

**MEMOIRE DESCRIPTIF**

déposé à l'appui d'une demande de

**BREVET D'INVENTION**

*formée par*

WESTINGHOUSE ELECTRIC CORPORATION

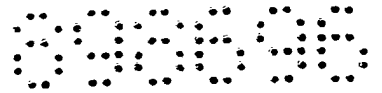
pour :

"Système de mesure de la rectitude des barres de combustible nucléaire"

Priorité d'une demande de brevet déposée aux Etats-Unis d'Amérique le 17 janvier 1983, sous le N° 458.407, au nom de Merle Alfred PARKER et Hassan Juma Ahmed.

-----

*d*



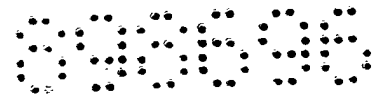
## Système de mesure de la rectitude des barres de combustible nucléaire.

La présente invention se rapporte généralement à la mesure de la rectitude d'une barre et elle concerne plus particulièrement un système de  
5 mesure de la rectitude d'une barre de combustible nucléaire.

La rectitude des barres de combustible nucléaire est vérifiée au cours d'un contrôle de qualité qui a lieu après que les barres ont été remplies de pastilles de combustible et leurs extrémités scellées (par exemple par soudage de bouchons d'extrémité) mais avant que ces barres aient été  
10 utilisées pour constituer un assemblage combustible. Les barres qui ne répondent pas aux spécifications de rectitude sont rebutées et récupérées. L'utilisation d'une barre de combustible non conforme aux spécifications peut avoir pour conséquences un espacement incorrect entre les barres de l'assemblage combustible d'où une diminution de rendement du combustible dans le réacteur, et  
15 (ou) des difficultés de groupement des barres de combustible et d'autres éléments en un assemblage combustible.

Les techniques classiques utilisées pour contrôler la rectitude des barres de combustible consistent à faire rouler à la main la barre sur un marbre, à arrêter la rotation à divers moments et à vérifier visuellement (ainsi  
20 qu'à l'aide de jauges d'épaisseur) si la barre est cambrée.

L'objet principal de la présente invention est de fournir un système qui mesure automatiquement la rectitude des barres et fournit des valeurs de sortie qui peuvent être utilisées directement dans le système de traitement automatique des barres de combustible. Afin de réaliser cet objet, la  
25 présente invention réside en un système de mesure de la rectitude d'une barre, en particulier d'une barre de combustible nucléaire, comprenant des moyens pour supporter cette barre de telle sorte qu'elle peut tourner autour de son axe sans mouvement de translation, et un moyen pour faire tourner cette barre autour de son axe longitudinal. Ce système se caractérise par une pluralité



d'indicateurs de distance montés rigidement et espacés les uns des autres, à une certaine distance de la barre vers laquelle ils sont tournés transversalement à son axe longitudinal, et ils sont placés à une distance connue de cette barre pour mesurer les distances qui les séparent de la barre pendant sa rotation; et un moyen pour calculer pour chacun de ces indicateurs de distance les différences des mesures de distance par rapport à cette distance connue, ces différences indiquant le degré de rectitude de la barre.

Dans un système préféré de mesure de la rectitude des barres, la barre est une barre de combustible nucléaire qui est supportée par en dessous, de telle sorte qu'une barre droite sera supportée horizontalement, et qui est entraînée dans un mouvement de rotation à partir de l'une de ses extrémités.

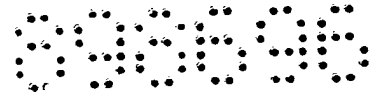
La présente invention sera bien comprise à la lecture de la description suivante faite en relation avec les dessins ci-joints, dans lesquels :

- la figure 1 est une vue schématique en élévation du système de mesure de la rectitude des barres, comprenant une barre de combustible nucléaire en cours de contrôle; et

- la figure 2 est une vue schématique de côté d'une partie de la figure 1, représentant le mécanisme de support des barres qui comprend l'appareillage pour amener la barre au point de contrôle et l'en évacuer.

L'exemple de réalisation du système suivant la présente invention représenté schématiquement aux figures 1 et 2, permet de mesurer la rectitude de n'importe quelle barre, y compris d'une barre flexible telle qu'une barre de combustible nucléaire.

