

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication
(A n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

2 481 801

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

(21) **N° 80 09889**

(54) Dispositif pour la mesure très précise des pressions de fluide avec affichage de la pression mesurée.

(51) Classification internationale (Int. Cl. 3). G 01 L 7/16; G 01 G 7/02; G 01 L 19/06, 19/08.

(33) (32) (31) (22) Date de dépôt..... 30 avril 1980.
Priorité revendiquée :

(41) Date de la mise à la disposition du
public de la demande B.O.P.I. — « Listes » n° 45 du 6-11-1981.

(71) Déposant : DELAJOUD Pierre et DESGRANGES & HUOT, résidant en France.

(72) Invention de : Pierre Delajoud.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : Cabinet Plasseraud,
84, rue d'Amsterdam, 75009 Paris.

"Dispositif pour la mesure très précise des pressions de fluide avec affichage de la pression mesurée"

L'invention concerne la mesure des pressions de fluide, notamment de gaz et de fluides hydrauliques, avec une très grande précision, en particulier pour réaliser des étalons de pression aptes à permettre la vérification et l'étalonnage des manomètres, ainsi que des capteurs et transmetteurs de pression.

On connaît des étalons de pression, commercialisés par la demanderesse, qui comportent essentiellement un cylindre à axe vertical de haute précision dans lequel coulisse un piston dont la partie supérieure porte un plateau horizontal, des moyens étant prévus pour entraîner en rotation le piston dans le cylindre afin de bien le centrer dans celui-ci. La pression à mesurer, qui agit sur la face inférieure du piston, est équilibrée par des masses calibrées posées sur le plateau. En appelant M la masse totale agissant sur le piston de haut en bas, S la section effective de l'ensemble cylindre-piston sur laquelle agit, de bas en haut, la pression P à mesurer et g l'accélération de la pesanteur, on a $P = \frac{Mg}{S}$ (1).

De tels étalons de pression sont très précis, mais ils exigent l'utilisation d'une série de masses calibrées de grande précision, réalisées par exemple en acier inoxydable, d'un prix élevé, ainsi que des moyens de pose et d'enlèvement automatiques des masses sur le plateau. Par ailleurs la manipulation des masses demande un certain temps, car il faut réaliser l'équilibrage du système au moyen d'un certain nombre de masses, et il faut ensuite lire les indications portées sur les masses et en faire le total afin d'obtenir M . On détermine ensuite la pression P par la formule précisée (1). Parfois, pour faciliter les mesures, les masses portent également une indication de pression correspondant à une section efficace S bien déterminée.

La présente invention vise à faciliter et à accélérer la mesure de la pression en permettant un affichage instantané.

2

tané, de préférence sous forme numérique (ou digitale), de la masse M et donc de la pression P.

L'invention consiste, au lieu d'équilibrer la pression par une masse totale constituée par une série de masses élémentaires calibrées (comme dans la technique antérieure), à "peser" cette pression, c'est-à-dire à faire agir la pression sur une balance qui mesure la force correspondant à cette pression (on sait qu'une pression est égale à une force divisée par la surface sur laquelle cette force est appliquée).

Pour avoir une détermination très précise de la pression et un affichage immédiat de celle-ci, on réalise cette "pesée" au moyen d'une balance de grande précision à affichage immédiat, notamment d'une balance à rééquilibrage électromagnétique, appelée ci-après simplement balance électromagnétique.

L'invention a donc pour objet un dispositif pour la mesure très précise des pressions de fluide avec affichage de la pression mesurée, caractérisé par le fait qu'il comprend, en combinaison, un cylindre vertical, un piston apte à coulisser dans ce cylindre à frottement visqueux, la pression à mesurer étant appliquée sur la face supérieure du piston, des moyens pour entraîner en rotation ledit piston dans l'edit cylindre, une balance électromagnétique de précision à affichage et comportant un axe destiné à se voir appliquer la force à mesurer et des moyens pour transmettre audit axe de la balance la force appliquée sur le piston par la pression à mesurer, avec limitation des efforts maximaux.

De préférence la vitesse de rotation du piston correspond à une durée de rotation complète de celui-ci dans le cylindre qui est inférieure au temps d'intégration du dispositif électronique de mesure de la balance pour avoir un affichage stable déterminé par la moyenne des forces appliquées au piston au cours de sa rotation suivant un tour complet.

