis sans fin doit, par conséquent, être entraînée à une vitesse de sécurité inférieure à sa vitesse critique, même pour déplacer l'objet désiré à grande vitesse, ce qui impose ainsi une limite à l'avance rapide de l'objet.

On a suggéré de tourner le problème de la résonance de la vis sans fin en rendant les angles d'avance des filets de vis de la vis sans fin et de l'écrou à billes très grands dans une mesure telle que l'objet désiré puisse être entraîné à grande vitesse pour une vitesse de rotation relativement faible de la vis sans fin. Des filets de vis ayant un tel grand angle d'avance sont, cependant, très difficiles à tailler sur la face intérieure de l'écrou à billes avec un degré de précision tant soi peu acceptable. En outre, un accroissement de l'angle d'avance conduit à la réduction de la force avec laquelle l'écrou à billes est poussé axialement sur la vis sans fin et rend également difficile le positionnement précis de l'objet.

La présente invention vise à éliminer les guides de retour des billes classiques d'un convertisseur de mouvement de rotation en mouvement linéaire du type à vis sans fin et à

écrou à billes et à rendre possible un mouvement relatif plus régulier, avec un frottement réduit, de la vis sans fin et de l'écrou à billes et à réduire la production de bruit par les billes en recirculation.

5 L'invention vise également à incorporer au convertisseur de mouvement de rotation en mouvement linéaire un palier anti-friction destiné à être utilisé pour monter à rotation l'écrou à billes sur une quelconque pièce externe, sans accroître de manière gênante le diamètre extérieur du dispositif global.

10 L'invention vise également à précharger les billes de roulement entre la vis sans fin et l'écrou à billes sans diviser en deux l'écrou à billes et sans utiliser de pièce supplémentaire et, par conséquent, de manière à supprimer efficacement le jeu entre la vis sans fin et l'écrou à billes.

15 L'invention vise également à empêcher l'intrusion de poussière et autres matières étrangères dans l'écrou à billes afin d'assurer le roulement régulier des billes entre la vis sans fin et l'écrou à billes pour accroître la durée de vie utile du convertisseur.

20 Définie sous son aspect le plus général, l'invention a pour objet un convertisseur de mouvement de rotation en mouvement linéaire comprenant une vis sans fin, un écrou à billes monté concentriquement autour de la vis sans fin et une série de billes anti-friction interposées entre la vis sans fin et  
25 l'écrou à billes pour pouvoir effectuer un mouvement de roulement le long des filets de vis externe et interne taillés sur eux. Pour faire recirculer les billes, il est formé au moins une saignée transversale en travers du filetage interne de l'écrou à billes de façon à faire communiquer entre elles  
30 deux spires adjacentes de la rainure hélicoïdale qui y est formée. Conçue pour fournir un trajet de contournement des billes par dessus le filetage de la vis sans fin, la saignée transversale permet aux billes de recirculer autour essentiellement d'une spire de la rainure hélicoïdale de l'écrou à  
35 billes. Le convertisseur comprend, en outre, un palier anti-friction ou roulement comportant une bague extérieure qui entoure concentriquement l'écrou à billes avec interposition

d'une série d'éléments de roulement emprisonnés entre eux.

Ainsi, le convertisseur de mouvement de rotation en mouvement linéaire selon l'invention évite l'emploi des guides de retour des billes auxquels on était habitué de longue date et utilise à la place au moins une saignée transversale en travers du filetage interne de l'écrou à billes pour la recirculation des billes autour d'une spire de la rainure hélicoïdale qui y est formée. Ce procédé de recirculation des billes rend possible un mouvement relatif plus régulier et moins bruyant qu'il n'était possible jusqu'à présent d'obtenir de la vis sans fin et de l'écrou.

La suppression des guides de retour des billes de l'extérieur de l'écrou à billes rend également possible d'utiliser l'écrou à billes comme bague intérieure du roulement servant à monter l'écrou à billes sur une quelconque pièce externe. Par conséquent, le roulement qui est incorporé au dispositif de l'invention, comme indiqué dans le résumé ci-dessus, ne comprend que la bague extérieure et les éléments de roulement emprisonnés entre cette bague extérieure et l'écrou à billes lui-même qui sert de bague intérieure. Avec son diamètre extérieur ainsi réduit, le dispositif, y compris le roulement, a besoin d'un espace d'installation bien moindre que dans le cas où l'écrou à billes est monté à rotation dans un roulement indépendant.

Dans un mode de réalisation préféré, deux saignées transversales sont formées dans l'écrou à billes à des emplacements axialement espacés diamétralement opposés pour permettre à deux groupes séparés de billes anti-friction de recirculer, chacun autour d'une spire de la rainure hélicoïdale formée dans l'écrou à billes. Dans ce mode de réalisation, une spire de la rainure hélicoïdale de l'écrou à billes, située entre les spires de la rainure autour desquelles les deux groupes de billes recirculent, est formée avec une largeur différente de celle des autres spires d'où il résulte que les deux groupes de billes sont préchargés dans les directions axiales opposées de l'écrou à billes. La charge préalable des billes supprime le jeu indésirable entre la vis sans fin et l'écrou

à billes ce qui a pour résultat que le convertisseur répond plus rapidement, engendre moins de bruit, s'use de manière moins inégale et a une plus longue durée de vie utile. La rigidité du dispositif complet est également fortement accrue par suite de la charge préalable des billes de sorte que les positions axiales relatives de la vis sans fin et de l'écrou peuvent être déterminées d'une manière plus précise.

En outre, dans le mode de réalisation préféré, le roulement est réalisé sous la forme d'un roulement à deux rangées de billes. La bague extérieure de ce roulement est divisée en plusieurs segments de manière à précharger les deux rangées de billes dans les directions axiales opposées du roulement. La charge préalable des billes du roulement se combine avec la charge préalable des billes du convertisseur pour rendre le dispositif d'un fonctionnement fiable et sûr et d'une construction durable.

Une autre caractéristique de l'invention réside dans l'emploi d'une paire de bagues d'étanchéité disposées coaxialement aux extrémités opposées de l'écrou à billes et dirigées vers l'intérieur à partir de ce dernier en contact glissant avec la vis sans fin. Moulées dans une matière résistant à l'usure relativement rigide, les bagues d'étanchéité servent à empêcher l'intrusion de matières étrangères dans l'écrou à billes et à garantir le roulement régulier aligné du groupe ou des groupes de billes entre la vis sans fin et l'écrou à billes pour assurer au convertisseur une longue durée de vie utile.

Selon un autre aspect de l'invention, il est prévu un mécanisme d'avance dans lequel le convertisseur de mouvement de rotation en mouvement linéaire ayant la configuration dont les grandes lignes sont définies ci-dessus est adapté pour entraîner un organe mobile, tel que la table d'une machine-outil, le long d'un chemin de guidage rectiligne disposé au-dessus d'un organe fixe, tel que le banc d'une machine-outil. La vis sans fin du convertisseur de mouvement de rotation en mouvement linéaire est rigidement montée sur le dessous

de l'organe mobile et est orientée parallèlement au chemin de guidage pour pouvoir effectuer un mouvement axial avec l'organe mobile par rapport à l'organe fixe. La bague extérieure du roulement, qui utilise l'écrou à billes comme bague  
5 intérieure comme indiqué ci-dessus, est rigidement portée par l'organe fixe de sorte que l'écrou à billes peut tourner par rapport à la vis sans fin mais est empêché de se déplacer axialement par rapport à l'organe fixe. Ainsi, en communiquant un mouvement de rotation bidirectionnel à l'écrou à  
10 billes au moyen d'un mécanisme d'entraînement prévu sur l'organe fixe, on peut déplacer l'organe mobile en va et vient le long du chemin de guidage avec la vis sans fin.

On comprendra que dans le mécanisme d'avance construit de la manière décrite ci-dessus, la vis sans fin ne tourne  
15 pas et qu'elle est de ce fait exempte des problèmes de résonance. On peut, par conséquent, déplacer l'objet voulu à grande vitesse en employant une vis sans fin et un écrou à billes dont les filetages sont taillés à un angle d'avance normal. Comme on l'a indiqué, les filetages ayant un tel  
20 angle d'avance normal sont faciles à tailler avec une grande précision et ils servent à accroître la poussée axiale exercée sur la vis sans fin par un couple donné appliqué à l'écrou à billes. En outre, le positionnement précis de l'organe mobile devient possible.

25 Un autre mécanisme d'avance décrit ici comporte deux convertisseurs de mouvement de rotation en mouvement linéaire qui utilisent en commun la vis sans fin pour faire avancer l'organe mobile à grande vitesse et à très petite vitesse. Le mécanisme d'avance à deux vitesses est également bien calculé  
30 pour offrir les avantages du premier mécanisme d'avance décrit et pour tirer tous les avantages des convertisseurs de mouvement de rotation en mouvement linéaire tous deux construits comme décrit ci-dessus.

Les caractéristiques et avantages ci-dessus décrits de  
35 l'invention ainsi que d'autres et la manière de les obtenir apparaîtront plus clairement et l'invention elle-même sera mieux comprise à la lecture de la description qui va suivre

de modes de réalisation préférés considérés à la lumière des dessins annexés dans lesquels:

la Fig. 1 est une vue en bout et en élévation d'un mode de réalisation préféré du convertisseur de mouvement de rotation en mouvement linéaire construit conformément aux principes de la présente invention;

la Fig. 2 est une vue en coupe axiale du convertisseur de mouvement de rotation en mouvement linéaire, prise suivant la ligne II-II de la Fig. 1;

la Fig. 3 est une vue en coupe axiale, à plus grande échelle, prise suivant la ligne III-III de la Fig. 1, de la vis sans fin et de l'écrou à billes du convertisseur de mouvement de rotation en mouvement linéaire, cette vue servant à expliquer la manière suivant laquelle les deux groupes de billes anti-friction sont préchargés dans les directions axiales opposées du convertisseur;

la Fig. 4 est également une vue en coupe axiale du convertisseur de mouvement de rotation en mouvement linéaire, prise suivant la ligne IV-IV de la Fig. 1, cette vue ne représentant pas la vis sans fin pour montrer clairement l'une des saignées transversales formées en travers du filetage interne de l'écrou à billes ainsi que les billes qui recirculent par la saignée transversale;

la Fig. 5 est une vue en perspective à plus grande échelle d'un des organes défecteurs qui délimitent les saignées transversales formées dans la face intérieure de l'écrou à billes;

la Fig. 6 est une vue en plan de l'organe défecteur de la Fig. 5;

la Fig. 7 est une vue en coupe longitudinale de l'organe défecteur, prise suivant la ligne VII-VII de la Fig. 6;

