

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 1 710 637 A2

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:

11.10.2006 Bulletin 2006/41

(51) Int Cl.:

G04B 19/04 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **05077028.8**

(22) Date de dépôt: **08.08.2005**

(84) Etats contractants désignés:

**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IS IT LI LT LU LV MC NL PL PT RO SE SI
SK TR**

Etats d'extension désignés:

AL BA HR MK YU

(71) Demandeur: **Crabbe, J-Paul**

60000 Beauvais (FR)

(72) Inventeur: **Crabbe, J-Paul**

60000 Beauvais (FR)

(30) Priorité: **06.04.2005 EP 52907649**

(54) **Dispositif d'affichage analogique du temps**

(57) L'invention concerne un instrument de mesure ou d'affichage utilisant un index mobile articulé capable de suivre un chemin de graduation de forme quelconque, par exemple ovale ou à plusieurs tours. L'invention s'applique particulièrement aux instruments de mesure du

temps. Elle permet d'améliorer la lisibilité et l'ergonomie des montres bracelets qui, pour des raisons de confort ou d'esthétique, utilisent fréquemment des boîtes et des cadrans non circulaires.

EP 1 710 637 A2

Description

[0001] Depuis des siècles l'affichage analogique du temps est réalisé en indiquant l'heure par la position d'aiguilles sur un cadran. Les premières horloges en fer datant environ du 13^{ème} siècle n'avaient qu'une aiguille pour les heures. Le besoin de précision a rapidement conduit à ajouter une aiguille pour les minutes. Le mouvement de ces aiguilles est naturellement circulaire uniforme. Le cadran est ordinairement circulaire, le dessin du rail des minutes suit la trajectoire de l'extrémité de l'aiguille des minutes, lui donnant naturellement une forme circulaire.

[0002] Depuis le 18^{ème} siècle des cadrans non circulaires sont apparus pour donner des indications complémentaires concernant le temps, la position des planètes (horloges planétaires) etc.. Au début du vingtième siècle des formes de cadrans très variées ont été créées et commercialisées surtout pour des montres bracelets, pour des raisons de recherche esthétique ou de mode. Cette recherche d'esthétique ou d'originalité conduit de manière générale à une importante perte de lisibilité de l'échelle des minutes. Cette lisibilité est d'ailleurs paradoxalement plus mauvaise dans les zones où la graduation est la plus espacée, c'est à dire là où elle pourrait être la meilleure. Cette perte de lisibilité des minutes est facilement acceptée par les utilisateurs qui n'ont pas vraiment besoin de la précision de la minute et qui privilégient l'aspect esthétique par rapport à la fonction utilitaire. Pour ceux qui sont attachés à l'affichage analogique du temps, le rail des minutes circulaire est encore aujourd'hui le seul moyen d'afficher les minutes avec précision.

[0003] Dans la culture contemporaine les modèles de montres bracelets pour homme doivent avoir une taille suffisante pour leur conférer un caractère viril. Mais d'un point de vue ergonomique la largeur du bracelet et surtout l'encombrement transversal de la boîte d'une montre bracelet et de sa couronne sont toujours une gêne lors de certains mouvements de la main et du poignet, notamment lorsque la couronne vient s'enfoncer dans les replis de la peau provoqués par le relèvement de la main par rapport à l'avant bras. De plus, les cadrans de forme allongée s'inscrivent mieux dans la continuité du bracelet que les cadrans et les boîtes circulaires (voir figures 3/b et 3/c). Ceci explique que l'on fabrique tout de même de nombreux cadrans non circulaires malgré leur handicap de lisibilité ou de précision.

[0004] Depuis le 18^{ème} siècle, afin d'assurer une meilleure lisibilité le long de graduations non circulaires, certaines horloges ont utilisé des aiguilles de longueur variable pour l'affichage du temps comme pour les indications astronomiques associées à des trajectoires elliptiques. Cette variation de longueur en fonction de la position de l'aiguille était réalisée mécaniquement en associant une aiguille déformable par coulissement à un dispositif came-palpeur. Ce principe qui implique des frottements non seulement importants mais aussi irréguliers (du fait par exemple du ressort de rappel associé

au palpeur), pouvait être facilement accepté dans les horloges compte tenu de la force motrice disponible dans celles-ci.

[0005] Il faut remarquer ici que, si l'expression "aiguille déformable par coulissement" est compréhensible, elle est très impropre car le terme d'aiguille désigne en principe objet rigide indéformable. Il serait plus correct de parler "d'index déformable", une aiguille d'horlogerie étant un type particulier d'index.

[0006] Le mot index est malheureusement utilisé par les horlogers tantôt dans le sens de repère fixe marqué sur un cadran, tantôt dans le sens d'un objet animé indiquant une valeur sur une graduation ou division à la manière de l'index de la main. Les figures 11 illustrent une montre où l'affichage de l'heure est réalisé au moyen d'index fixes (a) liés au cadran (A), et d'index (b) et (c) marqués sur les disques mobiles (B) et (C) respectivement. L'objet constitué par un tel disque mobile (B) son index (b) est lui-même un index mobile. Des ambiguïtés semblables apparaissent lorsqu'on parle de cadran ou même de la mesure du temps.

[0007] Il faut donc préciser quelques termes.

[0008] La mesure du temps s'exprime en général dans plusieurs unités simultanées, elle est donc très généralement composée de plusieurs valeurs. L'heure par exemple s'exprime le plus souvent par deux valeurs numériques : un nombre d'heures et un nombre de fractions d'heure (quart d'heure, demi-heure, minute). Ceci nécessite deux aiguilles (ou index). Mais on utilise bien d'autres unités : année, mois, jour dans le mois, semaine, jour dans la semaine, mois lunaire... Les mois et jours de la semaine portent des noms, c'est à dire des valeurs alphanumériques. Les phases de la lune peuvent se représenter par des symboles graphiques c'est à dire par des valeurs symboliques.

[0009] Dans le présent texte, le terme générique de cadran couvre aussi bien les cadrans classiques d'horlogerie et les cadrans d'instruments de physique que les cadrans épurés qui ne comportent pas de graduation explicite, mais seulement quelques repères ou même aucun repère, sur lesquels l'oeil est capable de situer mentalement les positions des heures. On utilise parfois des cadrans transparents pour faire apparaître le mécanisme ou les objets qui sont situés derrière.

[0010] A titre d'exemple, la figure 3/a illustre un cadran réduit à un simple plan sans aucun repérage : la position de midi est implicitement à la verticale de l'axe de rotation des aiguilles, l'oeil est capable de s'en contenter. Dans l'exemple de la figure 3/b la position de midi est repérée par le seul chiffre XII. La figure 3/c illustre le cas très courant où la circonférence est partagée en quarts.

[0011] Dans le présent texte, un index est un objet qui indique une valeur, numérique, alphanumérique ou symbolique sur un cadran.

[0012] Une aiguille des heures (petite aiguille) est un index des heures, et une aiguille des minutes (grande aiguille) est un index des minutes. L'ensemble de l'aiguille des heures et de l'aiguille des minutes d'une

montre ne constitue pas un index car il indique deux valeurs. Le mot index peut aussi désigner un curseur. Il peut aussi comporter un oeillet (ou un autre type de repère) plutôt qu'une pointe. Il peut être rigide ou déformable. Une "aiguille déformable par coulissement" est un index déformable particulier : un index télescopique.

[0013] Les index déformables n'ont pas été utilisés dans des montres bracelets par manque de force motrice suffisante. Mais curieusement, c'est précisément dans cette application que les aiguilles à longueur variable peuvent apporter un avantage considérable du point de vue ergonomique, en améliorant le confort physique sans nuire à la qualité de la lisibilité.

