

(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
—
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
—
PARIS
—

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

2 614 101

(21) N° d'enregistrement national :

87 05638

(51) Int Cl^a : G 01 L 1/22, 3/00.

(12)

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

(22) Date de dépôt : 16 avril 1987.

(30) Priorité :

(43) Date de la mise à disposition du public de la
demande : BOPI « Brevets » n° 42 du 21 octobre 1988.

(60) Références à d'autres documents nationaux appa-
rentés :

(71) Demandeur(s) : Université de CLERMONT-FERRAND II.
— FR.

(72) Inventeur(s) : Michel Dabdonneville ; Georges Dejou ;
Michel François ; Georges Poumarat ; Pierre Roddier.

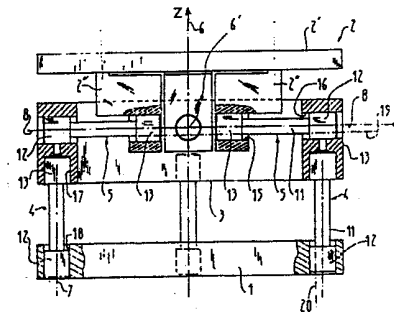
(73) Titulaire(s) :

(74) Mandataire(s) : Jacques Chanet, Conseil en Brevets.

(54) Capteur d'efforts destiné à la mesure des six composantes d'un torseur.

(57) La présente invention a pour objet un dispositif de me-
sures de six composantes des actions mécaniques entre deux
solides.

Le dispositif comprend deux parties 1, 2 reliées l'une à
l'autre par une première pluralité de barreaux 4, une pièce
intermédiaire 13 et une seconde pluralité de barreaux 5, les
barreaux de chacune desdites pluralités ayant une extrémité
solidaire, soit de la pièce 1 (barreaux 4), soit de la pièce 2
(barreaux 5) et une seconde extrémité solidaire de ladite pièce
intermédiaire; les barreaux ont une section carrée et compor-
tent sur certaines de leurs faces des jauges d'extensiométrie
disposées par paires.



FR 2 614 101 - A1

D

La présente invention est du domaine des mesures physiques, et plus particulièrement des mesures des six composantes qui caractérisent les actions mécaniques entre deux solides (relativement aux axes d'un repère cartésien orthogonal).

On connaît notamment par un brevet FR 2.503.864, mais aussi par les brevets FR 2.124.790, 2.595.917, 2.551.560, US 4.171.641, 3.272.006 et 3.427.875, de dispositifs de mesures essentiellement constitués de deux parties concentriques reliées par des barreaux flexibles pourvus de jauges d'extensométrie destinées à mesurer électriquement, généralement par déséquilibre de ponts, les déformations des barreaux. Dans de nombreux cas les dispositifs du type précité sont destinés à la mesure des efforts auxquels sont soumises les roues des véhicules.

Le but de la présente invention est de proposer un dispositif, ou capteur, destiné à la mesure des six composantes d'un torseur comprenant les trois composantes d'une force suivant les trois axes du repère cartésien et les trois couples autour de ces axes, de telle sorte que puissent être mesurées de façon précise et différenciée des forces ou des moments de couples aussi complexes que ceux ou leurs réactions, engendrés par les déplacements des différentes parties d'un corps humain, ou animal en cours d'effort.

Selon la présente invention un dispositif du type comprenant deux parties reliées l'une à l'autre par des barreaux flexibles pourvus de jauges d'extensométrie est caractérisé d'une manière générale en ce que la relation entre lesdites première et deuxième parties est réalisée par le moyen d'une pièce intermédiaire solidaire d'une double pluralité desdits barreaux, les barreaux de la première pluralité ont leurs axes longitudinaux parallèles, les barreaux de la deuxième pluralité sont coplanaires et deux à deux colinéaires, les axes définis par chaque couple de barreaux sont orthogonaux et se rencontrent en un point en lequel une perpendiculaire au plan des axes des barreaux de la seconde pluralité constitue un axe de symétrie pour l'ensemble des barreaux, deux barreaux de la première pluralité et deux barreaux colinéaires de la seconde pluralité sont coplanaires, et les

barreaux de chacune des pluralités relie ladite pièce intermédiaire respectivement aux dites première et seconde pièce desquelles les barreaux sont aussi solidaires.

