



DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITE DE COOPERATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(51) Classification internationale des brevets ⁶ : G01B 7/31, 7/34	A1	(11) Numéro de publication internationale: WO 97/18438 (43) Date de publication internationale: 22 mai 1997 (22.05.97)
(21) Numéro de la demande internationale: PCT/FR96/01787 (22) Date de dépôt international: 13 novembre 1996 (13.11.96) (30) Données relatives à la priorité: 95/13420 13 novembre 1995 (13.11.95) FR (71) Déposant (pour tous les Etats désignés sauf US): NANOTEC INGENIERIE [FR/FR]; 77, rue Gustave-Vatonne, F-91190 Gif-sur-Yvette (FR). (72) Inventeurs; et (75) Inventeurs/Déposants (US seulement): LETEURTRE, Patrick [FR/FR]; 6, rue du Docteur-Roux, F-91440 Bures-sur-Yvette (FR). OSSART, Frédéric [FR/FR]; Eden Green, Chemin du Golf, F-30900 Nîmes (FR). (74) Mandataires: ALLANO, Sylvain etc.; Pontet Allano & Associés S.E.L.A.R.L., Parc-Club Orsay-Université, 25, rue Jean-Rostand, F-91893 Orsay Cédex (FR).		(81) Etats désignés: JP, US, brevet européen (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE). Publiée Avec rapport de recherche internationale. Avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si de telles modifications sont reçues.
(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR MEASURING AXIAL DEVIATION IN A TAUTWIRE ALIGNMENT SYSTEM (54) Titre: PROCEDE ET DISPOSITIF POUR MESURER UN ECART AXIAL DANS UN SYSTEME D'ALIGNEMENT A FIL TENDU (57) Abstract A method for measuring axial deviation in a taut-wire alignment system (1) that includes a dynamically earthed resistive wire (2) extending along a longitudinal reference axis and adjacent to elements to be aligned (3). The method comprises applying an AC voltage signal to a measurement electrode provided with a reference electrode, said measurement electrode being arranged in a measurement plane in a holder attached to an element to be aligned (3); carrying out a measurement using a capacitive bridge that includes a first capacitor consisting of the measurement electrode and the wire, as well as a second capacitor, in order to provide a measurement signal representing an axial position of the measurement electrode relative to the taut wire (2); and processing the measurement signal to provide data indicating the axial deviation between the element to be aligned (3, 7) and a predetermined alignment position. The method is particularly suitable for aligning elements in linear colliders. (57) Abrégé Procédé pour mesurer un écart axial dans un système d'alignement à fil tendu (1), ce système d'alignement (1) comprenant un fil résistif (2) tendu selon un axe longitudinal de référence, disposé à proximité d'éléments à aligner (3) et relié dynamiquement à la terre. Le procédé comprend: une application d'un signal de tension alternatif sur une électrode de mesure munie d'une électrode de garde; cette électrode de mesure étant disposée dans un plan de mesure sur un support fixé à un élément à aligner (3), une mesure par un pont capacitif comprenant une première capacité constituée par l'électrode de mesure et le fil et une seconde capacité, pour fournir un signal de mesure représentatif d'une position axiale de l'électrode de mesure par rapport au fil tendu (2), et un traitement de ce signal de mesure pour fournir une information représentative d'un écart axial de l'élément à aligner (3, 7) par rapport à une position d'alignement prédéterminée. Utilisation notamment pour l'alignement d'éléments de collisionneurs linéaires.		

UNIQUEMENT A TITRE D'INFORMATION

Codes utilisés pour identifier les Etats parties au PCT, sur les pages de couverture des brochures publiant des demandes internationales en vertu du PCT.

