

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

N° 80 26191

(54) Dispositif de commande de barres de contrôle par un système de pilotage de réacteur nucléaire.

(51) Classification internationale (Int. Cl.³). **G 21 C 7/14.**

(22) Date de dépôt..... 10 décembre 1980.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée :

(41) Date de la mise à la disposition du
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 23 du 11-6-1982.

(71) Déposant : COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE, résidant en France.

(72) Invention de : Guy Mercier-Labbe et Jean Thomare.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : Brevatome,
25, rue de Ponthieu, 75008 Paris.

La présente invention concerne un dispositif permettant de commander la montée simultanée et la chute individuelle d'une ou plusieurs barres absorbantes d'un système d'arrêt équipant un réacteur nucléaire. Plus précisément, la présente invention se rapporte au mécanisme assurant dans un tel dispositif la transmission du mouvement entre les moyens de manoeuvre assurant la montée des barres absorbantes et les barres absorbantes proprement dites, ce mécanisme étant conçu de façon à permettre la chute individuelle de chacune des barres.

On sait que les réacteurs nucléaires sont équipés d'un système de pilotage comportant des barres absorbantes normalement utilisées pour le pilotage du réacteur. De plus, en cas de déclenchement des systèmes de sécurité, ces barres peuvent chuter rapidement dans le coeur du réacteur, ce qui a pour effet d'abaisser instantanément la réactivité à l'intérieur du coeur et, par conséquent, d'arrêter le réacteur. Le système de pilotage assure donc aussi la fonction de premier système d'arrêt, dont la mise en oeuvre intervient lorsqu'il est nécessaire de procéder à un arrêt de sécurité du réacteur.

Pour des raisons de sécurité et tenant compte notamment de la double fonction assurée par le système de pilotage qui rend relativement complexes et, par conséquent, faillibles les éléments qui le constituent, on peut prévoir un deuxième système d'arrêt d'urgence ayant pour seule fonction d'assurer, en cas de besoin, l'arrêt immédiat du réacteur. A cet effet, un tel système comprend essentiellement des moyens pour commander la chute des barres absorbantes et des moyens pour commander la montée ou la remontée des barres en position d'attente au-dessus du coeur.

Dans le système de pilotage remplissant la fonction de premier système d'arrêt, comme dans le deuxième système d'arrêt d'urgence, chaque dispositif de commande peut commander simultanément plusieurs
5 barres absorbantes ou, au contraire, une seule barre absorbante. Dans tous les cas, il est nécessaire de prévoir des moyens pour libérer indépendamment les unes des autres chacune des barres absorbantes afin qu'elles puissent chuter rapidement dans le coeur du
10 réacteur même si l'une d'entre elles reste coincée accidentellement. A ces moyens pour libérer les barres absorbantes s'ajoutent des moyens de manoeuvre qui sont généralement différents selon qu'il s'agit du système de pilotage ou du deuxième système d'arrêt
15 d'urgence. Ainsi, les moyens de manoeuvre du système de pilotage doivent être suffisamment rapides et précis dans le sens de la montée et de la descente pour le pilotage afin de remplir à tout moment leur fonction. En revanche, les moyens de manoeuvre du deuxième sys-
20 tème d'arrêt d'urgence doivent seulement assurer la montée des barres au-dessus du coeur lors de leur mise en place et leur remontée après un arrêt d'urgence. Ils ne doivent donc répondre à aucune exigence de vitesse ou de précision et ne déplacent les barres que
25 dans le sens de la montée.

Les dispositifs de commande des systèmes de pilotage et des deuxièmes systèmes d'arrêt d'urgence existant actuellement présentent généralement une structure relativement complexe qui les rend coûteux
30 et encombrants. De plus, les moyens pour libérer les barres absorbantes sont fréquemment commandés par l'apparition d'un signal électrique, de telle sorte que le système d'arrêt risque de ne pas fonctionner en cas de défaillance des circuits électriques.

35 La présente invention a pour objet un dispositif de commande d'une ou plusieurs barres absorban-

tes d'un système de pilotage ou d'un deuxième système d'arrêt d'urgence équipant un réacteur nucléaire. De façon plus précise, la présente invention a pour objet la réalisation d'un tel dispositif permettant d'assurer dans tous les cas la chute individuelle de chacune des barres absorbantes tout en étant particulièrement simple, sûr, peu coûteux et peu encombrant.

Dans ce but et conformément à l'invention, il est proposé un dispositif de commande d'au moins une barre absorbante d'un système d'arrêt équipant un réacteur nucléaire, ce dispositif étant caractérisé en ce qu'il comprend au moins un arbre de commande dont la rotation commande le déplacement vertical de la barre absorbante par l'intermédiaire d'un premier pignon solidaire dudit arbre, des moyens de manoeuvre pour entraîner l'arbre de commande en rotation par l'intermédiaire d'un deuxième pignon solidaire dudit arbre, l'un desdits pignons étant engrené sur au moins un pignon satellite dont l'axe est porté par une roue montée tournante sur ledit arbre, le pignon satellite étant engrené simultanément sur une couronne dentée montée tournante sur ledit arbre, des moyens de blocage en rotation de ladite roue sur ledit arbre et des moyens de commande desdits moyens de blocage pour verrouiller normalement ces derniers et pour les relâcher afin de permettre la chute de la barre absorbante par gravité lorsqu'un arrêt du réacteur doit être effectué.

Dans un tel dispositif, le blocage de la roue portant l'axe du pignon satellite assure de façon simple, par l'intermédiaire de l'arbre de commande, la transmission à la ou aux barres absorbantes du mouvement imparti par les moyens de manoeuvre. Le relâchement des moyens de blocage assure la chute de la ou des barres en supprimant toute transmission de mouvement par le pignon satellite.

De préférence, et afin d'assurer la chute automatique de la barre absorbante même en cas de défaillance du circuit d'alimentation électrique, les moyens de commande des moyens de blocage sont sensibles à la disparition d'un signal pour relâcher les-
5 dits moyens de blocage.

A cet effet, et selon un mode de réalisation particulier de l'invention, les moyens de commande peuvent comprendre un système moteur comportant au
10 moins un organe mobile à axe vertical maintenu normalement en position haute par la présence dudit signal et sollicité en position basse au moins par gravité à la disparition dudit signal.

Au cours du fonctionnement normal du réacteur, ce signal est appliqué en permanence, et sa disparition commandée ou accidentelle a pour conséquence la venue de l'organe mobile en position basse par gravité, ce qui conduit au déverrouillage des moyens de verrouillage. Il en résulte une chute instantanée de
15 la ou des barres absorbantes correspondantes. L'organe mobile peut également être sollicité en position basse par des moyens élastiques.