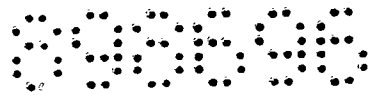
Ce système comprend des moyens pour supporter la barre de sorte que, si cette dernière est droite, elle restera droite sans mouvement transversal pendant qu'elle est supportée et restera droite sans mouvement transversal pendant qu'elle tourne autour de son axe longitudinal, et de sorte que, si la barre est cambrée, elle restera cambrée pendant qu'elle est supportée et qu'on l'a fait tourner. On peut considérer qu'une barre, en particulier une barre flexible, est droite si, par exemple, elle est droite lorsqu'elle est posée sur une surface horizontale. La surface horizontale, bien entendu, empêchera le fléchissement de la barre sous son propre poids. De même, on peut considérer qu'une barre est droite si elle est



droite alors qu'elle est suspendue verticalement par une de ses extrémités. Par "droite" on entend droite dans des tolérances présélectionnées qui sont assez faibles en comparaison des exigences prédéterminées de précision d'une mesure de rectitude de la barre 10. Comme il est bien connu de l'homme de l'art, la précision de la construction de l'appareillage de contrôle est fonction des exigences de précision de la mesure de la pièce. Le système comprend également un moyen pour faire tourner la barre supportée 10 de telle sorte que, si cette barre 10 est droite, elle tournera autour de son axe longitudinal.

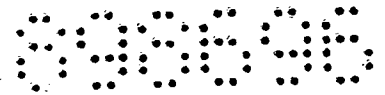
10 Les moyens de support peuvent supporter la barre dans n'importe quelle position. Pour supporter la barre verticalement, on peut utiliser un mandrin ou un dispositif rotatif de serrage ou un dispositif analogue fixé sur une ou sur les deux extrémités de la barre. Pour supporter la barre horizontalement, on peut la maintenir au moyen du mandrin ou du dis-  
15 positif de serrage mentionné ci-dessus et fixé sur une ou sur les deux extrémités de la barre et (ou) supporter cette dernière entre ses extrémités au moyen d'un marbre ou au moyen de bagues ou d'étriers ou de dispositifs analogues suspendus ou supportés d'une autre manière et jouant le rôle d'une table de support. L'obligation d'avoir recours à ces bagues ou  
20 étriers, leurs dimensions et leur écartement sont fonction de la flexibilité de la barre, une barre droite devant rester droite et sans mouvement transversal pendant qu'elle est supportée et entraînée dans un mouvement de rotation, tandis qu'une barre cambrée restera cambrée pendant qu'elle est supportée et qu'elle tourne. Ces bagues et étriers servent à empêcher  
25 tout mouvement transversal d'une barre droite en rotation, de même qu'une rainure supplémentaire évidée ou surélevée dans le marbre. Cependant, pour des mesures précises de rectitude, ces bagues, étriers et rainures doivent permettre un mouvement transversal d'une barre cambrée en rotation, du fait de sa cambrure. Par exemple, on doit choisir les dimensions d'une ba-  
30 gue en se basant sur la cambrure maximum prévue de la barre, et la forme et le matériau à faible coefficient de frottement d'une rainure seront choisis de manière à permettre à une barre cambrée en rotation de se déplacer transversalement à l'intérieur de la rainure afin de conserver sa cambrure. Pour orienter la barre entre les positions verticale et horizon-  
35 tale, on peut placer un support à l'une ou aux deux extrémités de la barre

*b*



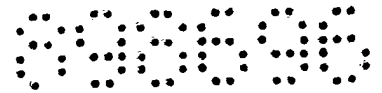
et, si la flexibilité de cette dernière l'exige, un support en son milieu comme on l'a décrit précédemment. Comme moyen de rotation, on pourrait utiliser un mandrin rotatif entraîné par un moteur et monté à une extrémité de la barre ou faire tourner cette barre entre ses extrémités au moyen d'un montage du type à entraînement par courroie ou d'un montage analogue.