[0014] Pour répondre à ce besoin, il faut concevoir (figure 2) un index déformable avec précision (I), capable de suivre un chemin désiré (R) servant de référentiel, et consommant une force motrice faible et acceptable par le mouvement d'horlogerie associé afin de ne pas perturber son indispensable chronométrie. Autrement dit, en évitant les frottements liés à l'index télescopique et au système came-palpeur dont on vient de donner les inconvénients.

[0015] L'invention consiste à utiliser un index déformable articulé, la forme de cet index articulé étant définie par ses liaisons avec le reste du système dont il fait partie. Ceci est à comparer à la manière dont la position et la forme d'une marionnette articulée sont définies par les fils tirés par le marionnettiste (figure 4). Un tel index peut suivre toutes sortes de chemins de graduation.

[0016] Mais, là encore, il faut préciser quelques termes.

[0017] Dans le présent texte un système articulé est un ensemble déformable constitué d'éléments mobiles liés entre eux au moyen d'articulations.

[0018] Beaucoup d'objets courants sont des systèmes articulés. On peut citer par exemple les objets pliants en général, les objets comportant un couvercle abattant, une chaîne de bicyclette, les aiguilles d'une horloge (figure 5), un couteau suisse, une paire de ciseaux, le squelette d'un éventail, un autobus articulé, un système bielle-manivelle.

[0019] Un élément de système articulé peut être une pièce unique (éléments (C) et (D) de la figure 6), ou résulter de l'assemblage de plusieurs pièces par des liens rigides (éléments (A) et (B) des figures 5 et 6).

[0020] Un ensemble articulé se déforme avec des frottements très faibles, et avec une très bonne précision lorsque ses éléments sont rigides. Une ou plusieurs articulations d'un système articulé peuvent être fixes, mais les éléments d'un système articulé sont mobiles.

[0021] Dans le présent texte, une articulation est un lien non rigide entre deux éléments, autorisant des mouvements de rotation de l'un par rapport à l'autre.

[0022] En voici quelques exemples canon des minutes pivotant à l'intérieur du canon des heures d'une horloge (figure 5), articulation avec une vis à portée. Mais il existe aussi des articulations flexibles : dos d'une pince à sucre, spire d'une épingle nourrice, lien en cuir d'un fléau, zones

flexibles localisées d'une pièce de moulage, rotule flexible de mat de planche à voile. Dans le présent texte, une manivelle est une pièce tournante comportant un maneton excentré par rapport à l'axe de rotation de celle-ci, et sur lequel vient s'articuler une bielle.

[0023] Dans le présent texte, un **système bielle-manivelle** est l'association d'une manivelle et d'une bielle articulée sur son maneton. Ce système transforme un mouvement de rotation en mouvement alternatif rectiligne ou non.

[0024] Une bielle-manivelle est un système articulé.

[0025] Les figures 5, 6, 7/a, 7/b, illustrent des systèmes déformables d'éléments articulés. La figure 7/a représente un index constitué d'un parallélogramme articulé. Il comporte quatre articulations (a), l'une d'elles coïncide avec le centre de rotation (P) de deux de ses éléments. L'articulation opposée constitue la pointe (I) de l'index. La figure 7/b représente un index constitué de deux éléments articulés (A) et (B), son unique articulation (a) est mobile et tourne autour du centre de pivotement (P) l'élément B comporte un oeillet (O) de centre (I).

[0026] La figure éclatée 5 représente un ensemble d'aiguille des heures et d'aiguille des minutes d'un dispositif classique d'affichage du temps. L'aiguille des minutes (a1) est chassée sur son canon (a2), lui-même solidaire de la roue (a3); ces trois pièces constituent ensemble le élément (A). De même l'aiguille des heures (b1) est chassée sur son canon (b2), lui-même solidaire de sa roue (b3); ces trois pièces constituent ensemble le élément (B). Les éléments (A) et (B) peuvent tourner l'un par rapport à l'autre autour de l'axe commun de leurs canons respectifs qui constitue une articulation. Les éléments (A) et (B) constituent un système de deux éléments articulés.

[0027] La figure éclatée 6 dérive de la figure 5. On a ajouté aux éléments (A) et (B) les éléments (C) et (D). Les éléments (C) et (D) sont liés entre eux et aux éléments (A) et (B) par des articulations définies par les axes (I1), (I2) et (I3). Les éléments (A), (B), (C) et (D) constituent un ensemble de quatre éléments articulés.

[0028] La forme d'un système d'éléments articulés peut être définie en imposant les valeurs d'un ou plusieurs angles de la figure définie par ses articulations, par exemple les angles θ des figures 7/a et 7/b.

[0029] Comme il a été décrit plus haut sur la figure 5, l'ensemble formé par une aiguille d'horlogerie rigide classique, son canon et la roue dentée chassée sur celui-ci, est un exemple d'un tel élément (figures 5). Il est clair qu'une partie de cet élément, la roue (a3) et son canon (a2), est habituellement cachée derrière le cadran.

[0030] On peut remarquer dans la figure 6 que les éléments (A) et (B) comportent chacun une roue dentée (respectivement (a3) et (b3)) qui lui impose un angle d'orientation propre, ce sont les "éléments contraints". En revanche, dans la figure 5, l'ensemble des aiguilles des heures et des minutes d'une horloge ou d'une montre traditionnelle - et des pièces dont chacune est solidaire

- constitue bien un exemple d'ensemble des éléments articulés contraints et d'une géométrie variable, mais leur association ne constitue pas pour autant un index.

[0031] Les figures 9/a à 9/c illustrent des contraintes de rotation imposées à deux éléments du système articulé pour causer sa déformation lorsqu'il se déplace. L'angle α définit l'orientation de l'élément (A) et l'angle β définit l'orientation de l'élément (B). Dans ces figures l'angle β est une fonction de l'angle α , $\beta=f(\alpha)$. Pour que le système articulé se déforme lorsqu'il se déplace, il faut et il suffit que la différence de ces angles d'orientation α et β ne soit pas constante. En d'autres termes la dérivée de l'angle d'orientation sur le cadran de l'un par rapport à l'angle d'orientation de l'autre, $d\alpha/d\beta$, ne doit pas être nulle, ou encore les vitesses angulaires instantanées des éléments par rapport au cadran, c'est à dire les dérivées des angles α et β par rapport au temps, $d\alpha/dt$ et $d\beta/dt$, doivent être différentes.

[0032] Lorsqu'il s'agit de la mesure du temps, particulièrement des heures ou des minutes, les aiguilles passent périodiquement aux mêmes points du cadran. Ces angles d'orientation par rapport au cadran, comme les vitesses de rotation par rapport au cadran, sont donc des fonctions périodiques du temps.

[0033] Les moyens utilisables pour générer ces vitesses angulaires périodiques en limitant au maximum les frottements, peuvent relever de deux principes très différents:

1) l'engrenage à rapport de transmission variable qui à partir d'un mouvement rotatif uniforme génère un mouvement rotatif périodique à vitesse variable, par exemple en associant des roues excentrées ou non circulaires (figure 10). De multiples autres profils d'engrenages ont été conçus dans le passé.

2) le système bielle-manivelle qui à partir d'un mouvement circulaire, uniforme ou non, génère un mouvement alternatif linéaire ou angulaire (figures 9/c et 10).

[0034] Ces systèmes peuvent être intégrés ou couplés à un mouvement d'horlogerie.

[0035] Dans la suite de l'exposé on sera amené à parler de la vitesse de rotation de l'index. Cette définition n'est pas tout à fait évidente dans le cas d'un index à géométrie variable : chaque élément a en effet sa propre vitesse de rotation par rapport au cadran et chaque point a sa propre vitesse linéaire. En revanche, si on met à part les manivelles des systèmes bielle-manivelle éventuellement intégrés au dispositif, ils ont tous la même vitesse moyenne de rotation par rapport au cadran. La vitesse angulaire moyenne est celle d'un élément quelconque de l'index, manivelles éventuelles mises à part.