Selon une variante de réalisation particulière de l'invention, ledit signal est un signal électrique appliqué aux bornes d'un bobinage à axe vertical dans lequel est reçu un noyau plongeur constituant
25 ledit organe mobile.

Conformément à un premier mode de réalisation de l'invention, lorsque le dispositif selon l'invention commande simultanément plusieurs barres absorbantes, les moyens de manoeuvre sont engrenés directement sur le deuxième pignon et l'arbre de commande le déplacement vertical de chaque barre absorbante par l'intermédiaire du premier pignon, du
30 pignon satellite et de la couronne dentée.
35

Dans ce cas, selon une première variante de réalisation de l'invention, lorsqu'il est possible de décaler sensiblement vers le bas l'arbre de commande par rapport au couvercle obturant la cuve du réacteur, la couronne dentée est engrenée directement sur une crémaillère verticale solidaire de la barre absorbante correspondante.

Dans une seconde variante de réalisation de l'invention, lorsque la structure du réacteur ne permet pas de décaler suffisamment vers le bas l'arbre de commande comme dans la variante précédente, la couronne dentée est reliée mécaniquement à un troisième pignon décalé vers le bas par rapport à l'arbre de commande par une chaîne de transmission ou par tout organe équivalent, ce troisième pignon étant engrené sur une crémaillère verticale solidaire de la barre absorbante correspondante.

Conformément à un deuxième mode de réalisation de l'invention, lorsque le dispositif selon l'invention commande au plus deux barres absorbantes, le premier pignon est engrené directement sur une crémaillère solidaire de ladite barre et les moyens de manoeuvre entraînent l'arbre de commande en rotation par l'intermédiaire de la couronne dentée, du pignon satellite et du deuxième pignon.

Enfin, et conformément à une autre caractéristique de l'invention, afin d'assurer le blocage en position basse des barres absorbantes, notamment en cas de séisme ou en cas de chavirement lorsque le réacteur est embarqué sur un navire, le dispositif de commande peut comprendre de plus des moyens de blocage en rotation de la roue portant le pignon satellite dans le sens correspondant à la montée des barres absorbantes.

On décrira maintenant, à titre d'exemple non limitatif, différentes variantes de réalisation de

l'invention en se référant aux dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1 est une vue en perspective qui représente de façon schématique un premier mode de réalisation d'un dispositif conforme à l'invention pouvant commander simultanément quatre barres absorbantes d'un système de pilotage de réacteur nucléaire,
- la figure 2 représente à plus grande échelle l'un des mécanismes de transmission individuel assurant le pilotage de l'une des barres absorbantes du dispositif représenté sur la figure 1 tout en autorisant la chute individuelle de cette barre,
- la figure 3 est une vue schématique montrant la partie basse d'une crémaillère portant l'une des barres absorbantes dans le premier mode de réalisation de l'invention,
- la figure 4a est une vue schématique, en perspective, montrant une première variante d'un deuxième mode de réalisation de l'invention, et notamment les moyens de manoeuvre et le mécanisme qui permettent d'assurer la commande simultanée de la montée, de la descente et de la chute d'une ou de deux barres de contrôle absorbantes portées par l'arbre de commande,
- la figure 4b est une vue comparable à la figure 3a montrant une seconde variante du deuxième mode de réalisation du dispositif de commande selon l'invention,
- la figure 5a illustre de façon schématique l'implantation dans un réacteur nucléaire du dispositif de commande selon l'invention lorsque l'arbre de commande de ce dispositif doit être placé à proximité immédiate du couvercle obturant la cuve du réacteur, et
- la figure 5b illustre de façon comparable à la figure 4a l'implantation du dispositif de commande selon

l'invention lorsque l'arbre de commande de ce dispositif peut être décalé vers le bas par rapport au couvercle obturant la cuve du réacteur.

La figure 1 montre de façon schématique un
5 dispositif de commande de barres absorbantes d'un système de pilotage conforme à l'invention. Bien entendu, le système de pilotage d'un réacteur nucléaire comprend plusieurs dispositifs de commande de ce type qui sont disposés côte à côte de façon à pouvoir commander
10 un ensemble de barres absorbantes pouvant être introduites dans le coeur du réacteur.

Comme on l'a vu précédemment, le dispositif de commande selon l'invention peut également être utilisé dans un deuxième système d'arrêt d'urgence équipant un réacteur nucléaire. A ce sujet, la description
15 qui va suivre peut être transposée à un dispositif de commande des barres absorbantes d'un deuxième système d'arrêt d'urgence, à l'exception des moyens de manoeuvre qui doivent seulement, dans ce dernier cas, assurer la remontée des barres au-dessus du coeur, sans
20 aucune exigence de vitesse ni de précision.

Le dispositif de commande représenté sur la figure 1 comprend des moyens de manoeuvre ou de pilotage, désignés de façon générale par la référence 10,
25 un arbre de commande 12, d'axe horizontal, et plusieurs mécanismes de transmission individuels, désignés par la référence générale 14, qui permettent, d'une part, d'assurer la transmission simultanée à toutes les barres de contrôle absorbantes du mouvement
30 de rotation imparti à l'arbre 12 par les moyens de pilotage 10 et, d'autre part, de commander si besoin est la chute individuelle de chacune de ces barres de contrôle. Dans le mode de réalisation de la figure 1, quatre mécanismes de transmission 14 permettent de

commander quatre barres de contrôle (non représentées).

Dans la réalité, en raison d'une part, de la géométrie et de la symétrie du coeur et, d'autre part, du nombre important d'appareils de mesure et de contrôle et de la nécessité de ne pas entraver l'accès à certaines parties du coeur, l'arbre 12 sera constitué le plus souvent par plusieurs arbres élémentaires, parallèles ou non, reliés mécaniquement par des engrenages, des chaînes, ou tout autre moyen équivalent.

Comme l'illustre en particulier la figure 1, dans un premier mode de réalisation selon lequel le dispositif de l'invention commande simultanément plusieurs barres de contrôle, les moyens de pilotage 10 entraînent en rotation une vis-sans-fin 52 à axe vertical, qui s'engrène directement sur un pignon 66 solidaire de l'arbre 12 et placé au bout de ce dernier. Les moyens de pilotage 10 comprennent de préférence un entraîneur magnétique asservi à un moteur électrique pour commander la rotation de la vis-sans-fin 52.