AT	Arménie	GB	Royaume-Uni	MW	Malawi
AT	Autriche	GE	Géorgie	MX	Mexique
AU	Australie	GN	Guinée	NE	Niger
BB	Barbade	GR	Grèce	NL	Pays-Bas
BE	Belgique	HU	Hongrie	NO	Norvège
BF	Burkina Faso	IE	Irlande	NZ	Nouvelle-Zélande
BG	Bulgarie	IT	Italie	PL	Pologne
BJ	Bénin	JP	Japon	PT	Portugal
BR	Brésil	KE	Kenya	RO	Roumanie
BY	Bélarus	KG	Kirghizistan	RU	Fédération de Russie
CA	Canada	KP	République populaire démocratique de Corée	SD	Soudan
CF	République centrafricaine	KR	République de Corée	SE	Suède
CG	Congo	KZ	Kazakhstan	SG	Singapour
CH	Suisse	LI	Liechtenstein	SI	Slovénie
CI	Côte d'Ivoire	LK	Sri Lanka	SK	Slovaquie
CM	Cameroun	LR	Libéria	SN	Sénégal
CN	Chine	LT	Lituanie	SZ	Swaziland
CS	Tchécoslovaquie	LU	Luxembourg	TD	Tchad
CZ	République tchèque	LV	Lettonie	TG	Togo
DE	Allemagne	MC	Monaco	TJ	Tadjikistan
DK	Danemark	MD	République de Moldova	TT	Trinité-et-Tobago
EE	Estonie	MG	Madagascar	UA	Ukraine
ES	Espagne	ML	Mali	UG	Ouganda
FI	Finlande	MN	Mongolie	US	Etats-Unis d'Amérique
FR	France	MR	Mauritanie	UZ	Ouzbékistan
GA	Gabon			VN	Viet Nam

- 1 -

"Procédé et dispositif pour mesurer un écart axial dans un système d'alignement à fil tendu"

DESCRIPTION

La présente invention concerne un procédé pour mesurer
5 un écart axial dans un système d'alignement à fil tendu.
Elle vise également un dispositif de mesure mettant en
oeuvre ce procédé, ainsi qu'un système d'alignement à fil
tendu incluant de tels dispositifs de mesure.

Dans des grands instruments de recherche en physique
10 des particules, tels que des collisionneurs linéaires, il
est nécessaire d'obtenir un alignement précis d'éléments
lourds tels que des tronçons d'aimant, sur des distances
qui peuvent atteindre plusieurs centaines de mètres. Pour
cela, il a été développé des systèmes d'alignement sans
15 contact mettant en oeuvre un fil tendu le long des
éléments à aligner et des dispositifs de mesure d'écart
mettant en oeuvre des techniques optiques ou électriques,
en particulier capacitives. La présente invention
s'inscrit dans le cadre des systèmes d'alignement à fil
20 tendu mettant en oeuvre des techniques de mesure
capacitive. A ce titre, on connaît déjà un système
d'alignement à fil tendu dans lequel on envoie sur un fil
électriquement conducteur une impulsion courte avec une
constante de temps d'une nanoseconde. Cette impulsion
25 induit entre deux plaques métalliques des charges
électrostatiques par influence. Une mesure de différence
de charge fournit une information quantitative sur l'écart
du fil par rapport au plan médian entre les deux plaques.

On connaît également un autre système d'alignement à
30 fil tendu dans lequel un fil en tungstène d'un diamètre de
125 μm et ayant une résistivité de 40 $\Omega\cdot\text{m}$ est soumis à
une tension alternative à haute fréquence. Des anneaux
capteurs capacitifs sont disposés entre des segments de
garde reliés à la masse. Ces anneaux et l'électronique
35 sont disposés dans un boîtier blindé.

Dans ces systèmes d'alignement, on utilise la
conductivité du fil tendu pour effectuer des mesures
d'écart axial, ce qui exclut d'utiliser pour la

- 2 -

réalisation de ces fils, des matériaux présentant une résistivité électrique élevée.

Le but de l'invention est de remédier à ces inconvénients en proposant un procédé pour mesurer un écart axial dans un système d'alignement comprenant un fil résistif tendu qui puisse notamment être réalisé dans un matériau présentant des caractéristiques mécaniques plus élevées que les matériaux utilisés actuellement dans les écartomètres à fil.

10 Suivant l'invention, le procédé comprend:

une application d'un signal de tension alternatif sur une électrode de mesure munie d'une électrode de garde, cette électrode de mesure étant disposée dans un plan de mesure sur un support fixé à un élément à aligner et à proximité du fil tendu, ce fil tendu étant dynamiquement relié à la terre,

une mesure par un pont capacitif comprenant une première capacité constitué par l'électrode de mesure et le fil et une seconde capacité prédéterminée, pour fournir un signal de mesure représentatif d'une position axiale de l'électrode de mesure par rapport au fil tendu selon un premier axe de mesure normal audit plan de mesure, et

un traitement de ce signal de mesure pour fournir une information représentative d'un écart axial de l'élément à aligner par rapport à une position d'alignement prédéterminée.