[0036] Les figures 11/a et 11/b illustrent le premier principe d'animation d'un index à géométrie variable à éléments articulés, du type de la figure 9/a, au moyen d'engrenages à rapports variables. Le train d'engrenages à

vitesse variable comporte deux roues excentrées et deux roues ovales. Les deux roues ovales (A) et (B) sont libres et pivotent chacune avec son canon autour du même axe géométrique (F). La roue (A) est solidaire du segment (a) de l'index et la roue (B) est solidaire du segment (b). Les deux roues excentrées (C) et (D) sont chassées sur le même axe (E) et diamétralement opposées, elles constituent un même élément (S) qui tourne autour de l'axe géométrique de (E). Elles entraînent les roues ovales. Chacune de ces dernières (A) et (B) est solidaire d'un segment de l'index articulé par l'intermédiaire de son canon. Le rapport d'engrenage de la roue excentrée sur la roue ovale est de deux pour un.

[0037] Dans la figure 11/a, l'index articulé est en position courte, les deux roues ovales sont décalées d'environ 50°. Dans la figure 6/b, l'index est en position longue, elles se sont décalées de 80° et les deux roues excentrées ont parcouru autour de leur axe, dans le sens rétro horaire, un angle de 180°, en revanche, les deux roues ovales ont parcouru autour de leur canon, dans le sens horaire, des angles de rotation différents : la roue ovale (A) a parcouru un angle d'environ 50° tandis que la roue ovale (B) a parcouru un angle d'environ 130°. Cette variation angulaire de (B) sur (A), a provoqué une rotation du canon de la roue ovale (B) sur le canon de la roue ovale (A) et de ce fait, a diminué (ou fermé) l'angle des premiers segments de l'index articulé, et a donc causé à celle-ci une variation de longueur.

[0038] La figure 12 illustre une utilisation du système bielle-manivelle,

[0039] Dans la figure 12, l'élément contraint (A) de l'index, d'orientation α et entraîné en rotation uniforme par le mouvement d'horlogerie, porte la roue satellite (B), d'orientation β par rapport au cadran, qui roule sur la roue fixe. (R). Elle est reliée aux segments adjacents par deux bielles pivotant autour de deux manetons décalés de 180°.

[0040] Si le système articulé intègre un système bielle-manivelle, la périodicité des déformations de l'index dépend du rapport de la vitesse de rotation de la ou des manivelles sur la vitesse angulaire moyenne de l'index. Le rapport 3 convient particulièrement à un cadran de forme allongée, oblong ou polygonal, ou rectangulaire. Le rapport 5 convient à un cadran carré, 1/2 ou 3/2 à un index des heures décrivant une courbe fermée à deux tours en 24 heures. La figure 13 représente un tel chemin de graduation avec un index des heures dans deux positions, 15 heures et 22 heures. La figure 8 donne un exemple d'index selon l'invention, à dix éléments articulés, avec un rapport de vitesses de 3. On le voit dans plusieurs positions (0, 15, et 35 minutes...). Le segment (S) lie les deux manetons portés par la roue satellite (non figurée) elle-même portée par l'élément (A), les bielles (B) entraînent les éléments (C). La déformation de l'index est causée par la rotation du segment (S) par rapport à l'élément (A). De manière très surprenante, on voit que la graduation associée a un pas linéaire assez régulier, beaucoup plus que la graduation naturelle qui résulterait

d'un pas angulaire constant (6° par minute). Dans cet exemple, le gain de lisibilité obtenu concerne non seulement les régions de midi et de 6 heures, où l'index peut suivre exactement la graduation, mais aussi les régions de 3 heures et de 9 heures, où la graduation est notablement plus large que la graduation à pas angulaire constant.

[0041] De même, le profil des engrenages à rapport variable peut être choisi pour que la graduation décrite par l'extrémité de l'index soit plus régulière.

[0042] Il est évidemment possible de combiner les divers principes exposés précédemment, la figure 10 illustre l'utilisation d'une simple bielle-manivelle associée à la roue non circulaire (A) d'un engrenage à rapport variable. Ceci pourrait servir pour améliorer encore la régularité de la graduation.

[0043] Il est avantageux de concevoir le dispositif de manière qu'il puisse se monter simplement sur les canons d'un mouvement de série sans aucune modification. Les figures 14 et 15 montrent le principe d'un tel dispositif affecté à l'affichage des minutes, l'aiguille des heures étant rigide. Il s'agit d'un système à double bielle manivelle qui s'adapte sur un rouage de minuterie classique d'un mouvement de série (B) devant ou derrière son cadran (C). Il a pour principe d'utiliser la différence de vitesse entre les canons d'heure et minute pour faire varier la longueur de l'index des minutes. La déformation de l'index des minutes est induite par la différence de vitesse de rotation entre les canons des minutes et des heures du mouvement d'horlogerie (12-1). Le rapport d'engrenage "satellite de l'index des minutes" / "roue solidaire du canon des heures" est $3+3/12$, soit $13/4$ (au lieu de 3 dans la figure 8), afin d'intégrer l'effet de la rotation du canon des heures par rapport au cadran.

[0044] L'aiguille d'heure (D), solidaire de la roue (A), se chasse, comme à l'ordinaire, sur le canon de la roue des heures. Sur le canon des minutes est chassée une potence (1) où pivote un pignon satellite (H) et son plateau (G). Sur ce plateau pivotent les deux bielles (E). Dans l'exemple de la figure 14 le contour de l'index des minutes (F) est constituée de quatre segments. On peut remarquer que sur cette figure aucune des articulations du système articulé constituant l'index des minutes ne coïncide avec le centre de pivotement de l'élément (1).

[0045] On peut facilement dériver une variante de cette solution dans laquelle le système double bielle manivelle et l'engrenage différentiel sont placés derrière le cadran, et sont donc invisibles.

Revendications

1. Instrument de mesure ou d'affichage comprenant un référentiel fixe, par exemple un cadran, et **caractérisé en ce qu'il** comporte un index constitué, au moins en partie, d'un système articulé mobile par rapport au référentiel.

2. Instrument selon la revendication 1 **caractérisé en ce que** les orientations par rapport au cadran d'au moins deux éléments articulés d'un de ses index sont imposées par des liaisons mécaniques avec le reste de l'instrument de mesure dont il fait partie.

3. Instrument selon l'une des revendications précédentes **caractérisé en ce que** deux éléments articulés d'un de ses index comprennent chacun une roue dentée.

4. Instrument selon la revendication 3 **caractérisé en ce qu'**au moins un des éléments articulés d'un de ses index comprend une roue dentée circulaire excentrée.

5. Instrument selon la revendication 4 **caractérisé en ce qu'**au moins un des éléments articulés d'un de ses index comprend une roue dentée non circulaire.

6. Instrument selon l'une des revendications précédentes **caractérisé en ce qu'**au moins un élément articulé d'un de ses index est lié à une manivelle par l'intermédiaire d'une bielle.

7. Instrument selon la revendication 6 **caractérisé en ce qu'**au moins deux des éléments articulés d'un de ses index sont liés chacun à une manivelle par l'intermédiaire d'une bielle.

8. Instrument selon la revendication 1 **caractérisé en ce que** le système articulé d'un de ses index comprend au moins un système bielle-manivelle.

9. Instrument selon la revendication 8 **caractérisé en ce que** le système articulé d'un de ses index comprend au moins deux systèmes bielle-manivelle.