Conformément à l'invention, et comme l'illustre plus particulièrement la figure 2 en vue de dessus et en coupe, chacun des mécanismes de transmission 14 comprend un pignon 16 solidarisé à l'arbre 12 par une clavette 18 et au moins un pignon satellite 20 qui s'engrène à la fois sur le pignon 16 et sur une couronne dentée 40 montée tournante sur l'arbre 12 par l'intermédiaire d'un palier 24. Comme l'illustre la figure 2, les pignons satellites 20 peuvent être, par exemple, au nombre de deux. Toutefois, les pignons satellites 20 peuvent être plus nombreux si l'effort à transmettre est plus important. Chacun des pignons satellites 20 est monté tournant sur un axe 26 porté par une roue 28 montée de façon tournante sur l'arbre 12, par l'intermédiaire d'un palier 30.

La roue 28 présente à sa périphérie externe une denture 32b sur laquelle vient s'engrener un verrou 34 commandé par un électro-aimant 35 (figure 1) à axe vertical. De façon connue, l'électro-aimant 35 comprend un bobinage à axe vertical, alimenté par un signal électrique et un noyau maintenu normalement en position haute par la présence de ce signal. A la disparition du signal électrique, le noyau se déplace vers le bas par gravité. Un ressort peut éventuellement aider au déplacement du noyau. Le verrou 34 peut être constitué par tout moyen connu, et notamment par un levier dont une extrémité est articulée autour d'un axe fixe parallèle à l'axe de l'arbre 12 et dont l'autre extrémité porte une denture complémentaire de la denture 32b. Le verrouillage et le déverrouillage du verrou 34 peuvent être commandés par une tige 38 reliée au noyau (non représenté) de l'électro-aimant 35 (figure 1). La tige 38 est susceptible de se déplacer verticalement et reliée au verrou 34 par une bielle 36 articulée à la fois sur le verrou et sur la tige de commande. On comprend que le déplacement vertical du noyau et de la tige 38 a pour conséquence d'éloigner ou de rapprocher l'extrémité dentée du verrou 34 de la denture 32b, selon le sens de ce déplacement. En fonctionnement normal du réacteur, la tige 38 occupe une position haute telle que le verrou 34 est engrené sur la denture 32b. La roue 28 est alors immobile, de telle sorte que le mouvement de rotation donné à l'arbre 12 par les moyens de pilotage 10 est transmis directement à la couronne dentée 40 par les pignons satellites 20, par rotation de ceux-ci sur leur axe 26. A cet effet, et comme l'illustre la figure 2, on voit que la couronne dentée 40 entoure le pignon 16 et les pignons satellites 20 et présente une denture interne sur laquelle viennent s'engrener les pignons satellites 20.

Dans la variante de réalisation de la figure 2, la couronne 40 est solidaire d'un pignon 22 décalé axialement par rapport à la couronne 40 et présentant une denture 42 sur laquelle vient s'engrener une crémaillère à axe vertical 44 portant à son extrémité inférieure une barre de contrôle absorbante (non représentée).

Dans le mode de réalisation de la figure 2, on a représenté un cliquet 46 qui vient s'engrener sur une denture inclinée 32a de la roue 28 en même temps que le verrou 34 s'engrène sur la denture 32b. Le cliquet 46 s'engrène sur la denture 32a de telle sorte qu'il empêche la rotation de la roue 28 dans le sens correspondant à la montée de la crémaillère 44 et de la barre de contrôle qui lui est solidaire, lorsque le verrou 34 est débloqué. A cet effet, la denture 32a est constituée de préférence par une denture inclinée afin d'assurer la rotation de la roue 28 dans le sens de la chute en sécurité. De plus, le système d'entraînement de l'arbre 12 que constituent la vis-sans-fin 52 et le pignon 66 doit être irréversible afin d'empêcher la rotation de l'arbre 12 dans le sens de la montée des barres. A cet effet, l'inclinaison de la denture de la vis est inférieure à 15°. Ces deux caractéristiques s'appliquent au cas où le dispositif de commande selon l'invention serait utilisé dans un réacteur nucléaire embarqué sur un navire. Elles permettent, dans l'hypothèse d'un chavirement du navire intervenant après une chute des barres de contrôle dans le coeur du réacteur, d'empêcher que ces barres de contrôle ne ressortent du coeur par gravité. Ces caractéristiques s'appliquent également pour la tenue au choc vertical, de bas-en-haut, ou tenue anti-éjection, aussi bien dans le cas d'un réacteur embarqué que dans le cas d'un réacteur terrestre (séisme ou dépressurisation).

La chute individuelle et le pilotage sélectif des barres de contrôle autorisés par le dispositif de commande qui vient d'être décrit permettent d'obtenir des décalages entre les barres. Pour éviter la limitation de remontée des barres lors de l'arrivée de la première d'entre elles en fin de course haute, on voit sur la figure 3 qu'il est possible de prévoir à l'extrémité inférieure de la crémaillère 44 une zone 82 dépourvue de denture. On voit que lorsque la barre absorbante 80 arrive en position haute, le pignon 22 se trouve alors dans la zone 82, de sorte qu'il n'est plus en prise avec la denture de la crémaillère 44. Il devient ainsi possible d'amener toutes les barres 80 en position haute à l'aide des moyens de pilotage 10, quelle que soit la position respective de ces barres.

Le dispositif de commande qui vient d'être décrit en se référant aux figures 1 à 3 fonctionne de la façon suivante.

Le pilotage de l'ensemble des barres de contrôle commandé par le dispositif selon l'invention s'effectue normalement à l'aide des moyens de pilotage 10. Les verrous 34 interdisent alors toute rotation des roues 28 autour de l'arbre 12.

La rotation dans l'un ou l'autre sens de l'entraîneur magnétique sous l'impulsion du moteur électrique auquel il est asservi commande donc par l'intermédiaire de la vis-sans-fin 52 la rotation dans l'un ou l'autre sens du pignon 66 et de l'arbre de commande 12 sur lequel il est fixé. Cette rotation de l'arbre de commande 12 a pour conséquence, comme l'illustre la figure 2, la montée ou la descente de chacune des crémaillères 44 portant les barres de contrôle. En effet, la rotation de l'arbre 12 est alors transmise par les pignons 16, les pignons satellites 20, et les pignons 22 à chacune des crémaillères 44.