Ainsi, avec le procédé de mesure selon l'invention, contrairement aux procédés de l'art antérieur qui nécessitaient la mise d'un fil suffisamment conducteur, il devient possible d'utiliser un fil réalisé avec des matériaux présentant une plus forte résistivité électrique mais des caractéristiques mécaniques plus élevées permettant ainsi d'exercer une plus forte traction sur le fil qui est alors mieux tendu. On obtient alors un gain significatif dans la précision des mesures, tout en utilisant un fil solide pouvant présenter une résistance totale de plusieurs dizaines de $K\Omega$.

- 3 -

Dans une forme préférée de mise en oeuvre du procédé selon l'invention, des premier et second signaux de tension alternatifs sont appliqués respectivement à une première et une seconde électrodes de mesure munies
5 respectivement d'électrodes de garde et disposées respectivement dans un premier et un second plans de mesure situés de part et d'autre de l'axe de référence, et le procédé comprend en outre, pour chaque électrode de mesure, une mesure par pont capacitif pour fournir un
10 signal représentatif de la capacité entre l'électrode de mesure et le fil, et un traitement différentiel desdits premier et second signaux représentatifs des capacités correspondant respectivement aux première et seconde électrodes de mesure pour délivrer une information
15 représentative d'un écart axial de l'élément à aligner par rapport à un positionnement d'alignement prédéterminé selon un premier axe de mesure.

De préférence, les premier et second plans de mesure sont sensiblement parallèles, et on obtient une
20 information d'écart axial de l'élément à aligner par rapport à une position d'alignement prédéterminée selon un axe de mesure normal auxdits premier et second plans de mesure.

Lorsqu'il est nécessaire de mesurer un écart axial
25 suivant un autre axe tel que l'axe vertical, le procédé selon l'invention comprend en outre au moins une application d'un signal de tension alternatif sur au moins une autre électrode de mesure disposée à proximité du fil tendu dans un autre plan de mesure non parallèle au
30 premier plan de mesure, une mesure par pont capacitif pour fournir au moins un autre signal de mesure représentatif d'une position axiale de l'autre électrode de mesure selon un autre axe de mesure normal audit autre plan de mesure, et un traitement de cet autre signal pour délivrer une
35 information représentative d'un écart axial de l'élément à aligner par rapport à une position d'alignement prédéterminée selon ledit autre axe de mesure.

- 4 -

Dans un mode particulier de réalisation de l'invention, l'autre plan de mesure n'est pas parallèle au premier plan de mesure, et peut être par exemple orthogonal à celui-ci.

5 Suivant un autre aspect de l'invention, il est proposé un dispositif pour mesurer un écart axial dans un système d'alignement à fil tendu, mettant en oeuvre le procédé selon l'une des revendications précédentes, comprenant un support fixé à un élément à aligner selon un
10 axe de référence, caractérisé en ce qu'il comprend:

au moins une électrode de mesure munie d'une électrode de garde et disposée dans un plan de mesure situé à proximité d'un fil tendu conducteur relié à une masse,

15 des moyens pour générer et appliquer sur cette électrode de mesure un signal de tension alternatif, par rapport à l'électrode de garde,

des moyens de pont capacitif pour délivrer un signal de mesure représentatif d'une position axiale de
20 l'électrode de mesure par rapport au fil tendu selon un axe de mesure normal audit plan de mesure, et

des moyens pour traiter ce signal de mesure afin de délivrer une information représentative d'un écart axial de l'élément à aligner par rapport à une position
25 d'alignement prédéterminée.

Dans une version préférée de l'invention, le dispositif de mesure comprend au moins deux électrodes de mesure disposées respectivement dans deux plans de mesure sensiblement orthogonaux.

30 Afin d'obtenir une meilleure précision naturelle, le dispositif de mesure selon l'invention comprend au moins deux électrodes de mesure disposées respectivement dans deux plans de mesure sensiblement parallèles de part et d'autre de l'axe de référence.

35 Dans un mode effectif de réalisation d'un dispositif de mesure selon l'invention, celui-ci comprend en outre un évidement central pour recevoir le fil tendu, autour duquel sont disposés plusieurs éléments de mesure, chaque

- 5 -

élément de mesure comprenant un support isolant sur lequel est disposée sous la forme d'une couche mince l'électrode de mesure.