10. Instrument selon l'une des revendications précédentes **caractérisé en ce que** la déformation du système articulé d'un de ses index en modifie l'aspect, par exemple par dégagement ou obturation de parties vides, apparition ou disparition de parties colorées, évolution du graphisme.

11. Instrument selon l'une des revendications précédentes **caractérisé en ce qu'**un index articulé suit une graduation non circulaire.

12. Instrument selon l'une des revendications précédentes **caractérisé en ce que** la graduation associée à d'un de ses index articulés est plus régulière que celle qui résulterait d'un pas angulaire constant.

13. Instrument selon l'une des revendications précédentes **caractérisé en ce qu'**un point d'un de ses index articulés décrit une courbe fermée à plusieurs tours

14. Instrument selon l'une des revendications précédentes **caractérisé en ce qu'**un de ses index articulés comprend au moins une pièce déformable.
15. Instrument selon l'une des revendications précédentes **caractérisé en ce qu'**un de ses index articulés comporte au moins un guidage coulissant. 5
16. Instrument selon l'une des revendications précédentes **caractérisé en ce qu'**un de ses index articulés comporte un système came-palpeur. 10
17. Instrument selon la revendication 1 **caractérisé en ce que** la valeur indiquée par un index articulé est une des valeurs de la mesure du temps. 15
18. Instrument selon une des revendications précédentes **caractérisé en ce qu'**un index articulé est utilisé pour l'affichage des minutes. 20
19. Instrument selon la revendication 17 **caractérisé en ce que** cet index
- a. est entraîné par un mouvement d'horlogerie traditionnel, 25
 - b. et comporte une manivelle entraînée par une roue engrenant, directement ou indirectement, avec une roue solidaire du canon des heures de ce mouvement. 30
20. Horloge, pendule ou montre bracelet selon une des revendications précédentes.