En cas d'accident nécessitant l'arrêt d'urgence du réacteur, il peut être nécessaire de faire chuter simultanément l'ensemble des barres de contrôle dans le coeur du réacteur. Ce résultat est obtenu dans le dispositif qui vient d'être décrit en débloquent tous les verrous 34 afin de les libérer de la denture 32b de la roue 28. Les axes 26 des pignons satellites 20 sont alors libérés, de telle sorte que ces derniers peuvent se déplacer à l'intérieur de la couronne dentée 40 dans un mouvement hépicycloïdal. Les barres de contrôle portées par chacune des crémaillères 44 chutent alors par gravité (éventuellement avec l'aide d'un ressort) dans le coeur du réacteur, chacune des barres déplaçant la crémaillère 44 qui lui est associée.

Dans des conditions très particulières, on peut imaginer que l'une des barres de contrôle reste coincée dans le coeur du réacteur, ce qui interdit toute manoeuvre simultanée de l'ensemble des barres commandées par le dispositif selon l'invention à l'aide des moyens de pilotage 10. Un tel incident pourrait intervenir notamment en cas de séisme, et il serait particulièrement grave puisque l'importance du séisme exigerait normalement un arrêt immédiat du réacteur. Conformément à l'invention, il est remédié à cet inconvénient grâce à la structure particulière de chacun des mécanismes de transmission 14 qui autorise comme on l'a déjà indiqué précédemment la chute individuelle de chacune des barres de contrôle commandées par ces mécanismes par un simple relâchement des verrous 34 de chaque mécanisme (figures 1 et 2). On a vu en effet que le relâchement de l'un quelconque des verrous 34 a pour conséquence la chute par gravité de la barre de contrôle solidaire de la crémaillère 44 correspondante par rotation du pignon 22 et déplacement des pignons

satellites 20 autour du pignon 16, dans un mouvement hépicycloïdal, ce déplacement des pignons satellites étant autorisé par le fait que la roue 28 est libre de tourner autour de l'arbre 12 dans le sens nécessaire à la chute.

On a également mentionné précédemment que lorsque le réacteur nucléaire équipé du dispositif selon l'invention est embarqué sur un navire, la tenue anti-chavirement et anti-éjection des barres de contrôle est assurée par chacun des cliquets 46 associé à l'irréversibilité du système d'entraînement 52-66 lorsque la chute individuelle d'une partie des barres de contrôle a été commandée par relâchement des verrous 34 correspondants.

On a représenté sur la figure 4a une première variante d'un deuxième mode de réalisation de l'invention dans lequel le dispositif selon l'invention commande une ou, au plus, deux barres de contrôle.

En gros, ce second mode de réalisation diffère du premier par le fait que le mécanisme de transmission 14 constitué par la roue 28, les pignons satellites 20, la couronne dentée 40 et les moyens de verrouillage 34 qui leur sont associés ne sont plus placés entre chaque pignon 16 solidaire de l'arbre 12 et la crémaillère 44 correspondante, mais entre la vis-sans-fin 52 et le pignon 66 solidaire de l'arbre 12. Il en résulte que la chute individuelle de chacune des barres n'est plus possible, ce qui se justifie par le nombre réduit de barres contrôlé par le dispositif (une, deux au maximum).

Dans ce second mode de réalisation, le pignon 16 s'engrène donc directement sur la crémaillère 44. Comme dans le premier mode de réalisation, les moyens de pilotage 10 peuvent comprendre un entraîneur

magnétique à axe vertical 48 asservi à un moteur électrique (non représenté) par l'intermédiaire d'un pignon 50. L'entraîneur magnétique 48 peut tourner dans l'un ou l'autre sens pour entraîner en rotation la vis-sans-fin 52 à axe vertical, qui vient s'engrèner, conformément à ce second mode de réalisation, sur la denture externe 54 d'une couronne dentée 56 montée coaxialement et de façon tournante autour de l'arbre 12.

La couronne 56 présente également une denture interne 58 sur laquelle viennent s'engrèner deux pignons satellites 60 dont les axes 62 sont portés par une roue dentée 64. En même temps qu'ils s'engrènent sur la denture 58 de la couronne 56, les pignons satellites 60 s'engrènent sur la denture périphérique d'un pignon 66 solidarisé à l'arbre 12 par une clavette 68.

La roue dentée 64 est munie d'une première denture périphérique 64a sur laquelle vient s'engrèner normalement un verrou 70 contrôlé par un électroaimant 84, le principe de ce verrou pouvant être identique à celui du verrou 34 exposé précédemment.

Lorsque le réacteur équipé du dispositif selon l'invention est embarqué sur un navire (tenue anti-chavirement) ou dans tous les cas, afin d'assurer la tenue aux chocs verticaux de bas en haut ou à la dépressurisation (tenue anti-éjection), la roue dentée 64 est également munie d'une deuxième denture inclinée 64b qui coopère avec un cliquet 72. De façon plus précise, le cliquet 72 et la denture 64b sont conçus de façon à empêcher la rotation de la roue 64 dans le sens correspondant à la montée de la crémaillère 44 et de la barre de contrôle qui lui est solidaire. Le cliquet 72 a donc pour fonction, associé à l'irréversabilité du système d'entraînement 52-54,

d'empêcher que la barre de contrôle commandée par l'arbre 12 ne s'échappe du coeur du réacteur par gravité en cas de chavirement du navire ou en cas de choc de bas en haut intervenant après l'introduction des barres de contrôle dans le coeur. Cependant, alors que les cliquets 46 du premier mode de réalisation ont pour fonction d'assurer la tenue anti-chavirement et anti-éjection d'une seule barre de contrôle associée au mécanisme de transmission 14 correspondant lorsque cette barre a chuté par gravité par suite du relâchement du verrou 34, le cliquet 72 associé à l'irréversibilité du système d'entraînement 52-54 du deuxième mode de réalisation permet d'assurer la tenue anti-chavirement et anti-éjection de la ou des deux barres de contrôle commandées par le dispositif de commande lorsque ces barres ont été introduites dans le coeur du réacteur, c'est-à-dire lorsque le verrou 70 n'est plus en prise avec la roue 64.

Dans la variante de réalisation représentée sur la figure 4b, seuls les moyens de transmission du mouvement de rotation entre la couronne 56 et l'arbre 12, ainsi que l'orientation de la denture inclinée 64b et du cliquet 72 ont été modifiés. Les autres éléments sont totalement identiques à ceux qui ont été décrits en se référant à la figure 4a, de sorte qu'ils ne seront pas décrits à nouveau.

