

A1

**DEMANDE  
DE BREVET D'INVENTION**

②①

**N° 81 08069**

---

⑤④ Dispositif pour la mesure dynamique des inclinaisons.

⑤① Classification internationale (Int. Cl.<sup>3</sup>). G 01 C 9/02; E 21 B 47/022.

②② Date de dépôt..... 21 avril 1981.

③③ ③② ③① Priorité revendiquée : Suède, 22 avril 1980, n° 80 02997-8; 3 mars 1981, n° 81 01381-5.

④① Date de la mise à la disposition du  
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 43 du 23-10-1981.

---

⑦① Déposant : HOLDAR Bengt, résidant en Suède.

⑦② Invention de : Bengt Holdar.

⑦③ Titulaire : *Idem* ⑦①

⑦④ Mandataire : John Schmitt,  
9, rue Pizay, 69001 Lyon.

- 1 -

Dispositif pour la mesure dynamique des inclinaisons.

La présente invention concerne un dispositif pour la mesure dynamique des inclinaisons par rapport à la verticale, comprenant un fil résilient (ou élastique) qui est maintenu solidement à une extrémité dans un support et dont  
5 l'autre extrémité libre est disposée pour coopérer avec une source lumineuse adaptée pour irradier un moyen détecteur photosensible.

Un dispositif de ce type général peut être construit d'après les instructions du brevet suédois N° 141.501 et du  
10 brevet des Etats-Unis N° 3.324.564. Le brevet suédois 141.501 se rapporte à un dispositif ayant un fil ou une baguette souple dont l'extrémité libre est chargée d'un poids qui, lorsque le dispositif est incliné fait fléchir le fil ou la baguette. Les charges et les tensions de flexion engendrées dans la baguette sont détectées au moyen d'un ex-  
15 tensomètre. Le brevet des Etats-Unis N° 3.324.564 concerne un dispositif ayant un pendule dont l'extrémité libre porte une lampe à incandescence qui est disposée pour coopérer avec un détecteur photosensible de manière à indiquer l'an-  
20 gle auquel le pendule est incliné par rapport à la verticale. Quand bien même le pendule rigide du dispositif selon le brevet U.S. N° 3.324.564 devrait être remplacé par une baguette souple chargée, selon le brevet suédois N° 141.501, il ne serait toujours pas possible de réaliser un inclino-  
25 mètre qui soit sensible et qui réagisse rapidement, à cause essentiellement de la masse relativement élevée de la pièce qui indique l'angle d'inclinaison.

Par conséquent, un premier objet de l'invention est de procurer un inclinomètre du type indiqué dans l'introduc-  
30 tion qui, bien qu'il comprenne une combinaison des dispositifs révélés dans les deux brevets mentionnés plus haut est néanmoins très précis et réagit avec une extrême rapidité, le rendant ainsi capable d'être utilisé pour indiquer les

- 2 -

tassements et les affaissements qui se produisent même lors des légers tremblements de terre. Dans ce qui suit, l'inclinomètre selon l'invention est déclaré être utilisé principalement pour mesurer l'inclinaison d'un trou de sondage ou d'un puits foré ou analogue.

Un autre objet de l'invention est de procurer un inclinomètre qui indiquera non seulement toute déviation par rapport à la verticale, mais aussi la courbure dans un puits foré ou dans un trou de sondage, qui n'est pas rectiligne.

Ces objets sont entièrement réalisés au moyen de l'invention définie dans les revendications suivantes et qui est décrite ci-après en se référant aux dessins annexés, dans lesquels :

- la figure 1 est une vue simplifiée en coupe axiale d'un inclinomètre selon l'invention, comportant un moyen d'indiquer l'inclinaison illustré schématiquement,

- la figure 2 illustre un moyen détecteur fondamental convenable destiné à être utilisé dans l'inclinomètre selon l'invention,

- la figure 3 est une vue simplifiée d'un inclinomètre selon l'invention pour la mesure simultanée de la courbure d'un trou de sondage,

- les figures 4a, 4b, et 4c montrent les positions des points de mesure sur le détecteur de l'inclinomètre lorsqu'on mesure simultanément l'inclinaison et la courbure d'un trou de sondage à partir d'une ligne donnée, et

- les figures 5a et 5b montrent l'inclinaison et la courbure du dispositif qui donne naissance aux positions des points de mesure illustrés dans les figures 4a à 4c.