De préférence, la première pièce
5 a la forme d'un disque axé sur ledit axe de symétrie, la seconde pièce est composée d'un disque et d'un pilier central axés l'un et l'autre sur ledit axe de symétrie, les barreaux étant solidaires du pilier central, et enfin la pièce intermédiaire est une couronne axée sur ledit axe de
10 symétrie, entourant sensiblement ledit pilier et située à sensiblement égale distance des deux premières pièces.

De préférence encore lesdites première et deuxième pluralités de barreaux sont chacune
égale à quatre.

15 Suivant une caractéristique secondaire de l'invention, chaque barreau est composé d'une partie médiane de section rectangulaire.

Suivant une autre caractéristique secondaire, les barreaux, la pièce intermédiaire, la
20 première pièce et la seconde pièce étant des parties distinctes, les barreaux ont des extrémités cylindriques logées dans des alésages cylindriques correspondant de la première pièce, de la pièce intermédiaire et de la deuxième pièce.

25 Suivant une autre caractéristique, une perpendiculaire à une face de chacun des barreaux de la première pluralité rencontre ledit axe de symétrie et est coplanaire à l'axe longitudinal des barreaux de la seconde pluralité, et une face de chacun des barreaux de la
30 seconde pluralité est coplanaire avec une face de chacun des autres barreaux de la pluralité.

Suivant une autre caractéristique, la section de la partie médiane des barreaux est carrée.

35 Suivant une autre caractéristique de l'invention, la longueur $L/2$ de la partie médiane d'un barreau est égale à la distance séparant les deux

extrémités ou encastrements dits intérieurs de deux barreaux colinéaires de la première pluralité. Un premier intérêt de cette caractéristique est que la réponse du dispositif est à la fois linéaire et précis. Un deuxième intérêt est d'assurer l'homogénéité des déformations comme cela ressort bien du raisonnement mathématique suivant, à suivre en relation avec les figures 5a, 5b, et 5c, dans lequel on a :

- M : moment d'encastrement,
- T : réaction d'encastrement normale à l'appui,
- 10 - E : module de YOUNG du matériau,
- I : moment d'inertie d'un barreau par rapport à son axe de symétrie qui, dans ce cas, est la fibre neutre,
- C : couple appliqué au corps d'épreuve,
- Mt : moment fléchissant,
- 15 - L/2 : longueur active du barreau,
- B : distance cherchée entre encastrements.

Partant de l'expression générale donnant le moment fléchissant dans le corps d'épreuve soumis à l'action d'un couple :

$$20 \quad M_t = M - T.x$$

Etude de l'équation de la déformée :

$$y'' = - \frac{M_t}{EI} = - \frac{T.x}{EI} - \frac{M}{EI}$$

Première intégration :

$$y' = \frac{T.x^2}{2 EI} - \frac{M.x}{EI} + A$$

25 En $x=0$, on a $y'=0$ donc $A=0$

$$y' = \frac{T.x^2}{2 EI} - \frac{M.x}{EI}$$

Deuxième intégration :

$$y = \frac{T.x^3}{6 EI} - \frac{M.x^2}{2 EI} + B$$

En $x=0$, on a $y=0$ donc $B=0$

Equation générale de la déformée :

$$y = \frac{Tx^3}{6EI} - \frac{Mx^2}{2EI}$$

Valeur de la flèche en D c'est-à-dire pour $x = L/2$

$$y(D) = \frac{TL^3}{48EI} - \frac{ML^2}{8EI}$$

- 5 Valeur de la déformation angulaire en D, c'est-à-dire pour $x = L/2$

$$y'(D) = \frac{TL^2}{8EI} - \frac{ML}{2EI}$$

sachant que $y'(D) = d\theta = \frac{DD'}{DC} = \frac{2y(D)}{B}$

on obtient : $\frac{TL}{8} - \frac{M}{2} = \frac{2}{B} \left(\frac{TL}{48} - \frac{ML}{8} \right)$

- 10" La statique fournit une équation :

$$M - T \left(\frac{L}{2} + \frac{B}{2} \right) = - \frac{C}{2}$$

où

$$M = T \left(\frac{L}{2} + \frac{B}{2} \right) - \frac{C}{2} \quad (2)$$

En résolvant (1) et (2), nous tirons

$$T = C \frac{3(L - 2B)}{2(L^2 - 3B^2)}$$

$$M = C \frac{L(L - 3B)}{4(L^2 - 3B^2)}$$

En reportant ces valeurs, nous obtenons le moment fléchissant

$$M_t = M - T.x$$

$$M_t = \frac{C}{2(L^2 - 3B^2)} \left(\frac{L}{2} (L - 3B) - x(3L - 6B) \right)$$

Pour que les déformations en A et D soient égales et homogènes, il faut et il suffit que les moments fléchissants en A et D soient égaux.