De façon plus précise, dans la variante de la figure 4b, la denture interne de la couronne 56 a été remplacée par une petite couronne en forme de pignon 58' solidaire de la couronne 56 et sur laquelle vient s'engrèner un petit pignon 60'a formé sur chacun des deux pignons satellites 60'. Comme dans la variante de la figure 4a, les axes 62 des pignons satellites 60' sont portés par la roue dentée 64. Chacun des pignons satellites 60' comprend également un grand pi-

gnon 60'b coaxial au petit pignon 60'a. Ce grand pignon s'engrène sur un pignon 66 solidaire de l'arbre 12.

5 La disposition inverse de la denture inclinée 60b et du cliquet 72 par rapport à la variante de la figure 4a s'explique par le fait que, dans cette dernière variante, la transmission du mouvement de rotation de la couronne 56 à l'arbre 12 s'effectue de telle sorte qu'à une rotation dans un sens de la couronne 56 correspond une rotation dans le sens opposé
10 de l'arbre 12 alors que, dans la variante de la figure 4b, les rotations de la couronne 56 et de l'arbre 12 s'effectuent dans le même sens.

15 Comme on l'a déjà mentionné, le dispositif de commande représenté sur les figures 4a ou 4b assure la commande d'une barre de contrôle unique ou, au plus de deux barres de contrôle.

20 Comme dans le premier mode de réalisation, le pilotage s'effectue à l'aide des moyens de pilotage 10. Le verrou 70 interdit alors toute rotation de la roue 64 autour de l'arbre 12.

25 La rotation dans l'un ou l'autre sens de l'entraîneur magnétique 48 sous l'impulsion du moteur électrique auquel il est asservi commande donc par l'intermédiaire de la vis-sans-fin 52, de la couronne dentée 56 et des pignons satellites 60, la rotation dans l'un ou l'autre sens du pignon 66 et de l'arbre de commande 12 sur lequel il est fixé. Cette rotation de l'arbre de commande 12 a pour conséquence la montée
30 ou la descente de la crémaillère 44 portant la barre de contrôle, par suite de l'engrènement du pignon 16 avec la crémaillère 44.

35 En cas d'accident nécessitant l'arrêt d'urgence du réacteur, il est nécessaire de faire chuter la barre de contrôle commandée par le disposi-

tif selon l'invention. Ce résultat est obtenu dans le dispositif qui vient d'être décrit en se référant aux figures 4a et 4b en débloquent le verrou 70 afin de le libérer de la denture 64a de la roue 64. Les axes 62 des pignons satellites 60 sont alors libérés, de telle sorte que ces derniers peuvent se déplacer à l'intérieur de la roue dentée 56, dans un mouvement hépicycloïdal. La barre de contrôle portée par la crémaillère 44 chute alors par gravité (éventuellement aidée par un ressort) dans le coeur du réacteur, cette barre déplaçant la crémaillère 44 qui lui est associée et faisant tourner l'arbre 12 par l'intermédiaire du pignon 16. L'arbre 12 tourne en effet librement puisque sa rotation a pour seule conséquence d'entraîner par l'intermédiaire du pignon 66 le déplacement de chacun des pignons satellites 60 à l'intérieur de la couronne dentée 56.

Sur les figures 5a et 5b, on a représenté schématiquement deux variantes d'implantation du dispositif de commande selon l'invention dans un réacteur nucléaire. Pour simplifier, on a représenté sur chaque figure un seul dispositif de commande assurant le pilotage d'une barre de contrôle unique. Cependant, on comprendra qu'un même réacteur comprend plusieurs dispositifs de commande selon l'invention disposés côte à côte et que, conformément à l'invention, chacun de ces dispositifs peut commander, selon le cas, une ou plusieurs barres de contrôle.

On a représenté partiellement sur les figures 5a et 5b la cuve 74 du réacteur, obturée par un couvercle 76, de façon à définir une enceinte étanche contenant notamment le coeur 78 du réacteur (figure 5b seulement). Dans le cas de la figure 5a, on voit que le dispositif de commande selon l'invention est disposé de telle sorte que l'arbre de commande horizontal

12 est placé à proximité immédiate du couvercle 76 obturant la cuve 74. Une telle configuration peut être imposée pour des raisons diverses et notamment par le fait que la partie inférieure de l'enceinte est encombrée par différents appareillages ou que sa traversée étanche ne peut pas être réalisée de façon satisfaisante. Dans ce cas, il apparaît de façon évidente sur la figure que les crémaillères 44 ne peuvent pratiquement pas être en engrènement direct avec le pignon 22 (ou 16) comme on l'a décrit jusqu'à présent. En effet, les crémaillères traverseraient alors le couvercle de confinement 76 lorsque les barres de contrôle sont relevées. Pour cette raison, la crémaillère portant chacune des barres de contrôle 80 est engrenée sur un pignon 79, d'axe parallèle à celui de l'arbre 12, placé à un niveau sensiblement inférieur à celui de cet arbre à l'intérieur de l'enceinte 74. Le pignon 79 comprend une partie qui est disposée dans le même plan vertical que le pignon 22, (ou 16) et une chaîne 82 est reçue à la fois sur le pignon 22 (ou 16) et sur cette partie du pignon 79, de façon à transmettre le mouvement de rotation du pignon 22 (ou 16) au pignon 79. Cette structure permet de commander la montée et la descente de la barre de contrôle correspondante 80.

On voit également sur la figure 5a que les moyens de pilotage 10 sont disposés de préférence à l'extérieur de la cuve 74, l'entraîneur magnétique 48 étant disposé par exemple au-dessus d'un électro-aimant 84 assurant la commande du verrou 70.

La variante de réalisation de la figure 5b illustre de façon schématique l'implantation du dispositif de commande selon l'invention à l'intérieur d'un réacteur nucléaire lorsqu'il est possible de placer l'arbre de commande horizontal 12 suffisamment bas pour que chacun des pignons 22 (ou le pignon 16) reste

engrené avec la crémaillère correspondante 44 même lorsque la barre de contrôle correspondante 80 est en position basse. La variante de réalisation de la figure 5b correspond donc au cas illustré jusqu'à présent en se référant aux figures 1 à 4, selon lequel chaque pignon 22 (ou 16) s'engrène directement sur la crémaillère 44. Les moyens de pilotage 10 ont également été représentés sur la figure 5b comme étant disposés à l'extérieur de la cuve 74.

10 Dans un autre mode de réalisation (non représenté), l'entraîneur magnétique peut être constitué par un entraîneur séquentiel non asservi à un moteur électrique, cet entraîneur séquentiel étant alors placé à l'intérieur de l'enceinte du réacteur. Il
15 fonctionne alors suivant le mode pas-à-pas dans le sens positif ou négatif.