la Fig. 8 représente la trajectoire suivie par chaque groupe de billes qui recirculent entre la vis sans fin et l'écrou à billes du convertisseur de mouvement de rotation en mouvement linéaire par les saignées transversales formées dans l'écrou à billes;

la Fig. 9 est une vue en bout et en élévation d'un autre

mode de réalisation préféré du convertisseur de mouvement de rotation en mouvement linéaire construit conformément aux principes de l'invention;

la Fig. 10 est une vue en coupe axiale de l'autre convertisseur de mouvement de rotation en mouvement linéaire, prise suivant la ligne X-X de la Fig. 9;

la Fig. 11 est également une vue en coupe axiale de l'autre convertisseur de mouvement de rotation en mouvement linéaire, prise suivant la ligne XI-XI de la Fig. 9, cette vue ne montrant pas la vis sans fin pour montrer d'autres éléments;

la Fig. 12 est une vue en plan de dessus, avec une partie représentée arrachée pour montrer d'autres parties, d'un mécanisme d'avance utilisant le convertisseur de mouvement de rotation en mouvement linéaire des Fig. 1 à 8;

la Fig. 13 est une vue en coupe verticale longitudinale du mécanisme d'avance, prise suivant la ligne XIII-XIII de la Fig. 12;

la Fig. 14 est une vue en coupe verticale transversale, prise suivant la ligne XIV-XIV de la Fig. 13;

la Fig. 15 est une vue en coupe verticale, prise suivant la ligne XV-XV de la Fig. 13, d'une des pattes dirigées vers le bas qui sert à monter rigidement la vis sans fin du convertisseur de mouvement de rotation en mouvement linéaire sur le dessous de la table dans le mécanisme d'avance;

la Fig. 16 est une vue en plan de dessus, avec une partie représentée arrachée pour montrer d'autres parties, d'un mécanisme d'avance à deux vitesses comportant deux convertisseurs de mouvement de rotation en mouvement linéaire, tous deux construits comme représenté sur les Fig. 1 à 8 et qui utilisent en commun la vis sans fin;

la Fig. 17 est une vue en coupe verticale longitudinale du mécanisme d'avance à deux vitesses, prise suivant la ligne XVII-XVII de la Fig. 16; et

la Fig. 18 est une vue en coupe verticale transversale du mécanisme d'avance à deux vitesses, prise suivant la ligne XVIII-XVIII de la Fig. 17.

On se référera tout d'abord aux Fig. 1 et 2 pour décrire l'organisation générale du convertisseur de mouvement de rotation en mouvement linéaire qui y est représenté en tant que premier mode de réalisation préféré de l'invention. Désigné  
5 par la référence générale 20, le convertisseur de mouvement de rotation en mouvement linéaire comprend dans l'ensemble:

1. une vis sans fin 22 sur laquelle est formé un filetage 24;

2. un écrou 26 à billes qui entoure concentriquement la  
10 vis sans fin 22 et sur une partie de la surface intérieure duquel est formé un filetage 28;

3. au moins un groupe, deux dans le mode de réalisation représenté, de billes anti-friction 30 interposés entre la vis sans fin 22 et l'écrou 26 à billes pour pouvoir effectuer un  
15 mouvement de roulement dans les rainures hélicoïdales 32 et 34 qui y sont délimitées par les filetages 24 et 28;

4. au moins un organe défecteur 36, deux dans le mode de réalisation représenté, encastré dans l'écrou 26 à billes, chacun délimitant une saignée transversale 38 pour la recircu-  
20 lation d'un groupe de billes 30;

5. un palier anti-friction ou roulement 40 comprenant une bague extérieure segmentée 42 et deux rangées de billes 44 et utilisant l'écrou 26 à billes comme bague intérieure.

Ci-après au cours de la présente description, on appellera les billes 30 disposées entre la vis sans fin 22 et l'écrou 26 à billes "billes de convertisseur" et les billes 44  
25 disposées entre l'écrou 26 à billes et la bague extérieure 42 "billes de roulement", pour les distinguer les unes des autres.

30 La Fig. 3 est une vue à plus grande échelle de la vis sans fin 22, de l'écrou 26 à billes et des deux groupes de billes 30 de convertisseur montées à roulement entre leurs filetages 24 et 28 disposés en vis à vis. Pour plus de simplicité, cette figure ne représente qu'une bille de convertisseur de chaque groupe. La vis sans fin 22 comporte le file-  
35 tage 24 qui délimite la rainure hélicoïdale 32 qui sert de chemin ou piste de guidage pour les billes 30 de convertisseur. L'écrou 26 à billes, d'autre part, comporte le file-

tage intérieur 28 qui délimite la rainure hélicoïdale 34 qui sert de chemin ou piste de guidage pour les billes. Le filetage 24 de la vis sans fin 22 a un pas constant sur toute sa longueur axiale. Cependant, les spires du filetage interne 5 28 de l'écrou 26 à billes présentent une différence de pas pour appliquer une charge préalable aux billes 30 de convertisseur, comme décrit en plus de détail ci-après.

La spire centrale 34' des cinq spires de la rainure hélicoïdale 34 de l'écrou 26 à billes est formée avec une plus 10 grande largeur que les autres spires de la rainure, dans ce mode de réalisation particulier. Ainsi, les pas P1 entre cette spire centrale 34' et les spires adjacentes sont plus grands que les pas P2 entre les spires autres que la spire centrale. Etant donné que toutes les spires de la rainure 15 hélicoïdale 32 de la vis sans fin 22 ont le même pas, la spire centrale 34' plus large de la rainure hélicoïdale de l'écrou 26 à billes sert à précharger les deux groupes de billes 30 du convertisseur en éloignement l'un de l'autre ou approximativement axialement vers l'extérieur de l'écrou 20 à billes ou de la vis sans fin.

Suivant une variante, la spire centrale 34' de l'écrou 26 à billes peut être formée avec une plus petite largeur que les autres spires. Dans ce cas, les deux groupes de billes 30 de convertisseur sont préchargés axialement l'un 25 en direction de l'autre ou approximativement axialement vers l'intérieur de l'écrou à billes ou de la vis sans fin. La seule condition nécessaire, par conséquent, pour appliquer une charge préalable aux billes de convertisseur conformément à l'invention est de donner à la spire centrale de la 30 rainure hélicoïdale de l'écrou à billes une largeur différente de celle des autres spires.

Comme représenté sur la Fig. 2 à laquelle on se référera à nouveau, les deux organes défecteurs 36 sont étroitement adaptés dans des ouvertures elliptiques respectives 35 formées radialement à travers l'écrou 26 à billes dans des emplacements axialement espacés, diamétralement opposés, du dit écrou. On peut utiliser un adhésif approprié pour rete-

nir fermement les organes défecteurs 36 en place dans les ouvertures 46 de l'écrou à billes.

La Fig. 4 représente l'intérieur de l'écrou 26 à billes vu à une distance angulaire de  $90^\circ$  par rapport à la position représentée sur la Fig. 2. Sur cette vue, on ne voit qu'un seul organe défecteur 36. On observera que l'organe défecteur représenté à titre d'exemple s'étend en travers d'une spire du filetage interne 28 de l'écrou 26 à billes et s'étend obliquement dans la direction opposée à celle dans laquelle le filetage s'incline par rapport à un plan perpendiculaire à l'axe de l'écrou à billes. Ainsi, l'organe défecteur 36 forme la saignée transversale 38 en travers du filetage de l'écrou à billes pour la recirculation d'un groupe de billes 30 de convertisseur. On comprendra que l'autre organe défecteur, non représenté sur la Fig. 4, est disposé de la même manière pour former une autre saignée transversale pour la recirculation de l'autre groupe de billes de convertisseur.

On comprendra clairement la configuration de chacun des organes défecteurs 36 à l'examen des Fig. 5, 6 et 7. L'organe défecteur 36 qui a la forme générale d'une courte colonne à section transversale elliptique comporte une concavité allongée, ayant un fond arrondi 48, formée dans l'une de ses faces pour servir de saignée transversale 38. On peut considérer que la concavité ou saignée transversale 38 est limitée en partie par une paroi environnante surélevée 50. Deux évidements 52 et 54 approximativement semicirculaires sont formés au voisinage des extrémités opposées de la paroi environnante 50 et à des emplacements légèrement décalés dans des directions opposées par rapport à ces extrémités. Lorsque l'organe défecteur 36 est introduit dans une position correcte dans une ouverture 46 de l'écrou 26 à billes, comme représenté sur les Fig. 2 et 4, les évidements 52 et 54 sont positionnés de manière à être de niveau avec les deux spires adjacentes de la rainure hélicoïdale 34 de l'écrou à billes, assurant ainsi une entrée et une sortie sans à coup des billes 30 du convertisseur dans et, respectivement, hors de la conca-

vit . Le fond arrondi 48 de la concavité sert à assurer un trajet de contournement des billes du convertisseur par dessus le filetage 24 de la vis sans fin 22.

On peut ainsi voir que la saignée transversale 38 formée par chaque organe déflecteur 36 fait communiquer entre elles deux spires voisines de la rainure hélicoïdale 34 de l'écrou 26 à billes. Les deux spires intercommunicantes sont, naturellement, continues, de sorte que les billes 30 de convertisseur recirculent essentiellement autour d'une spire de la rainure hélicoïdale de l'écrou 26 à billes.

La Fig. 8 représente l'orbite parcourue par chaque groupe de billes 30 de convertisseur en recirculation, telle que vue à partir de l'une ou l'autre extrémité axiale de la vis sans fin 22. Soit A, sur cette figure, le point de départ imaginaire du roulement des billes de convertisseur dans le sens des aiguilles d'une montre, par exemple, autour de la vis sans fin. Comme représenté sur la Fig. 4, le point de départ A est situé sur l'un ou l'autre des évidements semi-circulaires 52 et 54 de l'un des organes déflecteurs 36. A partir de ce point de départ, les billes de convertisseur roulent dans les rainures 32 et 34 de la vis sans fin et de l'écrou à billes. Après avoir effectué presque un tour complet autour de la vis sans fin, les billes de convertisseur atteignent le point B où elles entrent dans la saignée transversale 38. On rappellera en renvoyant à nouveau aux Fig. 1 à 7 que la saignée transversale 38 a une concavité vers l'extérieur dont le rayon est bien inférieur à celui de la vis sans fin 22. Par conséquent, en roulant dans la saignée transversale, les billes de convertisseur franchissent le filetage 24 de la vis sans fin 22 et reviennent ainsi à la position initiale A achevant une révolution de 360  autour de la vis sans fin. Chaque groupe de billes 30 de convertisseur recircule sans fin dans l'une des spires de l'écrou à billes lorsque la vis sans fin ou l'écrou à billes est entraîné en rotation pour provoquer le déplacement axial de l'écrou ou, respectivement, de la vis.