La figure 1 est une vue simplifiée en coupe axiale d'un dispositif selon l'invention destiné à déterminer les déviations à partir de la verticale. Lorsque le dispositif du mode de réalisation illustré est complètement vertical la déviation à partir de la verticale est zéro. Le dispositif montré dans la figure 1 comprend une enveloppe 1 qui dans la réalisation présentée est supposée être cylindrique mais qui peut avoir une section transversale de configuration quelconque appropriée à l'usage auquel le dispositif

doit être soumis. L'enveloppe 1 a une bonnette supérieure 2 munie d'un orifice 3 pour un câble 4 ayant deux conducteurs électriques 5 et 6 pour alimenter en tension une diode photoémissive 7 ou une autre source de radiation lumineuse qui produit de la lumière infra-rouge, ultraviolette ou visible. Dans ce qui suit, il est supposé que la source lumineuse a la forme d'une diode photoémissive et que cette diode est alimentée en tension alternative ayant une fréquence de 1000 herz par exemple. Cependant, il est bien entendu que l'on peut utiliser toute fréquence convenable et que la diode 7 peut être alimentée avec une tension de courant continu. Dans la réalisation illustrée, la diode photoémissive 7 est montée au sommet d'un bouchon supérieur 8 qui forme un support pour une fibre optique 9. La fibre 9 est maintenue fermement à une de ses extrémités 10 dans le support 8 tandis que le reste de la fibre est mobile librement et exempt de toute charge. L'extrémité supérieure 10 de la fibre 9 est adaptée pour coopérer avec la diode 7 et la lumière issue de la diode sera ainsi transmise à l'extrémité libre 11 de la fibre 9. L'extrémité libre 11 se trouve au-dessus d'un détecteur 12 et elle est placée si près de la surface du détecteur, qu'un petit point lumineux bien défini est projeté sur cette surface.

Le principe fondamental d'un détecteur 12 convenable est illustré dans la figure 2. Le détecteur 12 de la réalisation présentée a la forme d'un détecteur connu sous le nom de détecteur photoélectrique transversal, qui est construit autour d'une plaque carrée comprenant un matériau semi-conducteur. Le dessus de la plaque est recouvert d'une couche d'or perméable à la lumière, tandis que le dessous a une mince couche homogène de matériau résistant. Le long de la périphérie de la couche résistante (non montrée) se trouvent deux paires d'électrodes à décharge 13, 13 et 14, 14 mutuellement opposées, adjacentes aux arêtes de la plaque. Lorsqu'un point 15 est éclairé, le flux lumineux engendre une source de tension/courant autour de la zone de transition p-n présente dans la plaque enduite. Cette source de tension/courant est capable de former un circuit fermé via cette