On prévoit avantageusement des moyens pour limiter le couple du moteur d'entraînement en rotation du piston en cas de blocage du piston dans le cylindre, sous l'effet d'une surpression par exemple.

Dans le mode de réalisation préféré, l'élément de mesure, comprenant essentiellement le cylindre et le piston, est interchangeable, ce qui permet d'utiliser, avec la même balance, différents éléments de mesure comportant des sections effectives, sur lesquelles est appliquée la pression à mesurer, de dimensions différentes, ce qui permet de mesurer, avec une excellente précision, des pressions dans des gammes de valeurs très différentes.

Avantageusement les sections effectives des éléments de mesure sont choisies pour que, dans les conditions normales de pression et de température et pour les valeurs normales de g, un nombre entier et simple de bars (ou livres par pouce carré, dans le cas d'appareils étalonnés en cette unité anglo-saxonne) soit équilibré par une masse de 1 kg.

L'invention pourra, de toute façon, être bien comprise à l'aide du complément de description qui suit, ainsi que des dessins ci-annexés, lesquels complément et dessins sont, bien entendu, donnés surtout à titre d'indication.

La figure 1 représente, dans son ensemble, un dispositif selon l'invention, avec coupe axiale partielle.

La figure 2 représente, en coupe axiale et à plus grande échelle, la partie supérieure de la figure 1, à savoir l'ensemble agissant sur la balance électromagnétique proprement dite, avec les moyens de transmission de la force du piston à l'axe de la balance.

La figure 3 représente la balance électronique avec les moyens de transmission de la force, ces derniers portant des masses calibrées pour réaliser l'étalonnage de la balance, ces moyens et ces masses étant représentés en coupe axiale.

Selon l'invention et plus spécialement selon celui de ses modes d'application, ainsi que selon ceux des modes de réalisation de ses diverses parties, auxquels il semble qu'il y ait lieu d'accorder la préférence, se proposant, par exemple, de réaliser un dispositif pour la mesure très précise des pressions de fluide avec affichage de la pression mesurée, on s'y prend comme suit ou d'une manière analogue.

En se référant tout d'abord aux figures 1 et 2, on voit qu'un dispositif selon l'invention comprend trois ensembles, savoir un ensemble A comportant essentiellement

l'élément de mesure avec le cylindre 1 et le piston 2, une balance électromagnétique 8 avec un axe 3 destiné à recevoir la force à mesurer et un ensemble de liaison C transmettant la force du piston 2 de l'ensemble A à l'axe 3 de la balance 5 B. La figure 1 représente l'ensemble des éléments A, B et C, tandis que la figure 2 n'illustre, mais à plus grande échelle, que les ensembles A et C qui sont séparés, sur les dessins, par la ligne XX en traits interrompus.

L'ensemble A (voir plus particulièrement la figure 2) 10 comprend tout d'abord, comme indiqué ci-dessus, un cylindre 1 et un piston 2 qui constituent à eux deux l'élément de mesure proprement dit. Le cylindre 1 est vertical.

Le cylindre 1 est monté dans un bloc de mesure 1b qui comporte un fond ou culasse 1a à sa partie supérieure.

15 Le piston 2 peut coulisser verticalement dans le cylindre 1 dans lequel il se déplace à frottement visqueux, une pellicule de fluide hydraulique étant interposée entre les deux.

Le piston 2 est entraîné en rotation dans le cylindre 20 1 au moyen d'un moteur électrique 4 qui entraîne en rotation une poulie 5 qui porte dans une gorge 6 une bague torique 7 en un élastomère qui frotte sur la périphérie d'une poulie 8 qui entraîne en rotation à son tour la tête 9 du piston 2 solidarisée en rotation à la poulie 8 par un axe 10 portant 25 un roulement 11. On remarquera que grâce à la bague 7 on réalise un entraînement par friction qui limite le couple du moteur 4 en cas de blocage du piston 2 sous l'effet d'une surpression agissant sur le piston 2 de haut en bas.

La pression à mesurer est appliquée à la chambre 30 12 existant entre le fond 1a du cylindre 1 et le piston 2.