35

40

45

50

55

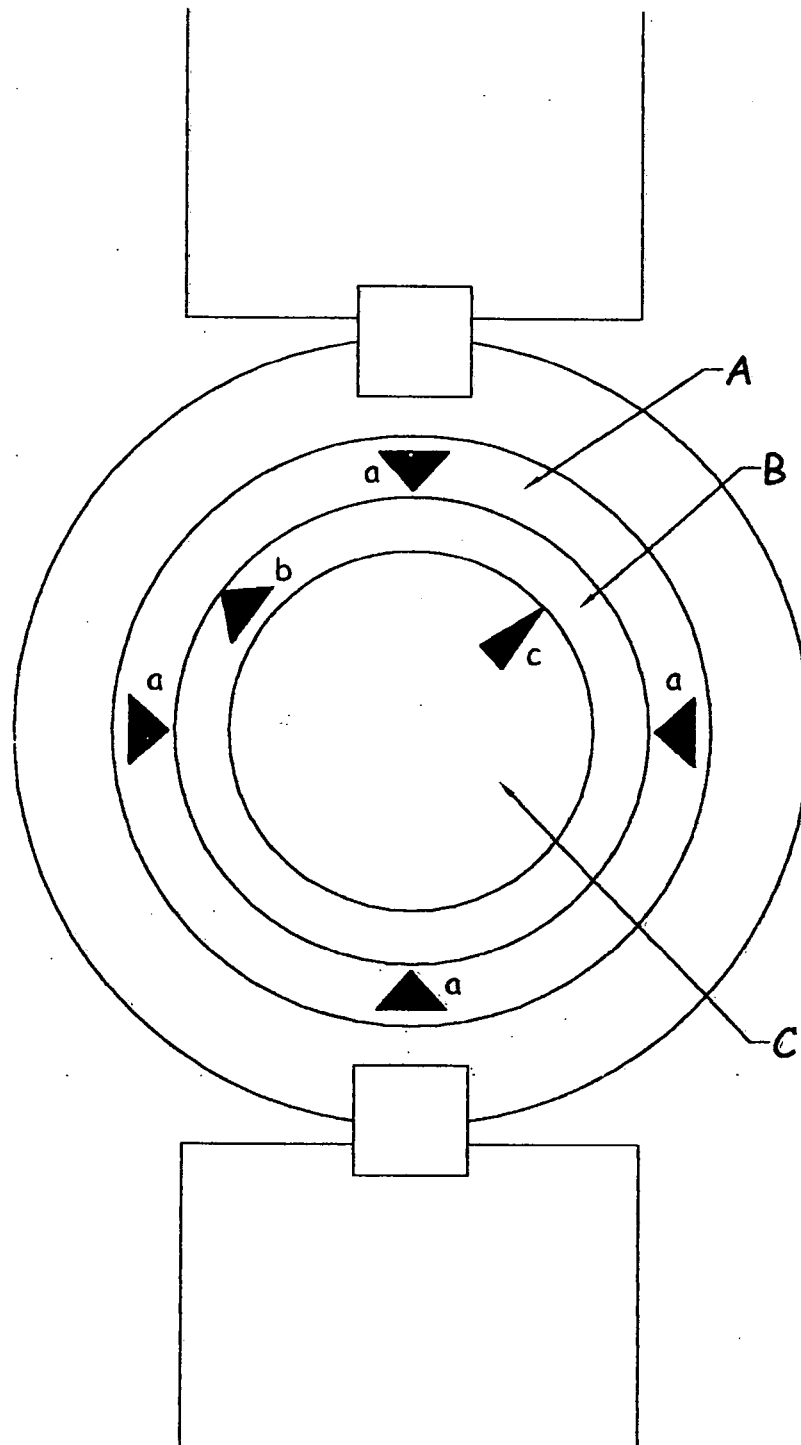


FIG. 1

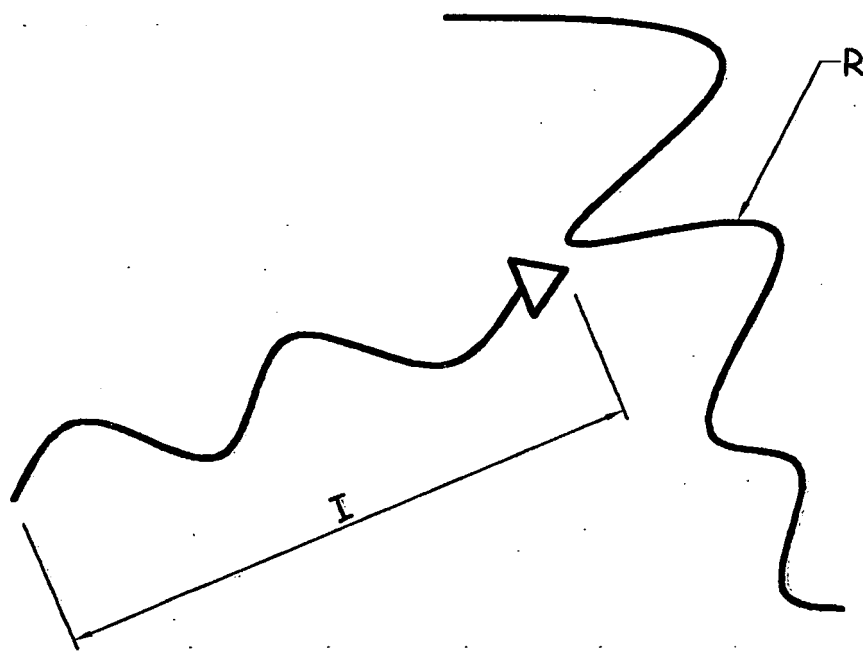


FIG. 2

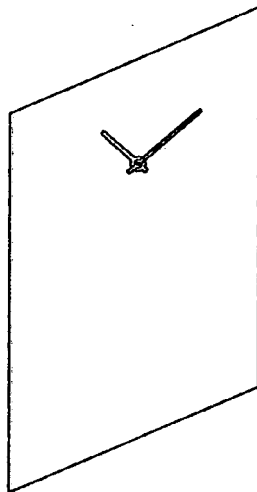


FIG. 3/a

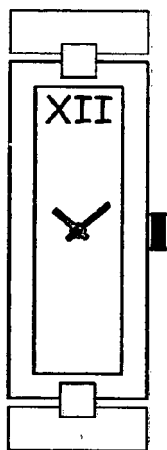


FIG. 3/b

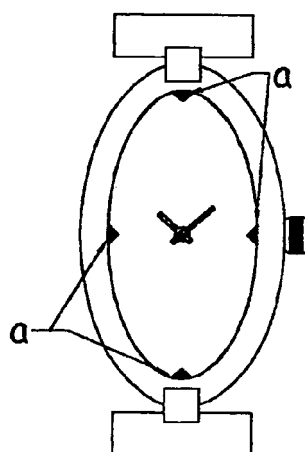


FIG. 3/c