Il est préférable que chaque moyen de support supporte la barre 10 par en dessous de sorte que, si la barre est droite, elle sera horizontale lorsqu'elle est supportée. Bien entendu, par "horizontal" on entend horizontal dans les limites requises de précision de mesure du système, comme il est bien connu de l'homme de l'art. De même, il est préférable que le moyen de support comprenne plusieurs supports 12 qui sont fixés rigidement à une certaine distance les uns des autres. Il est souhaitable que les distances entre les supports voisins 12 soient généralement égales 15 entre elles. Il est préférable que le moyen de rotation fasse tourner la barre 10 à partir de l'une de ses deux extrémités et qu'il comprenne un mandrin 20 entraîné dans un mouvement de rotation par un moteur 22. Avec ce montage d'entraînement de la barre dans un mouvement de rotation, il est préférable que chaque support 12 soit équipé d'un galet 14 à gorge 20 circonférentielle 16. La barre 10 de combustible nucléaire est supportée par la gorge 16. Cette dernière sert également de berceau à la barre 10 lorsqu'elle tourne, afin d'empêcher tout mouvement transversal d'une barre droite tout en permettant un tel mouvement à une barre cambrée, du fait de sa cambrure. A cet effet, le galet 14, ou du moins sa gorge 16, doit être 25 constitué d'un matériau à faible coefficient de frottement. Afin d'automatiser le système de contrôle des barres de combustible nucléaire, chaque support 12 comporte également un moyen pour faire tourner le galet 14 de manière à introduire la barre supportée de combustible dans le mandrin 20 et à l'en retirer. Il est préférable que le moyen pour faire tourner le 30 galet comprenne un axe 17 et un dispositif 18 d'entraînement pour faire tourner l'axe 17. Le dispositif 18 d'entraînement de l'arbre pourrait être un moteur faisant tourner l'arbre directement ou par l'intermédiaire d'une transmission par courroie ou par chaîne ou d'une commande analogue. Les barres 10 de combustible peuvent être amenées sur les galets 14 et en être 35 évacuées à l'aide de poutres roulantes classiques ou d'autres appareils de manutention de pièces (non représentés).



Le système comprend en outre plusieurs indicateurs 24 de distance qui sont montés rigidement et espacés les uns des autres. Ces indicateurs 24 de distance sont placés à une certaine distance de la barre 10 de combustible nucléaire vers laquelle ils sont tournés. Les indicateurs 24 de distance mesurent les distances qui les séparent de la barre 10 pendant sa rotation. Les indicateurs 24 de distance sont positionnés de telle sorte que, si la barre 10 est droite, chaque indicateur 24 de distance sera orienté perpendiculairement ou transversalement à l'axe longitudinal de cette barre droite et chaque indicateur 24 de distance sera placé à une distance connue de la barre droite. Par "perpendiculairement" ou "transversalement" on entend perpendiculairement ou transversalement dans les limites requises de précision de mesure du système. Il n'est pas nécessaire que la distance connue d'un indicateur de distance soit égale à la distance connue d'un autre indicateur de distance. Il est préférable que les indicateurs 24 de distance soient des détecteurs de proximité bien connus de l'homme de l'art; on peut cependant utiliser d'autres types d'indicateurs de distance tels que des enregistreurs de données en fonction de la précision et d'autres exigences du système particulier de mesure de la rectitude des barres. On placera de préférence les indicateurs 24 de distance en dessous de la barre 10 de combustible à des distances généralement égales de la barre 10 de combustible supportée et entraînée dans un mouvement de rotation. Il est souhaitable de placer généralement un indicateur 24 de distance à mi-distance entre les supports voisins 12. Chaque indicateur 24 de distance effectuera de nombreuses mesures de distance pendant la rotation de la barre combustible 10.

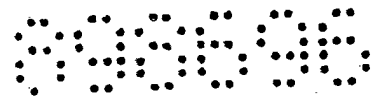
Le système comprend en outre un moyen pour calculer pour chacun de ces indicateurs de distance les différences des mesures de distance par rapport à la distance connue entre cet indicateur de distance et une barre droite. Ces différences indiquent le degré de rectitude (ou, de manière équivalente, la cambrure) de la barre 10 de combustible. Il est préférable que ce moyen de calcul des différences comprenne un simple ordinateur 26 tel qu'un microprocesseur ou un élément analogue, recevant des données d'entrée transmises par les indicateurs 24 de distance. On pourrait programmer l'ordinateur 26, comme il est bien connu de l'homme de l'art, pour calculer les différences et créer un signal de rebut si la barre 10 de



combustible ne répondait pas aux spécifications (par exemple lorsqu'une différence transmise par l'un quelconque des indicateurs de distance dépasse une certaine valeur présélectionnée). Une barre rebutée pourrait être retirée manuellement ou automatiquement pour être récupérée. Le moyen  
5 de calcul des différences pourrait également comprendre des circuits logiques différentiels classiques ou même simplement un affichage visuel ou une sortie sur imprimante des mesures de distance pour chaque indicateur de distance avec comparaison manuelle avec sa distance connue à une barre droite.

