

A1

**DEMANDE  
DE BREVET D'INVENTION**

⑫

**N° 79 17425**

---

⑤④ Dispositif permettant d'usiner des cames avec précision, et avec une vitesse de coupe constante.

⑤① Classification internationale (Int. Cl. <sup>3</sup>). B 24 B 17/00.

⑤② Date de dépôt..... 29 juin 1979, à 15 h 30 mn.

⑤③ ⑤② ⑤① Priorité revendiquée :

④① Date de la mise à la disposition du  
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 4 du 23-1-1981.

---

⑦① Déposant : Société dite : GENDRON SA, résidant en France.

⑦② Invention de :

⑦③ Titulaire : *Idem* ⑦①

⑦④ Mandataire : Jean Maisonnier,  
ingénieur-conseil, 28, rue Servient, 69003 Lyon.

La présente invention concerne un dispositif permettant d'usiner des cames avec précision, et avec une vitesse de coupe qui reste constante.

L'invention s'applique en particulier avantageusement à la rectification des cames sur une machine à rectifier pourvue d'une meule enlevant seulement sur la pièce une surépaisseur d'usinage de quelques dixièmes de millimètres. Dans ce cas, la forme générale approximative du contour de la pièce a été préalablement obtenue par une autre méthode d'usinage, par exemple par tournage ou fraisage.

10 Pour ce mode d'usinage, la came est montée entre pointes sur le même axe géométrique qu'un gabarit appelé "master cam". Ce master cam est un organe de reproduction de forme appropriée qui prend appui sur un galet libre en rotation, mais qui est lui-même entraîné en rotation pour provoquer un mouvement de pivotement de l'ensemble comprenant le  
15 master cam et la came tandis que la meule génère la forme désirée.

Etant donné que le master cam et la came tournent à une vitesse constante sans tenir compte des variations de rayon de la came, il s'ensuit que la vitesse de coupe de la meule est variable. Ainsi, dans certaines zones où la vitesse de coupe est faible, le métal est facile-  
20 ment enlevé par la meule, tandis que dans certaines zones où la vitesse de coupe est très élevée, la meule n'a pas le temps d'enlever le métal, et la pièce fléchit devant la meule. En effet, l'axe de rotation de la pièce, qui n'est pas infiniment rigide, recule devant la meule, et ceci se traduit par une déformation du contour usiné.

25 En augmentant exagérément le nombre de rotations de la pièce devant la meule, on parvient à atténuer ce défaut, sans toutefois le supprimer complètement. Ce procédé est onéreux, car il augmente le temps de rectification qui constitue justement l'un des paramètres importants du coût de fabrication de la came.

30 L'invention a pour but de réaliser un dispositif capable d'éviter les inconvénients précités en permettant d'obtenir une vitesse de coupe pratiquement constante sur tout le pourtour de la came.

L'invention a également pour but de réaliser un dispositif permettant de rectifier rapidement et avec une grande précision des arbres  
35 à cames pour automobiles ou autres engins à moteur.

Un dispositif suivant l'invention, pour usiner une came montée entre pointes sur un support monté pour osciller autour d'un axe parallèle à l'axe de rotation de la came, le support supportant également un gabarit de reproduction ou "master cam" coaxial avec la came tandis  
40 que des moyens à moteur assurent l'entraînement en rotation de la came

et du master cam qui coopèrent respectivement avec un organe suiveur et avec un organe de coupe, est caractérisé en ce qu'il comprend :

- une mémoire dans laquelle est enregistrée la loi de variation de la vitesse de rotation de la came à respecter pour que la vitesse périphérique de coupe reste la même en tout point de la came ;

- un variateur de vitesse qui est commandé par l'intermédiaire de la mémoire, et qui règle la vitesse de rotation de la came.

Suivant une caractéristique supplémentaire de l'invention, le dispositif comprend un calculateur qui reçoit les signaux provenant d'une part de la mémoire et d'autre part d'un codeur qui repère à chaque instant l'orientation angulaire de la came, pour délivrer un signal proportionnel à la vitesse instantanée de rotation souhaitée de la came.

