

A1

**DEMANDE  
DE BREVET D'INVENTION**

②①

**N° 80 27276**

---

⑤④ Dispositif de mesure des variations de la position angulaire d'un solide et procédé d'utilisation de ce dispositif.

⑤① Classification internationale (Int. Cl.<sup>3</sup>). G 01 B 11/26.

②② Date de dépôt ..... 23 décembre 1980.

③③ ③② ③① Priorité revendiquée :

④① Date de la mise à la disposition du  
public de la demande ..... B.O.P.I. — « Listes » n° 25 du 25-6-1982.

---

⑦① Déposant : SOCIÉTÉ D'OPTIQUE, PRÉCISION ÉLECTRONIQUE & MÉCANIQUE, SOPELEM,  
société anonyme, résidant en France.

⑦② Invention de : Marc Prevost.

⑦③ Titulaire : *Idem* ⑦①

⑦④ Mandataire : Odile Cadart, Creusot-Loire,  
15, rue Pasquier, 75008 Paris.

L'invention concerne la mesure des variations de la position angulaire d'un solide par rapport à un solide de référence.

Pour mesurer les variations de la position angulaire d'une structure telle qu'une machine à mesurer, il est connu d'utiliser un dispositif  
5 comportant un faisceau laser divisé en deux faisceaux rigoureusement parallèles et d'envoyer ces deux faisceaux sur deux détecteurs photoélectriques placés sur la structure dont on veut mesurer la déformation. A titre d'exemple, on pourra se reporter à la demande de brevet français n° 77-21099 au nom de la demanderesse, qui, à la figure 6, décrit un dispositif de mesure  
10 de la torsion d'une tour 71 au moyen de deux faisceaux laser parallèles  $xx'$  et  $aa'$  envoyés sur deux cellules 90 et 91. On constate cependant que cette méthode est d'autant plus précise que l'écart entre les deux cellules 90 et 91 dans l'exemple donné, est plus grand. Un tel dispositif est par conséquent encombrant et peut être difficile à mettre en oeuvre sur cer-  
15 taines structures : pour les structures ne permettant pas de placer des cellules à une distance suffisamment grande l'une de l'autre, on obtiendra des résultats de mesure peu précis.

L'invention tente de remédier à cet inconvénient. Elle permet la mesure des variations de la position angulaire d'une structure quelconque,  
20 même compacte, de façon simple et précise.

Plus particulièrement, l'invention concerne un dispositif de mesure des variations de la position angulaire d'un solide  $S_1$  autour de trois axes orthogonaux  $Ox$ ,  $Oy$ ,  $Oz$  liés à un solide de référence  $S_0$ .

Selon l'invention, ce dispositif comporte :

- 25 - solidaire du solide  $S_1$ , une cible d'axe parallèle à  $Ox$  susceptible de partager tout faisceau incident en deux faisceaux réfléchis dont l'un est parallèle au faisceau incident et l'autre symétrique du premier par rapport à l'axe de la cible,
- solidaires du solide  $S_0$ , un émetteur de faisceau laser dont est issu au moins un faisceau  $L_1$  parallèle au plan  $xOy$  et tombant sur la cible, et des  
30 détecteurs de mesure des déviations à chaque instant des faisceaux réfléchis, d'une part dans une direction parallèle à l'axe  $Oz$  d'autre part dans une direction parallèle au plan  $xOy$ .

Selon une caractéristique de l'invention, la cible est constituée  
35 d'un miroir plan et d'une lame semi-réfléchissante perpendiculaire à ce miroir.

Dans un mode préféré de réalisation de l'invention, les détecteurs sont constitués par des cellules photoélectriques asservies à rester centrées sur les faisceaux, les mesures étant effectuées d'une manière différentielle par rapport à un zéro arbitraire.

- 5 L'invention concerne aussi un procédé de mesure des variations  $\alpha$ ,  $\beta$  et  $\gamma$  de la position angulaire d'un solide  $S_1$  autour des axes  $Ox$ ,  $Oy$  et  $Oz$  d'un repère  $Oxyz$  lié à un solide de référence  $S_0$ , utilisant un dispositif selon l'invention. Les valeurs des angles  $\alpha$ ,  $\beta$  et  $\gamma$  peuvent être déduites très facilement des valeurs mesurées sur les détecteurs.
- 10 Nous allons déterminer les relations permettant d'obtenir les valeurs  $\alpha$ ,  $\beta$  et  $\gamma$  en nous reportant à un mode de réalisation préféré dans lequel deux faisceaux  $L_1$  et  $L_2$  sont issus de l'émetteur de faisceau laser et tombent symétriquement sur la cible, dans deux plans d'incidence parallèles entre eux.
- 15 La figure 1 représente une vue de dessus de ce mode de réalisation.