En variante du système électromagnétique 84 assurant la commande du verrou 70 dans le mode de réalisation des figures 4a et 4b, comme le montre
20 schématiquement la figure 5a, il est possible de commander ce verrou au moyen d'un système hydraulique, pneumatique ou autre. De même, chacun des verrous 34 assurant la commande de la chute individuelle de chacune des barres de contrôle dans le mode de réalisation des figures 1 à 3 peut être asservi à un système
25 hydropneumatique ou autre. Bien entendu, chacun de ces systèmes est alors logé à l'intérieur de l'enceinte du réacteur.

Enfin, comme on l'a déjà indiqué, l'invention qui vient d'être décrite en se référant à un système de pilotage remplissant la fonction de premier système d'arrêt dans un réacteur nucléaire s'applique également à un deuxième système d'arrêt d'urgence. Dans ce cas, seuls les moyens de pilotage 10 peuvent
30 éventuellement être modifiés par rapport à ceux qui
35

viennent d'être décrits, en raison du caractère sensiblement moins important de la vitesse et de la précision de ces moyens de pilotage dans un deuxième système d'arrêt d'urgence.

REVENDICATIONS

1. Dispositif de commande d'au moins une barre absorbante d'un système d'arrêt équipant un réacteur nucléaire, ce dispositif étant caractérisé en ce qu'il comprend au moins un arbre de commande (12) dont la rotation commande le déplacement vertical de la barre absorbante par l'intermédiaire d'un premier pignon (16) solidaire dudit arbre, des moyens de manoeuvre (10) pour entraîner l'arbre de commande en rotation par l'intermédiaire d'un deuxième pignon (66) solidaire dudit arbre, l'un desdits pignons (16, 66) étant engrené sur au moins un pignon satellite (20, 60) dont l'axe (26, 62) est porté par une roue (28, 64) montée tournante sur ledit arbre, le pignon satellite (20, 60) étant engrené simultanément sur une couronne dentée (40, 56) montée tournante sur ledit arbre, des moyens (34, 70) de blocage en rotation de ladite roue sur ledit arbre et des moyens de commande (35, 84) desdits moyens de blocage pour verrouiller normalement ces derniers et pour les relâcher afin de permettre la chute de la barre absorbante par gravité lorsqu'un arrêt du réacteur doit être effectué.

2. Dispositif de commande selon la revendication 1, caractérisé en ce que les moyens de commande (35, 84) des moyens de blocage sont sensibles à la disparition d'un signal pour relâcher lesdits moyens de blocage (34, 70).

3. Dispositif de commande selon la revendication 2, caractérisé en ce que les moyens de commande (35, 84) comprennent un système moteur comportant au moins un organe mobile à axe vertical maintenu normalement en position haute par la présence dudit signal et sollicité en position basse au moins par gravité à la disparition dudit signal.

4. Dispositif de commande selon la revendication 3, caractérisé en ce que des moyens élastiques sollicitent de plus ledit organe mobile en position basse.

5 5. Dispositif de commande selon l'une quelconque des revendications 3 ou 4, caractérisé en ce que ledit signal est un signal électrique appliqué aux bornes d'un bobinage à axe vertical dans lequel est reçu un noyau plongeur constituant ledit organe mobile.
10

6. Dispositif de commande de plusieurs barres absorbantes selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que les moyens de manœuvre (10) sont engrenés directement sur le deuxième pignon (66) et en ce que l'arbre de commande (12) commande le déplacement vertical de chaque barre absorbante par l'intermédiaire du premier pignon (16), du pignon satellite (20) et de la couronne dentée (40).
15

7. Dispositif de commande selon la revendication 6, caractérisé en ce que la couronne dentée (40) est solidaire d'un troisième pignon (22) qui vient s'engrener sur une crémaillère (44) solidaire de la barre absorbante correspondante (80).
20

8. Dispositif de commande selon la revendication 6, caractérisé en ce que la couronne dentée est reliée mécaniquement à un troisième pignon (79) décalé vers le bas par rapport à l'arbre de commande par une chaîne de transmission (82), ou par tout moyen équivalent, ce troisième pignon étant engrené sur une crémaillère verticale (44) solidaire de la barre absorbante correspondante (80).
25
30

9. Dispositif de commande d'au plus deux barres absorbantes selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que le premier pignon (16) est engrené directement sur une crémaillère (44) solidaire de ladite barre et en ce que les moyens de
35

manoeuvre (10) entraînent l'arbre de commande (12) en rotation par l'intermédiaire de la couronne dentée (56), du pignon satellite (60) et du deuxième pignon (66).

- 5 10. Dispositif de commande selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend de plus des moyens (46, 72) de blocage en rotation de la roue (28, 64) portant le pignon satellite (20, 60) dans le sens correspondant à la
- 10 montée des barres absorbantes.