A l'encastrement A, nous avons $x = 0$

$$M_t(A) = \frac{C}{2(L^2 - 3B^2)} \frac{L}{2} (L - 3B)$$

A l'encastrement D, nous avons $x = L/2$

$$M_t(D) = \frac{C}{2(L^2 - 3B^2)} \frac{L}{2} (3B - 2L)$$

Nous obtenons donc une relation géométrique entre B et L

$$M_t(A) = M_t(D)$$

$$(L - 3B) = (3B - 2L)$$

$$B = L/2$$

Suivant une autre caractéristique, les jauges d'extensométrie sont disposées par paire sur au moins une face de certains barreaux, les jauges de chaque paire étant implantées chacune au voisinage d'un encastrement.

Enfin suivant une autre caractéristique de l'invention, au moins deux pièces en relation l'une avec l'autre, de l'ensemble des pièces comprenant la pluralité de barreaux, la première pièce, la pièce intermédiaire et la seconde pièce, forment une pièce unique.

La présente invention sera mieux comprise et des détails en relevant apparaîtront à la description qui va être faite d'une forme particulière de réalisation avec les figures des planches annexées dans lesquelles :

- la fig.1 est une coupe axiale d'un dispositif de l'invention,
- la fig.2 est une vue de dessus d'un dispositif de l'invention sans la première partie 1 en forme de disque,
- la fig.3 est une illustration de la situation des jauges sur le corps de mesure, à lire avec les montages des figures ci-après,
- les fig.4 à 4f sont des schémas préférentiels de montage électrique des jauges en pont de Wheatstone pour les forces et les couples le long et autour des axes du repère cartésien, et
- les fig.5a, 5b, 5c sont des schémas permettant de suivre le raisonnement mathématique développé plus haut.

Sur les fig.1 et 2, un dispositif de l'invention est composé d'une première partie 1 en forme de disque, d'une deuxième partie 2 constituée d'un disque 2' solidaire de piliers tels que 2", d'une partie intermédiaire 3 en forme de couronne cylindrique et de huit barreaux tels que 4 et 5.

Quatre des barreaux tels que 4 d'axe 7 parallèle à l'axe 6 de l'ensemble relie la partie 1 à la partie intermédiaire 3 tandis que quatre barreaux tels que 5 d'axe 8 perpendiculaire à l'axe 6 relie la partie intermédiaire 3 aux piliers 2" de ladite deuxième partie 2. Les axes 8 se rencontrent en un point 6'.

5

15

35

Sur les fig.5a, 5b et 5c, on a représenté la poutre ADFB soumise à un couple C afin

d'illustrer le calcul de la déformée et d'étudier la relation entre L et B suivant le raisonnement mathématique établi plus haut.

Sur les fig.3 et 4 illustrant la situation des jauges sur les barreaux et leur câblage, on notera que les numéros de référence sont distincts des numéros précédemment utilisés avec lesquels, ils n'ont aucun rapport ; on notera aussi que la situation des jauges est représentée de façon symbolique sous forme de petits rectangles : certains de ces rectangles en trait plein indiquent que la jauge est placée sur la face apparente du barreau, tandis que d'autres en pointillés indiquent que la jauge est placée sur la face opposée, par exemple inférieure pour les barreaux horizontaux tels que les barreaux 5 précités, ou sur une face extérieure pour les barreaux verticaux tels que les barreaux 4 précités. Les références de la fig.3 correspondent bien entendu avec celles de la fig.4 et les schémas de câblage en pont de Wheatstone sont parfaitement compréhensibles pour l'électronicien.

A titre indicatif, d'excellents résultats ont été obtenus avec une disposition de jauges et de câblages tel que celle des fig.3 et 4 et avec les indications suivantes : pour le matériau constitutif tant des parties 1,2 et 3 que des barreaux, on a choisi l'acier 30 NCD 6, nuance FDMA d'Aubert et Duval présentant une résistance de 130 daN/mm², une limite élastique à 0,2 % de 115 daN/mm² et un module de Young ou module d'élasticité longitudinale de 21000 daN/mm² ; pour les jauges électriques d'extensométrie, on a choisi la jauge type EA 06 125 AC 350 de Wishay-Micromesure, d'une résistance de 350 Ohms et d'un facteur de jauge de l'ordre de 2 ; l'alimentation est de 3 V continu.