Suivant une caractéristique supplémentaire de l'invention, le variateur électronique reçoit d'une part le signal issu du calculateur et d'autre part le signal émis par un capteur tachymétrique en liaison avec l'arbre de sortie du moteur qui entraîne la came en rotation, ce variateur corrigeant à chaque instant la tension d'alimentation du moteur de façon à réduire à zéro une tension d'erreur obtenue par différence à partir des deux signaux reçus.

Suivant une caractéristique supplémentaire de l'invention, dans le cas d'une pièce monobloc comprenant plusieurs comes coaxiales telle qu'un arbre à cames, on prévoit un master cam comprenant pour chaque came particulière une surface de gabarit, et une mémoire dans laquelle sont enregistrées les différentes lois de variation de la vitesse de rotation.

Suivant une caractéristique supplémentaire de l'invention, le moteur qui entraîne la came en rotation est un moteur de préférence à courant continu capable de fournir un couple important.

Suivant une caractéristique supplémentaire de l'invention, l'ensemble tournant comprenant la ou les comes et le master cam est à faible inertie, de façon à permettre les accélérations et décélérations successives dudit ensemble tournant avec un temps de réponse aussi court que possible.

Suivant une caractéristique supplémentaire de l'invention, le dispositif est monté sur une rectifieuse, l'organe suiveur qui coopère avec le master cam étant constitué par un galet libre en rotation.

Suivant une variante de l'invention, le dispositif est monté sur un tour, et l'organe suiveur qui coopère avec le master cam est constitué par un doigt à contact ponctuel.

Le dessin annexé, donné à titre d'exemple non limitatif, permettra

de mieux comprendre les caractéristiques de l'invention.

- Figures 1 et 2 sont des vues schématiques qui aident à comprendre le problème posé.

- Figure 3 est une vue en perspective d'une rectifieuse équipée 5 d'un dispositif suivant l'invention.

- Figure 4 est une vue de face de cette même rectifieuse.

- Figure 5 est un diagramme représentant les éléments de contrôle et de commande du dispositif suivant l'invention.

Le dispositif suivant l'invention peut équiper différents types de 10 machines. Toutefois, dans la description qui suit, on considèrera le cas particulier de l'adaptation du dispositif à une rectifieuse du type de celles qu'on utilise pour réaliser avec précision des profils de cames en général, et des arbres à cames d'automobiles en particulier.

Sur une rectifieuse du type précité, la came ou l'arbre à cames 15 sont montés entre pointes sur le même axe géométrique 1 qu'un "master cam" 2 (fig 3) qui est un organe de reproduction d'une forme appropriée. En s'appuyant sur un galet 3 qui est libre et rotation et qui est fixé sur la machine, le master cam provoque un mouvement de pivotement de l'ensemble mobile comprenant le master cam et la pièce maintenue entre 20 pointes, ce qui permet à une meule 4 de générer sur la pièce à usiner la forme désirée.

La meule enlève ainsi la surépaisseur d'usinage en se déplaçant de quelques dixièmes de millimètre en direction de la pièce, étant 25 entendu que la forme générale approximative du contour a été préalablement formée sur la pièce par une autre méthode d'usinage par exemple par tournage ou par fraisage.

Le schéma de la figure 1 montre le principe utilisé pour générer la forme de la came. Ainsi, l'axe géométrique 1 s'éloigne et se rapproche de la meule 4 en oscillant autour d'un axe 5 parallèle à l'axe 1.

30 Le point 6 est le point de contact entre la meule 4 et la pièce 7, à un instant donné. Pour bien comprendre le problème que la présente invention se propose de résoudre, on a pris le cas d'une came comprenant :

- une portion circulaire 8 sous-tendue par un angle 9 ;
- 35 - une portion 10 dont la forme est définie par une loi appelée "loi de levée".

