

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

②

N° 80 07621

⑤ Appareil de pesage à commutation de masses.

⑤ Classification internationale (Int. Cl.³). G 01 G 3/14, 1/18.

② Date de dépôt 25 mars 1980.

③③ ③② ③① Priorité revendiquée :

④ Date de la mise à la disposition du
public de la demande B.O.P.I. — « Listes » n° 40 du 2-10-1981.

⑦ Déposant : LICHTFOUSE Pierre Henri Raymond, résidant en France.

⑦ Invention de : Pierre Henri Raymond Lichtfouse.

⑦ Titulaire : *Idem* ⑦

⑦ Mandataire : Cabinet Germain et Maureau,
Le Britannia, tour C, 20, bd E.-Déruelle, 69003 Lyon.

La présente invention concerne les appareils de pesage à commutation de masses.

On rappelle que ces appareils, aussi appelés balances à masses additionnelles, comprennent dans leur principe un fléau, sur un bras duquel agit la charge à peser, et sur l'autre bras duquel on dépose ou enlève successivement des masses sélectionnées de valeurs connues, pour réaliser l'équilibre. Même si des moyens perfectionnés sont déjà utilisés pour la manipulation de ces masses additionnelles, les appareils de pesage ici considérés restent, actuellement, fondamentalement mécaniques, les poids étant lus sur un indicateur à cadran et le mécanisme de commutation des masses étant par exemple lié à un dispositif de changement des chiffres visibles sur le cadran, de façon à obtenir toujours une lecture directe des pesées. Le principe de fonctionnement mécanique de ces appareils implique aussi des mouvements d'amplitude importante des leviers et fléaux, néfastes à la fiabilité et à la précision.

Parallèlement, on connaît des appareils de pesage électronique, évidemment plus intéressants en ce qui concerne l'affichage des mesures, et surtout l'exploitation de ces dernières, le dispositif indicateur de la charge pouvant être facilement combiné avec une imprimante ou avec un système de traitement automatique de l'information.

Ces appareils de pesage électronique sont, actuellement, des appareils dans lesquels la charge à peser agit sur un capteur dit " jauge de contrainte", comprenant une pièce en métal ou autre, en général un barreau d'acier, présentant des caractéristiques particulières d'élasticité, d'hystérésis, etc... Le poids agit sur cette pièce par traction, compression, flexion ou torsion. Une ou plusieurs résistances électriques, fixées par exemple par collage sur cette pièce, "suivent" les déformations de celle-ci sous l'effet de la force appliquée, et subissent des variations correspondantes de leur valeur de résistance, à partir desquelles on déduit la valeur de la force appli-

quée, et plus particulièrement du poids à déterminer. Dans la pratique, on utilise en général des résistances insérées dans un montage en pont de Wheatstone, qui permet la mesure.

5 Ce système de mesure de poids, maintenant bien connu et utilisé depuis de nombreuses années, présente les inconvénients suivants :

1. Sa précision de mesure et sa fiabilité sont limitées par un certain nombre de facteurs, en particulier
10 par les caractéristiques mécaniques du barreau utilisé (élasticité, hystérésis, etc....), par les caractéristiques mécaniques et électriques des résistances employées, et surtout de leur moyen de fixation ou collage, par
15 l'influence des conditions extérieures (température et humidité).

2. Pour obtenir la précision de mesure maximale, on a intérêt à utiliser la plage maximale de déformation du barreau, sans toutefois en altérer les caractéristiques mécaniques. Dans le cas où il existe un poids mort
20 appelé " tare à zéro " dans le domaine du pesage, cela réduit d'autant la plage effective de mesure et, par conséquent, la précision de l'appareil.

3. Comme dans de nombreux systèmes de mesure, la courbe de mesure n'est pas linéaire, et il est très difficile d'opérer une correction précise de cette courbe
25 par des moyens mécaniques ou électriques, de façon à satisfaire aux prescriptions des services officiels (Poids et Mesures).