Dans une forme pratique de réalisation, chaque
5 élément de mesure comprend une pièce en matériau isolant comportant sur sa face extérieure l'électrode de mesure et fixée à un support métallique faisant fonction de garde pour cette électrode de mesure qui peut présenter des formes géométriques diverses.

10 Les moyens de génération et les moyens de pont capacitif peuvent être logés au sein du dispositif, à proximité immédiate des électrodes de mesure, et disposés au moins partiellement dans une enceinte blindée qui peut être portée à un potentiel flottant.

15 Mais, pour certaines applications et dans des environnements difficiles, notamment irradiés, l'ensemble des équipements électroniques est déporté de plusieurs mètres, le dispositif de mesure étant alors passif.

D'autres particularités et avantages de l'invention
20 apparaîtront encore dans la description ci-après. Aux dessins annexés donnés à titre d'exemples non limitatifs:

- la figure 1 est une vue descriptive d'un système d'alignement mettant en oeuvre des dispositifs de mesure de déplacement axial selon l'invention;
- 25 - la figure 2 est une vue en coupe d'un premier exemple de réalisation d'un dispositif de mesure selon l'invention;
- la figure 2A est une vue partielle d'un module capacitif au sein du dispositif représenté en figure
30 2;
- la figure 3 est une vue en coupe d'un second exemple de réalisation d'un dispositif de mesure selon l'invention; et
- la figure 4 est un schéma-bloc d'une unité de
35 traitement électronique associée à un module capacitif au sein d'un dispositif de mesure selon l'invention.

- 6 -

On va maintenant décrire un exemple de mise en oeuvre de dispositifs de mesure d'écart axial selon l'invention dans un système d'alignement à fil tendu, en référence à la figure 1.

5 Un système d'alignement à fil tendu 1 selon l'invention comprend un ensemble de dispositifs de mesure d'écart 10, 11, désignés dans la suite sous le terme d'écartomètres, un fil 2 réalisé de préférence à partir de fibres de carbone, présentant une résistivité électrique
10 élevée et tendu à ses deux extrémités par des équipements de traction 5, 6 comprenant par exemple des poulies et des poids, des équipements 100, 110 de traitement électronique et une unité centrale 120 pour collecter les informations d'écart axial délivrées par chaque écartomètre 10, 11 et
15 pour émettre des instructions de commande 130 à des actionneurs de positionnement (non représentés) en vue d'obtenir l'alignement recherché.

Les écartomètres 10, 11 sont fixés solidement à des éléments 3, 7 dont on recherche l'alignement, par exemple
20 sur des faces latérales verticales 4, 8 de ces éléments. Le fil 2 est tendu selon un axe de référence AR mais décrit en pratique une chaînette du fait de son poids propre. Il faut cependant noter que l'utilisation d'un fil en fibres de carbone à faible densité rendue possible par
25 le procédé selon l'invention contribue à diminuer considérablement cet effet de chaînette. Le fil 2 est relié électriquement à la terre ou à une masse de référence, soit de manière directe, soit de manière dynamique par couplage capacitif. On peut par exemple
30 prévoir une liaison 12 à la terre au niveau d'une poulie 6.

On va maintenant décrire un premier exemple d'un dispositif de mesure d'écart ou écartomètre selon l'invention, en référence aux figures 2 et 2A.

35 Un écartomètre 10 selon l'invention comprend un support 280 conducteur relié à la terre et fixé sur une face extérieure latérale 4 d'un élément à aligner 3, une pièce 290 en matériau isolant et une pièce de garde

- 7 -

métallique 200 présentant en coupe une forme de U et recevant sur ses faces intérieures 261, 262 des éléments de mesure capacitive 260, 270 entre lesquels passe le fil tendu 2 qui est relié électriquement à la terre par des
5 moyens de liaison électrique appropriés 12. Les deux éléments de mesure capacitive 260, 270, séparés par un élément d'entretoise 201, sont disposés en opposition sur les deux faces intérieures de la pièce de garde 200. Chaque élément de mesure capacitive 260, 270 peut par
10 exemple comporter, comme représenté en figure 2A, une électrode de mesure 20, 22 déposée sur une couche de matériau isolant 26, 27, par exemple de l'alumine, disposée sur les faces intérieures 261, 262 qui font
15 fonction de garde pour les deux électrodes de mesure 20, 22. Dans un exemple pratique de réalisation, les électrodes de mesure sont de forme sensiblement rectangulaire sur des pièces de garde de forme ronde. Mais on peut envisager bien d'autres formes géométriques tant pour les électrodes de mesure que pour les pièces de
20 garde.