1 / 5

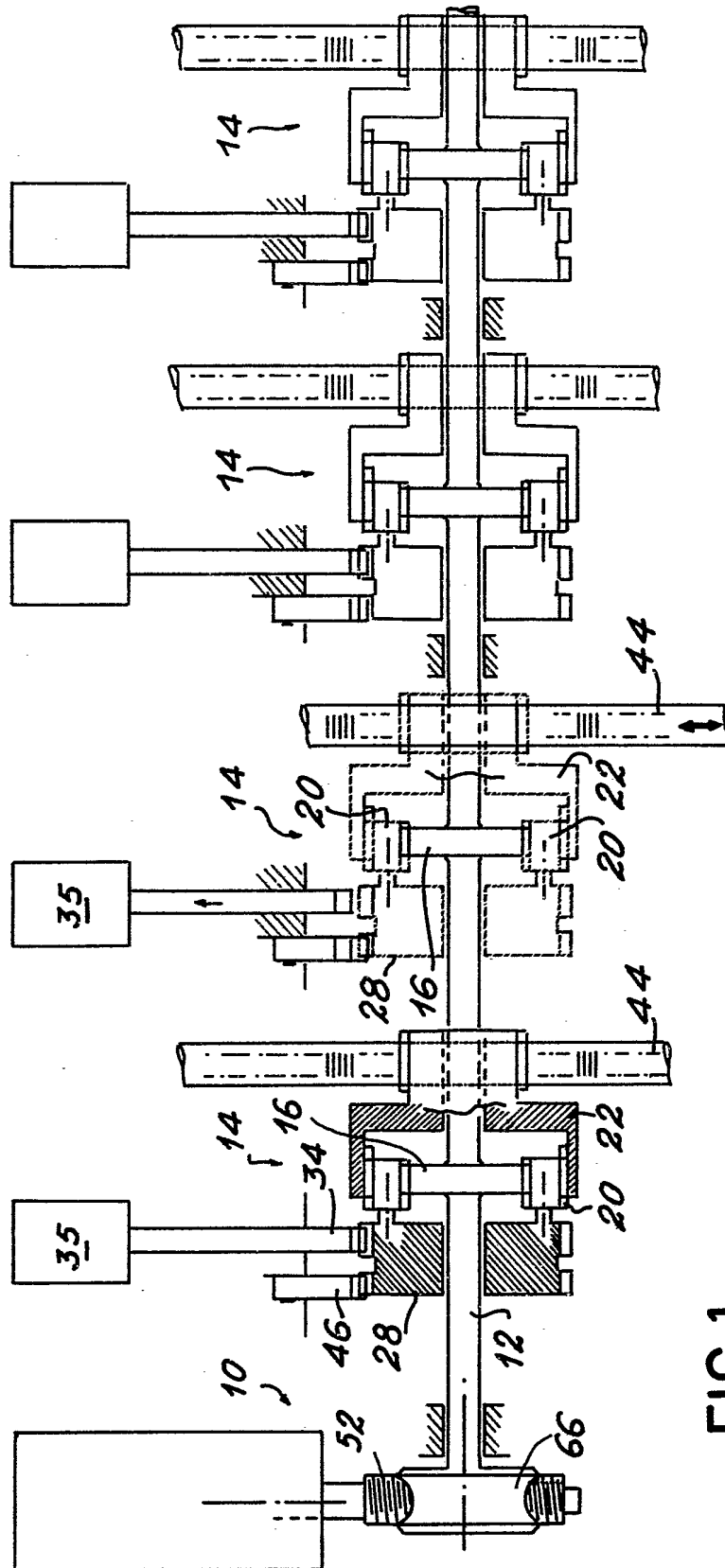
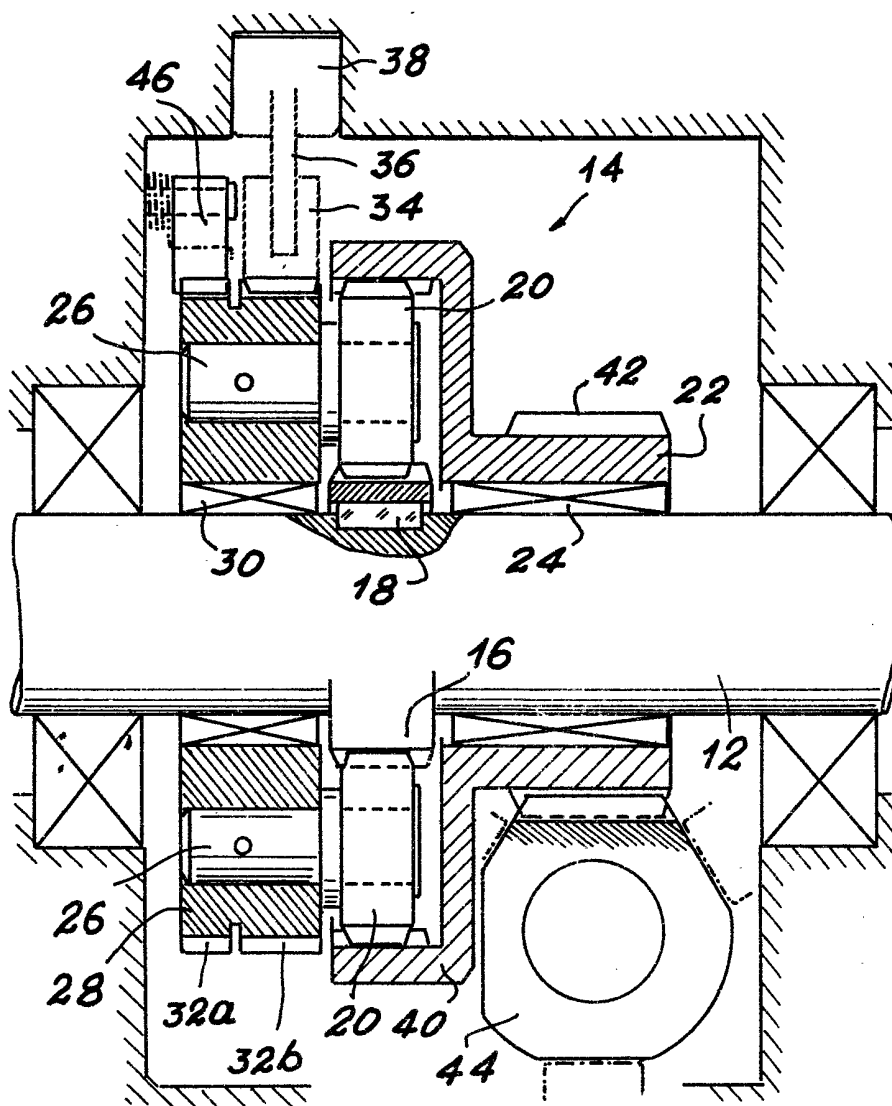