Actuellement, compte tenu de ce qui précède, la
30 précision maximale atteinte avec les appareils de pesage à jauges de contrainte est de l'ordre de $1/3000$ à $1/5000$ ème, et par la seule utilisation de ces jauges de contrainte pour la détermination du poids d'une charge, on ne peut espérer obtenir une meilleure précision.
35

Quant aux appareils de pesage à commutation de masses, leurs limites ont été déjà signalées plus haut, et

une amélioration importante ne peut être escomptée que par une conception plus " statique " de ces appareils et par la délivrance des mesures sous une forme facilitant leur exploitation.

5 La présente invention fournit une solution commune à l'ensemble des difficultés évoquées ci-dessus.

A cet effet, elle a pour objet un appareil de pesage à commutation de masses, dans lequel le fléau oscillant, auquel est appliqué le poids à mesurer et qui reçoit les masses additionnelles, possède un point relié à un point fixe par une jauge de contrainte, la lecture du poids étant donnée par combinaison des valeurs et/ou positions des masses additionnelles et de la valeur fournie par la jauge de contrainte.

15 Ainsi l'invention associe, dans une combinaison conduisant à la réalisation d'un appareil de pesage d'un genre entièrement nouveau, un système mécanique connu (commutation de masses) et un système électrique (jauge de contrainte), ce qui permet d'obtenir des précisions nettement supérieures, avec une fiabilité améliorée. Les caractéristiques d'un système non seulement évitent les inconvénients de l'autre système, mais encore multiplient les possibilités de cet autre système, et en particulier:

20 a) Par rapport à une balance fonctionnant suivant un principe uniquement mécanique, l'invention offre la possibilité d'une lecture électronique (la mesure "fine" se faisant par l'intermédiaire de la jauge de contrainte), donnant un résultat sous forme numérique, avec tous les avantages que cela comporte sur le plan du traitement des mesures. En outre, la liaison réalisée avec un point fixe par la jauge de contrainte limite à une valeur très faible l'oscillation du fléau (la "course" d'une jauge de contrainte étant, au plus, de quelques dixièmes de millimètre), d'où suppression de tous mouvements importants, et par conséquent amélioration sur le plan de la

30 35 fiabilité et de la précision.

b) Par rapport à un appareil de pesage purement électro-

nique, l'apport d'un système de commutation de masses est considérable :

- 5 - Tout en n'utilisant que la partie vraiment efficace de la plage de mesure de la jauge, on multiplie cette plage de mesure un certain nombre de fois, selon les masses placées sur le fléau, en obtenant une plage de mesure beaucoup plus étendue tout en conservant comme précision de base celle d'une jauge seule. On peut ainsi atteindre facilement des précisions de l'ordre de $1/10000$ ou
- 10 $1/20000$ ème ,ou même mieux, la précision étant pratiquement multipliée par le nombre de masses additionnelles.
- La jauge de contrainte pourra toujours être utilisée sur sa plage maximale, les décalages du " zéro " étant obtenus simplement par une masse déposée ou enlevée en un
- 15 point convenable du fléau.
- La correction de linéarité de la courbe de mesure pourra se faire facilement, sur tout le tracé de cette courbe, en ajustant l'effet mécanique des masses additionnelles (poids ou moment créé par ces masses), et/ou leur prise
- 20 en compte dans les circuits électriques ou électroniques, de manière à amener ladite courbe de mesure dans des limites de linéarité admissibles.

Les deux systèmes peuvent ,en outre, être encore plus fortement combinés en prévoyant que la mise en action

25 des masses additionnelles, par addition ou par soustraction, est télécommandée à partir des circuits de mesure électriques ou électroniques associés à la jauge de contrainte.

Par ailleurs, bien qu'un but de l'invention soit de

30 remédier aux insuffisances actuelles des appareils de pesage à jauges de contrainte, celle-ci conservera tout son intérêt quelles que soient les améliorations qui pourront être apportées aux jauges de contrainte. En effet, la combinaison caractérisant la présente invention multipliera toujours un certain nombre de fois les performances maximales, en particulier la précision, obtenues avec

35 une jauge de contrainte seule.