Si, sur la Fig. 8, la position du point zéro ou à 360 

est située au milieu de la saignée transversale 38, les points A et B peuvent être angulairement espacés de  $20^\circ$  dans les directions opposées à partir de ce point. La saignée transversale s'étend entre les positions de  $340^\circ$  et  $20^\circ$  dans ce mode de réalisation particulier.

Comme on l'a indiqué, le mode de réalisation représenté utilise deux organes défecteurs 36 pour permettre la recirculation des deux groupes séparés de billes 30 de convertisseur. Si nécessaire, cependant, on peut utiliser plusieurs organes défecteurs pour permettre la recirculation d'un nombre correspondant de groupes de billes de convertisseur. Dans ce cas, également, les organes défecteurs devraient être disposés à des espacements angulaires constants sur l'écrou à billes. On doit noter que, considérée sous son aspect le plus général, l'invention permet l'emploi d'un seul organe défecteur pour la recirculation d'un unique groupe de billes de convertisseur bien que la charge préalable des billes de convertisseur conformément au procédé représenté sur la Fig. 3 devienne impossible. Il n'y a pas lieu de se préoccuper du risque d'un déplacement relatif de la vis sans fin et de l'écrou à billes hors d'un alignement axial l'un avec l'autre résultant de l'interposition de l'unique groupe de billes de convertisseur du fait de la présence d'une paire de bagues d'étanchéité 56, plus particulièrement représentées sur les Fig. 2 et 4, aux extrémités axiales opposées de l'écrou à billes.

Les deux bagues d'étanchéité 56 sont fermement fixées à la face interne de l'écrou 26 à billes, aux extrémités axiales opposées de ce dernier et elles sont dirigées radialement vers l'intérieur de l'écrou en appui de glissement contre la vis sans fin 22. De préférence, moulées dans une matière plastique rigide ou dans un caoutchouc dur possédant une bonne propriété de résistance à l'usure, les bagues d'étanchéité 56 comportent un filetage intérieur 58 qui s'adapte au filetage 24 de la vis sans fin 22. Ces bagues d'étanchéité obturent les extrémités de l'écrou 26 à billes à l'encontre de l'intrusion de poussière et autres matières étrangères. En outre, du fait de leur mouvement de glissement sur l'écrou 22, les

bagues d'étanchéité servent à empêcher l'accumulation de poussière sur la vis sans fin. Le roulement des billes du convertisseur dans un état exempt de poussière est de la plus haute importance pour le fonctionnement correct de la machine.

Les Fig. 2 et 4 représentent également particulièrement clairement le palier anti-friction ou roulement 40 utilisé pour monter l'écrou 26 à billes sur une quelconque pièce externe, telle la pièce représentée par son contour tracé en traits mixtes et désignée par la référence 60 sur la Fig. 2. Dans sa forme la plus simple, le roulement qui doit être incorporé au convertisseur de mouvement de rotation en mouvement linéaire selon la présente invention comporte une bague qui entoure concentriquement l'écrou à billes et une rangée d'éléments de roulement emprisonnés entre eux. Le roulement particulier utilisé dans le mode de réalisation représenté est un roulement à deux rangées de billes.

Pour maintenir les deux rangées de billes de roulement 44 de manière qu'elles puissent rouler, l'écrou 26 à billes qui joue le rôle de la bague intérieure du roulement comporte deux chemins 62 et 64 de billes formés annulairement sur sa face extérieure au voisinage de ses extrémités axiales opposées. Les deux chemins 62 et 64 de billes formés sur l'écrou 26 à billes sont inclinés l'un vers l'autre dans ce mode de réalisation particulier. La bague extérieure 42 du roulement, d'autre part, est représentée divisée en trois segments qui comprennent un segment de gauche 66, un segment central 68 et un segment de droite 70 tous trois de forme annulaire. Dans les deux segments extérieurs 66 et 70 de la bague sont formés respectivement un chemin 72 de billes et un chemin 74 de billes qui sont inclinés en éloignement l'un de l'autre et sont disposés respectivement face au chemin 62 et au chemin 64 de l'écrou à billes. Les deux rangées de billes 44 de roulement sont emprisonnées de manière à pouvoir rouler entre les chemins 62 et 64 de l'écrou à billes et les chemins 72 et 74 de la bague extérieure.

Lors de l'assemblage du roulement à deux rangées de

billes construit de la manière ci-dessus décrite, on monte en place le segment central 68 de la bague extérieure 42 après avoir monté ses segments extérieurs 64 et 70 sur l'écrou 26 à billes avec interposition des deux rangées de billes de roulement 44. Pour rendre ce montage possible, le segment central 68 peut être divisé diamétralement en deux moitiés. L'épaisseur ou dimension axiale du segment central 68 est établie de telle sorte par rapport aux autres pièces du roulement que, lorsqu'il est monté en place, le segment central sollicite les deux segments extérieurs 66 et 70 en éloignement l'un de l'autre. Ainsi, les deux rangées de billes de roulement 44 sont préchargées dans les directions axialement orientées vers l'extérieur du roulement.

On notera que le segment de droite 70 de la bague extérieure 42 a un diamètre extérieur nettement plus grand que les autres segments 66 et 68. Ceci est dû au fait que le segment de droite 70 est destiné à servir de bride de montage pour la fixation de la bague extérieure 42 du roulement, par exemple, à la pièce externe 60. Comme représenté tant sur la Fig. 1 que sur la Fig. 2, la bride de montage 76 comporte plusieurs trous fraisés 78 qui y sont formés pour recevoir des éléments de fixation filetés 80 représentés par leur contour tracé en traits mixtes sur la Fig. 2.

Comme représenté sur les Fig. 2 et 4 auxquelles on se référera, l'extrémité de droite 82 de l'écrou 26 à billes fait saillie au-delà de la bague extérieure 42 du roulement et a son diamètre extérieur plus grand que l'autre partie de l'écrou à billes. Un jeu de dents d'engrenage 84 est formé sur la surface extérieure de la partie d'extrémité 82 de plus grand diamètre de l'écrou à billes pour servir d'engrenage mené qui sert à entraîner en rotation l'écrou à billes en étant entraîné par une source motrice externe. On appellera par conséquent ci-après la partie d'extrémité 82 portant des dents d'engrenage de l'écrou à billes la partie d'engrenage mené ou, simplement, la partie d'engrenage de l'écrou à billes.

On doit faire remarquer que la formation des dents d'en-

grenage sur la partie d'extrémité saillante de l'écrou à billes ne constitue pas une caractéristique essentielle de l'invention. Suivant un autre mode de réalisation, on peut découper un jeu de rainures dans la partie d'extrémité saillante de l'écrou à billes dans une direction parallèle à son axe pour pouvoir utiliser cette partie comme poulie à courroie crantée.

#### Second mode de réalisation

Les Fig. 9, 10 et 11 représentent un autre mode de réalisation du convertisseur de mouvement de rotation en mouvement linéaire, désigné par la référence générale 20a sur les Fig. 9 et 10 et qui comporte plusieurs modifications par rapport au mode de réalisation précédent. L'une des modifications réside dans l'emploi d'un engrenage annulaire ou creux 82a formé en tant qu'élément séparé et fixé au moyen de vis 86 sur une extrémité de l'écrou 26a à billes dans une disposition coaxiale avec ce dernier. Une poulie annulaire à courroie crantée pourrait, naturellement, être utilisée à la place de l'engrenage 82a. La fixation d'un tel organe mené annulaire à l'écrou à billes rend possible de fixer fermement l'une des bagues d'étanchéité 56 intérieurement filetée entre eux. L'autre bague d'étanchéité 56 est maintenue en appui contre l'autre extrémité de l'écrou à billes et fermement portée par un organe de retenue annulaire 88. Cet organe de retenue est en partie adapté par dessus l'écrou 26a à billes et il comporte un rebord 90 retourné vers l'intérieur qui y est encastré.

Le convertisseur 20a de mouvement de rotation en mouvement linéaire de ce second mode de réalisation comporte, en outre, un roulement modifié 40a qui est également du type à deux rangées de billes. Deux chemins de billes annulaires 62a et 64a sont formés dans l'écrou 26a à billes, ces chemins étant inclinés en éloignement l'un de l'autre à la différence des chemins 62 et 64 de billes du mode de réalisation précédent qui sont inclinés en direction l'un de l'autre.

Comme dans le mode de réalisation précédent, la bague extérieure 42a du roulement est divisée en trois segments an-

nulaires 66a, 68a et 70a. Des chemins 72a et 74a de billes sont formés dans les deux segments extérieurs, ces chemins étant inclinés l'un en direction de l'autre et disposés face aux chemins respectifs 62a et 64a de l'écrou à billes.

5 Les deux rangées de billes de roulement 44a sont emprisonnées de manière à pouvoir rouler entre les chemins 62a et 64a de l'écrou à billes et les chemins 72a et 74a de la bague extérieure. Dans ce roulement à deux rangées de billes modifié 40a, les deux segments extérieurs 66a et 70a de la  
10 bague extérieure sont comprimés et maintenus sollicités en appui contre le segment central 68a par des moyens appropriés, non représentés, de façon à précharger les deux rangées de billes de roulement 44a en direction l'une de l'autre.

Les autres détails de construction du second mode de  
15 réalisation du convertisseur 20a de mouvement de rotation en mouvement linéaire sont identiques à ceux du convertisseur 20. Son fonctionnement sera également facilement compris à la lecture de la description précédente du convertisseur 20.

#### Mécanisme d'avance

20 Les Fig. 12 à 15 représentent le convertisseur 20 de mouvement de rotation en mouvement linéaire des Fig. 1 à 8 tel qu'adapté pour être utilisé comme mécanisme d'avance. Comme représenté sur les Fig. 12 à 14 auxquelles on se référera plus particulièrement, le mécanisme d'avance comprend d'une  
25 manière générale:

1. un banc fixe 100 disposé horizontalement;
2. une table 102 conçue pour pouvoir être déplacée le long d'une paire de rails de guidage 104 montés sur le banc;
3. le convertisseur 20 de mouvement de rotation en mou-  
30 vement linéaire comprenant la vis sans fin 22 rigidement portée au-dessous de la table 102 et orientée parallèlement à la paire de rails de guidage 104 et l'écrou 26 à billes monté à rotation au moyen du roulement 40 sur un support fixe 106 monté sur le banc 100;
- 35 4. un moteur électrique pas à pas 108 monté sur le banc 100 et qui engrène avec l'écrou 26 à billes pour lui communiquer un mouvement de rotation bidirectionnel.

Portés par des poutres supports respectives 110 sur le

banc 100, les deux rails de guidage 104 servent de chemin de guidage pour le mouvement rectiligne de la table 102 au-dessus du banc lorsque la table est déplacée dans l'un ou l'autre sens par le convertisseur 20 de mouvement de rotation en mouvement linéaire. La table 102 comporte sur son dessous, deux paires de patins 112 qui sont, de préférence, en contact de glissement ou de roulement avec la paire de rails de guidage 104 pour assurer un déplacement sans frottement de la table sur les rails.