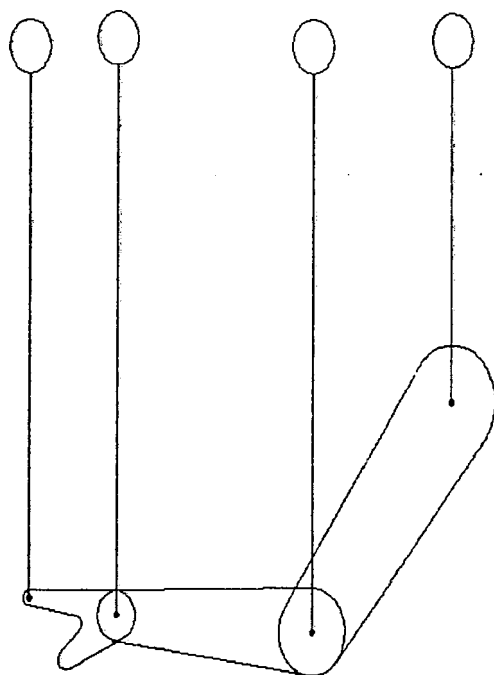
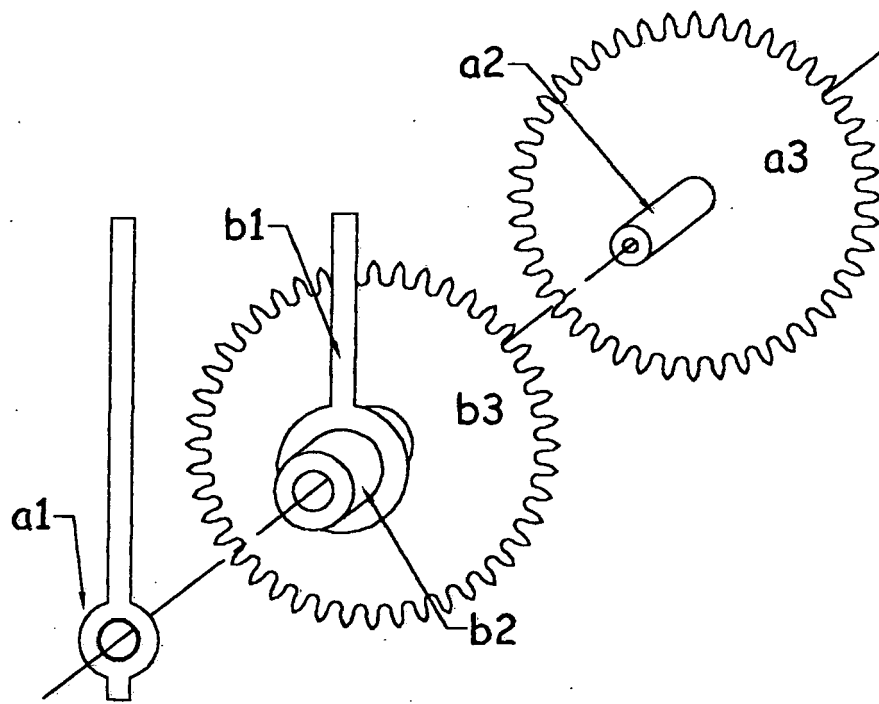


FIG. 4



Elément A= $a1+a2+a3$

Elément B= $b1+b2+b3$

FIG. 5

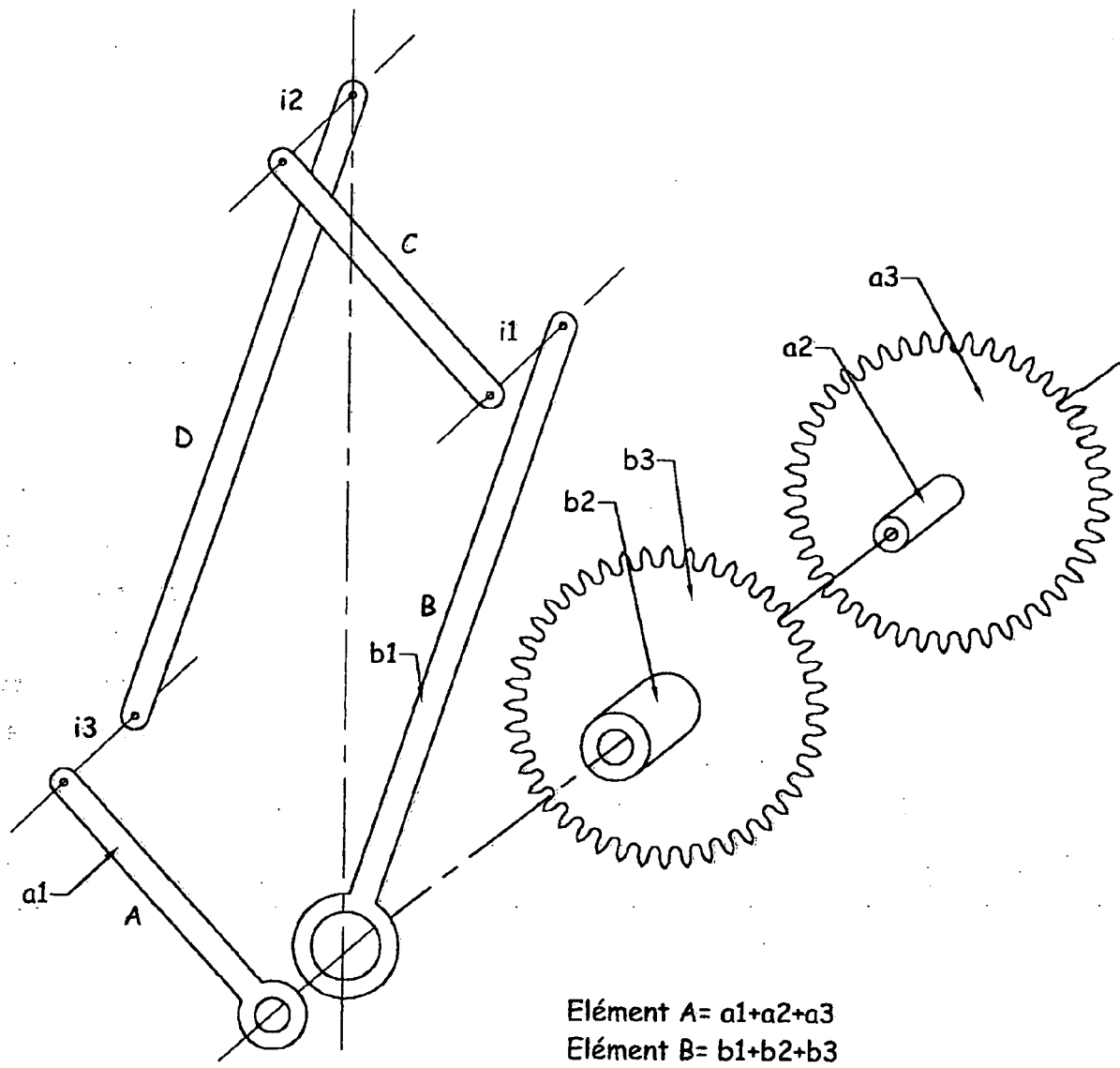
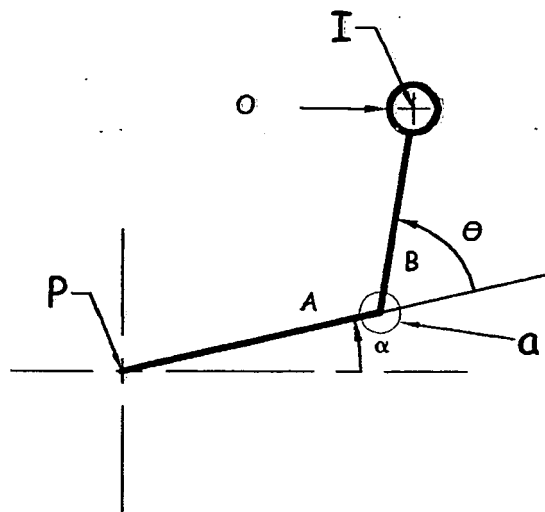
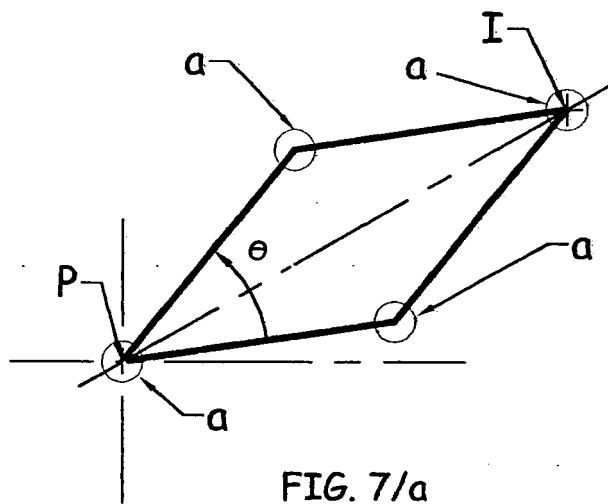