La figure 2 représente en perspective le mode de réalisation de la figure 1.

- Les figures 1 et 2 représentent un dispositif de mesure des variations de la position angulaire d'un solide  $S_1$  autour de trois axes orthogonaux  $Ox$ ,  $Oy$  et  $Oz$  liés à un solide de référence  $S_0$ . On a fixé au solide  $S_1$  une cible 1. Cette cible 1 est constituée, dans ce mode de réalisation, d'un miroir plan 2 sur lequel est fixée une lame semi-réfléchissante 3 perpendiculaire au miroir 2. Comme on peut le constater, la cible 1 présente la caractéristique de partager tout faisceau incident en deux faisceaux réfléchis dont l'un est parallèle au faisceau incident et l'autre symétrique du premier par rapport à l'axe de la cible 1.
- 20
- 25

- En particulier, l'émetteur de faisceau laser 4 solidaire du solide  $S_0$  envoie deux faisceaux  $L_1$  et  $L_2$  décalés en  $Z$  au moyen de séparations 5 et 6. Ces faisceaux  $L_1$  et  $L_2$  tombent symétriquement sur la cible 1 mais dans deux plans d'incidence parallèles entre eux. Le faisceau  $L_1$  se divise en deux faisceaux que l'on appellera  $L_1 C_1$  et  $L_1 C'_2$ . Le faisceau  $L_1 C_1$  est obtenu par une première réflexion sur la lame semi-réfléchissante 3 suivie d'une deuxième réflexion sur le miroir 2. Le faisceau  $L_1 C'_2$  est obtenu par une seule réflexion sur le miroir 2 après que le faisceau  $L_1$  ait traversé la lame semi-réfléchissante 3. Le faisceau  $L_1 C_1$  est parallèle au faisceau  $L_1$  et le faisceau  $L_1 C'_2$  est symétrique du faisceau  $L_1 C_1$  par rapport à l'axe de la cible 1.
- 30
- 35

De la même façon, le faisceau  $L_2$  est partagé en deux faisceaux réfléchis, un faisceau  $L_2 C_2$  obtenu par une première réflexion sur la lame semi-réfléchissante 3 suivie d'une deuxième réflexion sur le miroir 2 et un faisceau  $L_2 C'_1$  obtenu par une seule réflexion sur le miroir 2 après traversée de la lame semi-réfléchissante 3. Le faisceau  $L_2 C_2$  est parallèle au faisceau  $L_2$  alors que le faisceau  $L_2 C'_1$  est symétrique du faisceau  $L_2 C_2$  par rapport à l'axe de la cible.

Comme les faisceaux  $L_1$  et  $L_2$  sont envoyés symétriquement sur la cible, on obtient en fait deux groupes de faisceaux parallèles entre eux les faisceaux  $L_1$ ,  $L_1 C_1$  et  $L_2 C'_1$  d'une part et les faisceaux  $L_2$ ,  $L_2 C_2$  et  $L_1 C'_2$  d'autre part, les deux groupes de faisceaux étant symétriques par rapport au plan de symétrie de la cible.

Quand le solide  $S_1$ , donc la cible 1, subit des variations dans sa position angulaire, les quatre faisceaux réfléchis subissent, eux aussi des variations que l'on peut exprimer facilement en fonction des variations subies par  $S_1$ .

Afin de mesurer les variations subies par les faisceaux réfléchis on a fixé sur le solide  $S_0$  quatre détecteurs  $C_1$ ,  $C'_1$ ,  $C_2$  et  $C'_2$ . Les détecteurs  $C_1$  et  $C'_2$  sont destinés à recevoir les faisceaux réfléchis  $L_1 C_1$  et  $L_1 C'_2$  issus du faisceau incident  $L_1$ . Ces deux détecteurs sont placés symétriquement par rapport au plan de symétrie de la cible et dans le plan d'incidence du faisceau  $L_1$ .