On notera que le dispositif de l'invention peut être réalisé dans des dimensions très variables allant de quelques centimètres à plusieurs dizaines et d'une masse de quelques grammes à quelques dizaines, voir centaines de kilogrammes.

L'invention trouvera des applications avantageuses dans la mesure de la plupart des phénomènes statiques et dynamiques du domaine des sports, de l'automobile, de l'aéronautique, des études sismiques, de la
5 robotique, etc...

Bien que l'on ait décrit et représenté une forme particulière de réalisation de l'invention, il doit être compris que la portée de cette dernière n'est pas limitée à cette forme mais qu'elle s'étend à tout
10 dispositif de mesure comportant les caractéristiques générales énoncées plus haut.

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

1.- Dispositif destiné à la mesure des six composantes (F_x , F_y , F_z , M_x , M_y , M_z) d'un torseur par rapport aux axes orthogonaux du repère cartésien, ledit dispositif étant du type comprenant deux parties reliées l'une à l'autre par des barreaux flexibles pourvus de jauges d'extensométrie, caractérisé :

en ce que :

- la relation entre lesdites première (1) et deuxième (2) parties est réalisée par le moyen d'une pièce intermédiaire (3) solidaire d'une double pluralité desdits barreaux (4,5) ;
- les barreaux (4) de la première pluralité ont leurs axes longitudinaux (7) parallèles,
- les barreaux (5) de la deuxième pluralité sont coplanaires et deux à deux colinéaires, les axes (8) définis par chaque couple de barreaux sont orthogonaux et se rencontrent en un point (6') en lequel une perpendiculaire (6) au plan des axes (8) des barreaux (5) de la seconde pluralité constitue un axe de symétrie pour l'ensemble des barreaux,
- deux barreaux de la première pluralité et deux barreaux colinéaires de la seconde pluralité sont coplanaires, et
- les barreaux de chacune des pluralités relient ladite pièce intermédiaire respectivement aux dites première et seconde pièce desquelles les barreaux sont aussi solidaires ;

2.- Dispositif selon la revendication 1, caractérisé :

en ce que ladite première pièce

(1) a de préférence la forme d'un disque axé sur ledit axe de symétrie (6),

en ce que ladite seconde pièce

(2) est composée de préférence d'un disque (2") et d'un

pilier central (2'') axés l'un et l'autre sur ledit axe de symétrie (6), les barreaux étant solidaires du pilier central, et

5 en ce que ladite pièce intermédiaire (3) est de préférence une couronne axée sur ledit axe de symétrie (6), entourant sensiblement ledit pilier (2'') et située à sensiblement égale distance des deux premières pièces ;

10 3.- Dispositif selon la revendication 1, caractérisé :
 en ce que lesdites première et deuxième pluralités de barreaux sont chacune égale à quatre ;

15 4.- Dispositif selon la revendication 1, caractérisé :
 en ce que chaque barreau (4,5) est composé d'une partie médiane (11) de section rectangulaire ;

20 5.- Dispositif selon la revendication 4, caractérisé :
 en ce que les barreaux, la pièce intermédiaire, la première pièce et la seconde pièce étant des parties distinctes, les barreaux ont des extrémités cylindriques (12,13) logées dans des alésages cylindriques (15,16,17,18) correspondant de la première pièce, de la pièce intermédiaire et de la deuxième pièce ;

25 6.- Dispositif selon la revendication 4, caractérisé :
 en ce qu'une perpendiculaire à une face de chacun des barreaux (4) de la première pluralité rencontre ledit axe de symétrie (6) et est coplanaire à l'axe longitudinal (8) des barreaux (5) de la seconde pluralité, et

30 en ce qu'une face de chacun des barreaux (5) de la seconde pluralité est coplanaire avec une face de chacun des autres barreaux de la pluralité ;