10 Dans un autre exemple de réalisation d'un système suivant la présente invention, par ailleurs identique à celui qui a été décrit précédemment, on peut programmer le moyen de calcul, tel que l'ordinateur 26, de manière à calculer pour chacun des indicateurs 24 de distance la différence entre le maximum et le minimum de ses mesures de distance afin d'in-  
15 diquer la rectitude de la barre. Dans ce cas, il n'est pas nécessaire que les distances entre les indicateurs 24 de distance et une barre droite soient connues.

On peut également décrire la présente invention comme étant un procédé de mesure de la rectitude des barres dans lequel on commence par  
20 supporter la barre (de préférence une barre 10 de combustible nucléaire) de sorte que, si cette dernière est droite, elle restera droite sans mouvement transversal pendant qu'elle est supportée et restera droite sans mouvement transversal si on la fait tourner autour de son axe longitudinal, et de sorte que, si la barre est cambrée, elle restera cambrée pen-  
25 dant qu'elle est supportée et qu'on la fait tourner. La barre supportée est entraînée dans un mouvement de rotation de sorte que, si elle est droite, elle tournera autour de son axe longitudinal. Pendant la rotation, plusieurs indicateurs de distance mesurent les distances entre eux-mêmes et la barre. Ces indicateurs 24 de distance sont montés rigidement et es-  
30 pacés les uns des autres. Les indicateurs de distance sont placés à une certaine distance de la barre vers laquelle ils sont tournés et ils sont positionnés de telle sorte que, si la barre est droite, chaque indicateur 24 de distance est placé perpendiculairement ou transversalement à l'axe longitudinal de la barre droite. (A ce stade, dans une variante du procé-  
35 dé, pour chaque indicateur de distance, la différence entre ses mesures

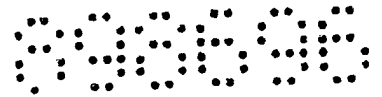


maximum et minimum est calculée afin d'indiquer le degré de rectitude de la barre). A ce stade, dans une variante préférée du procédé, les indicateurs de distance étant placés à des distances connues (mais pas nécessairement égales) d'une barre droite, les différences entre les mesures de distance de chaque indicateur de distance et sa distance connue à une barre droite sont calculées et ces différences indiquent le degré de rectitude de la barre.

Il est préférable que le support supporte la barre par en dessous de sorte qu'une barre droite sera supportée horizontalement. Il est préférable également que la barre soit entraînée dans un mouvement de rotation à partir de l'une de ses extrémités.

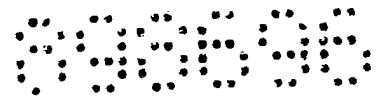
De manière caractéristique, la barre 10 de combustible nucléaire est un tube de zirconium de 3,66 m (12 pieds) de longueur et de 10,16 mm (0,4 pouce) de diamètre dont la rectitude est contrôlée avec une tolérance de 0,833 mm par mètre (0,010 pouce par pied). Les galets 14 sont espacés les uns des autres de 0,457 m (18 pouces), ce qui est suffisamment rapproché pour empêcher un fléchissement de la barre sous son propre poids. Le mandrin 20 enserre sur environ 1,22 m (4 pieds) une extrémité de la barre 10 de combustible. Cette dernière est entraînée dans un mouvement de rotation à environ 180 tr/min. Les indicateurs 24 de distance sont des détecteurs de proximité placés à une distance comprise entre 1,9 mm (0,075 pouce) et 2,54 mm (0,1 pouce) d'une barre droite. On peut faire varier de 1 à 650 millisecondes environ l'intervalle de temps entre les mesures. La chaîne de contrôle de la rectitude des barres utilise un deuxième système de mesure de la rectitude des barres qui comprend un deuxième mandrin enserrant sur environ 1,22 m (4 pieds) l'autre extrémité de la barre de combustible. Une poutre roulante transfère la barre entre ces deux zones de contrôle. Ceci permet de contrôler entièrement la barre de combustible sans qu'il soit nécessaire de la tourner dans l'autre sens.