5

De toute façon, l'invention sera bien comprise à l'aide de la description qui suit, en référence au dessin schématique annexé qui représente, à titre d'exemple non limitatif, une forme de réalisation de cet appareil de pesage à commutation de masses et à jauge de contrainte, et qui illustre le fonctionnement de cet appareil:

Figure 1 est un schéma de principe mécanique de l'appareil de pesage objet de l'invention;

Figure 2 est un schéma représentant une courbe de mesure obtenue avec une jauge de contrainte seule;

Figure 3 est un schéma du même genre que le précédent montrant, à titre comparatif, la courbe avec correction de linéarité pouvant être obtenue grâce à l'invention;

Figure 4 est un schéma synoptique des circuits électroniques de mesure de l'appareil de pesage en question.

Comme le montre la figure 1, l'appareil objet de la présente invention comprend un levier ou fléau de balance 1, pouvant pivoter, dans un plan vertical, autour d'un point d'appui fixe intermédiaire 2. Le poids P, constituant ici la force à mesurer, est appliqué en un point 3, articulé sur l'un des bras du fléau 1. L'autre bras de ce fléau 1 est agencé pour recevoir, en des points de nombre non limité 4, 5, 6, des masses additionnelles 7, 8, 9, déposées ou enlevées sélectivement, la mise en action de ces masses pouvant être manuelle ou automatique.

Entre un autre point articulé 10 du fléau 1 et un point 11 articulé mais fixe dans l'espace, est montée une jauge de contrainte 12. Pour que l'ensemble soit capable de fonctionner valablement, les valeurs et les points d'action 4, 5, 6 des masses additionnelles 7, 8, 9 sont déterminés en fonction de la capacité de la jauge de contrainte 12 et des couples créés, par rapport au centre de pivotement 2, par le poids P et par la jauge 12. En un point quelconque 13 du fléau 1, on pourra encore déposer ou enlever une masse supplémentaire 14 servant à la mise à zéro mécanique de l'indication de la jauge de contrain-

te 12.

Des butées 15 et 16, disposées de part et d'autre du fléau 1, limitent l'oscillation de ce dernier autour du point 2, donc limitent la "course" de la jauge de contrainte 12, pour ne pas la détériorer par déformation élastique. Dans ce but, étant donné la faible "course" des jauges de contrainte, les butées 15 et 16 seront avantagement disposées à un endroit du fléau 1 où le mouvement de celui-ci a une amplitude relativement importante, notamment près d'une extrémité de ce fléau, en vue de permettre un réglage mécanique précis desdites butées.

En variante, et comme indiqué par le tracé en traits mixtes de la figure 1, on réalise une amplification du mouvement du fléau 1, au moyen d'une bielle 17 reliant un point 18 du fléau 1 à un point 19 d'un fléau multiplicateur 20, monté oscillant autour d'un point d'appui 21, l'un des bras du fléau multiplicateur 20 ayant sa course limitée par des butées 22 et 23.

La figure 1, décrite ci-dessus, reste bien évidemment un schéma de principe, et la disposition des éléments constitutifs, des points d'articulation et des points d'application des forces en présence, peut être modifiée tout en conservant le même principe de mesure par combinaison de masses commutables et d'une jauge de contrainte. En ce qui concerne les masses additionnelles, on pourra bien entendu employer des masses de formes quelconques (billes, cônes, cubes, parallélépipèdes, etc...), et utiliser tous moyens connus pour la manoeuvre de ces masses: système mécanique, pneumatique, hydraulique, ou autre... De même, tous types de jauges de contrainte connus, travaillant en traction, compression, flexion, ... sont utilisables.

Pour expliquer le fonctionnement de l'appareil de pesage selon l'invention, représenté dans son principe par la figure 1, on donne ci-après un exemple numérique, évidemment non limitatif, en supposant que le poids P à mesurer ait une valeur de 1500 unités, et que la jauge de