Pour simplifier, on considère que le diamètre de la meule est infini. Ainsi, au voisinage de la pièce 7, la circonférence de la meule est constituée par une droite 11 parfois appelée "palpeur plat" (fig 3). 40 Dans ce cas, la loi de levée donne la valeur de la distance 12 séparant

l'axe 1 de la droite 11 en fonction de l'orientation angulaire de la pièce. Cette orientation angulaire est par exemple définie par un angle  $\theta$ .

La pièce étant animée d'un mouvement de rotation à vitesse constante tout en restant en contact avec la droite 11, tous les points de la portion circulaire 8 viennent en contact avec cette droite en un même point 13 situé sur la perpendiculaire à la droite 11 qui passe par l'axe 1 dans le plan de la figure. La vitesse de passage de la portion circulaire 8 au point 13 est constante, et il en est toujours ainsi lorsqu'on rectifie une pièce cylindrique de révolution, chaque élément de surface  $dx$  de la pièce restant en contact avec la meule un temps  $dt$  égal. Il n'en est plus de même lorsque c'est la portion 10 qui est en contact avec la droite 11. En effet, on démontre facilement que le point de contact 14 entre la pièce et la droite 11 se déplace à une vitesse variable le long du contour de la portion 10 à rayon variable, et que cette vitesse en un point donné dépend de la valeur de la distance 12 en ce point, c'est-à-dire de la levée de la came au point considéré.

Ceci complique le problème de la rectification des cames, car chaque petit élément de contour  $dx$  ne reste pas devant la meule un temps constant, si bien que le métal est facilement enlevé aux points où la vitesse est faible tandis qu'aux points où cette vitesse est élevée, la meule n'a pas le temps d'enlever le métal. En ces points, la pièce fléchit devant la meule, l'axe de rotation de la pièce qui n'est pas infiniment rigide recule devant la meule, et ceci se traduit par une déformation du contour.

En augmentant exagérément le nombre de rotations de la pièce devant la meule, on parvient à atténuer ce défaut, mais pas à le supprimer, et ceci est onéreux du fait de l'augmentation du temps de rectification qui en résulte, le temps de rectification étant l'un des paramètres importants du prix de la came, surtout dans le cas des cames de moteurs d'automobiles qui sont des pièces de grande série.

Le but de l'invention est donc de réaliser une chaîne cinématique permettant d'assurer un déplacement à vitesse constante du point de contact avec la meule tout autour de la came, de façon que la vitesse d'usinage reste pratiquement constante sur tout le contour de la came. Pour cela, il faut que le moteur 15 qui entraîne en rotation la pièce 7 par l'intermédiaire d'un réducteur 16 (fig 3 et 4) tourne à une vitesse variable, la variation de la vitesse devant être exactement la même à chaque tour de la pièce, de façon à enlever le métal à débit constant et avec des efforts constants, au moins dans la période de finition de

la pièce au moment où la meule engendre avec précision le profil.

Comme on peut le voir sur la figure 5, le dispositif suivant l'invention comprend, en plus du moteur 15 : un codeur 17, une mémoire 18, un calculateur électronique 19, une génératrice tachymétrique 20 et 5 un variateur de vitesse 21.

Dans ce cas, il est très important que le couple du moteur et l'inertie de toute la mécanique entraînée soient compatibles avec les accélérations et les décélérations successives désirées le long du contour de la came. On utilise de préférence un moteur à courant conti- 10 nu, capable de fournir un couple relativement élevé.

La mémoire 18 est par exemple une mémoire électrique, dans laquelle on peut inscrire la valeur désirée de la vitesse de rotation du moteur 15 pour chaque orientation de la came 7, ceci résultant du découpage d'une rotation complète de la came en N parties égales. N peut 15 être aussi grand qu'on le désire, ces valeurs pouvant être calculées par ordinateur à partir de la loi de levée, en se fixant par exemple une valeur de la vitesse de rotation le long d'une portion circulaire de la came.

Le codeur 17 est un codeur électrique absolu fixé mécaniquement 20 sur l'axe du master cam 2. Ce codeur permet de repérer chaque orientation par rapport à une origine définie à l'avance, par exemple à partir du début de la loi de levée, correspondant à l'instant où commence la levée de la soupape ou de la pièce mécanique commandée par la came.