10 La table 102 comporte une paire de pattes 114 qui s'étendent vers le bas pour porter la vis sans fin 22. Comme plus particulièrement représenté sur la Fig. 15, chaque patte 114 dirigée vers le bas est percée d'un alésage traversant pour recevoir une des parties d'extrémités opposées de la vis sans fin 22. Cette vis est clavetée par une clavette 116 à chacune des pattes 114 et empêchée à la fois de se déplacer axialement et en rotation par rapport à la table 102. La vis sans fin 22 est, cependant, axialement mobile par rapport au banc 100 de sorte que l'on peut déplacer la table 102 le long de la paire de rails de guidage 104 en appliquant une poussée axiale à la vis sans fin.

Comme on l'a expliqué en se référant aux Fig. 1 à 8, l'écrou 26 à billes du convertisseur 20 de mouvement de rotation en mouvement linéaire est monté comme un manchon sur la vis sans fin 22 avec interposition des deux groupes de billes du convertisseur à recirculation des billes, qui ne sont pas visibles sur les Fig. 12 à 14, de manière à provoquer le déplacement axial désiré de la vis sans fin en étant entraîné en rotation par le moteur pas à pas 108. Pour provoquer un tel déplacement axial de la vis sans fin 22, l'écrou 26 à billes doit lui-même pouvoir tourner par rapport à la vis sans fin mais il doit être immobilisé à l'encontre d'un déplacement axial par rapport au banc 100. Ainsi, l'écrou 26 à billes est monté à rotation sur le support fixe 106 du banc 100 par l'intermédiaire du roulement 40 à deux rangées de billes. On a mentionné en se référant aux Fig. 2 et 4 que la bague extérieure de ce roulement était divisée en trois

segments annulaires et que le segment de droite 70 avait un diamètre extérieur plus grand que les autres pour servir de bride de montage. Le segment de droite 70 de la bague extérieure du roulement est fixé par des vis sur le support fixe 106 du banc 100 de la manière représentée sur la Fig. 2. Sur cette figure, la pièce externe 60 à laquelle le segment 70 de la bague extérieure du roulement est fixé correspond au support fixe 106.

Lorsque la bague extérieure du roulement 40 est fixée par des vis, comme décrit ci-dessus, au support fixe 106, l'écrou 26 à billes qui lui sert de bague intérieure est immobilisé à l'encontre d'un déplacement axial par rapport au banc par suite de la présence des deux rangées de billes interposées entre eux. L'écrou 26 à billes peut néanmoins tourner par rapport à la vis sans fin 22.

Pour pouvoir communiquer un mouvement de rotation bidirectionnel à l'écrou 26 à billes, un engrenage menant 118 est monté solidaire en rotation de l'arbre de sortie 120 du moteur pas à pas 108. L'engrenage menant 118 engrène avec la partie d'engrenage mené 82 de l'écrou à billes qui fait saillie hors de la bague extérieure du roulement.

Lors du fonctionnement du mécanisme d'avance construit de la manière décrite ci-dessus en se référant aux Fig. 12 à 15, le moteur pas à pas 108, lorsqu'il est excité d'une manière connue, entraîne l'écrou 26 à billes dans une direction désirée par l'intermédiaire de l'engrenage menant 118 et de l'engrenage mené 82 solidaire de l'écrou à billes. Etant donné que l'écrou 26 à billes est immobilisé axialement par rapport au banc 100 comme précédemment décrit, sa rotation provoque un déplacement axial relatif de la vis sans fin 22 dans une direction déterminée par le sens de rotation de l'écrou à billes. Lorsque la vis sans fin 22 se déplace longitudinalement dans l'un ou l'autre sens par rapport au banc, la table 102 se déplace également de la même manière le long de la paire de rails de guidage 104.

#### Mécanisme d'avance à deux vitesses

Sur les Fig. 16 à 18, on a représenté un autre mécanisme

d'avance qui comporte deux convertisseurs 20' et 20" de mouvement de rotation en mouvement linéaire, tous deux construits de la manière représentée sur les Fig. 1 à 8 et utilisant en commun la vis sans fin 22 pour faire avancer un objet respectivement à grande vitesse et à petite vitesse. Dans la description qui va suivre de ce mécanisme d'avance à deux vitesses, les références utilisées pour désigner les diverses parties du convertisseur 20 de mouvement de rotation en mouvement linéaire des précédents modes de réalisation seront utilisées

10 suivies du signe prime (') pour désigner les parties correspondantes du premier convertisseur 20' et seront utilisées suivies du signe seconde (") pour désigner les parties correspondantes du second convertisseur 20" à l'exception de la vis sans fin 22 qui est utilisée en commun par les deux. De même,

15 les références utilisées pour désigner les parties des moyens d'entraînement du mécanisme d'avance des Fig. 12 à 15 seront suivies du signe prime (') pour désigner les parties correspondantes des moyens d'entraînement du premier convertisseur 20' et du signe seconde (") pour désigner les parties correspondantes des moyens d'entraînement du second convertisseur

20 20".

On donnera ci-après une liste des principaux éléments du mécanisme d'avance à deux vitesses:

1. le banc fixe 100;
- 25 2. la table 102 qui comporte les deux paires de patins 112 de façon à pouvoir se déplacer en va-et-vient le long de la paire de rails de guidage 104 portés par le banc 100;
3. la vis sans fin 22 disposée au-dessous de la table 102 et s'étendant parallèlement à la paire de rails de guidage 104;
- 30 4. les premier et second écrous 26' et 26" à billes montés sur la vis sans fin 22 avec interposition des billes de convertisseur à recirculation de billes, non représentées sur les Fig. 16 à 18, dans des emplacements axialement espacés
- 35 sur ladite vis;
5. un premier roulement 40' portant à rotation le premier écrou 26' à billes sur le banc 100;

6. un second roulement 40" portant à rotation le second écrou 26" sur le dessous de la table;

7. un premier moteur pas à pas 108' monté sur le banc 100 pour communiquer un mouvement de rotation bidirectionnel au premier écrou 26 à billes;

8. un second moteur pas à pas 108" monté sur le dessous de la table 102 pour communiquer un mouvement de rotation bidirectionnel au second écrou 26" à billes.

On aura remarqué que la vis sans fin 22 n'est pas fixée à la table 102 comme dans le mode de réalisation précédent mais est portée par le premier écrou 26' à billes sur le banc 100 et par le second écrou 26" à billes sur la table 102. En outre, un palier lisse 122 monté dans un support 124 de palier porté par le banc 100 est monté sur la vis sans fin 22 pour guider son mouvement axial par rapport au banc 100 et à la table 102. Ainsi, la vis sans fin 22 est soutenue en trois points longitudinalement espacés de sa longueur.

Le premier écrou 26' à billes est monté à rotation dans un support fixe 106' fixé au banc 22 par l'intermédiaire du premier roulement 40'. Comme dans le mode de réalisation précédent, le segment 70' de la bague extérieure de ce roulement est fixé au moyen de vis au support fixe 106'. Par conséquent, le premier écrou 26 à billes est empêché de se déplacer axialement par rapport au banc 100 mais peut tourner par rapport au banc et à la table 102 de sorte que la rotation du premier écrou à billes provoque le déplacement axial de la vis sans fin 22 au moins par rapport au banc 100.

Le premier moteur pas à pas 108' porté par le banc 100 comporte un premier engrenage menant 118' calé sur son arbre de sortie 120'. Le premier engrenage menant 118' engrène avec la partie d'engrenage mené 82' du premier écrou 26' à billes.

Le second écrou 26" à billes est monté à rotation dans un support mobile 106" fixé sur le dessous de la table 102 au moyen du second roulement 40". Le second roulement 40" a également le segment 70" de sa bague extérieure fixé par des vis au support mobile 106". Ce support mobile est dans un dispositif fixe par rapport à la table 102. Le support 106" est

dit mobile simplement du fait qu'il se déplace par rapport au banc 100. Le second écrou 26" à billes est, par conséquent, axialement mobile par rapport au banc 100 mais il ne l'est pas par rapport à la table 102 et il peut tourner par rapport  
5 au banc et à la table. Par conséquent, la rotation du second écrou 26" à billes provoque son propre déplacement axial avec la table 102 par rapport à la vis sans fin 22.

Le second moteur pas à pas 108" est porté de manière fixe sur le dessous de la table 102. Sur l'arbre de sortie  
10 120" du second moteur pas à pas 108" est calé un second engrenage menant 118" qui engrène avec la partie d'engrenage mené 82" du second écrou 26" à billes.

On donnera ci-après une description du fonctionnement du mécanisme d'avance à deux vitesses. La description du  
15 fonctionnement présuppose que tous les filetages en cause sont taillés avec un pas à droite. En outre, les termes indiquant les sens de rotation des éléments intéressés doivent être compris comme se rapportant au mécanisme tel que vu à partir du côté droit des Fig. 16 et 17, comme indiqué par  
20 les flèches sur ces figures.

L'entraînement de la table 102 à grande vitesse dans l'un ou l'autre sens nécessite que les écrous à billes 26' et 26" tournent tous deux dans des sens opposés. Pour faire avancer la table 102 vers la droite, en considérant les Fig.  
25 16 et 17, à grande vitesse, on fait tourner le premier écrou 26' à billes en sens inverse des aiguilles d'une montre et le second écrou 26" à billes dans le sens des aiguilles d'une montre au moyen de leurs moteurs pas à pas respectifs 108' et 108". La rotation en sens inverse des aiguilles d'une montre  
30 du premier écrou 26' à billes qui est lui-même immobilisé à l'encontre d'un déplacement axial par rapport au banc 100 a pour résultat un déplacement longitudinal de la vis sans fin 22 par rapport au banc. La rotation dans le sens des aiguilles d'une montre du second écrou 26" à billes, d'autre part, a  
35 pour effet que ce dernier se déplace axialement vers la gauche par rapport à la vis sans fin 22 qui se déplace également vers la gauche par rapport au banc 100. Etant donné que la table 102 est contrainte de se déplacer linéairement conjointement avec le

second écrou 26" à billes, la vitesse de déplacement de la table par rapport au banc 100 est la somme de la vitesse de déplacement de la vis sans fin 22 par rapport au banc et de la vitesse de déplacement du second écrou à billes par rapport à la vis sans fin. En bref, la table 102 se déplace deux fois plus vite que la table qui utilise le mécanisme d'avance des Fig. 12 à 15 à condition que les vitesses de sortie de tous les moteurs pas à pas 108, 108' et 108" soient les mêmes.