Dans un plan décalé en  $z$ , on a placé les détecteurs  $C_2$  et  $C'_1$  de réception des faisceaux réfléchis  $L_2 C_2$  et  $L_2 C'_1$  issus du faisceau incident  $L_2$ .

Les quatre détecteurs mesurent/déviations à chaque instant des quatre faisceaux réfléchis, d'une part dans une direction parallèle à l'axe  $Oz$  et d'autre part dans une direction parallèle au plan  $xOy$ .

Ces détecteurs peuvent par exemple être constitués par des cellules photoélectriques à quatre quadrants asservies à rester centrées sur les faisceaux, les mesures étant effectuées d'une manière différentielle par rapport à un zéro arbitraire.

Nous allons maintenant étudier les effets dus aux mouvements de la cible. Sur les détecteurs, les translations dans le plan  $xOy$  seront comptées positives vers le demi-espace B et négatives vers le demi-espace A, si on partage l'espace des deux figures en deux demi-espaces A et B délimités par le plan de symétrie de la cible 1.

Les mouvements du solide  $S_1$  peuvent être tout d'abord des mouve-

ments de rotation autour des axes  $Ox$ ,  $Oy$  et  $Oz$  : nous allons examiner les effets dûs à ces rotations,  $d$  étant la distance séparant la cible 1 des détecteurs :

- Effets d'une faible rotation de  $S_1$  autour de l'axe  $Ox$

5 Elle se traduit par :

- une déviation  $\alpha.d$  du faisceau  $L_1 C_1$  suivant l'axe  $Oz$
- une déviation  $-\alpha.d$  du faisceau  $L_2 C_2$  suivant l'axe  $Oz$
- les faisceaux  $L_1 C'_2$  et  $L_2 C'_1$  restent fixes.

- Effets d'une faible rotation  $\beta$  de  $S_2$  autour de l'axe  $Oy$

10 Elle se traduit par :

- une déviation  $2\beta.d$  sur les quatre trajets suivant l'axe  $Oz$ .

- Effets d'une faible rotation  $\gamma$  de  $S_1$  autour de l'axe  $Oz$ .

Elle se traduit par :

- une déviation de  $2\gamma.d$  sur les faisceaux  $L_1 C'_2$  et  $L_2 C'_1$  dans le plan xoy (les deux déviations dans le même sens).
- une translation  $T$  sur les faisceaux  $L_1 C_1$  et  $L_2 C_2$  suivant l'axe des  $y$  (les deux translations sont dans le même sens).

Les mouvements du solide  $S_1$  peuvent aussi être des translations suivant les axes  $Ox$ ,  $Oy$  et  $Oz$ . Nous allons étudier ci-dessous les effets

20 dûs à ces mouvements :

- Effets d'une faible translation de  $S_1$  suivant  $x$  :

Elle se traduit par :

- une translation  $T_1$  de  $L_1 C_1$ , dans le plan  $xOy$
- une translation  $-T_1$  de  $L_2 C_2$ , dans le plan  $xOy$
- 25 - une translation  $-T_2$  de  $L_1 C'_2$  dans le plan  $xOy$
- une translation  $T_2$  de  $L_2 C'_1$  dans le plan  $xOy$ .

- Effets d'une faible translation de  $S_1$  suivant  $y$  :

Elle se traduit par :

- une translation  $T_3$  de  $L_1 C_1$  suivant  $y$
- 30 - une translation  $T_3$  de  $L_2 C_2$  suivant  $y$
- aucun mouvement sur  $L_1 C'_2$  et  $L_2 C'_1$

- Effets d'une faible translation de  $S_1$  suivant  $z$  :

Elle se traduit par :

- aucun mouvement sur  $L_1 C_1$ ,  $L_1 C'_2$ ,  $L_2 C_2$ ,  $L_2 C'_1$ .

35 Les déviations des faisceaux réfléchis peuvent être dues aussi à des fluctuations des faisceaux  $L_1$  et  $L_2$  provenant de fluctuations de l'émetteur de faisceau laser lui-même ou aux mouvements des faisceaux  $L_1$  et  $L_2$ .

Nous étudions ci-dessous les effets de ces fluctuations, qui peu-

vent être angulaires ou transversales.