- 4 -

couche d'or et la couche résistante avec les électrodes 13, 13 et 14, 14 et de ce fait on peut enregistrer quatre flux de courant séparés, un pour chaque électrode. L'amplitude de ces flux de courant séparés dépend de la distance entre le point lumineux 15 et l'origine 16 des coordonnées dans le système incorporé XY. Les quatre flux de courant obtenus par les électrodes 13, 13 et 14, 14 sont alimentés via les conducteurs électriques 17, 18, 19 et 20 jusqu'à un analyseur 21 qui révèle la position du point lumineux dans le système des coordonnées, soit directement, soit indirectement. La situation du point lumineux 15 est identique à la position de l'extrémité 11 de la fibre 9 et, en ayant connaissance des caractéristiques de flexion de la fibre 9 et de sa longueur il est possible de donner l'inclinaison de l'enveloppe 1 par rapport à la verticale, à la fois directement et avec précision. La flexion maximale extérieure de la fibre 9 avec une inclinaison de  $90^\circ$  peut recevoir toute valeur désirée en choisissant la matière de la fibre, sa longueur et la surface de sa section transversale. Il n'est pas nécessaire que la surface de la section transversale soit constante sur toute la longueur de la fibre, bien qu'il soit préférable d'utiliser une fibre ayant une grosseur uniforme et une section transversale circulaire. Comme on le comprendra, la précision de mesure du dispositif dépend des caractéristiques de la fibre et aussi du détecteur. Un détecteur du type décrit ci-dessus donne la position du centre du point lumineux avec une précision de  $10^{-6}$  mètres ou supérieure. En fonction de la longueur et de la surface de la section transversale de la fibre souple et résiliente 9 il est possible, lorsqu'on utilise un tel détecteur, d'obtenir une précision de mesure de 1 (un) microradian. Lorsque la demande de précision de mesure n'est pas aussi élevée, on peut mentionner qu'une précision de  $0,01^\circ$  peut être obtenue avec une fibre de verre d'une longueur d'environ 10 cm et d'un diamètre d'environ 50 micromètres avec une amplitude de mesure de  $\pm 90^\circ$ .

Le dispositif décrit peut être utilisé dans de multiples domaines techniques. Il peut ainsi être employé

comme un fil à plomb conventionnel et comme un capteur (senseur) dans l'alignement automatique d'objets à un certain angle d'inclinaison, par exemple dans la mise à l'horizontale télécommandée d'appareils sous-marins. Le dispositif illustré dans la figure 1 peut aussi être utilisé pour mesurer en continu des mouvements extrêmement petits dans l'écorce terrestre, fonctionnant pour cela comme un système d'alerte avancé d'avalanche et, dans les gisements meubles, agissant pour cela comme un système d'alerte avancé dans le cas de glissements de terrain etc... Le court temps de réaction de la fibre et de façon similaire le court temps de montée du détecteur décrit, environ une microseconde, permet d'utiliser le dispositif comme vibromètre pour déterminer les fréquences et les amplitudes des vibrations. On devra noter que l'électrode décrite est seulement un des différents types de détecteurs photoélectriques qui peuvent être utilisés pour détecter la position de l'extrémité libre ou la pointe 11 de la fibre 9 par rapport à la verticale. Dans certains cas il peut être convenable et désirable de monter un système de lentilles entre la pointe 11 de la fibre 9 et le détecteur 12.

Il sera évident que le dispositif illustré dans la figure 1 est seulement destiné à indiquer les angles d'inclinaison, c'est à dire une fonction de la distance allant de l'origine 16 au point lumineux 15, et qu'on ne peut pas l'utiliser dans l'état où il est présenté pour montrer par exemple la présence d'une courbure dans un trou de sondage dans lequel le dispositif est inséré.

Afin que le dispositif puisse indiquer un trou de sondage tortueux il est muni d'un système optique du type montré dans la figure 3 par exemple. Dans cette réalisation, l'enveloppe 1 est prolongée avec une partie cylindrique 1'. Dans l'extrémité inférieure de la partie 1' on a monté une source lumineuse 22 par exemple une diode photoémissive du même type que la diode photoémissive 7, cette diode 22 étant alimentée en tension par deux conducteurs électriques 23 et 24. La lumière provenant, de la diode photoémissive 22 est focalisée sur le dessous du détecteur 12 au moyen d'une len-