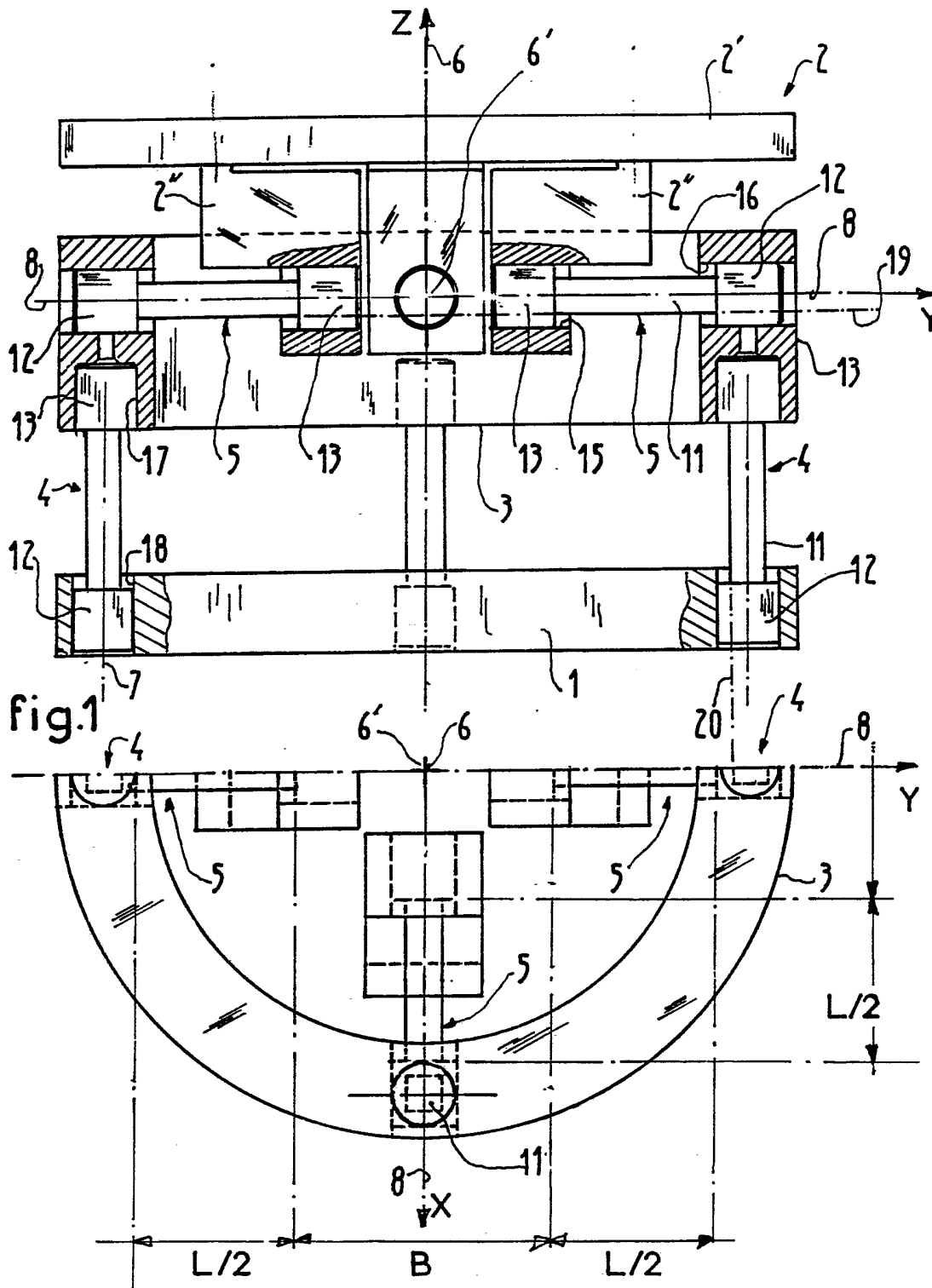
7.- Dispositif selon la revendication 6, caractérisé :
en ce que la section de ladite
partie médiane (11) des barreaux est carrée ;

5 8.- Dispositif selon la revendication 4, caractérisé :
en ce que la longueur $L/2$ de la
partie médiane (11) d'un barreau (4,5) est égale à la
distance B séparant les deux extrémités ou encastresments
dits intérieurs de deux barreaux colinéaires de la
première pluralité,
10 d'où il résulte que la réponse
du dispositif est à la fois linéaire et précis ;

9.- Dispositif selon la revendication 4, caractérisé :
en ce que des jauges d'exten-
sion sont disposées par paire sur au moins une face de
15 certains barreaux, les jauges de chaque paire étant
implantées chacune au voisinage d'un encastrement ;

10.-Dispositif selon la revendication 4, caractérisé :
en ce qu'au moins deux pièces en
relation l'une avec l'autre, de l'ensemble des pièces
20 comprenant la pluralité de barreaux, ladite première
pièce, la pièce intermédiaire et ladite seconde pièce,
forment une pièce unique.