contrainte 12 possède une plage de mesure optimale correspondant à 1000 unités de poids, la valeur d'une unité n'ayant pas besoin d'être ici précisée. Compte tenu de ce que le poids atteint et même dépasse la valeur 1000 ou $1000 + \varepsilon$ (ε ayant une valeur à déterminer, de l'ordre de quelques % de la plage de la jauge), par un système électrique ou électronique approprié et décrit plus loin, une première masse additionnelle, par exemple celle repérée 7 sur la figure 1, est mise en action et ramène la jauge de contrainte 12 dans son état initial correspondant à la valeur " zéro ". On dispose alors d'une deuxième plage de mesure de 1000 unités, permettant la mesure de poids P compris entre les valeurs 1000 et 2000, donc permettant, dans l'exemple ici considéré, de réaliser la lecture de la valeur 1500 .L'opération d'adjonction de masses commutables 7, 8, 9 pourra être répétée, autant de fois que nécessaire (dans la limite des capacités de l'appareil), et l'on comprend qu'au lieu d'avoir une précision du 1/1000ème procurée par l'utilisation de la jauge de contrainte seule, on obtiendra une précision multipliée par le nombre de masses additionnelles.

Par ailleurs, plusieurs poids P, P' peuvent être appliqués au fléau 1, en des points différents 3, 3', un système de sélection mécanique ou autre permettant, dans ce cas, de mesurer soit l'un quelconque de ces poids, soit leur somme partielle ou totale. Dans le même ordre d'idées, la position de la jauge de contrainte peut aussi être variable, par exemple la jauge, dans la position figurée en 12' (tracé en pointillés), peut être alignée avec la ligne d'action du poids P'.

Les masses additionnelles 7, 8, 9, dont on a supposé précédemment qu'elles correspondent toutes à 1000 unités, pour expliquer de façon simple le fonctionnement, seront avantageusement choisies suivant un " code " linéaire, décimal ou autre, de façon à obtenir le plus grand nombre possible de combinaison avec un nombre total minimum de masses. Les possibilités de l'appareil seront

encore multipliées en prévoyant que les mêmes masses agissent soit en "charge", soit en "décharge", suivant leur position sur le fléau 1.

De plus, les masses additionnelles 7,8,9 permettent de réaliser une correction du tracé de la courbe de mesure de la jauge 12, le schéma de la figure 2 montrant, à titre d'exemple, l'allure d'une courbe de mesure C, non corrigée, pour une jauge de contrainte utilisée seule (la force P à mesurer est portée en abscisses, entre la valeur "zéro" et une valeur maximale M, et l'erreur de linéarité E, positive ou négative, est portée en ordonnées; L indique les limites de linéarité admissibles).

Le schéma de la figure 3, utilisant les mêmes notations, montre à titre d'exemple l'allure d'une courbe C' obtenue avec l'utilisation combinée d'une jauge de contrainte et de masses additionnelles. Le passage d'une disposition de ces masses à la suivante permet d'obtenir des discontinuités ou "sauts" a-b, c-d, e-f de la courbe C'. On pourra toujours ajuster la position des points a à f de façon que cette courbe reste dans les limites de linéarité admissibles L, notamment en décalant plus ou moins les points b, d, f suivant l'axe des ordonnées, ces corrections représentées graphiquement pouvant être concrètement obtenues :

- 25 - en ajustant l'effet (poids et/ou moment) créé par les masses additionnelles;
- en corrigeant la lecture électronique prise en compte lors de la mise en action d'une masse additionnelle, et de préférence en prévoyant un réglage de cette correction;
- 30 - éventuellement, en utilisant simultanément les deux procédés indiqués ci-dessus.

De toute façon, ce système permet de se rendre maître de la courbe finale C', alors que, comme l'illustre la figure 2, il est souvent difficile de respecter les limites prescrites L avec une jauge de contrainte utilisée seule.

On décrit maintenant, en se référant à la figure 4,

les circuits électroniques de mesure qui permettent, à la fois :

- d'effectuer la mesure de l'effort exercé sur la jauge de contrainte 12,
- 5 -de commander la pose ou la dépose des masses additionnelles 7,8,9,
- d'effectuer, éventuellement, la correction de la courbe de mesure, conformément à la description donnée précédemment.

10 D'une manière connue, la jauge de contrainte 12 a son pont de résistances alimenté par un circuit 24, et elle fournit un signal de sortie qui est amené d'abord à un convertisseur analogique 25 avec compensateur de tare morte et détecteur d'équilibre, puis à un convertis-
15 seur analogique-numérique 26, circuits associés de façon habituelle à une jauge de contrainte pour la mesure de forces.