- Effets de fluctuations angulaires des faisceaux dans le plan xoy

Une fluctuation du faisceau  $L_1$  se traduit par :

- une fluctuation  $\delta_d$  sur  $L_1 C'_2$  dans le plan xoy
- 5 - une fluctuation  $-\delta_d$  sur  $L_1 C_1$  dans le plan xoy

Une fluctuation du faisceau  $L_2$  se traduit par :

- une fluctuation  $\mathcal{E}.d$  sur  $L_2 C'_1$  dans le plan xoy
- une fluctuation  $-\mathcal{E}.d$  sur  $L_2 C_2$  dans le plan xoy.
- Effets de fluctuations angulaires des faisceaux suivant z

10 Elles se traduisent par :

- une fluctuation  $\delta'_d$  sur  $L_1 C_1$  et  $L_1 C'_2$  suivant z
- une fluctuation  $\mathcal{E}'d$  sur  $L_2 C_2$  et  $L_2 C'_1$  suivant z
- Effets de fluctuations transversales des faisceaux dans le plan xoy

Elles se traduisent par :

- 15 - un déplacement  $w$  sur  $L_1 C_1$  dans le plan xOy
- un déplacement  $-w$  sur  $L_1 C'_2$  dans le plan xOy
- un déplacement  $z$  sur  $L_2 C_2$  dans le plan xOy
- un déplacement  $-z$  sur  $L_2 C'_1$  dans le plan xOy.
- Effets des fluctuations transversales des faisceaux suivant z

20 Elles se traduisent par :

- un déplacement  $u$  sur  $L_1 C_1$  et  $L_1 C'_2$
- un déplacement  $v$  sur  $L_2 C_2$  et  $L_2 C'_1$ .

On appellera  $a$  et  $b$  les mouvements très faibles en translation de la partie du marbre  $S_0$  portant les détecteurs  $C_1$  et  $C'_1$  par rapport à la partie portant les détecteurs  $C_2$  et  $C'_2$ ,  $a$  étant le mouvement suivant  $z$  et  $b$  le mouvement dans le plan xOy.

On peut en déduire d'une part les effets suivant l'axe des  $z$  et d'autre part les effets dans le plan xOy des divers mouvements de la cible et des faisceaux ou des déformations du marbre, sur les faisceaux réfléchis.

30 Le tableau suivant montre les effets suivant l'axe  $oz$  : chaque ligne correspond à l'un des faisceaux, chaque colonne correspond à une cause de déviation des faisceaux réfléchis. La déviation qui est lue sur l'un des détecteurs, par exemple  $C_1$ , c'est-à-dire la déviation du faisceau  $L_1 C_1$  est égale à la somme des valeurs indiquées sur la ligne  $L_1 C_1$ , c'est-à-dire

35 à  $\alpha.d + 2\beta d + \mathcal{E}'d + u + a$ .

faisceaux	rot x	rot y	rot z	Tx	Ty	Tz	rot émetteur 4	T émetteur 4	T S <sub>0</sub>
L <sub>1</sub> C <sub>1</sub>	+ $\alpha$ d	2 $\beta$ d	0	0	0	0	p, d	u	a
L <sub>1</sub> C <sub>2</sub>	0	2 $\beta$ d	0	0	0	0	p, d	u	0
L <sub>2</sub> C <sub>1</sub>	0	2 $\beta$ d	0	0	0	0	p, d	v	a
L <sub>2</sub> C <sub>2</sub>	- $\alpha$ d	2 $\beta$ d	0	0	0	0	p, d	v	0

Le tableau ci-dessous est analogue au premier tableau mais il indique les effets dans le plan xoy.

./...

faisceaux	rot x	rot y	rot z	Tx	Ty	Tz	rot émetteur 4	T émetteur 4	7 marbre So
$L_1 C_1$	0	0	$T$	$T_1$	$T_3$	0	$p_d$	w	b
$L_1 C'_1$	0	0	$2\alpha_d$	$-T_2$	0	0	$p_d$	-w	0
$L_2 C'_1$	0	0	$2\alpha_d$	$T_2$	0	0	$p_d$	z	b
$L_2 C_2$	0	0	$T$	$-T_1$	$T_3$	0	$p_3 - p_d$	-z	0

Pour mesurer la rotation autour de l'axe des x, il suffit de constater que la différence entre la somme des déviations mesurées sur les détecteurs  $C_1$  et  $C'_1$  et la somme des déviations mesurées sur les cellules  $C_2$  et  $C'_2$ , dans le premier tableau, est égale à  $2\alpha_d + 2a$ .