Lorsqu'il s'agit de mesurer une pression de gaz, on prévoit une quantité d'huile 13 dans la partie inférieure d'une chambre annulaire 14 qui entoure le bloc de mesure 1b et qui communique avec la chambre 12 par des canaux radiaux 35 15 et 17. Le niveau 18 d'huile dans la chambre 14 peut être repéré facilement grâce à une enveloppe 16 en un verre organique incassable, par exemple en méthacrylate de méthyle. Ce niveau d'huile règne également à l'intérieur de la chambre 12 grâce aux canaux radiaux 17. Le niveau 18 de l'huile

dans la chambre 14 doit donc être maintenu entre les canaux 15 et les canaux 17. C'est sur l'embouchure 19, qui communique par des canaux 20, 21 et un évidement tronconique 22 avec la chambre 14, et donc finalement avec la chambre 12, qu'est appliquée la pression à mesurer.

Lorsqu'il s'agit de mesurer une pression d'huile ou autre fluide hydraulique, on remplit d'huile les chambres 12 et 14 par l'évidement tronconique 22 et les canaux 21 et 20 en appliquant la pression d'huile à l'embouchure 19 grâce à l'ouverture 25 et par les canaux 23 et 24 on purge les chambres 12 et 14 du gaz qu'elles contiennent. En fin d'opération on vidange l'huile par les canaux 26 et 27 et l'ouverture d'évacuation 28.

Sur la figure 2 on a représenté une série de joints toriques 29, 30, 31, 32 et 33 assurant l'étanchéité aux fluides.

On peut changer l'élément de mesure 1, 2 en agissant sur les vis 34 et l'écrou 35. L'écrou 36 permet de changer l'embouchure 19 constituant un raccord et le nettoyage de la chambre annulaire 14.

En définitive, dans l'ensemble A la pression de gaz ou de fluide hydraulique qu'il y a lieu de mesurer agit sur le piston 2, la force que celui-ci reçoit correspondant au produit de la surface effective du piston déterminée ci-après par la pression à mesurer agissant sur le piston 2 de haut en bas.

L'ensemble C sert à transmettre cette force à l'axe 3 de la balance qui en permet la mesure. Cet ensemble C a pour objet de transmettre cette force tout en limitant celle-ci en cas de surpression agissant sur le piston 2. L'organe de transmission de la force de l'ensemble C est constitué par une bielle 37.

Du fait de la rotation du piston 2, des précautions particulières doivent être prises pour la transmission de la force entre le piston 2 et l'axe 3 (figure 1). A cet effet on prévoit une butée à bille 38 avec un roulement 39 à la partie supérieure de la bielle 37 dans la tête inférieure du piston 2, de façon à pouvoir les centrer parfaitement par rapport à l'axe du piston 2 et à l'axe de la bielle 37 par l'intermédiaire de la bille 38.

La limitation et l'amortissement de la force appliquée par le piston 2 sur l'axe 3 de la balance, afin de protéger celle-ci, sont réalisés grâce à un amortisseur double 40, 41 et un limiteur de charge 42, le tout étant logé dans une 5 pièce 43 dont la partie supérieure tronconique est disposée dans une pièce coopérante 44 de l'ensemble A et sur laquelle bute la tête de piston 9 en cas de surcharge.

Enfin l'évacuation de l'huile usée de graissage est réalisée par un canal 46 ménagé dans la pièce 44.

10 On peut désolidariser l'ensemble A de l'ensemble B constituant la balance proprement dite (figure 1) grâce aux vis 45.

Quant à l'ensemble B, celui-ci ne sera pas décrit en détail étant donné qu'il est constitué par une balance électromagnétique de précision de type classique. A titre d'exemple de telles balances, on peut citer les balances électroniques de précision de la société suisse METTLER, de la série PL, les balances électroniques de la société allemande SARTORIUS, les balances des sociétés allemandes KERN et SAUTER. De telles balances affichent directement, de préférence sous forme numérique(ou digitale), sur un cadran 47, la force due aux masses appliquées sur leur axe 3. Sur les figures 1 et 3 on a illustré schématiquement l'intérieur de la balance essentiellement pour montrer qu'elle comprend des moyens de rééquilibrage électromagnétique de la force appliquée sur l'axe 3.

Comme indiqué précédemment, l'élément de mesure proprement dit, constitué par le cylindre 1 et le piston 2, est interchangeable, de manière à pouvoir mettre en oeuvre 30 dans le même dispositif différentes sections effectives, ce qui permet de mesurer, en restant dans la gamme de précision de la balance, des valeurs très différentes de la pression.