On peut, à titre d'exemple non limitatif, prévoir que les électrodes de mesure soient réalisées par sérigraphie, ou par toute autre technique de dépôt de couche mince métallique. Chaque élément de mesure capacitive 260, 270
25 définit un plan de mesure P, P' incluant l'électrode de mesure 20, 22. Les deux plans de mesure P, P' sont de préférence parallèles et on leur associe d'une part, un premier axe de mesure X normal aux plans de mesure et d'autre part, un second axe de mesure Z parallèle aux
30 plans de mesure. Dans une configuration à deux plans de mesure parallèles telle que celle représentée en figure 2, seuls les écarts axiaux selon le premier axe de mesure X sont mesurés. On peut choisir comme position d'alignement prédéterminée recherché, une position de l'élément 3 telle
35 que le fil tendu 2 soit sensiblement en coïncidence avec un axe médian A équidistant des deux plans de mesure P, P'. L'écartomètre 10 peut comprendre in situ une unité électronique d'excitation et de traitement 24 incluse au

- 8 -

sein du support 200, afin de garantir une haute précision de mesure. Par ailleurs, il est avantageux de prévoir sur le socle de l'écartomètre 10 un capteur de température 240 en vue de compenser par calcul la dilatation thermique du socle.

On peut également prévoir de déporter l'ensemble des traitements électroniques dans des boîtiers ou racks de conditionnement 100, 110 distants des écartomètres 10, 11 et reliés à ceux-ci par des câbles blindés 25. Cet agencement est impératif lorsque les écartomètres sont installés dans un environnement affectant le fonctionnement d'équipements électronique, par exemple une zone de forte irradiation.

Dans un second exemple de réalisation d'un dispositif de mesure d'écart selon l'invention permettant une mesure d'écart par rapport à deux axes orthogonaux, un dispositif de mesure d'écart ou écartomètre 30, comprend, en référence à la figure 3, un cadre 300 fixé via un support électriquement isolant à une face accessible 4 d'un élément à aligner 3, ce cadre 300 réalisé en matériau électriquement conducteur, comportant un évidement central 350 dans lequel passe le fil tendu 2 et sur les parois intérieures duquel sont disposés des éléments de mesure capacitive 312, 322, 332, 342 qui peuvent présenter une géométrie semblable à celle qui vient d'être décrite. Un premier et un second éléments de mesure capacitive 322, 332 sont disposés selon deux plans de mesure P, P' parallèles pour mesurer un écart axial x selon un premier axe de mesure X, tandis qu'un troisième et un quatrième éléments de mesure capacitive 312, 342 sont disposés selon deux autres plans de mesure P'', P''' parallèles pour mesurer un écart axial z selon un second axe de mesure Z perpendiculaire au premier axe de mesure X. Chaque élément de mesure capacitive 312, 322, 332, 342 comporte un support 31, 32, 33, 34 en matériau isolant, par exemple en céramique, sur lequel ont été déposées, par exemple par sérigraphie, une électrode de mesure centrale 310, 320, 330, 340 et une électrode de garde 311, 321, 331, 341. Les

- 9 -

électrodes de mesure peuvent par exemple de forme rectangulaire et entourées d'électrodes de garde ayant une forme de cadre rectangulaire. Dans un exemple de réalisation d'un écartomètre selon l'invention, un boîtier 5 déporté 370 comprend des unités de traitement électronique 40 associées à chaque élément de mesure capacitive et reliées à ceux-ci par des câbles de liaison blindés 371, 372. Ces câbles sont au minimum des câbles coaxiaux dont l'âme est reliée à l'électrode de mesure et le blindage 10 est relié à la garde correspondante. On peut aussi prévoir des câbles triaxiaux comportant un blindage supplémentaire relié à la terre.