FIG. 6



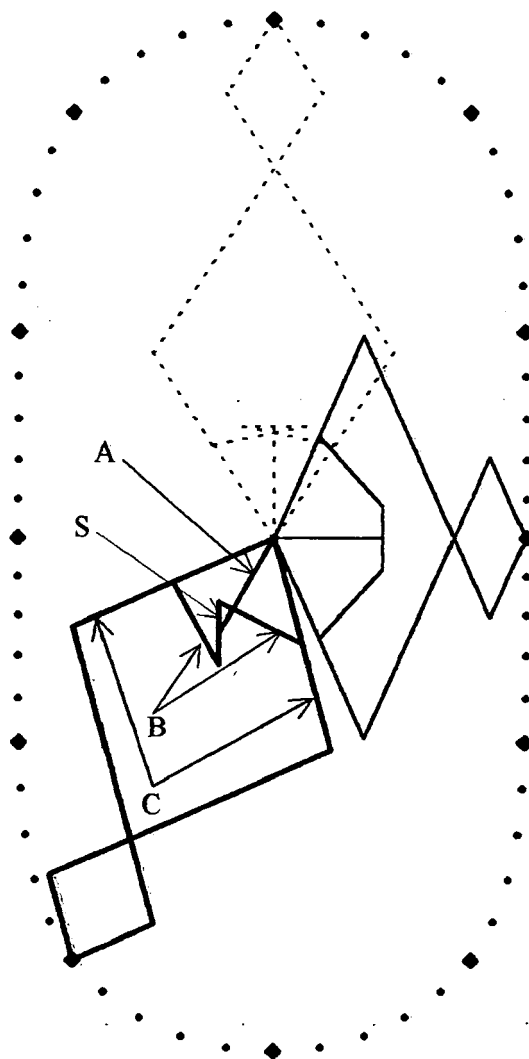


FIG. 8

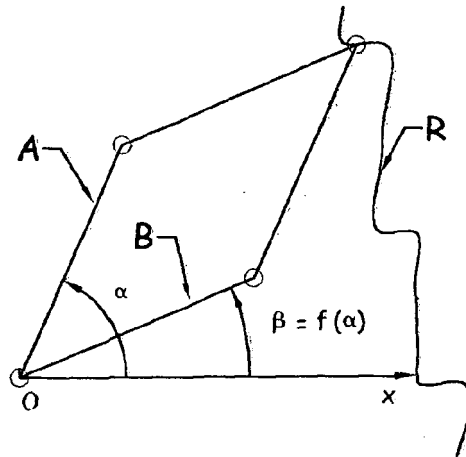


FIG. 9/a

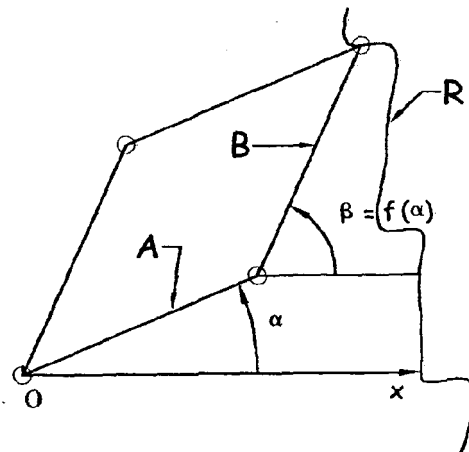


FIG. 9/b

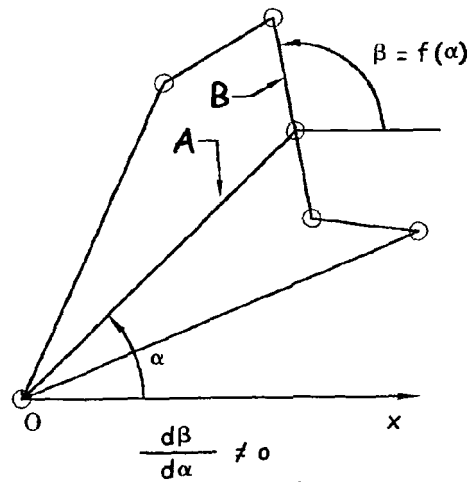


FIG. 9/c

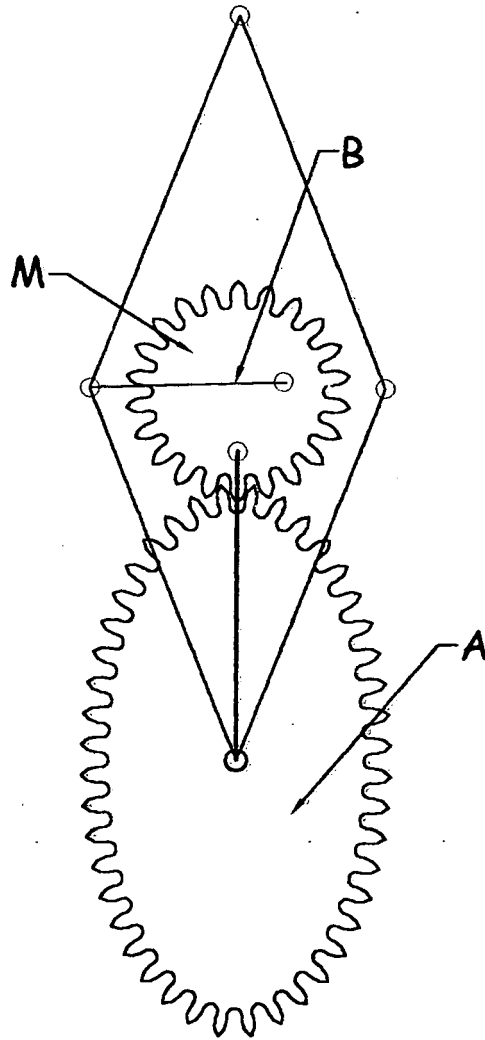
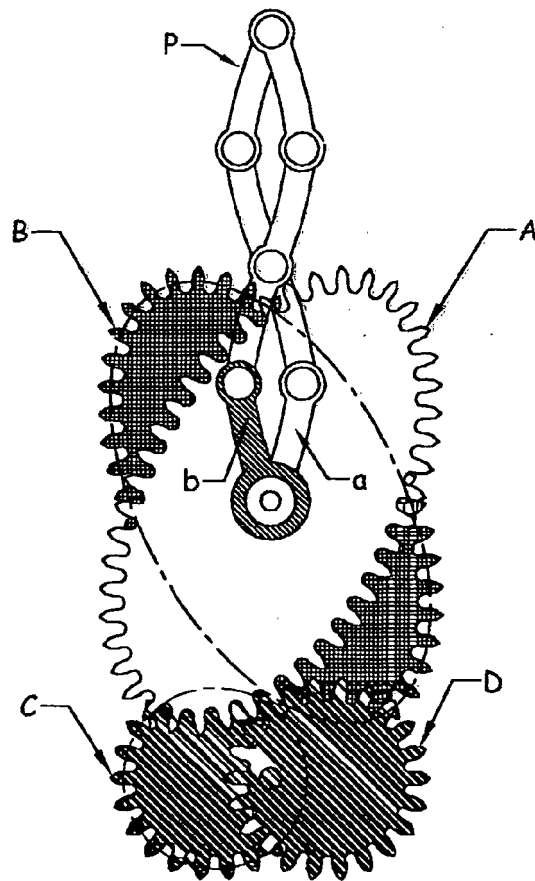
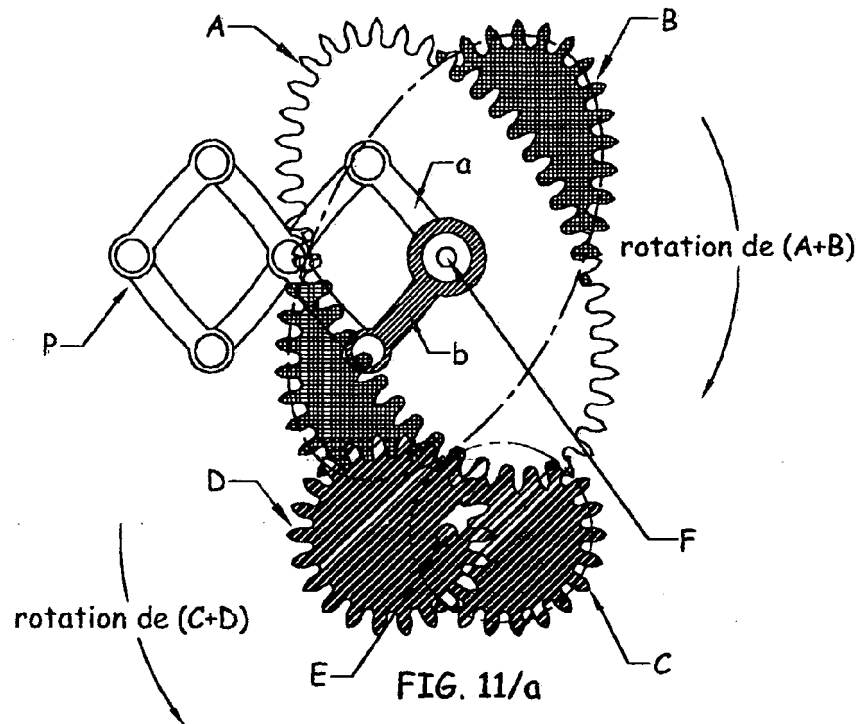