Avantageusement les sections effectives théoriques des éléments de mesure interchangeables sont telles que, dans 35 les conditions normales de pesanteur terrestre ($9,80665 \text{ m/s}^2$), de pression atmosphérique (1,01325 bar) et à la température de 20°C , en chargeant le piston d'une masse en acier inoxydable de 1 kg, on équilibre un nombre entier et simple de

7

bars (ou de psi).

Ce nombre entier est propre à chaque élément de mesure et est appelé le coefficient normal de conversion (KN).

$$\text{Il a pour définition : } KN = g_n \frac{(1 - \frac{\rho_{\text{air}}}{\rho_{\text{inox}}})}{S_{\text{th}}} \quad (2)$$

5 g_n étant l'accélération de la pesanteur normale, S_{th} la section effective théorique moyenne des deux sections du cylindre et du piston (pour les différentes positions du piston qui tourne dans le cylindre) et ρ_{air} et ρ_{inox} les masses spécifiques ou les densités de l'air et de l'acier 10 inoxydable respectivement.

A partir de ce coefficient de conversion KN, la pression est donnée par la formule $P = KN \cdot M$ (3) dans les conditions normales et avec un piston dont la section effective est exactement égale à la section théorique dont on vient 15 de donner la définition.

En fait la section effective réelle (S réelle) d'un élément de mesure est, en général, légèrement différente de la section théorique (S_{th}) recherchée à cause des tolérances de fabrication.

20 Cette section réelle est déterminée avec grande précision par comparaison avec des étalons de pression absolus de type antérieur raccordés aux étalons nationaux. La pesanteur terrestre locale (g_1) au lieu d'utilisation de l'élément de mesure est, en général, différente de la pesanteur normale (g_n); il en résulte que, pour une température de 20°C, l'expression générale de la pression mesurée par un élément chargé d'une masse en acier inoxydable M est :

$$P = KN \cdot \frac{S_{\text{th}}}{S \text{ réelle}} \cdot \frac{g_1}{g_n} \cdot M \quad (4)$$

La procédure d'autoétalonnage de l'instrument est la 30 suivante : la pesanteur au lieu d'étalonnage étant g_1 , on pose une masse M correspondant à la portée maximale sur la balance et l'on règle le gain de la balance de façon que l'affichage numérique de la balance indique la valeur

$$A = \frac{S_{\text{th}} \cdot g_1}{S \text{ réelle} \cdot g_n} \cdot M \quad (5)$$

35 Ainsi, si l'on remplace la masse M par un élément de

mesure de coefficient normal de conversion kN soumis à une pression P , la détermination de la pression est effectuée à partir de l'expression générale par le produit :

$$P = kN \cdot A \quad (6)$$

Il faut noter qu'une fois cet étalonnage effectué, la relation ci-dessus est valable pour toutes les valeurs que peut prendre A , correspondant à différentes valeurs de P .

D'autre part cet autoétalonnage reste valable même si l'instrument, une fois réglé, est utilisé en un lieu où la pesanteur locale est différente de celle du lieu de calibrage.

Par contre, si l'on veut vérifier le calibrage à ce nouvel emplacement, il est nécessaire de recalculer une nouvelle valeur de A à afficher correspondant à la nouvelle valeur de g_1 .

Le couplage réalisé selon l'invention entre un élément de mesure, constitué par un cylindre 1 et un piston 2, et une balance électromagnétique dont le gain a été ajusté comme indiqué ci-dessus, permet de réaliser un dispositif dont on peut à tout moment vérifier le calibrage sans avoir à faire appel à un étalonnage de pression extérieur. Il s'agit donc d'un dispositif autoétalonnable (car il n'y a pas besoin d'étalon de pression extérieur).

La rotation du piston 2 dans le cylindre 1 permet une bonne sensibilité et une bonne répétabilité des mesures car elle assure le centrage du piston par la création d'un film d'huile uniforme dans le jeu entre le piston et le cylindre. Cette mise en rotation du piston implique la liaison entre le piston 2 et l'axe 3 de la balance, mais on a indiqué ci-dessus comment l'ensemble de liaison C permet de réaliser une telle liaison avec transmission de la force, mais avec limitation en cas de surpression et filtration des effets parasites dus à la rotation du piston.