1/3



2/3

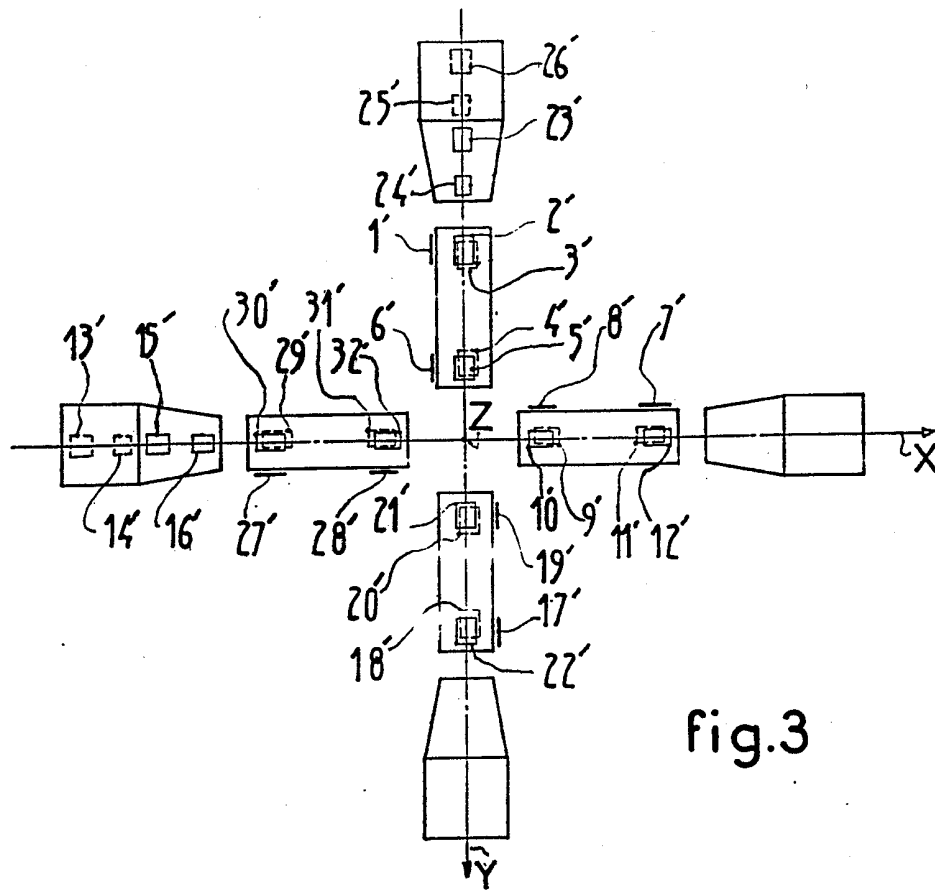


fig.3