A chaque élément de mesure capacitive 400, est associée une unité électronique d'excitation et de 15 traitement 40 pour délivrer une information représentative d'un écart axial d'un élément à aligner par rapport à une position d'alignement prédéterminée recherchée. Cette unité 40 peut comprendre, selon des techniques connues, des oscillateurs flottants 43 et une enceinte de garde 50 20 comprenant un pont capacitif réalisé à partir d'un amplificateur opérationnel 42 ayant son entrée négative reliée via les oscillateurs flottants 43 à l'électrode de mesure 20, son entrée positive reliée à la terre, et sa sortie reliée à travers un condensateur de contre-réaction 25 41 à son entrée négative. L'enceinte de garde 50, reliée à la terre, inclut également un démodulateur 45 disposé en sortie d'un amplificateur de niveau 44 en aval de l'amplificateur de charge 42, et un modulateur 47 disposé en sortie d'un intégrateur 46 en aval du démodulateur 45. 30 La sortie du modulateur 47 est appliquée à l'entrée négative de l'amplificateur de charge 42 à travers un condensateur de référence 49. Le modulateur 47 et le démodulateur 45 sont synchronisés à partir des oscillateurs flottants 43. Le signal de tension de sortie 35 V_s , prélevé en sortie de l'intégrateur 46, est généralement numérisé et fait l'objet d'un traitement mettant par exemple en oeuvre une régression linéaire du 3ème ordre.

- 10 -

Dans une forme effective de réalisation d'un écartomètre selon l'invention comprenant deux capteurs de mesure capacitive tel que celui illustré en figure 2, on a obtenu expérimentalement les caractéristiques

5 métrologiques suivantes:

course selon l'axe X: $\pm 1,25$ mm, le zéro étant au centre des deux capteurs 260, 270;

déplacement selon l'axe Z: ± 2 mm, le zéro étant placé à 14 mm de l'entretoise 201;

10 sensibilité moyenne : $4 \text{ mV}/\mu\text{m}$;

bruit de mesure: $0,1 \mu\text{m}/\sqrt{\text{Hz}}$ crête à crête;

bande passante: 80 Hz;

Le fil mis en oeuvre dans cette réalisation a un diamètre de 0,3 mm et une résistance totale de 50 k Ω .

15 En utilisation maximale, correspondant à un écart du fil sur la totalité des deux courses selon l'axe X et l'axe Z:

linéarité naturelle: $\pm 8 \mu\text{m}$;

20 erreurs résiduelles après une régression du 3ème ordre: $\pm 0,5 \mu\text{m}$;

Bien sûr, l'invention n'est pas limitée aux exemples qui viennent d'être décrits et de nombreux aménagements peuvent être apportés à ces exemples sans sortir du cadre de l'invention. Ainsi, les électrodes de mesure et de

25 garde peuvent présenter des géométries différentes de celle qui vient d'être décrite. Les électrodes peuvent également être réalisées en circuit imprimé ou par assemblage mécanique. Les dispositifs de mesure d'écart selon l'invention peuvent être disposés par rapport aux

30 éléments à aligner en mettant en oeuvre des techniques de fixation quelconques.

- 11 -

REVENDICATIONS

1. Procédé pour mesurer un écart axial (x,z) dans un système d'alignement à fil tendu (1), ce système d'alignement (1) comprenant un fil résistif (2) tendu selon un axe de référence (AR) et disposé à proximité d'éléments à aligner (3, 7), caractérisé en ce qu'il comprend:

une application d'un signal de tension alternatif sur une électrode de mesure (20, 22; 310, 320, 330, 340) munie d'une électrode de garde (21, 23; 311, 321, 331, 341), cette électrode de mesure (20, 22; 310, 320, 330, 340) étant disposée dans un plan de mesure (P, P'; P'', P''') sur un support (200, 300) fixé à un élément à aligner (3, 7) et à proximité du fil tendu (2), ce fil tendu (2) étant relié dynamiquement à la terre,

une mesure par un pont capacitif comprenant une première capacité (400) constituée par l'électrode de mesure (20, 22; 310, 320, 330, 340) et le fil (2) et une seconde capacité prédéterminée (49), pour fournir un signal de mesure représentatif d'une position axiale de l'électrode de mesure (20, 22; 310, 320, 330, 340) par rapport au fil tendu (2) selon un premier axe de mesure (X) normal audit plan de mesure (P, P'; P'', P'''), et

un traitement de ce signal de mesure pour fournir une information représentative d'un écart axial de l'élément à aligner (3, 7) par rapport à une position d'alignement prédéterminée.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que des premier et second signaux de tension alternatifs sont appliqués respectivement à une première (20) et une seconde (22) électrodes de mesure munies respectivement d'électrodes de garde (21, 23) et disposées respectivement dans un premier (P) et un second (P') plans de mesure situés de part et d'autre du fil tendu (2), et en ce qu'il comprend en outre, pour chaque électrode de mesure (20, 22), une mesure par pont capacitif pour fournir un signal représentatif de la capacité entre ladite électrode de