Si l'on suppose que le marbre So est indéformable suivant z, on obtient la rotation  $\alpha$  autour de l'axe Ox en divisant par  $2d$  la différence entre la somme des informations sur les détecteurs  $C_1$  et  $C'_1$  et la somme



des informations sur les détecteurs  $C_2$  et  $C'_2$ .

Le procédé de mesure de la rotation  $\alpha$  du solide  $S_1$  autour de l'axe  $Ox$  consiste donc à mesurer, dans un dispositif selon l'invention, les déviations suivant  $Oz$  sur tous les détecteurs  $C_1$ ,  $C'_1$ ,  $C_2$  et  $C'_2$  et à dé-  
 5 duire  $\alpha$  de la différence entre la somme des déviations mesurées sur les détecteurs  $C_1$  et  $C'_1$  placés dans un même demi-espace A par rapport à la cible 1 et la somme des déviations mesurées sur les détecteurs  $C_2$  et  $C'_2$  placés dans l'autre demi-espace B, cette différence étant divisée par le double de la distance  $d$  séparant la cible 1 des détecteurs.

10 Si l'on effectue maintenant, en se reportant toujours au premier tableau, la somme des informations lues sur les cellules  $C_1$  et  $C_2$ , on constate que cette somme est égale à :  $d (4 \beta + \delta' + \varepsilon') + (u + v + a)$ .

Si l'on considère que les diverses fluctuations dues à l'émetteur de faisceau laser 4 ou aux mouvements des faisceaux  $L_1$  et  $L_2$  ainsi que la  
 15 déformation  $a$  du marbre  $So$  suivant  $z$  sont négligeables, on en déduit que  $4d\beta$  est égal à la somme des informations lues sur  $C_1$  et sur  $C_2$ .

Le procédé de mesure de la rotation  $\beta$  du solide  $S_1$  autour de l'axe  $Oy$  consiste donc à mesurer, dans un dispositif selon l'invention, les déviations suivant  $Oz$  sur les deux détecteurs  $C_1$  et  $C_2$  associés chacun  
 20 à un faisceau  $L_1 C_1$  ou  $L_2 C_2$  qui est réfléchi parallèlement au rayon incident  $L_1$  ou  $L_2$  dont il est issu, et à déduire l'angle  $\beta$  de la somme des déviations mesurées sur ces deux détecteurs  $C_1$  et  $C_2$  divisée par le quadruple de la distance  $d$  séparant la cible 1 des détecteurs.

Pour mesurer  $\beta$ , on peut aussi effectuer la somme des informations  
 25 lues sur les cellules  $C'_1$  et  $C'_2$ . Cette somme est égale à  $d (4 \beta + \delta' + \varepsilon') + (u + v + a)$ . En supposant, comme précédemment, que les valeurs  $\delta'$ ,  $\varepsilon'$ ,  $u$ ,  $v$  et  $a$  sont négligeables, on en déduit que  $4 d \beta$  est égal à la somme des informations lues sur  $C'_1$  et  $C'_2$ .

Le procédé de mesure de la rotation  $\beta$  du solide  $S_1$  autour de l'axe  $Oy$  peut donc aussi consister à mesurer les déviations suivant  $Oz$  sur  
 30 les détecteurs  $C'_1$  et  $C'_2$  associés chacun à un faisceau  $L_2 C'_1$  ou  $L_1 C'_2$  réfléchi dans une direction symétrique de celle du faisceau incident  $L_2$  ou  $L_1$  dont il est issu, par rapport à la cible 1, et à déduire l'angle  $\beta$  de la somme des déviations mesurées sur ces deux détecteurs  $C'_1$  et  $C'_2$  divisée par  
 35 le quadruple de la distance  $d$  séparant la cible des cellules.

Si l'on se reporte maintenant au deuxième tableau, on constate que la somme des informations lues sur les quatre cellules est égale à  
 $4 d \gamma + 2T + 2T_3 + 2b$ .

Si  $T$ ,  $T_3$  et  $b$  sont faibles, on peut en déduire  $\gamma$ , c'est-à-dire l'angle de rotation du solide  $S_1$  autour de l'axe  $Oz$ .