Pour faire avancer la table 102 vers la droite à grande vitesse, on fait tourner le premier écrou 26' à billes dans le sens des aiguilles d'une montre et le second écrou 26" à billes en sens inverse des aiguilles d'une montre au moyen des moteurs pas à pas respectifs 108' et 108". On estime que la manière suivant laquelle la rotation des deux écrous à billes dans les sens indiqués provoque le déplacement à grande vitesse de la table vers la droite est évidente compte-tenu de la description qui précède du déplacement à grande vitesse vers la gauche de la table.

On décrira ci-après la manière suivant laquelle la table 102 est déplacé à une vitesse fortement réduite. L'avance à faible vitesse de la table nécessite la rotation du premier écrou 26' à billes et du second écrou 26" à billes dans le même sens mais à des vitesses différentes.

Pour faire avancer la table vers la gauche à faible vitesse, on fait tourner le premier écrou 26' à billes dans le sens inverse des aiguilles d'une montre à une première vitesse et le second écrou 26" à billes dans le même sens mais à une autre vitesse inférieure à la vitesse de rotation du premier écrou à billes au moyen des moteurs pas à pas respectifs 108' et 108". La rotation en sens inverse des aiguilles d'une montre du premier écrou 26' à billes provoque, comme précédemment indiqué, le déplacement longitudinal vers la gauche de la vis sans fin 22 par rapport au banc 100. Le second écrou 26" à billes, d'autre part, lorsqu'il tourne en sens inverse des aiguilles d'une montre se déplace vers la droite par rapport à la vis sans fin 22. La résultante de ces mouvements relatifs est un déplacement vers la gauche de la table

102 par rapport au banc 100 étant donné que la vitesse de sortie du premier moteur pas à pas 108' est supérieure à celle du second moteur pas à pas 108". La table 102 se déplace vers la gauche par rapport au banc 100 à une vitesse  
5 qui correspond à la différence entre la vitesse du mouvement longitudinal vers la gauche de la vis sans fin 22 par rapport au banc et la vitesse du mouvement axial vers la droite du second écrou 26" à billes par rapport à la vis sans fin. On peut voir, par conséquent, que l'on peut rendre la vitesse  
10 de déplacement de la table par rapport au banc extrêmement petite en réglant les vitesses de sortie des deux moteurs pas à pas extrêmement proche l'une de l'autre. Plus la différence entre les vitesses de sortie des deux moteurs pas à pas est petite, plus la table se déplace lentement par rapport au  
15 banc.

Il résulte clairement de ce qui précède que pour faire avancer la table vers la droite à petite vitesse, les premier et second écrous 26' et 26" à billes doivent être entraînés en rotation dans le sens des aiguilles d'une montre mais en  
20 faisant tourner le premier écrou à billes à une plus grande vitesse que le second écrou à billes au moyen des moteurs pas à pas 108' et 108". Ensuite, la table 102 se déplace vers la droite par rapport au banc 100 à une vitesse qui correspond à la différence entre la vitesse du mouvement longitudinal  
25 vers la droite de la vis sans fin 22 par rapport au banc et la vitesse du mouvement axial vers la gauche du second écrou 26" à billes par rapport à la vis sans fin.

Bien que les deux mécanismes d'avance décrits ici utilisent les convertisseurs de mouvement de rotation en mouvement linéaire construits de la manière représentée sur les  
30 Fig. 1 à 8, on comprendra que le dispositif des Fig. 9 à 11 pourrait être utilisé dans les mécanismes d'avance sans aucune modification de ses autres parties. En outre, bien qu'il apparaisse que les modes de réalisation préférés décrits ici  
35 soient bien conçus pour remplir les objectifs ci-dessus énoncés, on comprendra que l'invention elle-même est susceptible de faire l'objet de modifications et variantes sans sortir du cadre ni s'écarter de l'esprit des revendications annexées.

## REVENDEICATIONS

- 1 - Convertisseur de mouvement de rotation en mouvement linéaire capable de transformer un mouvement de rotation en mouvement rectiligne caractérisé en ce qu'il comporte: (a)  
5 une vis sans fin (22) sur laquelle est formé un filetage (24);  
(b) un écrou (26; 26a) à billes monté sur la vis sans fin et dans lequel est formé un filetage interne (28); (c) un groupe de billes anti-friction (30) interposées entre la vis sans fin et l'écrou à billes de façon à pouvoir rouler le long de  
10 leurs filetages; (d) une saignée transversale (38) étant formée en travers du filetage interne de l'écrou à billes pour faire communiquer entre elles deux spires voisines d'une rainure hélicoïdale (34) qui y est délimitée par le filetage interne, la saignée transversale étant conçue pour établir un  
15 trajet de contournement des billes par dessus le filetage de la vis sans fin de telle sorte que les billes recirculent essentiellement autour d'une spire de la rainure hélicoïdale de l'écrou à billes; et (e) un roulement anti-friction (40; 40a) comprenant une bague extérieure (42; 42a) qui entoure  
20 concentriquement l'écrou à billes et une série d'éléments de roulement (44; 44a) emprisonnés entre la bague extérieure et l'écrou à billes, ce dernier servant de bague intérieure du roulement.
- 2 - Convertisseur de mouvement de rotation en mouvement linéaire selon la revendication 1, caractérisé en ce que la saignée transversale (38) est formée par un organe défecteur (36) encastré dans l'écrou (26; 26a) à billes.
- 3 - Convertisseur de mouvement de rotation en un mouvement linéaire selon la revendication 2, caractérisé en ce qu'une  
30 concavité allongée est formée dans l'organe défecteur (36), cette concavité servant de saignée transversale (38) et une paire d'évidements semi-circulaires (52, 54) sont formés dans cet organe pour permettre l'entrée et la sortie des billes dans et hors de la cavité.
- 35 4 - Convertisseur de mouvement de rotation en mouvement linéaire selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'une seconde saignée est formée dans l'écrou (26; 26a) à billes

en travers de son filetage interne pour faire communiquer entre elles deux autres spires voisines de la rainure hélicoïdale (34) qui y est formée, la seconde saignée étant axialement espacée de la première saignée transversale mentionnée et étant, de même, conçue pour fournir un trajet de contournement d'un second groupe de billes (30) par dessus le filetage de la vis sans fin et en ce qu'une spire (34') de la rainure hélicoïdale, dans la partie centrale de l'écrou à billes, a une largeur différente de celle des autres spires de la rainure hélicoïdale pour précharger les premier et second groupes de billes précités dans des directions axiales opposées de l'écrou à billes.

5 - Convertisseur de mouvement de rotation en mouvement linéaire selon la revendication 4, caractérisé en ce que les première et seconde saignées transversales (38) sont disposées dans des positions diamétralement opposées sur la face interne de l'écrou (26; 26a) à billes.

6 - Convertisseur de mouvement de rotation en mouvement linéaire selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'écrou (26) à billes a une extrémité (82) qui fait saillie au-delà de la bague extérieure (42) du roulement (40), l'extrémité saillante de l'écrou à billes étant conçue pour pouvoir être accouplée à une source motrice séparée de manière à pouvoir être entraîné en rotation par elle.

7 - Convertisseur de mouvement de rotation en mouvement linéaire selon la revendication 1, caractérisé en ce que les éléments de roulement (44; 44a) du roulement (40; 40a) sont disposés en deux rangées et en ce que la bague extérieure (42; 42a) du roulement comprend deux segments extérieurs (66; 70; 66a; 70a) chacun emprisonnant une rangée d'éléments de roulement entre lui et l'écrou à billes, et un segment intermédiaire (68; 68a) interposé entre les deux segments extérieurs afin de permettre aux deux rangées d'éléments de roulement d'être préchargées dans les directions axiales opposées du roulement.

8 - Convertisseur de mouvement de rotation en mouvement linéaire selon la revendication 7, caractérisé en ce que l'un

- (70; 70a) des segments extérieurs de la bague extérieure (42; 42a) a un diamètre extérieur supérieur à celui des autres segments de façon à pouvoir servir de bride de montage.
- 9 - Convertisseur de mouvement de rotation en mouvement liné-  
5 aire selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il com-  
porte, en outre, une paire de bagues d'étanchéité (56) dispo-  
sées coaxialement aux extrémités axiales opposées de l'écrou  
(26; 26a) à billes et dirigées radialement vers l'intérieur  
de l'écrou en appui de glissement contre la vis sans fin (22).
- 10 10 - Convertisseur de mouvement de rotation en mouvement liné-  
aire selon la revendication 9, caractérisé en ce qu'un file-  
tage interne conçu pour s'adapter au filetage de la vis sans  
fin (22) est formé sur chacune des bagues d'étanchéité (56).
- 11 - Convertisseur de mouvement de rotation en mouvement liné-  
15 aire selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il com-  
porte un organe mené annulaire (82a) fixé coaxialement à une  
extrémité de l'écrou (26a) à billes pour communiquer un mou-  
vement de rotation à ce dernier lorsqu'il est entraîné en ro-  
tation par une source motrice séparée.
- 20 12 - Convertisseur de mouvement de rotation en mouvement liné-  
aire selon la revendication 11, caractérisé en ce qu'il com-  
porte, en outre, une paire de bagues d'étanchéité (56) montées  
coaxialement sur les extrémités axiales opposées de l'écrou  
(26a) à billes et dirigées vers l'intérieur de ce dernier en  
25 appui de glissement contre la vis sans fin (22), l'une des  
bagues d'étanchéité étant fermement emprisonnée entre l'écrou  
à billes et l'organe mené annulaire (82a).
- 13 - Convertisseur de mouvement de rotation en mouvement liné-  
aire selon la revendication 11, caractérisé en ce qu'il com-  
30 porte, en outre, un organe de retenue (88) pour maintenir fer-  
mement l'autre bague d'étanchéité en place sur l'écrou (26a)  
à billes.
- 14 - Un mécanisme d'avance caractérisé en ce qu'il comporte:  
35 (a) un organe fixe (100); (b) un organe mobile (102) suscep-  
tible d'être déplacé en va-et-vient le long d'un chemin de  
guidage rectiligne (104) monté au-dessus de l'organe fixe;  
(c) une vis sans fin (22) rigidement montée sur le dessous

de l'organe mobile et s'étendant parallèlement au chemin de guidage, la vis sans fin étant mobile axialement avec l'organe mobile par rapport à l'organe fixe; (d) un écrou (26) à billes monté sur la vis sans fin; (e) un groupe de billes anti-friction interposées entre la vis sans fin et l'écrou à billes de façon à pouvoir rouler le long d'un filetage externe formé sur la vis et d'un filetage interne formé dans l'écrou; (f) une saignée transversale étant formée en travers du filetage interne de l'écrou à billes pour faire communiquer entre elles deux spires voisines d'une rainure hélicoïdale qui y est délimitée par le filetage interne, la saignée transversale étant conçue pour établir un trajet de contournement des billes par dessus le filetage de la vis sans fin de telle sorte que les billes recirculent essentiellement autour d'une spire de la rainure hélicoïdale de l'écrou à billes; (g) un roulement anti-friction (40) comprenant une bague extérieure qui entoure concentriquement l'écrou à billes et une série d'éléments de roulement emprisonnés entre la bague extérieure et l'écrou à billes, la bague étant rigidement portée par l'organe fixe de telle sorte que l'écrou à billes peut tourner par rapport à la vis sans fin tandis qu'il est retenu à l'encontre d'un déplacement axial par rapport à l'organe fixe; et (h) des moyens d'entraînement (108, 118, 120) portés par l'organe fixe de façon à pouvoir communiquer un mouvement de rotation bidirectionnel à l'écrou à billes.