FIG. 10



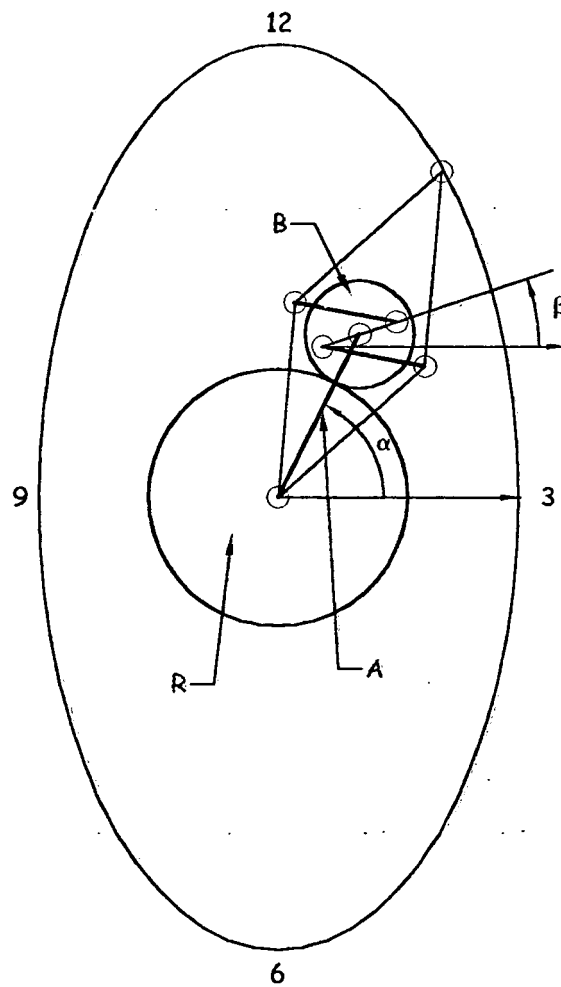


FIG. 12

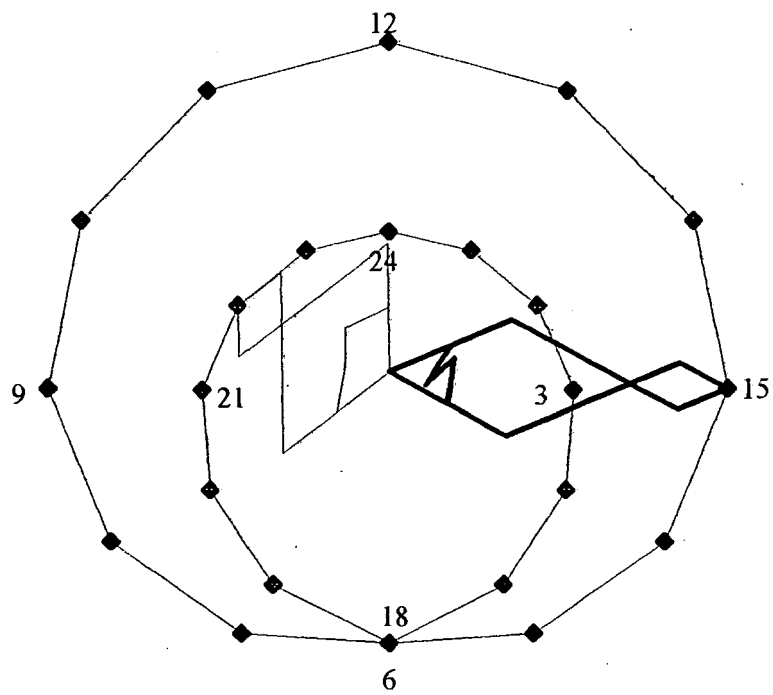


FIG. 13

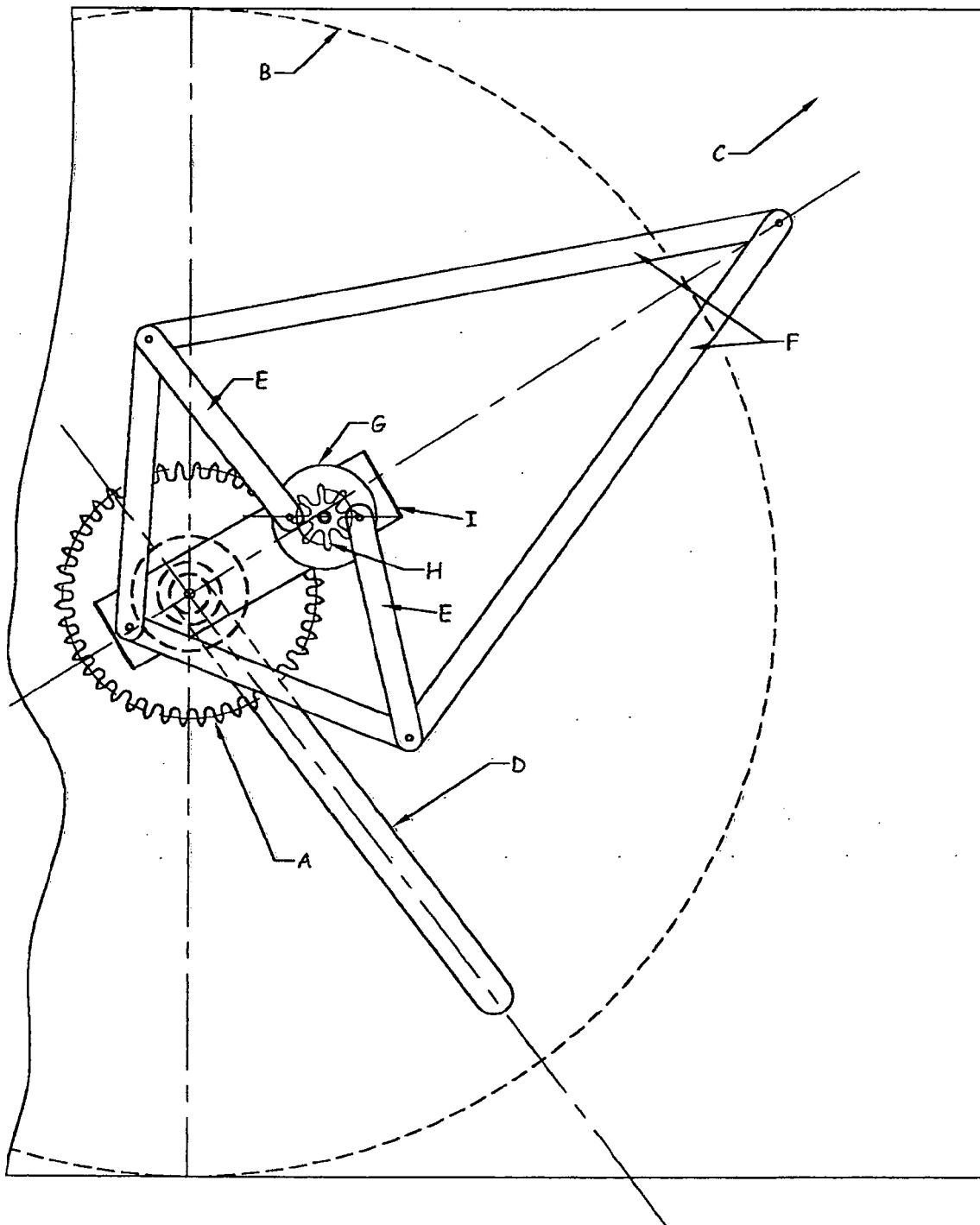


FIG. 14

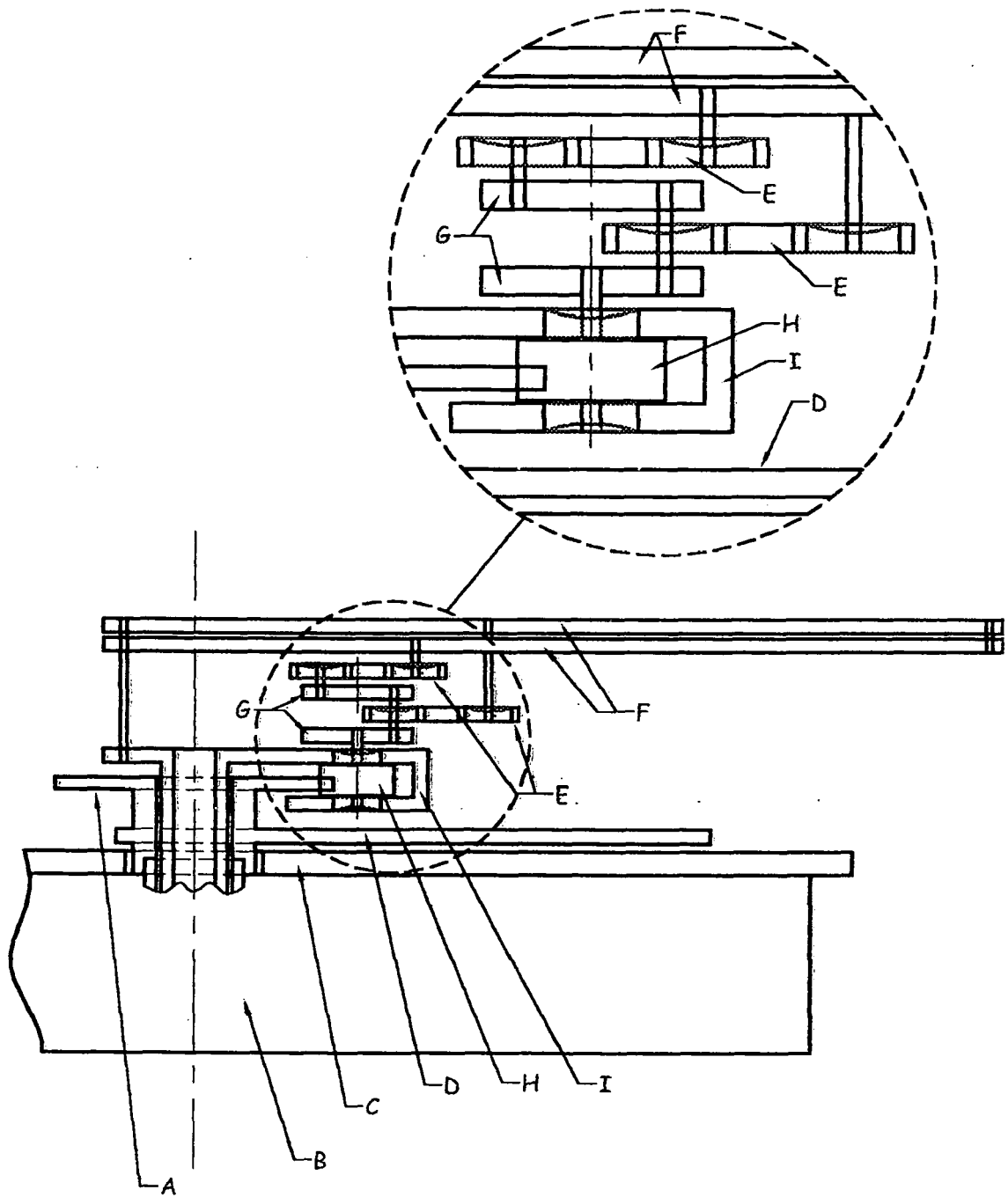


FIG. 15