On choisit avantagusement la vitesse de rotation du piston 1 dans le cylindre 2 pour que le piston effectue une rotation complète pendant une durée qui est inférieure à la durée d'intégration, c'est-à-dire la cadence de mesure, du dispositif électronique de la balance, ce qui permet d'avoir un affichage stable en 47 en éliminant les fluctuations de

la mesure dues à la rotation du piston. Généralement la cadence de mesure de la balance est comprise entre 0,2 et 1 seconde et dans ce cas la vitesse de rotation du piston doit être supérieure à 5 à 1 tour par seconde.

5 On notera que le dispositif selon l'invention présente un certain nombre d'avantages dont certains ont déjà été indiqués, notamment les suivants :

- possibilité de la mesure d'une pression de gaz sans que la variation du niveau d'huile dans le réservoir 14 influence 10 tervienne sur la mesure;

- possibilité de mesurer une pression d'huile en remplissant complètement ce réservoir;

- faible influence de l'entraînement en rotation du piston sur l'affichage de la pression mesurée, grâce à une 15 bonne perpendicularité du plan de rotation de la poulie 8 par rapport à l'axe du piston 2 et à la vitesse de rotation choisie;

- limitation du couple du moteur en cas de blocage du piston par surpression grâce à l'utilisation d'un entraînement à friction entre la poulie 5 et la poulie 8 (bague 7);

- démontage facile de l'élément de mesure, ce qui permet d'utiliser des éléments de mesure (pistons et cylindres) ayant des sections effectives différentes, d'où excellente précision de la mesure dans une gamme étendue de pressions;

25 - démontage facile du bloc de mesure (ensemble A), ce qui permet de pouvoir poser directement sur les ensembles B et C (figure 3) des masses afin de réaliser un autoétalement; le fait de pouvoir placer plusieurs masses 48, comme illustré sur la figure 3, permet de vérifier la linéarité 30 de la balance;

- évacuation de l'huile usée (par le canal 46) pour éviter la pollution de la balance;

- possibilité d'utiliser comme ensemble C une balance électromagnétique standard après lui avoir apporté des transformations très limitées, ce qui permet en outre de continuer 35 à l'utiliser pour la pesée de masses.

Le dispositif selon l'invention présente en définitive l'avantage, sur les dispositifs de la technique antérieure, d'éviter l'emploi d'une série de masses calibrées en acier

inoxydable qui sont coûteuses et dont la manipulation est longue et souvent pénible; le dispositif selon l'invention évite également la mise en oeuvre de moyens de pose et d'enlèvement automatiques de masses calibrées, moyens qui sont 5 encombrants et qui coûtent cher; en outre on obtient un affichage automatique, notamment numérique (ou digital), ce qui accroît encore la commodité d'emploi et permet le transfert de l'information vers des systèmes d'acquisition et de traitement des données.

10 Enfin la précision est excellente dans une large gamme de valeurs de la pression.

Comme il va de soi et comme il résulte d'ailleurs déjà de ce qui précède, l'invention ne se limite nullement à ceux de ses modes d'application et de réalisation qui ont été 15 plus spécialement envisagés; elle en embrasse, au contraire, toutes les variantes.

REVENDICATIONS

1. Dispositif pour la mesure très précise des pressions de fluide, avec affichage de la pression mesurée, caractérisé par le fait qu'il comprend, en combinaison, un cylindre vertical, un piston apte à coulisser dans ce cylindre à frottement visqueux, la pression à mesurer étant appliquée sur la face supérieure du piston, des moyens pour entraîner en rotation ledit piston dans ledit cylindre, une balance électromagnétique de précision à affichage et comportant un axe destiné à se voir appliquer la force à mesurer et des moyens pour transmettre audit axe de la balance la force appliquée sur le piston par la pression à mesurer, avec limitation des efforts maximaux.

2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé par le fait que la vitesse de rotation du piston correspond à une durée de rotation complète de celui-ci dans le cylindre qui est inférieure au temps d'intégration du dispositif électronique de mesure de la balance pour avoir un affichage stable déterminé par la moyenne des forces appliquées au piston au cours de sa rotation suivant un tour complet.

3. Dispositif selon la revendication 1 ou 2, caractérisé par le fait qu'il comprend des moyens pour limiter le couple du moteur d'entraînement en rotation du piston en cas de blocage du piston dans le cylindre, sous l'effet d'une suppression par exemple.

4. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé par le fait que l'élément de mesure comprenant essentiellement le cylindre et le piston est interchangeable, la section effective de l'élément de mesure variant d'un élément à l'autre afin de permettre de mesurer des gammes de pression différentes dans la même zone de mesure de la balance.

5. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé par le fait que la section effective de l'élément de mesure est choisie pour que, dans les conditions normales de pression et de température et pour les valeurs normales de g, un nombre entier et simple de bars (ou livres par pouce carré, dans le cas d'appareils étalonnés en cette unité anglo-saxonne) soit équilibré par

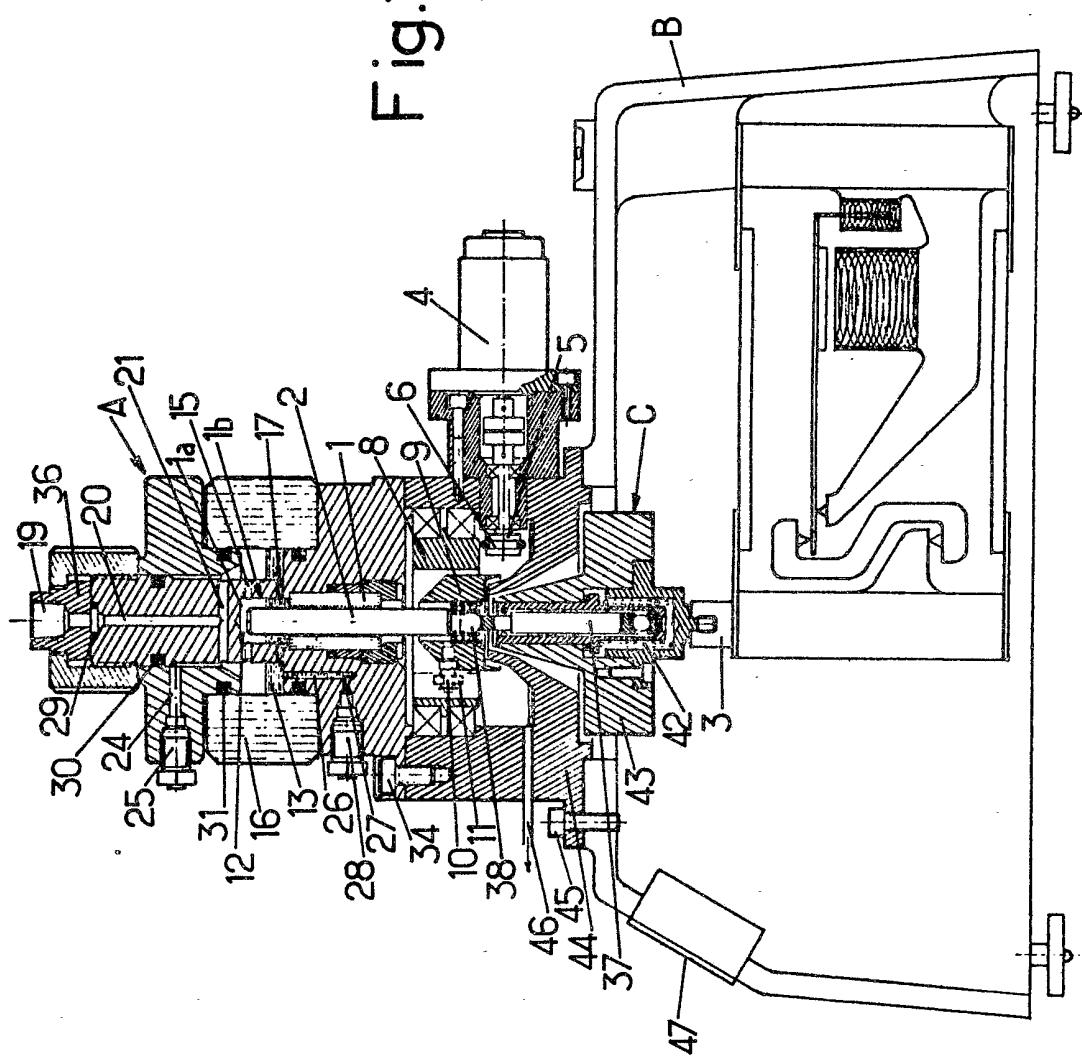
une masse de 1 kg.

6. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé par le fait que lesdits moyens pour transmettre audit axe la force appliquée sur le piston commencent à prendre une bielle, une butée à bille et un roulement disposés dans la tête inférieure du piston pour les centrer parfaitement avec ce dernier.