15 - Mécanisme d'avance selon la revendication 14, caractérisé en ce qu'une seconde saignée est formée dans l'écrou (26) à billes en travers de son filetage interne pour faire communiquer entre elles deux autres spires voisines de la rainure hélicoïdale qui y est formée, la seconde saignée étant axialement espacée de la première saignée transversale mentionnée et étant, de même, conçue pour fournir un trajet de contournement d'un second groupe de billes par dessus le filetage de la vis sans fin et en ce qu'une spire de la rainure hélicoïdale, dans la partie centrale de l'écrou à billes, a une largeur différente de celle des autres spires de la rainure hélicoïdale pour précharger les premier et second groupes de billes

précités dans des directions axiales opposées de l'écrou à billes.

16 - Mécanisme d'avance selon la revendication 14, caractérisé en ce qu'il comporte, en outre, une paire de bagues d'étanchéité disposées coaxialement aux extrémités axiales opposées de l'écrou (26) à billes et dirigées radialement vers l'intérieur de l'écrou en appui de glissement contre la vis sans fin (22).

17 - Mécanisme d'avance selon la revendication 14, caractérisé en ce qu'un jeu de dents d'engrenage est formé sur une extrémité (82) de l'écrou (26) à billes qui fait saillie au-delà de la bague du roulement et en ce que les moyens d'entraînement comprennent un moteur (108) monté sur l'organe fixe et un engrenage menant (118) qui est monté sur l'arbre de sortie (120) du moteur et qui engrène avec les dents d'engrenage formées sur l'écrou à billes.

18 - Un mécanisme d'avance à deux vitesses, caractérisé en ce qu'il comporte: (a) un organe fixe (100); (b) un organe mobile (102) susceptible de se déplacer le long d'un chemin de guidage rectiligne (104) disposé au-dessus de l'organe fixe; (c) une vis sans fin (22) disposée au-dessous de l'organe mobile et s'étendant parallèlement au chemin de guidage; (d) des premier et second écrous (26'; 26") à billes montés sur la vis sans fin dans des positions axialement espacées l'une de l'autre; (e) un groupe de billes anti-friction interposées entre la vis sans fin et chacun des écrous à billes de manière à pouvoir effectuer un mouvement de roulement le long d'un filetage externe formé sur la vis et d'un filetage interne formé sur l'écrou; (f) une saignée transversale étant formée en travers du filetage interne de chaque écrou à billes pour faire communiquer entre elles deux spires voisines d'une rainure hélicoïdale qui y est délimitée par le filetage interne, la saignée transversale étant conçue pour établir un trajet de contournement des billes par dessus le filetage de la vis sans fin de telle sorte que les billes recirculent essentiellement autour d'une spire de la rainure hélicoïdale de l'écrou à billes; (g) un premier roulement

anti-friction (40') comprenant une première bague extérieure qui entoure concentriquement le premier écrou à billes et une série d'éléments de roulement emprisonnés entre la première bague extérieure et le premier écrou à billes, la première

5 bague étant rigidement fixée à l'organe fixe de telle sorte que le premier écrou à billes peut tourner par rapport à la vis sans fin et est retenu à l'encontre d'un mouvement axial par rapport à l'organe fixe; (h) des premiers moyens d'entraî-

10 à pouvoir communiquer un mouvement de rotation bidirectionnel au premier écrou à billes; (i) un second roulement anti-friction (40") comprenant une seconde bague extérieure qui entoure concentriquement le second écrou à billes et une série d'élé-

15 rieurs et le second écrou à billes, la seconde bague extérieure étant rigidement fixée au-dessous de l'organe mobile de sorte que le second écrou à billes peut tourner par rapport à la vis sans fin et est retenu à l'encontre d'un mouvement

20 d'entraînement (108"; 118"; 120") montés sur l'organe mobile de manière à pouvoir communiquer un mouvement de rotation bidirectionnel au second écrou à billes.

19 - Mécanisme d'avance à deux vitesses selon la revendication 18 caractérisé en ce qu'une seconde saignée est formée dans

25 chaque écoru (26) à billes en travers de son filetage interne pour faire communiquer entre elles deux autres spires voisines de la rainure hélicoïdale qui y est formée, la seconde saignée étant axialement espacée de la première saignée trans-

30 trajet de contournement d'un second groupe de billes par dessus le filetage de la vis sans fin et en ce qu'une spire de la rainure hélicoïdale, dans la partie centrale de chaque écrou à billes, a une largeur différente de celle des autres spires de la rainure hélicoïdale pour précharger les premier et

35 second groupes de billes précités dans des directions axiales opposées de l'écrou à billes.

20 - Mécanisme d'avance à deux vitesses selon la revendica-

- tion 18, caractérisé en ce qu'il comporte, en outre, une  
paire de bagues d'étanchéité disposées coaxialement aux ex-  
trémités axiales opposées de chaque écrou (26'; 26") à  
billes et dirigées vers l'intérieur de ce dernier en appui  
5 de glissement contre la vis sans fin.
- 21 - Mécanisme d'avance à deux vitesses selon la revendica-  
tion 18, caractérisé en ce qu'un jeu de dents d'engrenage est  
formé sur une extrémité (82', 82") de chacun des écrous à  
billes qui fait saillie au-delà de la bague extérieure du  
10 roulement (40', 40") correspondant, en ce que les premiers  
moyens d'entraînement comprennent un premier moteur (108')  
monté sur l'organe fixe (100) et un engrenage menant (118')  
monté sur l'arbre de sortie (120') du premier moteur et  
engrenant avec les dents d'engrenage formées sur le premier  
15 écrou à billes et en ce que les seconds moyens d'entraînement  
comprennent un second moteur (108") monté sur l'organe mobile  
(102) et un engrenage menant (118") monté sur l'arbre de sor-  
tie (120") du second moteur et engrenant avec les dents d'en-  
grenage formées sur le second écrou à billes.
- 20 22 - Mécanisme d'avance à deux vitesses selon la revendica-  
tion 18, caractérisé en ce qu'il comporte des moyens de gui-  
dage (122) montés sur l'organe fixe (100) pour guider le mou-  
vement linéaire longitudinal de la vis sans fin (22).