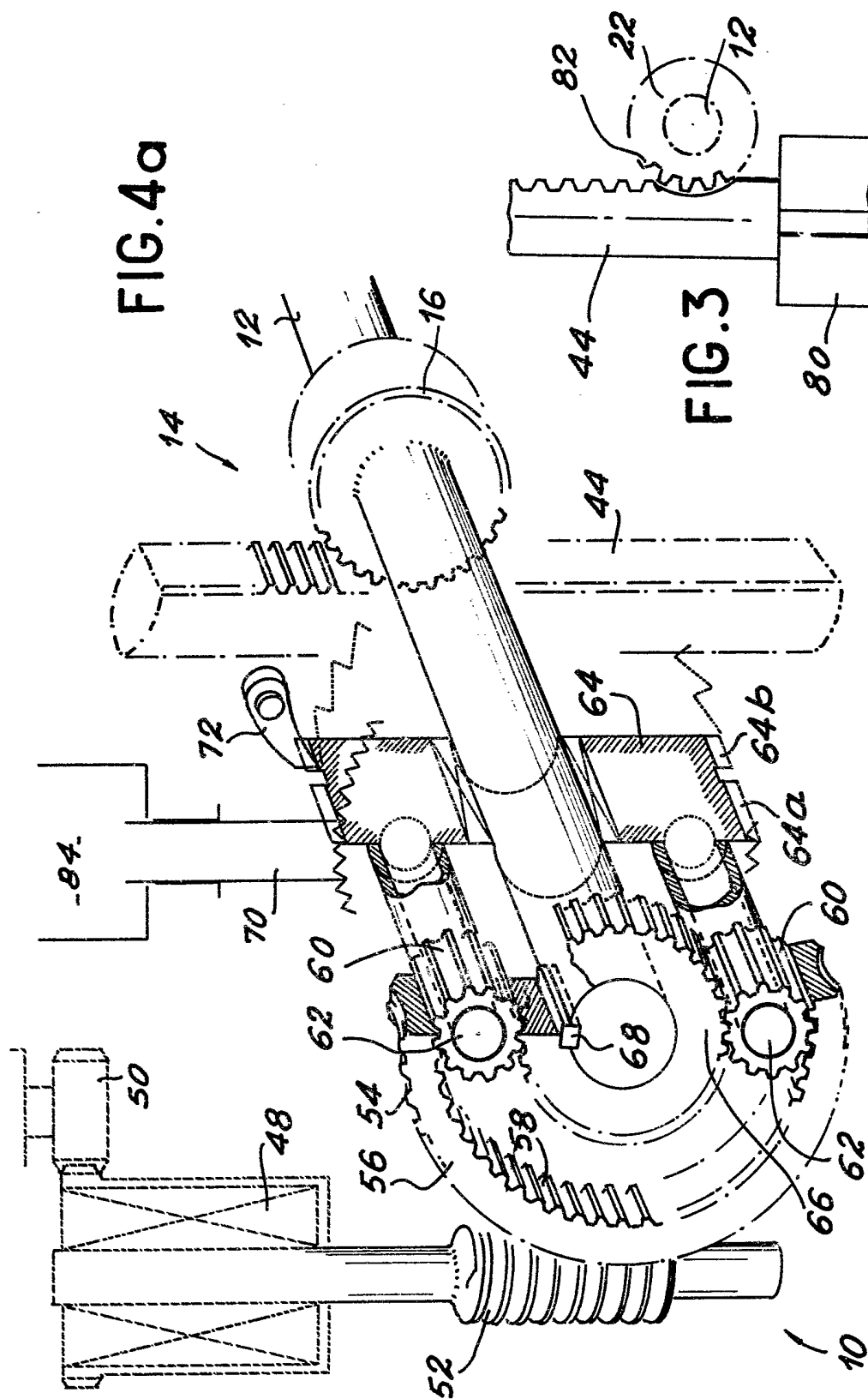
FIG.1

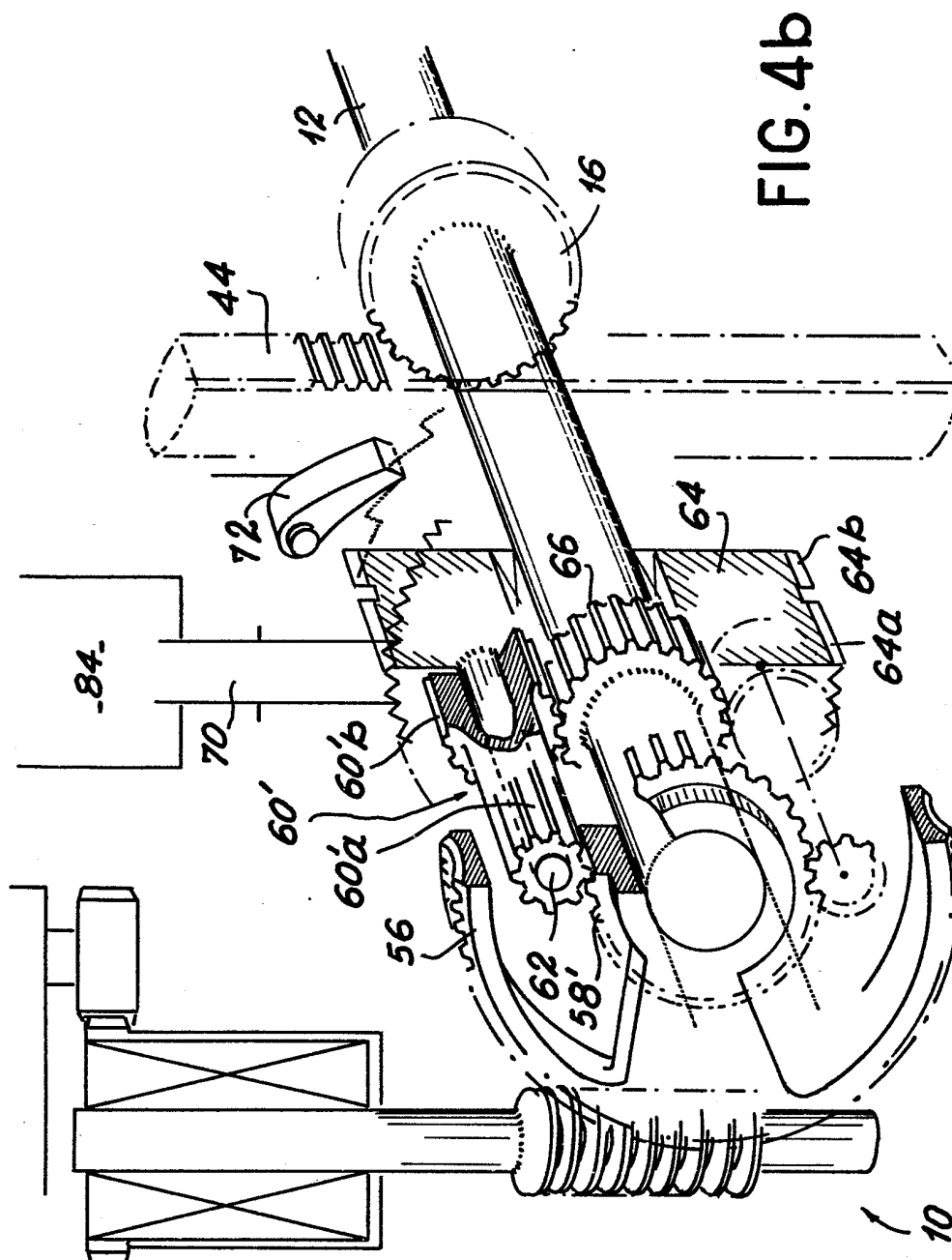
2 / 5

FIG. 2



3, 5





5 / 5