Le mandrin 20 empêche tout mouvement de translation longitudinale de la barre pendant son contrôle. Comme l'homme de l'art peut s'en rendre compte, même si un tel mouvement se produisait pendant les mesures, il n'affecterait pas les mesures faites sur une barre droite et on pourrait n'en tenir aucun compte dans la plupart des applications. Comme il est bien connu de l'homme de l'art, les données calculées concernant les dif-



différences de mesure pourraient être analysées (même en présence d'un mouvement connu de translation longitudinale) afin de donner un profil tridimensionnel de rectitude d'une barre. Cependant, dans la plupart des cas, on utilisera le système de mesure de la rectitude des barres pour accepter 5 une barre droite dont les calculs de différences de mesure ne dépassent pas une valeur présélectionnée et pour rejeter une barre non droite dont les calculs de différences de mesure aboutissent à une valeur qui dépasse cette valeur présélectionnée.

La présente invention n'est pas limitée aux exemples de réalisation 10 tion qui viennent d'être décrits, elle est au contraire susceptible de variantes et de modifications qui apparaîtront à l'homme de l'art.

R E V E N D I C A T I O N S

1. Système de mesure de la rectitude d'une barre (10), en particulier d'une barre de combustible nucléaire, comprenant des moyens (12,14) pour supporter cette barre (10) de telle sorte qu'elle peut tourner autour  
5 de son axe sans mouvement de translation, et un moyen (20) pour faire tourner cette barre (10) autour de son axe longitudinal, ce système étant caractérisé par une pluralité d'indicateurs (24) de distance montés rigidement et espacés les uns des autres, à une certaine distance de la barre (10) vers laquelle ils sont tournés transversalement à son axe longitudinal et ils sont placés à une distance connue de la barre (10) pour mesurer  
10 les distances qui les séparent de la barre pendant la rotation de celle-ci; et par un moyen (26) pour calculer pour chacun de ces indicateurs (24) de distance les différences des mesures de distance par rapport à la distance connue, ces différences indiquant le degré de rectitude de la barre  
15 (10).

2. Système suivant la revendication 1, caractérisé en ce que les moyens (12, 14) de support sont placés en position horizontale afin de supporter horizontalement la barre (10) par en dessous.

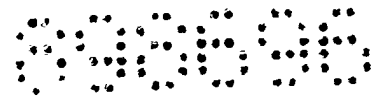
3. Système suivant l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce qu'un moyen (22) de rotation est disposé à l'une des deux extrémités de la barre (10) avec laquelle il peut être accouplé afin de faire tourner cette barre (10).

4. Système suivant la revendication 3, caractérisé en ce que ce moyen (22) de rotation comprend un mandrin (20) et un moteur (22) pour  
25 faire tourner le mandrin (20).

5. Système suivant l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que les moyens (12,14) de support comprennent une pluralité de supports (12) montés rigidement à une certaine distance les uns des autres.

30 6. Système suivant l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que les indicateurs (24) de distance comprennent des détecteurs de proximité placés en dessous et à des distances généralement égales de la barre (10); et en ce qu'un de ces détecteurs (24) de proximité est disposé généralement à mi-distance entre les supports voisins  
35 (12).

7. Système suivant la revendication 6, caractérisé en ce que



chacun des supports (12) comprend un galet (14) à gorge circonférentielle (16) pour supporter la barre (10) de combustible et servir de berceau à cette dernière; et un moyen (18) pour faire tourner le galet (14) de manière à introduire la barre supportée (10) de combustible dans le mandrin 5 (20) et à l'en retirer.

BRUXELLES, le 17 janvier 1984  
P. Pon. de Westinghouse Electric Corporation  
P. Pon. du Bureau GEVERS  
société anonyme