Le procédé de mesure de la rotation  $\gamma$  du solide  $S_1$  autour de l'axe  $Oz$  consiste donc à utiliser un dispositif selon l'invention et à mesurer les déviations dans le plan  $xOy$  sur tous les détecteurs et à déduire l'angle  $\gamma$  de la somme de ces déviations divisée par le quadruple de la distance  $d$  séparant la cible des détecteurs.

Le calcul des angles  $\alpha$ ,  $\beta$  et  $\gamma$  peut être fait soit manuellement soit par un calculateur placé à la sortie des quatre cellules.

L'invention qui vient d'être décrite permet donc de mesurer avec précision l'évolution d'un solide  $S_1$  au cours du temps. Elle présente le gros avantage suivant : la partie du dispositif qui doit être placée sur le solide  $S_1$ , c'est-à-dire par exemple sur le radar ou sur le bras d'une machine à mesurer dont on voudra étudier les déformations au cours du temps, est très compacte, la partie principale du dispositif, c'est-à-dire l'émetteur laser et les détecteurs étant situés sur le marbre fixe  $S_0$ .

Bien entendu, l'invention n'est pas limitée au mode de réalisation qui vient d'être décrit uniquement à titre d'exemple, mais elle couvre également les modes de réalisation qui n'en diffèreraient que par des détails, des variantes d'exécution ou l'utilisation de moyens équivalents.

En particulier, on pourrait simplifier le dispositif décrit en n'utilisant qu'un faisceau incident,  $L_1$  par exemple, et en limitant donc le nombre des détecteurs à deux,  $C_1$  et  $C'_2$ . Un tel dispositif présenterait l'avantage d'être plus simple et plus compact mais sa précision serait divisée par 2.

En se reportant aux mêmes tableaux que précédemment, on voit que l'on obtient, par un raisonnement identique :

1)  $\alpha d + a =$  informations lues sur  $C_1$  - informations lues sur  $C'_2$ .

En négligeant toujours  $a$ , on voit que l'on obtient  $\alpha$  par le même procédé que précédemment mais en divisant par un facteur  $d$  et non plus par un facteur  $2d$ . Pour généraliser, on pourra dire que l'on divise par un facteur  $nd$ ,  $n$  étant le nombre de faisceaux tombant sur la cible.

2)  $2\beta d + \delta d + u =$  informations lues sur  $C'_2$ .

En négligeant toujours  $\delta$  et  $u$ , on voit que l'on obtient  $\beta$  par un procédé identique à l'un de ceux qui sont décrits dans le mode de réalisation préféré mais en divisant par un facteur  $2d$  et non plus  $4d$ . Pour généraliser, on dira que l'on divise par un facteur  $nd$ .

On remarque que le premier procédé décrit dans le mode de réalisation préféré pour mesurer  $\beta$  ne convient pas dans le cas où l'on n'utilise

qu'un faisceau incident.

3)  $2\gamma d + (T + T_1 - T_2 + T_3 + b) =$  informations lues sur  $C_1$  + informations lues sur  $C'_2$ .

- 5 En négligeant les mêmes termes que précédemment, on voit que l'on obtient  $\gamma$  par le même procédé que précédemment mais en divisant par un facteur  $2d$  et non plus  $4d$ . Pour généraliser, on dira que l'on divise par  $nd$ .