Le convertisseur 26 délivre une valeur numérique, entrant dans un comparateur 27 qui donne, s'il y a lieu,
20 une indication de dépassement de la plage de mesure de la jauge 12. Ce comparateur 27, dont le fonctionnement sera précisé plus loin à l'aide d'exemples numériques, est du type avec seuil à hystérésis, pour éviter tous battements intempestifs lors de la pose ou dépose des masses
25 additionnelles.

Un dispositif 28 de sélection et de pose ou de-
pose de ces masses 7,8,9, fonctionnant suivant un programme prédéterminé, est commandé à partir de l'indication de dépassement délivrée par le comparateur 27. Le cir-
30 cuit 28 contrôle, en outre, un circuit 29 de sélection de la valeur à ajouter à l'indication de la seule jauge 12 (transformée par les convertisseurs 25 et 26).

La valeur sélectionnée par le circuit 29 est four-
nie par un autre sous-ensemble 30, enregistrant n nombres
35 présélectionnés, qui se trouvent dans une progression correspondant aux combinaisons de masses additionnelles qui entrent successivement en jeu. Il s'agit notamment

de nombres codés sous forme binaire, dont les deux ou trois bits de plus faible valeur sont programmables manuellement, afin d'effectuer un réglage des corrections de linéarité.

5 Enfin, un circuit sommateur 31 additionne, d'une part, la valeur numérique donnée par le convertisseur 26, donc correspondant à la jauge de contrainte 12, et d'autre part, la valeur fournie par le circuit sélecteur 29, et correspondant à la combinaison des masses additionnelles
10 mises en action 7,8,9. La sortie du circuit sommateur 31 est reliée à l'entrée d'un dispositif d'affichage de la mesure 32, avec indicateur d'équilibre, éventuellement combiné à un dispositif d'impression ou de traitement de l'information.

15 Pour expliquer le fonctionnement de ces circuits, et notamment des parties propres à la présente invention, on suppose, à titre d'exemple, que la jauge de contrainte 12, possédant une plage de mesure valable jusqu'à
20 1200 unités de poids, est utilisée en combinaison avec n masses additionnelles correspondant chacune à 1000 unités. Le comparateur 27 permet de disposer de "seuils ascendants" (par exemple la suite de valeurs 1050, 2050, 3050, ...) et de "seuils descendants" (par exemple la suite de valeurs : 25, 1025, 2025, ...). On peut alors
25 envisager différents cas de lecture d'un poids P :
- Poids à mesurer inférieur au premier seuil ascendant 1050 : lecture directe par la jauge, dont la capacité propre n'est pas dépassée.
- Poids compris entre 1050 et 2050 : le dépassement du
30 premier seuil ascendant provoque la dépose d'une masse additionnelle, et le résultat est donné par la somme, effectuée en 31, de la lecture de la jauge et de la valeur affectée à la masse additionnelle (1000, ou une valeur proche de 1000 en cas de correction automatique
35 de linéarité).
- Poids compris entre $(N \times 1000) + 50$ et $[(N + 1) \cdot 1000] + 50$: le passage de chaque seuil ascendant provoque le dépôt

de masses additionnelles suivant un séquençement défini; dans tous les cas, l'indication de la jauge est additionnée à la valeur résultante des masses additionnelles ($N \times 1000$, avec correction éventuelle).

- 5 -Pour effectuer une mesure " descendante ", on opère d'une façon analogue, en utilisant les seuils descendants, donc en effectuant des comparaisons avec la série de valeurs : $(n \times 1000) + 25, \dots, 2025, 1025, 25$. De plus, pour vérifier le sens de variation de la lecture (ascendant ou descendant), on comparera deux mesures successives, ce qui
10 donnera algébriquement le sens de variation. Ce sens de variation présélectionnera, lui-même, la position des seuils.