Le calculateur électronique 19, qui est placé de préférence à 25 l'extérieur de la machine, reçoit l'information du codeur 17, ce dernier lui indiquant l'orientation angulaire de la pièce 7. Le calculateur 19, en liaison avec la mémoire 18, détermine la valeur relative d'une grandeur proportionnelle à la vitesse de rotation que devrait avoir la came en cette position. Le calculateur 19 comprend un amplifi- 30 cateur de tension continue qui délivre une tension proportionnelle à la valeur de la vitesse désirée. Cet amplificateur est choisi de telle façon qu'il soit capable de débiter une intensité suffisante pour permettre d'obtenir, à partir du moteur électrique à courant continu, le couple et par conséquent l'accélération qui permettront à la vitesse 35 de rotation de la came de suivre la loi calculée.

La génératrice tachymétrique 20, montée sur l'axe du moteur 15, délivre une tension proportionnelle à la vitesse du moteur. Le variateur de vitesse 21 compare cette tension à la tension délivrée par le calculateur 19, et qui correspond à la valeur instantanée théorique 40 souhaitée de la vitesse de rotation du moteur. La différence entre les

deux tensions, ou "tension d'erreur", est utilisée pour corriger l'alimentation du moteur 15 et réduire à zéro cette tension d'erreur. L'utilisation de la génératrice tachymétrique 20 permet de fermer la boucle de fonctionnement du servomécanisme que constitue le dispositif suivant l'invention.

On sait qu'un arbre à cames tel que par exemple celui d'une automobile comprend un certain nombre de cames destinées à soulever différents mécanismes tels que des soupapes, et placées chacune à un angle de calage déterminé par rapport à l'arbre à cames.

10 Ainsi, suivant une caractéristique supplémentaire de l'invention, la table de la machine portant tous les éléments mécaniques représentés sur la figure 4 est capable de se déplacer latéralement après la rectification de chaque came de l'arbre à cames pour placer la came suivante en face de la meule 4 et recommencer une opération de rectification sur celle-ci. Chaque position de la table est repérée par un contact électrique qui informe le calculateur de cette position, en identifiant ainsi la came à rectifier, de façon que le calculateur fixe l'origine de l'angle d'orientation de la came par rapport aux repères du codeur.

20 Le calculateur joue un rôle supplémentaire, qui est de provoquer et contrôler le décalage d'origine à chaque came, après, bien sûr, que l'on ait introduit dans la mémoire les valeurs des décalages correspondant aux cames respectives.

Bien que la description ci-dessus concerne le cas particulier 25 d'une application de l'invention à des opérations d'usinage par rectification, il est évident que l'invention s'applique également dans différents autres cas.

Ainsi, il va de soi que tout ce qui est dit ci-dessus est applicable pour tout autre procédé d'usinage tel que le fraisage utilisant 30 un outil circulaire de dimensions suffisamment grandes pour que le déplacement du point de contact par exemple sur une ligne 11 (fig 2) entraîne des variations de vitesses le long du contour à générer qui sont nuisibles à la précision recherchée.

L'invention s'applique également au cas de procédés d'usinage 35 dans lesquels l'outil a un contact ponctuel dans le plan contenant la came, comme c'est le cas pour le tournage.

REVENDEICATIONS

1. Dispositif pour usiner une came montée entre pointes sur un support monté pour osciller autour d'un axe parallèle à l'axe de rotation de la came, ce support supportant par ailleurs un gabarit de re-  
5 production ou "master cam" coaxial avec la came tandis que des moyens à moteur assurent l'entraînement de la came et du master cam qui coopèrent respectivement avec un organe suiveur et avec un organe de coupe, caractérisé en ce qu'il comprend :

- une mémoire dans laquelle est enregistrée la loi de variation  
10 de la vitesse de rotation de la came à respecter pour que la vitesse de coupe reste la même en tout point de la came ;

- un variateur de vitesse qui est commandé par l'intermédiaire de la mémoire, et qui règle la vitesse de rotation de la came.