- 12 -

mesure (20, 22) et le fil tendu (2), et un traitement différentiel des premier et second signaux représentatifs des capacités correspondant respectivement aux première et seconde électrodes de mesure (20, 22) pour délivrer une
5 information représentative d'un écart axial de l'élément à aligner (3, 7) par rapport à une position d'alignement prédéterminée.

3. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que
10 les premier et second plans de mesure (P, P') sont sensiblement parallèles, et en ce qu'on obtient une information d'écart axial de l'élément à aligner (3, 7) par rapport à une position d'alignement prédéterminée selon un axe de mesure (X) normal auxdits premier et
15 second plans de mesure.

4. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend en outre au moins une application d'un signal de tension alternatif sur au moins
20 une autre électrode de mesure (310, 340) disposée à proximité du fil tendu (2) dans un autre plan de mesure (P'', P''') non parallèle au premier plan de mesure (P, P'), une mesure par pont capacitif pour fournir au moins un autre signal de mesure représentatif d'une position axiale
25 de ladite autre électrode de mesure (310, 340) selon à un autre axe de mesure (Z) normal audit autre plan de mesure (P'', P'''), et un traitement de cet autre signal pour délivrer une information représentative d'un écart axial
30 d'alignement prédéterminée selon ledit autre axe de mesure (Z).

5. Procédé selon la revendication 4, caractérisé en ce que l'autre plan de mesure (P'', P''') n'est pas parallèle au
35 premier plan de mesure (P, P').

6. Dispositif (10, 11, 30) pour mesurer un écart axial dans un système d'alignement à fil tendu (1), mettant en

- 13 -

oeuvre le procédé selon l'une des revendications précédentes, comprenant un support (200) fixé à un élément à aligner (3) selon un axe de référence (AR), caractérisé en ce qu'il comprend:

- 5 au moins une électrode de mesure (20, 22; 310, 320, 330, 340) munie d'une électrode de garde (21, 23; 311, 321, 331, 341) et disposée dans un plan de mesure (P, P', P'', P''') situé à proximité d'un fil tendu (2) résistif relié à une masse,
- 10 des moyens d'excitation pour générer et appliquer sur cette électrode de mesure (20, 22; 310, 320, 330, 340) un signal de tension alternatif, par rapport à la terre,
 des moyens de pont capacitif pour délivrer un signal de mesure représentatif d'une position axiale de
15 l'électrode de mesure (20) par rapport au fil tendu (2) selon un axe de mesure (X) normal audit plan de mesure (P), et
 des moyens pour traiter ce signal de mesure afin de délivrer une information représentative d'un écart axial
20 de l'élément à aligner (3) par rapport à une position d'alignement prédéterminée.

7. Dispositif de mesure (30) selon la revendication 6, caractérisé en ce qu'il comprend au moins deux électrodes
25 de mesure (310, 320, 330, 340) disposées respectivement dans deux plans de mesure (P, P'; P'', P''') sensiblement orthogonaux.

8. Dispositif de mesure (10, 30) selon l'une quelconque
30 des revendications 6 ou 7, caractérisé en ce qu'il comprend au moins deux électrodes de mesure (20, 22; 310, 340; 320, 330) disposées respectivement dans deux plans de mesure (P, P'; P'', P''') sensiblement parallèles de part et d'autre du fil tendu (2).

35

9. Dispositif de mesure (10, 30) selon l'une quelconque des revendications 6 à 8, caractérisé en ce qu'il comprend un espace central (250, 350) pour recevoir le fil tendu

- 14 -

(2), autour duquel sont disposés plusieurs éléments de mesure (260, 270; 312, 322, 332, 342), chaque élément de mesure (260, 270; 312, 322, 332, 342) comprenant un support isolant (26, 27; 31, 32, 33, 34) sur lequel sont
5 disposées, sous forme de couches minces, l'électrode de mesure (20, 22; 310, 320, 330, 340) et l'électrode de garde (21, 23; 311, 312, 331, 341).