REVENDICATIONS

- 1.- Dispositif de mesure des variations de la position angulaire d'un solide  $S_1$  autour de trois axes orthogonaux  $Ox$ ,  $Oy$ ,  $Oz$  liés à un solide de référence  $S_0$ , caractérisé par le fait qu'il comporte :
- 5 - solidaire du solide  $S_1$ , une cible 1 d'axe  $Ox$  susceptible de partager tout faisceau incident ( $L_1$  ou  $L_2$ ) en deux faisceaux réfléchis ( $L_1 C_1$ ,  $L_1 C'_2$  ou  $L_2 C_2$ ,  $L_2 C'_1$ ) dont l'un ( $L_1 C_1$  ou  $L_2 C_2$ ) est parallèle au faisceau incident ( $L_1$  ou  $L_2$ ) et l'autre ( $L_1 C'_2$  ou  $L_2 C'_1$ ), symétrique du premier, ( $L_1 C_1$  ou  $L_2 C_2$ ) par rapport à l'axe de la cible 1,
  - 10 - solidaire du solide  $S_0$ , un émetteur 4 de faisceau laser dont est issu au moins un faisceau  $L_1$  ou  $L_2$  parallèle au plan  $xOy$  et tombant sur la cible 1 et des détecteurs de mesure ( $C_1$ ,  $C'_2$  ou  $C_2$ ,  $C'_1$ ) des déviations à chaque instant des faisceaux réfléchis ( $L_1 C_1$ ,  $L_1 C'_2$  ou  $L_2 C_2$ ,  $L_2 C'_1$ ), d'une part dans une direction parallèle à l'axe  $Oz$ , d'autre part dans une direction
  - 15 parallèle au plan  $xOy$ .
- 2.- Dispositif de mesure selon la revendication 1, caractérisé par le fait que la cible 1 est constituée d'un miroir plan 2 et d'une lame semi-réfléchissante 3 perpendiculaire à ce miroir 2.
- 3.- Dispositif selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé par le fait que les détecteurs ( $C_1$ ,  $C'_2$ ,  $C_2$ ,  $C'_1$ ) sont constitués par des
- 20 cellules photoélectriques, asservies à rester centrées sur les faisceaux ( $L_1 C_1$ ,  $L_1 C'_2$ ,  $L_2 C_2$ ,  $L_2 C'_1$ ), les mesures étant effectuées d'une manière différentielle par rapport à un zéro arbitraire.
- 4.- Dispositif de mesure, selon l'une des revendications précédentes, caractérisé par le fait que de l'émetteur 4 de faisceau laser sont
- 25 issus deux faisceaux  $L_1$  et  $L_2$  tombant symétriquement sur la cible 1 mais dans deux plans d'incidence parallèles entre eux.
- 5.- Procédé de mesure de la rotation  $\alpha$  d'un solide  $S_1$  autour de l'axe  $Ox$  d'un repère  $Oxyz$  lié à un solide de référence  $S_0$ , caractérisé par
- 30 le fait que l'on utilise un dispositif selon l'une des revendications précédentes, que l'on mesure les déviations suivant  $Oz$  sur tous les détecteurs ( $C_1$ ,  $C'_1$  et/ou  $C_2$ ,  $C'_2$ ) et que l'on déduit l'angle  $\alpha$  de la différence entre la somme des déviations mesurées sur les détecteurs ( $C_1$  et/ou  $C'_1$ ) placés dans un même demi-espace A par rapport à la cible 1 et la somme des déviations
- 35 mesurées sur les détecteurs ( $C_2$  et/ou  $C'_2$ ) placés dans l'autre demi-espace B, cette différence étant divisée par un facteur  $n d$ , où  $n$  est le nombre de faisceaux tombant sur la cible 1 et  $d$  la distance séparant la cible 1 des détecteurs.