- 6 -

tille ou d'un système de lentilles 25. Comme on le verra dans les  
dessins, le détecteur de la réalisation montrée figure 3, a été ex-  
posé en retirant le fond 26 de la figure 1. Lorsque l'en-  
veloppe 1, 1' est exempte de toute courbure, le point lumi-  
neux 27 engendré par le système de lentilles 25 reposera sur  
l'origine 16 (figure 2) mais, si le dispositif est inséré  
dans un trou de sondage qui est quelque peu tortueux, l'en-  
veloppe 1, 1' se courbera légèrement, obligeant le point  
lumineux 27 engendré par le système fixe de la lentille 25  
et la source lumineuse fixe 22 à se déplacer autour de la  
surface de dessous du détecteur 12. On remarquera que si,  
comme décrit précédemment, on utilise seulement un détecteur  
12 pour deux points lumineux 15 (figure 2) et 27 (figure 3)  
il est nécessaire d'étendre et d'éclairer alternativement  
les deux diodes photoémissives de manière que le détecteur  
12 puisse donner les valeurs correctes. Dans ce but il est  
prévu une source de tension 28 qui alternativement fournit  
une tension d'allumage à la diode 7 et à la diode 22, par  
laquelle un point lumineux seulement est projeté sur le  
détecteur 12 à tout moment donné. Les signaux X-Y produits  
par le détecteur 12 sont envoyés à un enregistreur 29, un  
ordinateur ou tout autre appareil similaire et les signaux  
produits respectivement par la diode photoémissive 7 et la  
diode photoémissive 22 sont séparés par des impulsions de  
synchronisation d'avec la source de tension 28 sur une ligne  
30.

Il est naturellement aussi possible d'utiliser deux  
détecteurs mutuellement indépendants superposés l'un sur  
l'autre, dont l'un est monté pour coopérer avec la diode  
photoémissive 7 de la manière décrite en se référant à la  
figure 1 et dont l'autre est disposé pour coopérer avec la  
diode photoémissive 22.

Pour une explication plus poussée du dispositif  
selon la figure 3, on se référera aux figures 4a à 4c et  
aux figures 5a et 5b. La figure 5a montre un trou de son-  
dage dans un plan horizontal X-Y et on pourra voir que ce  
trou de sondage est légèrement incurvé dans le sens des ai-  
guilles d'une montre. La figure 5b présente le même trou de

- 7 -

sondage dans un plan X-Z qui est vertical et dans lequel le trou de sondage se prolonge de façon rectiligne. Dans la réalisation de la figure 3, l'enveloppe 1, 1' est supposée être renfermée dans un long tube, par exemple un tube de

5 gaine protectrice, qui est introduit dans le trou de sondage au fur et à mesure de son forage. L'enveloppe 1, 1' se courbera de ce fait d'une manière correspondant à celle illustrée dans la figure 5a, ce qui signifiera que le point lumineux 27 obtiendra une position par rapport à l'origine 16 du détecteur, qui correspondra à celle de la figure 4a. Il sera

10 évident aussi que la rotation de l'enveloppe 1, 1' autour de son grand axe, ce qui est inévitable, ne changera pas la distance entre le point lumineux 27 et l'origine 16 et que le point lumineux 27 ne sera pas déplacé par rapport au point

15 15 qui indique l'inclinaison selon la figure 5a. La position angulaire dans le système des coordonnées sera naturellement changée par la rotation du système des coordonnées comme cela est évident d'après les figures 4a à 4c. Le point lumineux 15 prendra aussi une position spécifique dans le système des coordonnées, indépendamment de la rotation de l'enveloppe 1, 1' autour de son axe longitudinal.

20

Le rayon de la courbure dans le trou de sondage à chaque point de mesure séparé est fonction de la distance entre le point lumineux 27 et l'origine 16, puisque l'enveloppe 1, 1' présente la même courbure et qu'elle a évidemment un diamètre substantiellement correspondant au diamètre du trou de sondage. Le centre de la courbure est calculé par trigonométrie à l'aide des coordonnées du point lumineux 15 qui se trouvent toujours dans un plan vertical passant par l'origine 16. De ce fait, indépendamment de la position de rotation de l'enveloppe 1, 1' autour de son axe longitudinal, on peut obtenir toutes les valeurs requises pour tracer des courbes qui montrent avec précision l'inclinaison et la courbure du trou de sondage, soit directement, soit au moyen d'un ordinateur. La tension exigée peut être fournie, à l'équipement soit à partir de la surface du sol, soit à partir

30 d'une source de tension incorporée dans l'enveloppe 1, 1'. De façon analogue, les signaux de position peuvent être en-