2. Dispositif suivant la revendication 1, caractérisé en ce qu'il  
15 comprend un calculateur qui reçoit d'une part le signal provenant de la mémoire, et d'autre part le signal provenant d'un codeur qui repère à chaque instant l'orientation angulaire de la came, le calculateur délivrant un signal proportionnel à la valeur instantanée théorique souhaitée de la vitesse de rotation de la came.

20 3. Dispositif suivant l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le variateur électronique reçoit d'une part le signal issu du calculateur et d'autre part le signal émis par un capteur tachymétrique en liaison avec l'arbre de sortie du moteur qui entraîne la came en rotation, ce variateur corrigeant à chaque ins-  
25 tant la tension d'alimentation du moteur de façon à réduire à zéro une tension d'erreur obtenue par différence à partir des deux signaux reçus.

4. Dispositif suivant l'une quelconque des revendications précédentes, dans le cas d'une pièce monobloc comprenant plusieurs comes coaxiales telle qu'un arbre à comes, caractérisé en ce qu'on prévoit  
30 un master cam comprenant, pour chaque came particulière, une surface de gabarit, ainsi qu'une mémoire dans laquelle sont enregistrées les différentes lois de variation de la vitesse de rotation en tenant compte du décalage angulaire relatif des comes.

5. Dispositif suivant l'une quelconque des revendications précé-  
35 dentes, caractérisé en ce que le moteur entraînant la came en rotation est de préférence un moteur électrique à courant continu, capable de fournir un couple important.

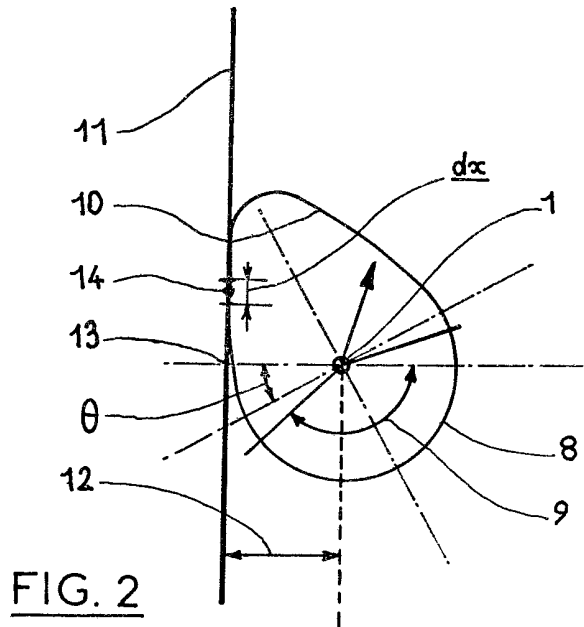
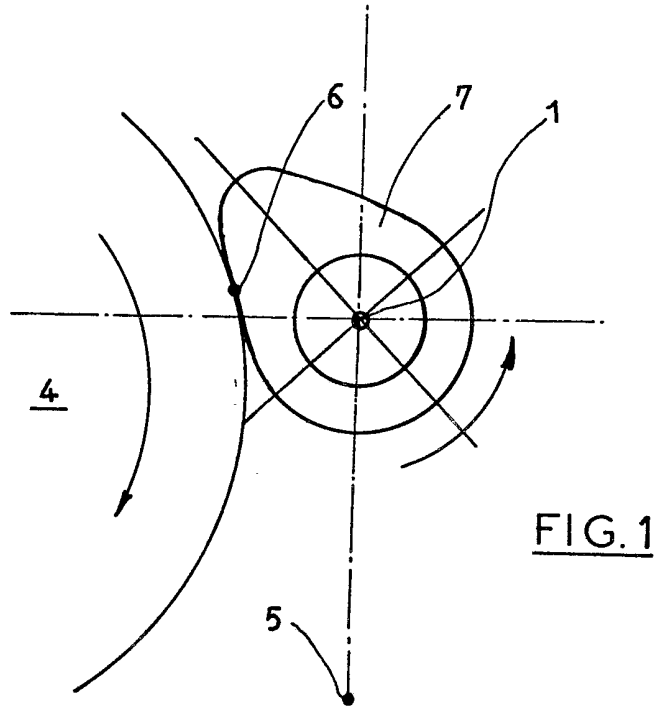
6. Dispositif suivant l'une quelconque des revendications précé-  
40 dentes, caractérisé en ce que l'ensemble tournant comprenant la ou les cames et le master cam est à faible inertie, de façon à permettre les



accélérations et décélérations successives dudit ensemble tournant avec un temps de réponse aussi court que possible.