FIG. 1

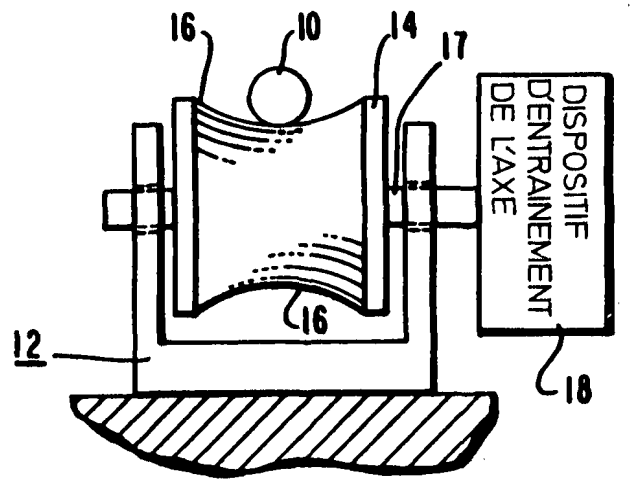
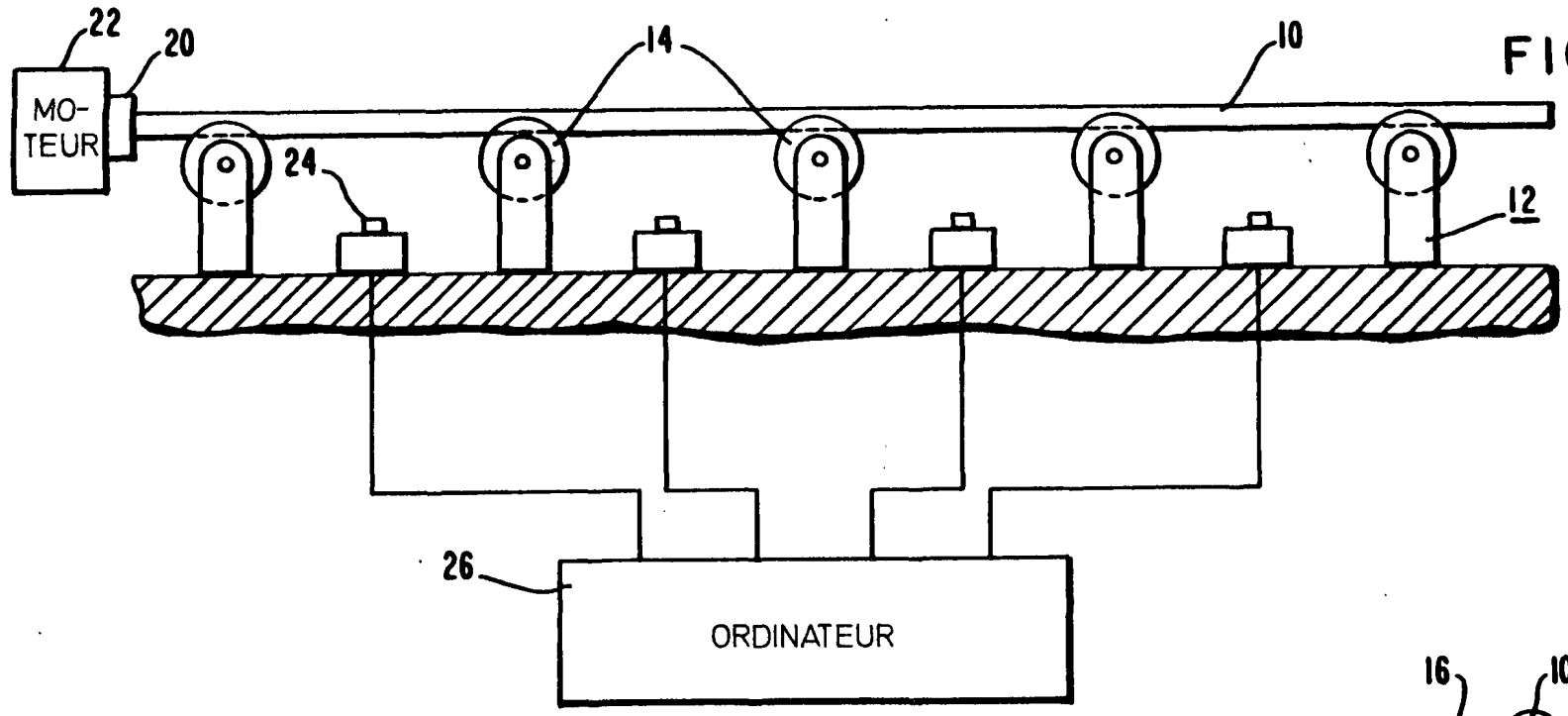


FIG. 2

BRUXELLES, le 17 janvier 1964

P. Pon. de WESTINGHOUSE ELECTRIC CORPORATION

P. Pon. du Bureau BEVERIS

société anonyme