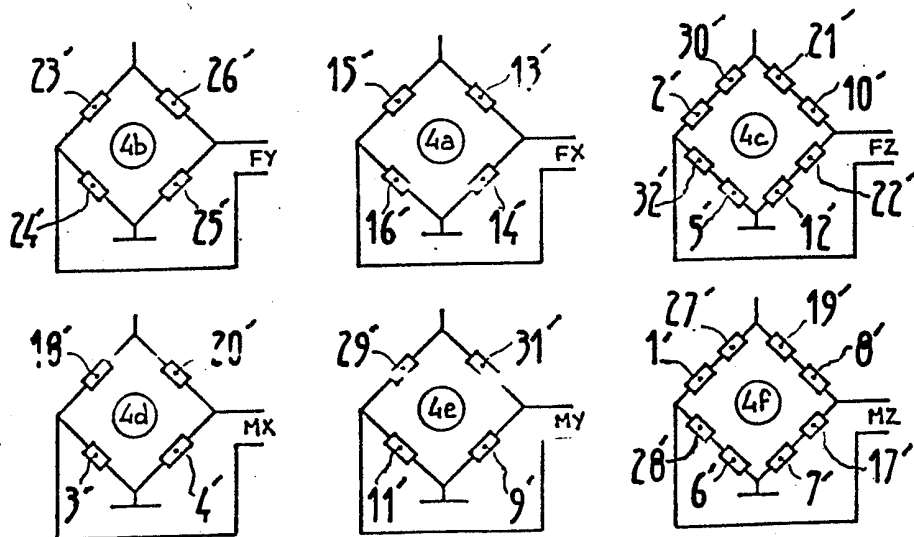


fig.4

3/3

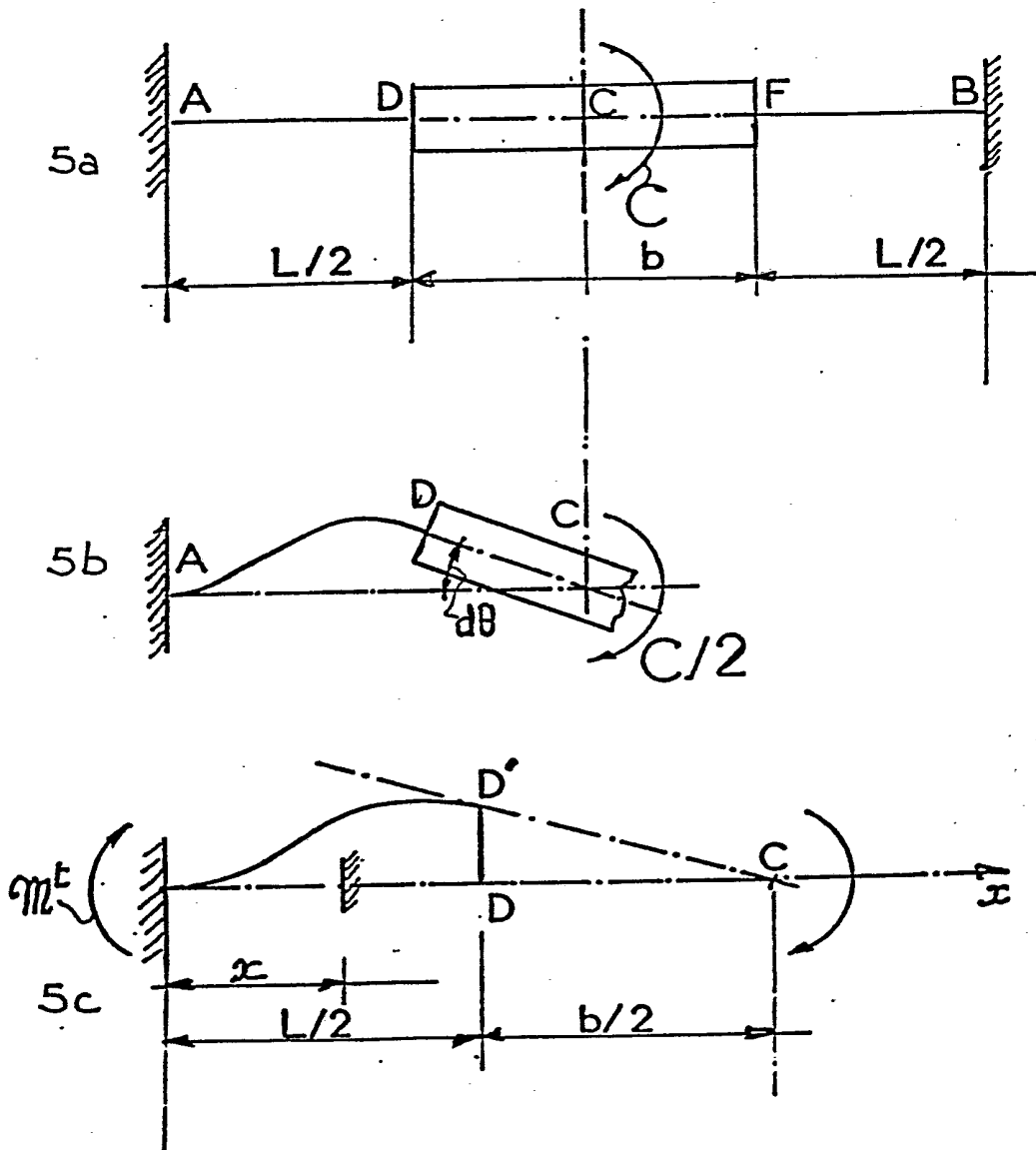


fig.5