FIG. 2

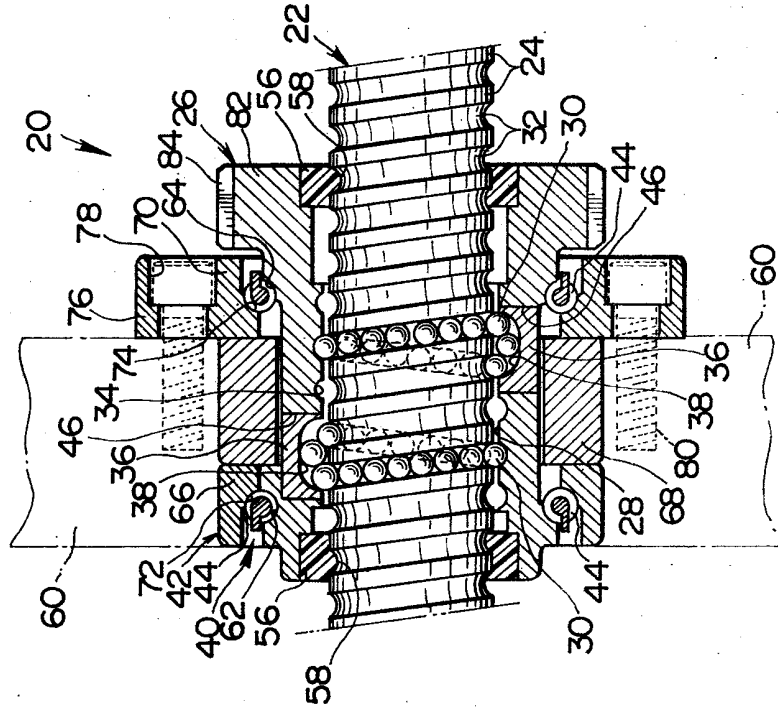


FIG. 1

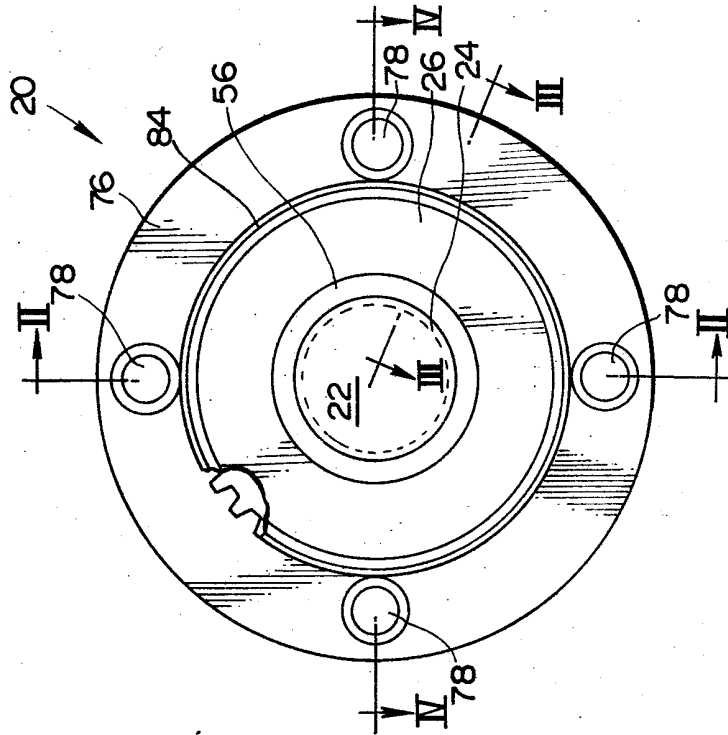


FIG. 4

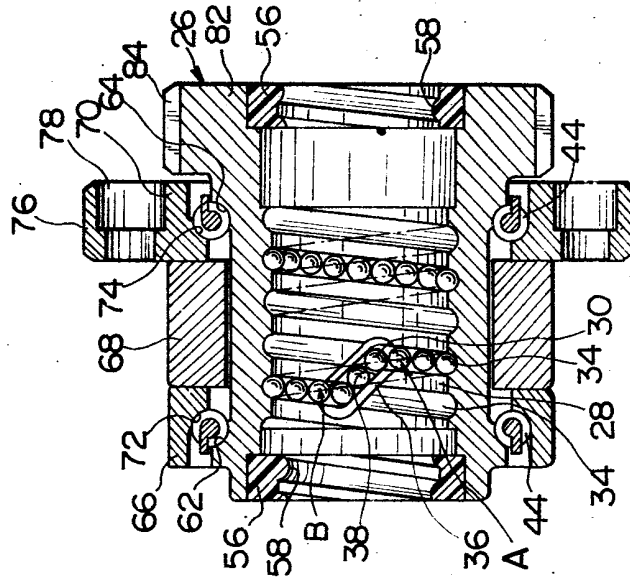
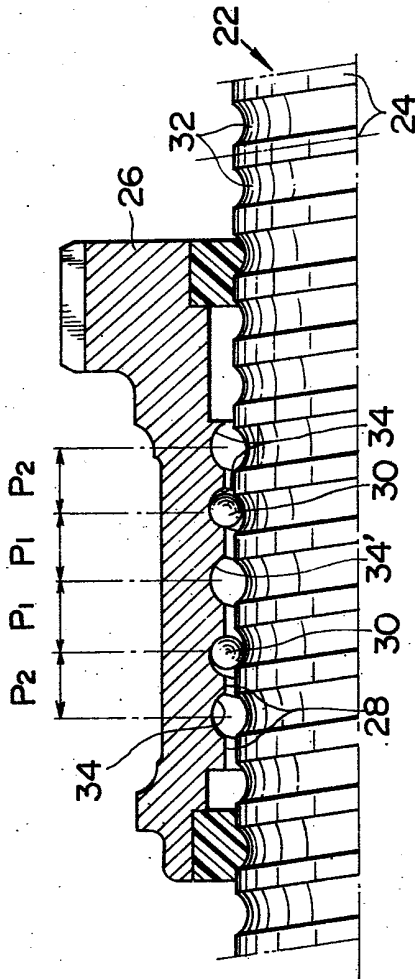
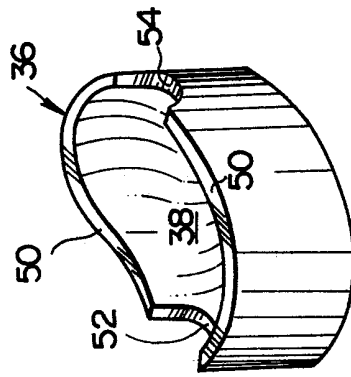