- Comme il va de soi, et comme il résulte déjà de ce
15 qui précède, l'invention ne se limite pas à la seule forme de réalisation de cet appareil de pesage à commutation de masses combinée avec une jauge de contrainte, qui a été décrite ci-dessus à titre d'exemple; elle en embrasse, au contraire, toutes les variantes conçues selon
20 le même principe, quels qu'en soient les détails constructifs; ainsi l'invention englobe tous les équivalents techniques aux solutions décrites, ceci concernant en particulier les circuits électriques ou électroniques. Ainsi, les fonctions de comparaison, de sélection (en liaison avec la commande des masses additionnelles), de sommation des valeurs de mesure et de correction de la courbe de mesure, réalisées sur des valeurs numériques dans le schéma de la figure 4, ceci pour des facilités d'utilisation et de précision, peuvent aussi être assurées par
25 des circuits analogiques, ou par une combinaison de circuits numériques et analogiques, sans que l'on s'éloigne du cadre de l'invention.
30

-REVENDICATIONS -

1.- Appareil de pesage à commutation de masses, caractérisé en ce que le fléau oscillant (1), auquel est appliqué le poids (P) à mesurer et qui reçoit les masses additionnelles (7,8,9), possède un point (10) relié à un point fixe (11) par une jauge de contrainte (12), la lecture du poids (P) étant donnée par combinaison des valeurs et/ou positions des masses additionnelles (7,8,9), et de la valeur fournie par la jauge de contrainte (12).

2.- Appareil de pesage selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'une masse supplémentaire (14), déposée ou enlevée en un point (13) du fléau (1), est prévue pour la mise à zéro de l'indication de la jauge de contrainte (12).

3.- Appareil de pesage selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que la mise en action des masses additionnelles (7,8,9) est télécommandée à partir des circuits de mesure électriques ou électroniques (25 à 30) associés à la jauge de contrainte (12).

4.- Appareil de pesage selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'une correction de linéarité de la courbe de mesure (C) est faite par des moyens permettant d'ajuster l'effet mécanique des masses additionnelles (7,8,9), et/ou leur prise en compte dans les circuits électriques ou électroniques (25 à 30).

5.- Appareil de pesage selon la revendication 3, caractérisé en ce que les circuits précités comprennent, en plus des circuits (25,26) de conversion, compensation et détection associés de façon habituelle à la jauge de contrainte (12), un ensemble comprenant : un comparateur (27) capable de donner une indication de dépassement de la plage de mesure de la jauge, un dispositif (28) de sélection et de pose ou dépose des masses additionnelles (7,8,9), commandé à partir de l'indication de dépassement délivrée par le comparateur précité (27), un circuit (29), contrôlé par le dispositif précédent (28), apte

à sélectionner une valeur correspondant à la combinaison de masses additionnelles (7,8,9) entrant en jeu, un circuit sommateur (31) additionnant la valeur précitée et la valeur donnée par la seule jauge de contrainte(12), et un dispositif d'affichage de la mesure (32).

5 6.- Appareil de pesage selon l'ensemble des revendications 4 et 5, caractérisé en ce que le circuit précité, apte à sélectionner une valeur correspondant à la combinaison de masses additionnelles (7,8,9), cette valeur étant
10 amenée au circuit sommateur (31), est en relation avec un sous-ensemble (30) enregistrant des nombres présélectionnés, et notamment des nombres binaires dont les bits de plus faible valeur sont programmables, afin de permettre les corrections de linéarité.