7. Dispositif suivant l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il est monté sur une rectifieuse, l'organe  
5 suiveur qui coopère avec le master cam étant constitué par un galet libre en rotation tandis que l'organe de coupe est constitué par une meule.

8. Dispositif suivant l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce qu'il est monté sur un tour, l'organe suiveur qui  
10 coopère avec le master cam étant constitué par un doigt à contact ponctuel.



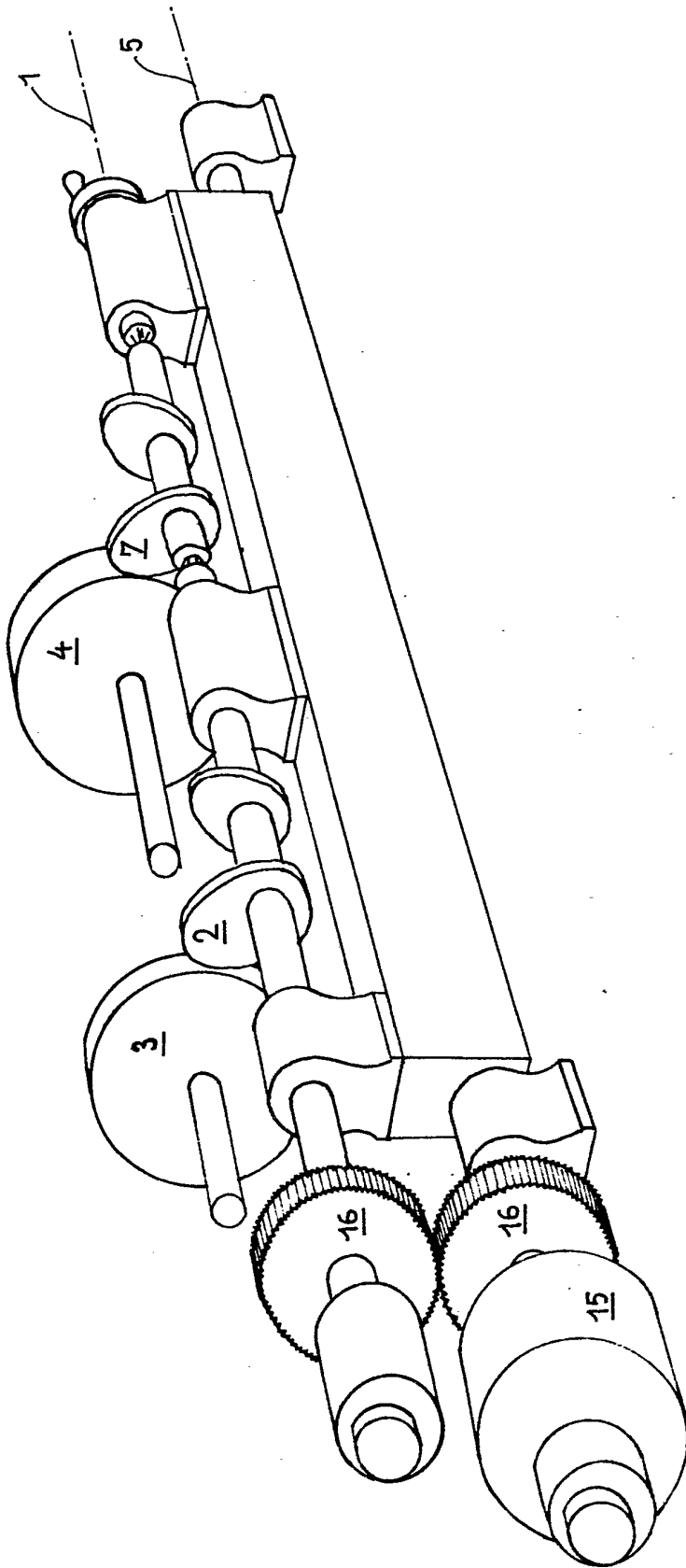


FIG. 3

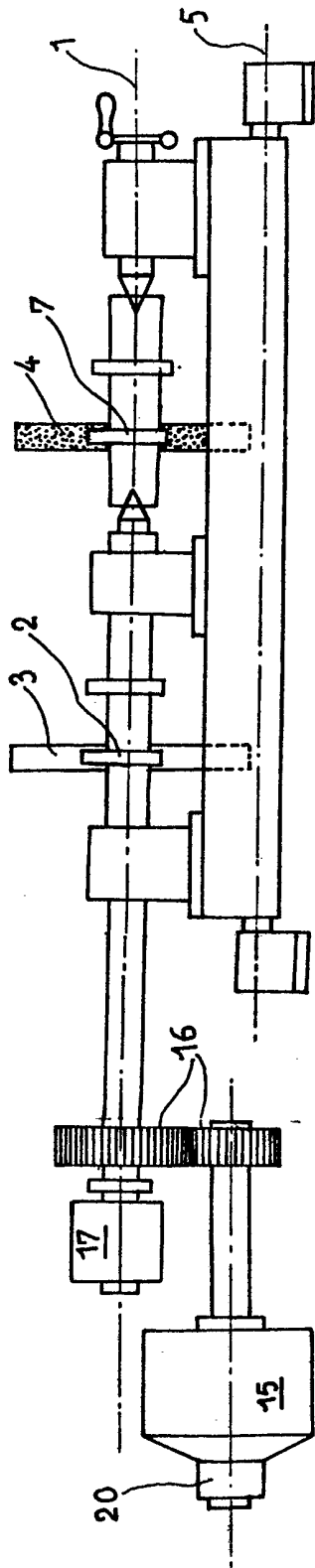


FIG. 4

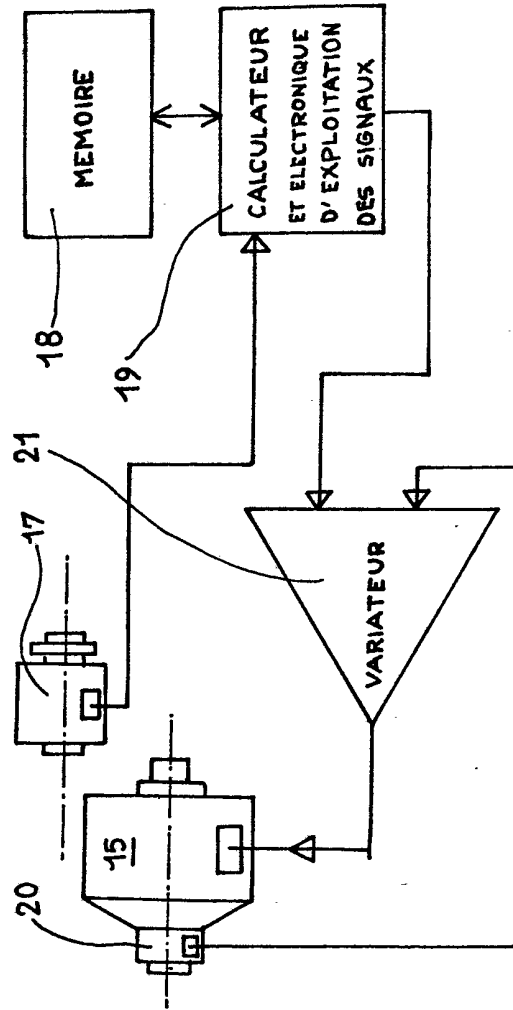


FIG. 5