- 8 -

voyés à la surface du sol via un câble ou bien on peut incorporer dans l'enveloppe l, l' les circuits nécessaires pour mémoriser et calculer successivement l'information de position. L'enveloppe l, l' devrait être relativement facilement incurvable pour lui permettre de passer dans des courbures de petit rayon. La longueur de l'enveloppe l, l' est décisive pour rendre la courbure capable d'être enregistrée et, si l'on désire avoir une grande précision, l'enveloppe devra donc être longue. Il est évident que la précision du dispositif dépend du rapport signal/bruit des circuits électroniques recevant les signaux du ou des détecteurs. Le pouvoir de résolution d'un détecteur du type décrit est de l'ordre de  $10^{-6}$  mètres. En utilisant des dispositifs électroniques relativement simples, il devrait être possible de déterminer l'inclinaison jusqu'à environ  $\pm 0,01^\circ$  et le rayon de courbure jusqu'à environ 100 km. Cela signifie que dans les cas les plus mauvais il est possible de déterminer la configuration d'un trou de sondage ayant une longueur de 1000 mètres avec une erreur de l'ordre de 5 mètres, puisque dans la mesure continue les erreurs s'accumulent constamment avec le même signe.

Revendications

1 - Un dispositif pour mesurer dynamiquement les inclinaisons par rapport à la verticale, comprenant un fil résilient (9) qui est maintenu solidement à une extrémité (10) dans un support (8) pour coopérer avec une source lumineuse (7) dont la lumière est transmise à l'autre extrémité libre (11) pour irradier un moyen détecteur photosensible (12), caractérisé par le fait que le fil comprend une fibre optique (9) ne portant pas de charge, que la source lumineuse (7) est logée à l'extrémité solidement maintenue de la fibre optique, et que l'extrémité libre (11) de cette fibre est logée si près de la surface photosensible du moyen détecteur (12) que la lumière transmise par la fibre à partir de la source lumineuse forme un point lumineux (15) sur cette surface.

2 - Un dispositif selon la revendication 1, caractérisé par le fait que le moyen détecteur (12) est adapté pour produire des signaux révélant la position du point lumineux (15) par rapport à une position de référence donnée.

3 - Un dispositif selon la revendication 1, caractérisé par le fait que le moyen détecteur (12), la source lumineuse (7) et la fibre optique (9) sont incorporés dans une enveloppe souple prolongée (1,1') et que dans cette enveloppe, au-dessous du moyen détecteur (12) est adapté un montage de lentille (25) capable de projeter sur le détecteur une image punctiforme (27) d'une autre source lumineuse (22), étant donné que ce montage de lentille et cette autre source lumineuse (22) sont fixés dans l'enveloppe (1,1').