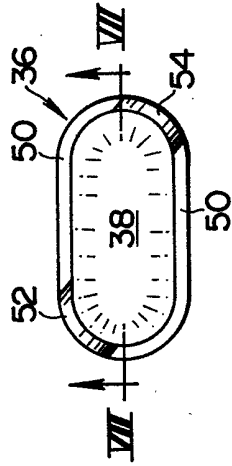
FIG. 3



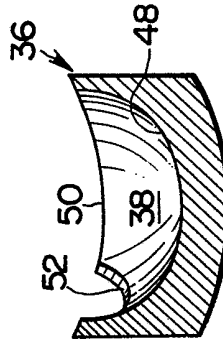
**FIG. 5**



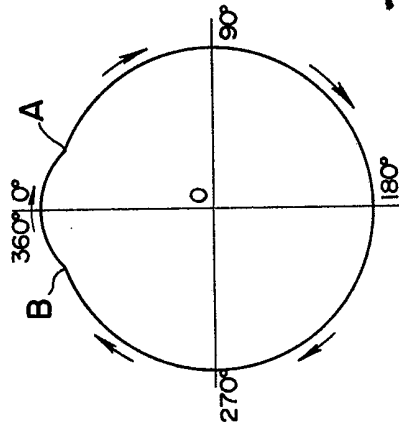
**FIG. 6**



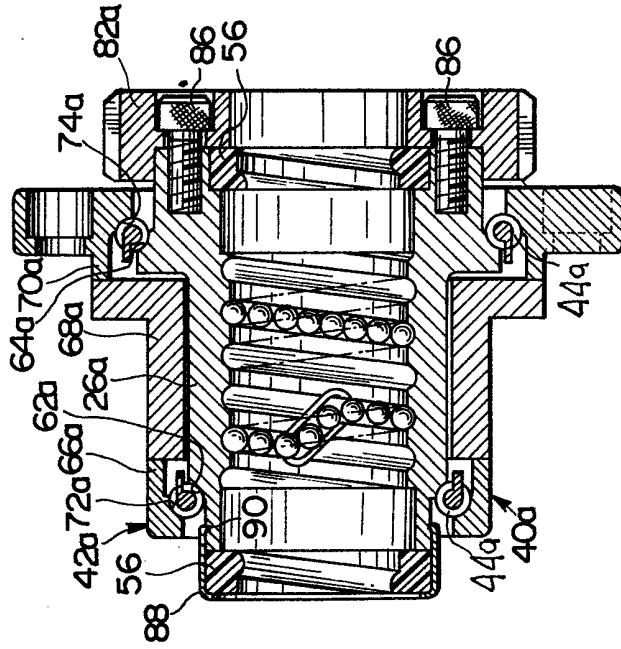
**FIG. 7**



**FIG. 8**



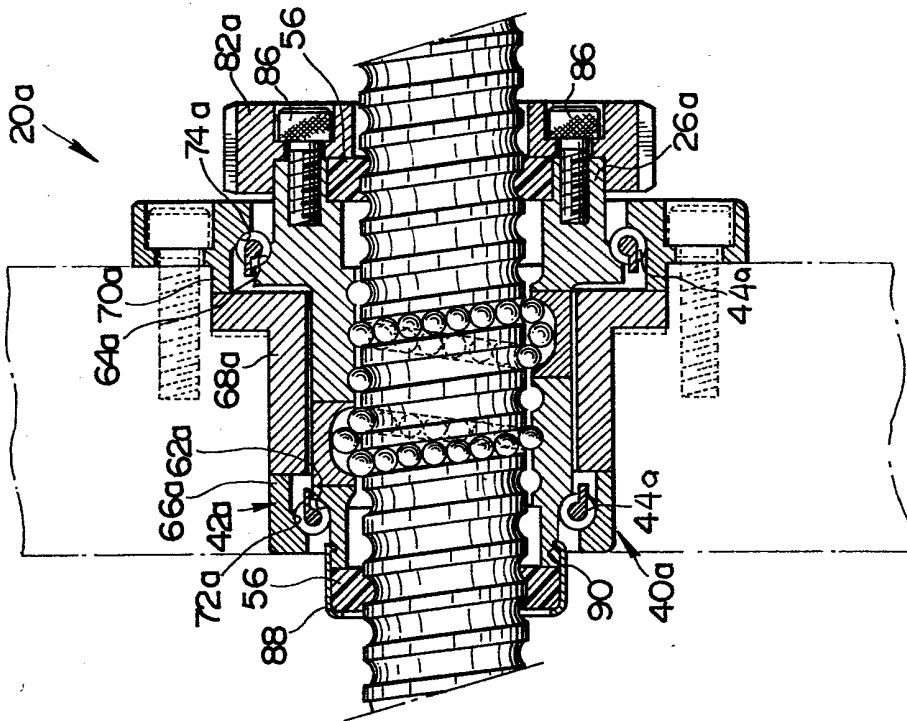
**FIG. 11**



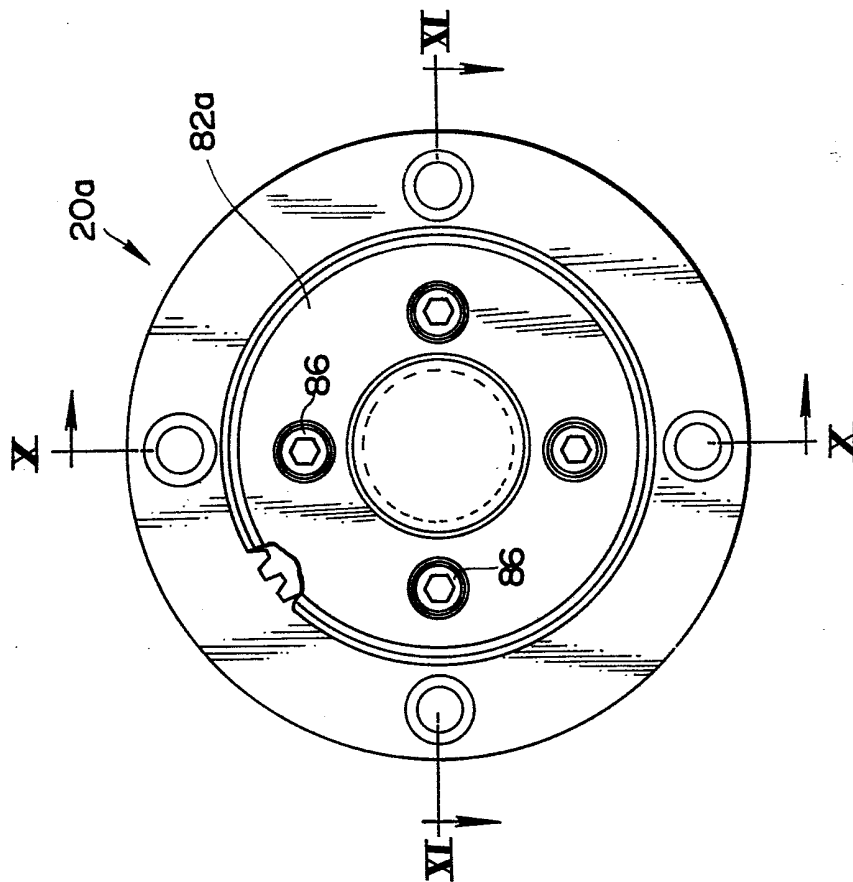
pl. 14/8

2522764

**FIG.10**



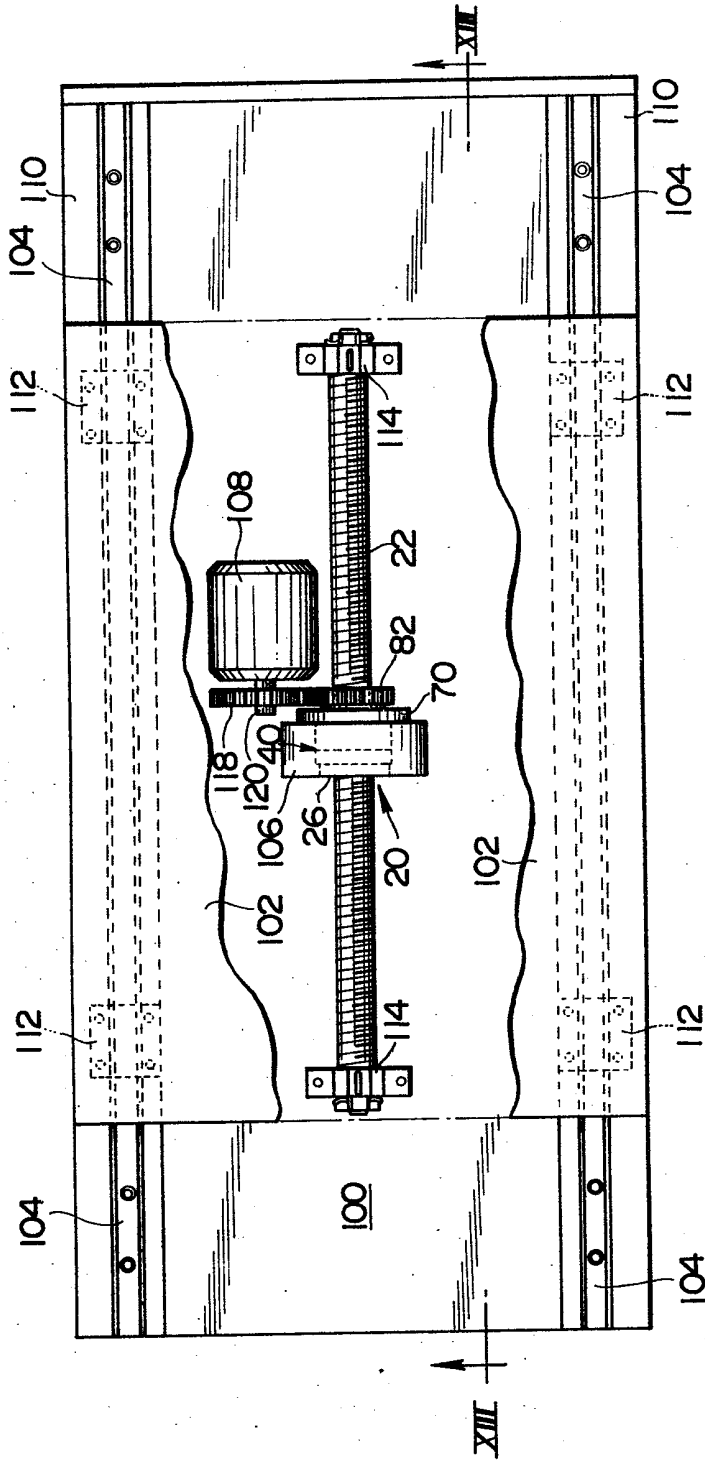
**FIG.9**



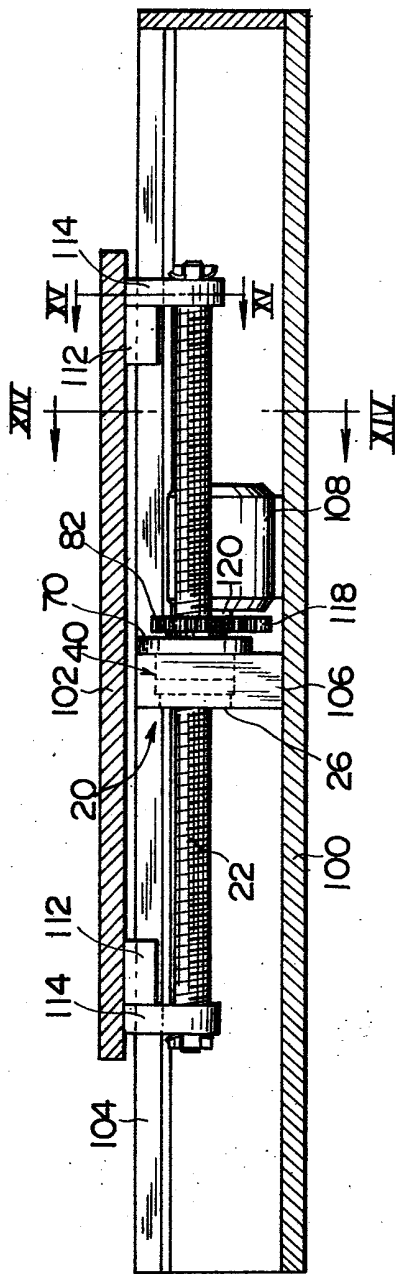
PLV/8

2522764

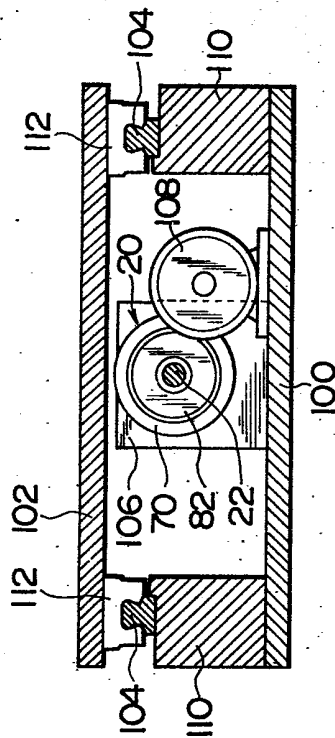
FIG.12



**FIG.13**



**FIG.14**



**FIG.15**

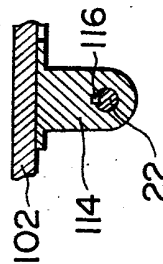


FIG.16

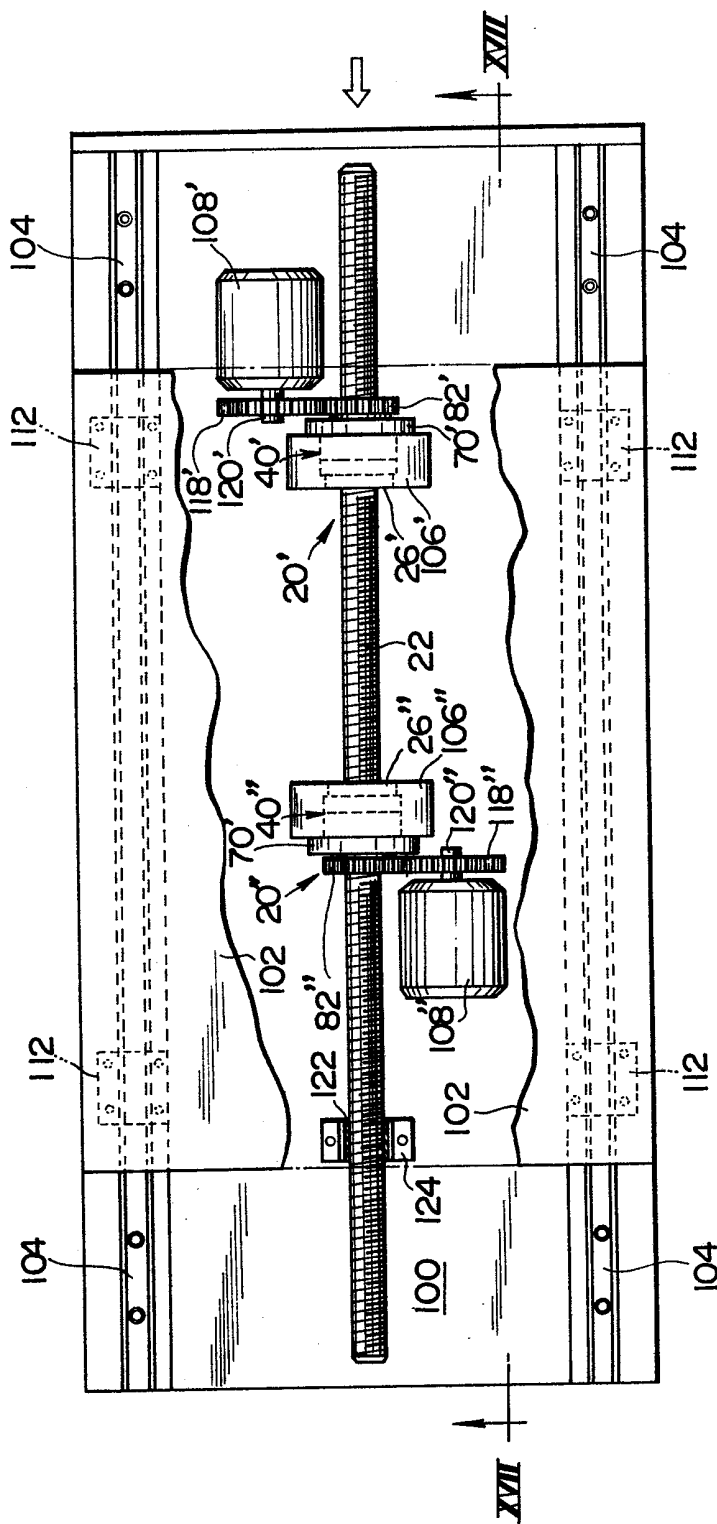


FIG.17

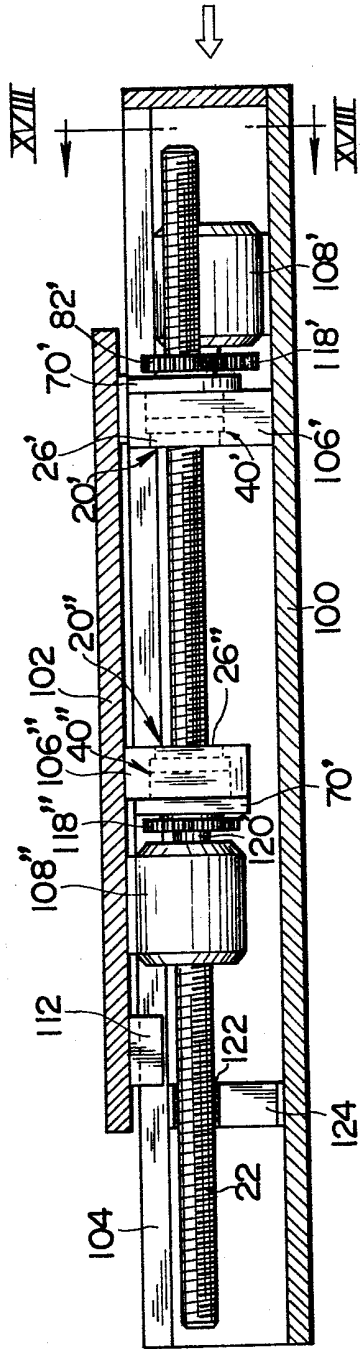


FIG.18