7. Dispositif selon la revendication 6, caractérisé par le fait que l'on prévoit, à l'extrémité de ladite bielle, un amortisseur double et en outre un limiteur de charge associé à ladite bielle.

8. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé par le fait que l'ensemble comportant le cylindre et le piston est séparable des moyens pour transmettre à l'axe de la balance la force appliquée sur le piston afin de pouvoir appliquer sur ces moyens des masses calibrées correspondant à la zone de mesure de la balance, ce qui rend le dispositif autoétalonnable.

Fig.1.



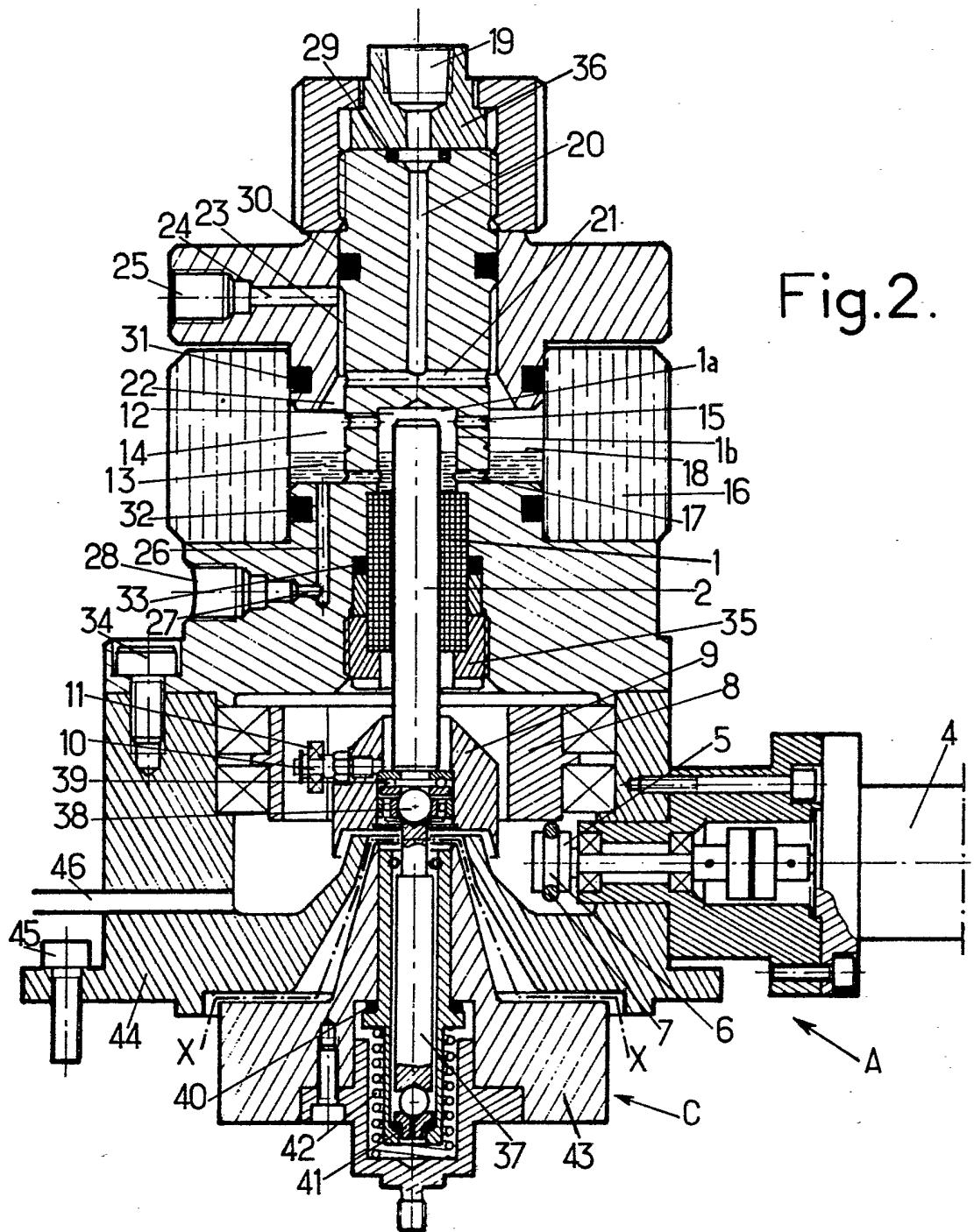


Fig.2.

Fig. 3.