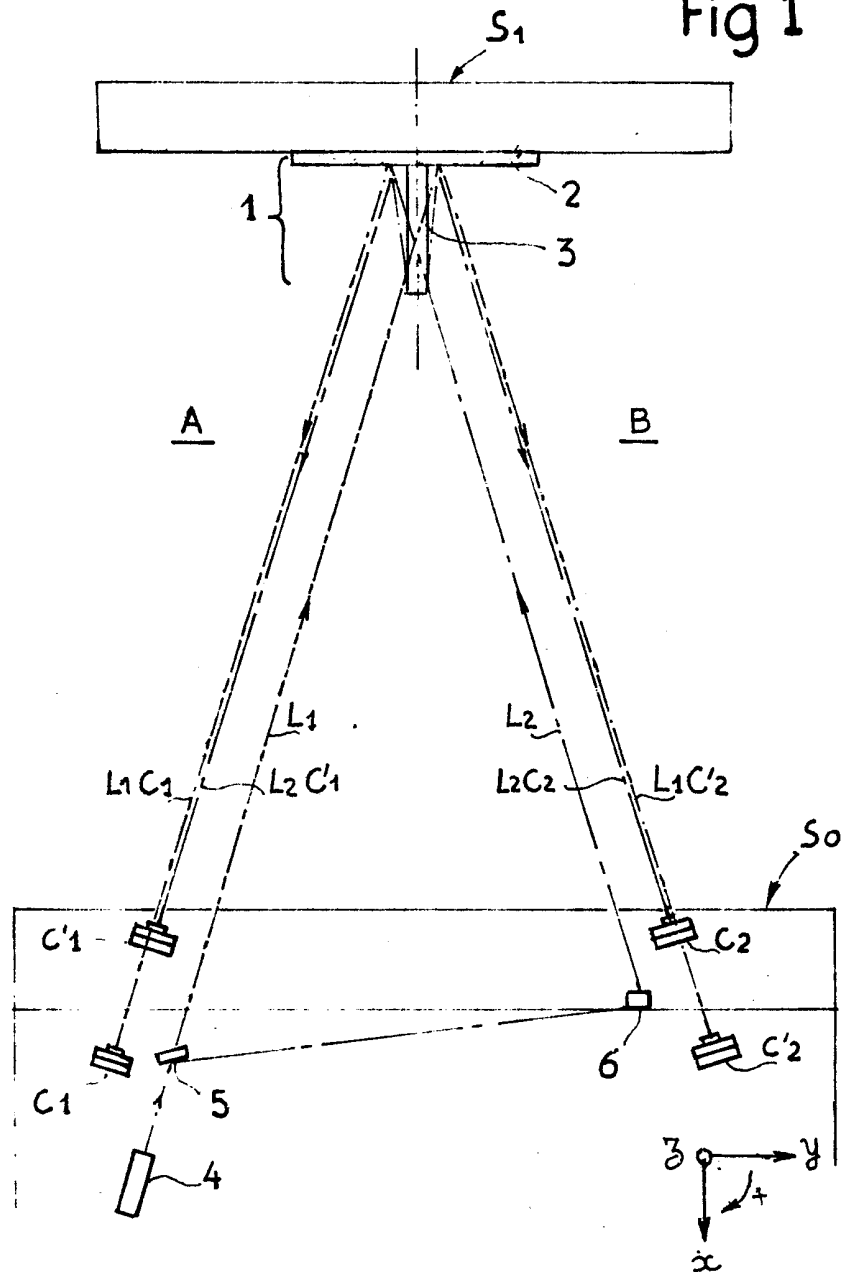
6.- Procédé de mesure de la rotation  $\beta$  d'un solide  $S_1$  autour de l'axe Oy d'un repère Oxyz lié à un solide référence  $S_0$ , caractérisé par le fait que l'on utilise un dispositif selon l'une des revendications précédentes, que l'on mesure les déviations suivant Oz sur les détecteurs  $(C'_1 \text{ et/ou } C'_2)$  associés chacun à un faisceau réfléchi  $(L_2 C'_1 \text{ et/ou } L_1 C'_2)$  dans une direction symétrique de celle du faisceau incident  $(L_2, L_1)$  dont il est issu, par rapport à la cible 1, et que l'on déduit l'angle  $\beta$  de la somme des déviations mesurées sur ces deux détecteurs  $(C'_1, C'_2)$ , cette somme étant divisée par un facteur  $2 n.d$ , où n est le nombre de faisceaux tombant sur la cible 1 et d la distance séparant la cible des détecteurs.

7.- Procédé de mesure de la rotation  $\beta$  d'un solide  $S_1$  autour de l'axe Oy d'un repère Oxyz lié à un solide de référence  $S_0$ , caractérisé par le fait que l'on utilise un dispositif selon la revendication 4, que l'on mesure les déviations suivant Oz sur les deux détecteurs  $(C_1, C_2)$  associés chacun à un faisceau  $(L_1 C_1, L_2 C_2)$  réfléchi parallèlement au rayon incident  $(L_1, L_2)$  dont il est issu et que l'on déduit l'angle  $\beta$  de la somme des déviations mesurées sur ces deux détecteurs  $(C_1, C_2)$  divisée par le quadruple de la distance d séparant la cible 1 des détecteurs.

8.- Procédé de mesure de la rotation  $\gamma$  d'un solide  $S_1$  autour de l'axe Oz d'un repère Oxyz lié à un solide de référence  $S_0$ , caractérisé par le fait que l'on utilise un dispositif selon l'une des revendications précédentes, que l'on mesure les déviations dans le plan xOy sur tous les détecteurs  $(C_1, C'_2 \text{ et/ou } C_2, C'_1)$  et que l'on déduit l'angle  $\gamma$  de la somme de ces déviations divisée par un facteur  $2 n.d$ , où n est le nombre de faisceaux tombant sur la cible 1 et d la distance séparant la cible des détecteurs.

1/2

Fig 1



**2/2**

Fig 2