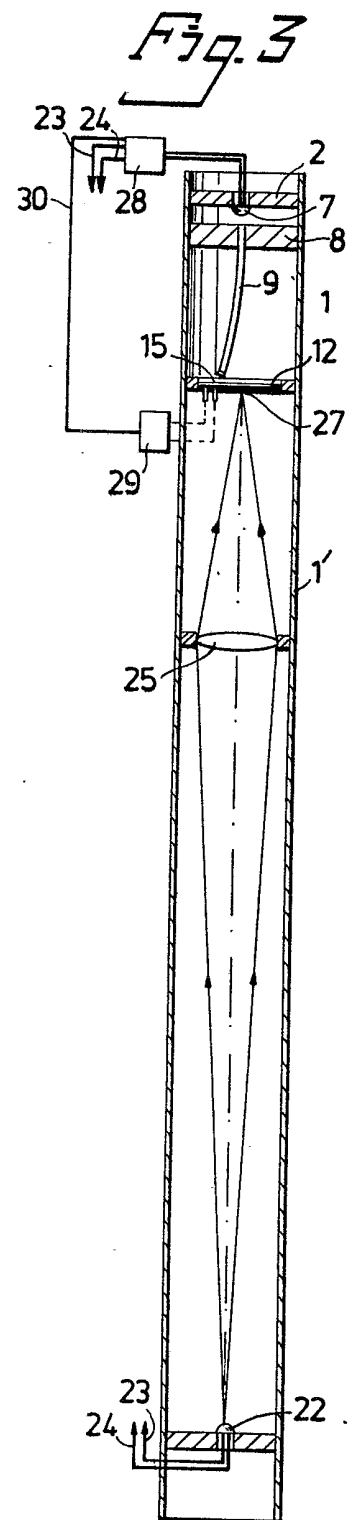
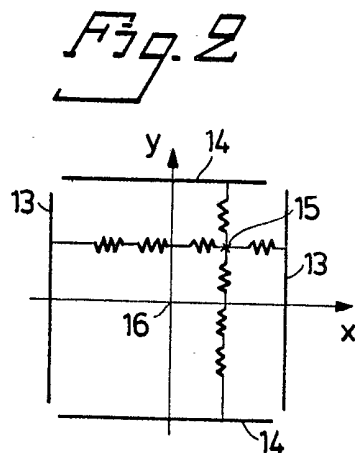
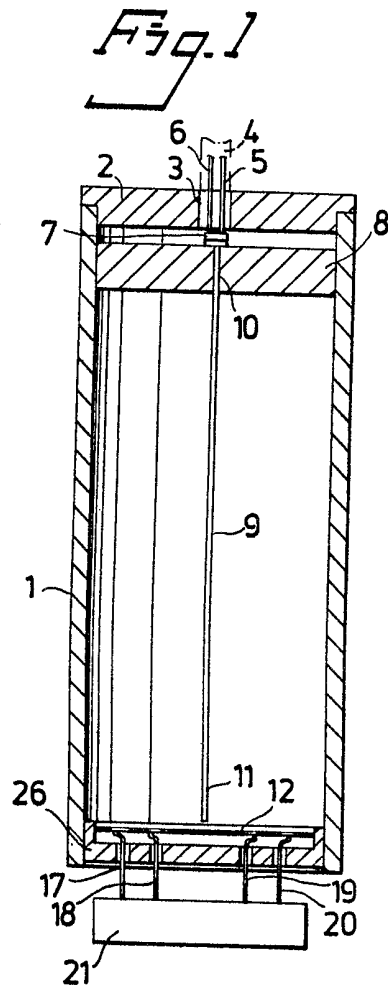
4 - Un dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé par le fait qu'il comprend des circuits électroniques (21, 29) pour traiter des signaux provenant du moyen détecteur (12).

5 - Un dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé par le fait que la source lumineuse ou les sources lumineuses comportent chacune une diode photoémissive (7,22).

- 10 -

6 - Un dispositif selon la revendication 5, caractérisé par le fait que la source lumineuse ou les sources lumineuses sont adaptées pour être alimentées avec une tension alternative.

1/2



2/2

Fig. 4a

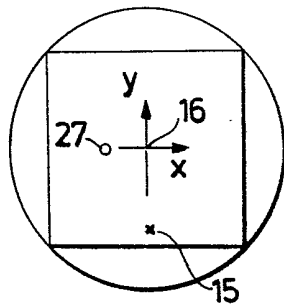


Fig. 4b

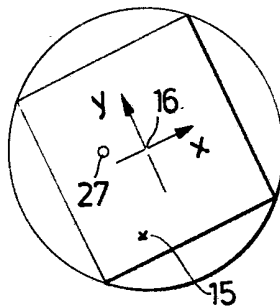


Fig. 4c

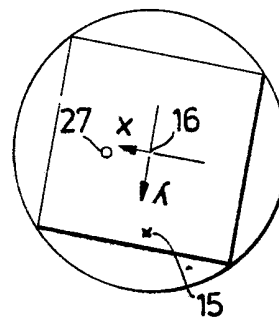


Fig. 5a

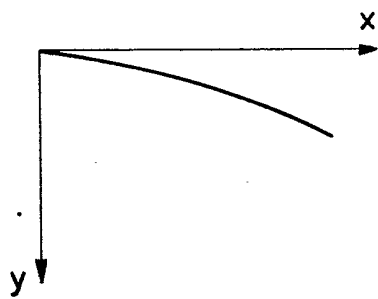


Fig. 5b