FIG. 1

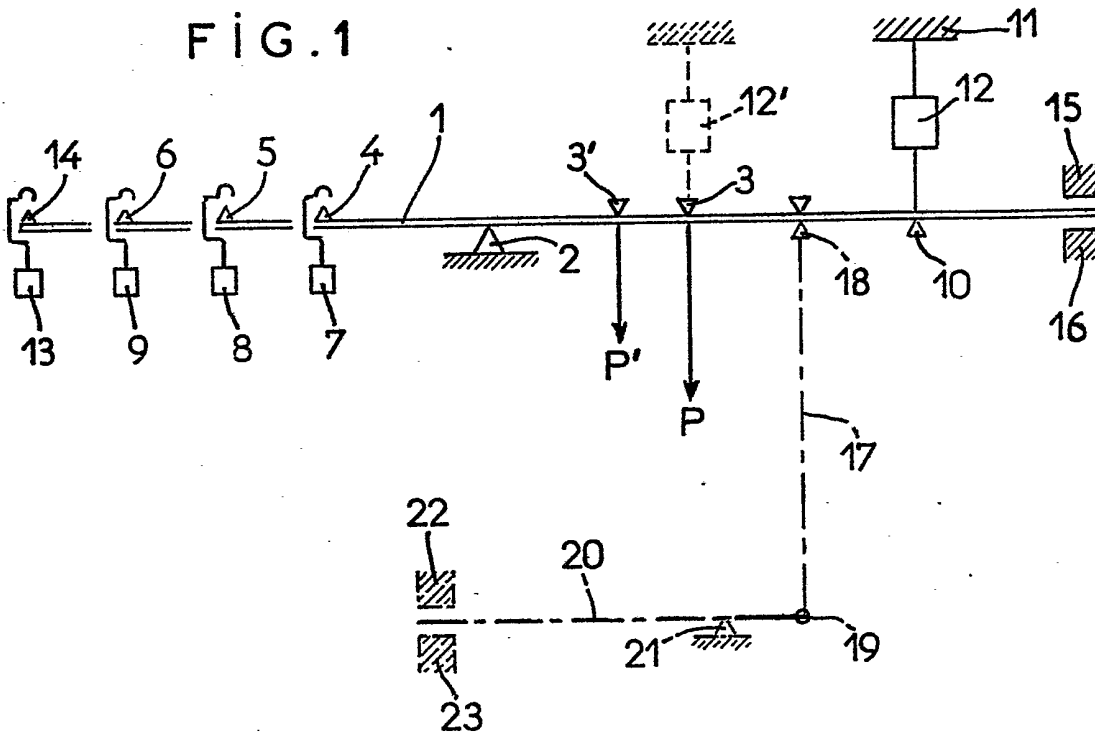


FIG. 2

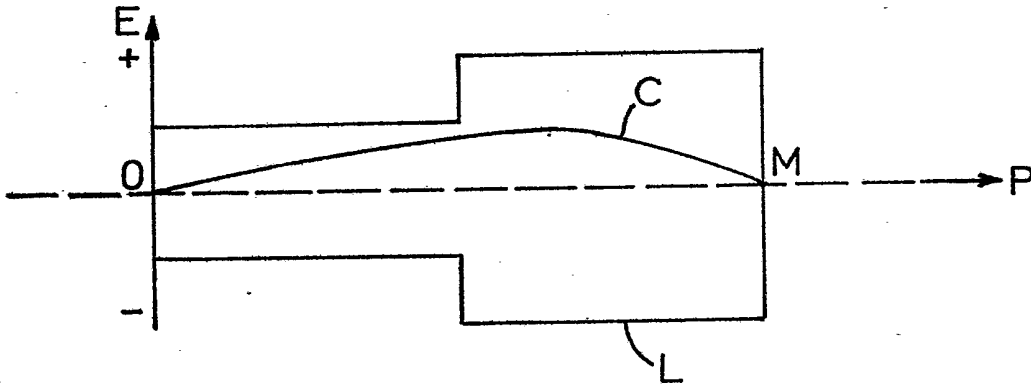


FIG. 3

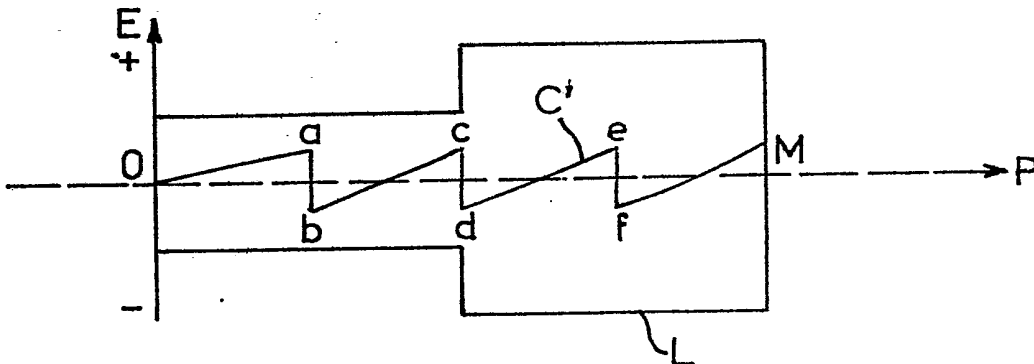


FIG. 4