10. Dispositif de mesure (30) selon la revendication 9,
10 caractérisé en ce qu'il comprend en outre un cadre (300) en matériau électriquement conducteur fixé par un support en matériau électriquement isolant (36) à une face extérieure (4) d'un élément à aligner (3), des faces intérieures de ce cadre étant pourvues d'éléments de
15 mesure capacitive (312, 322, 332, 342).

11. Dispositif de mesure (10) selon l'une des revendications 6 à 10, caractérisé en ce que l'électrode de mesure (20) est réalisée par sérigraphie.

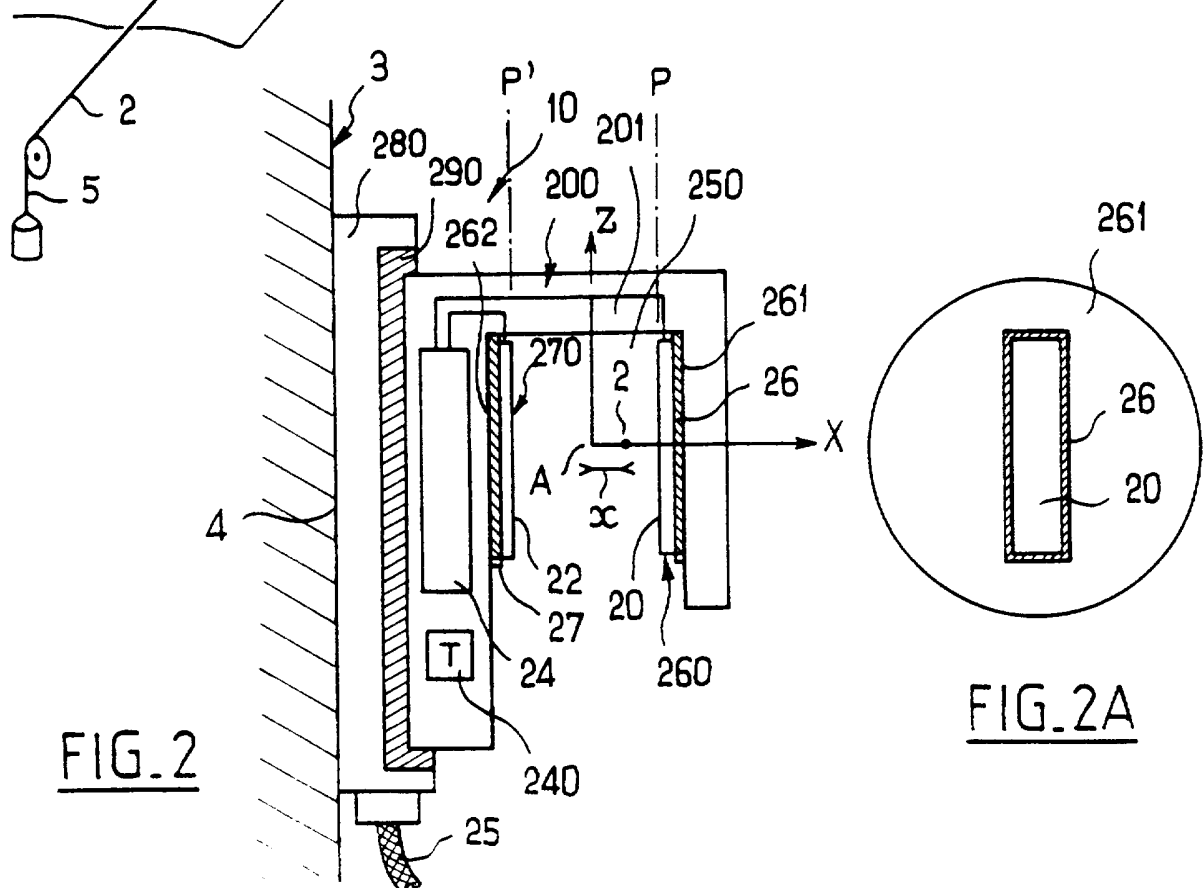
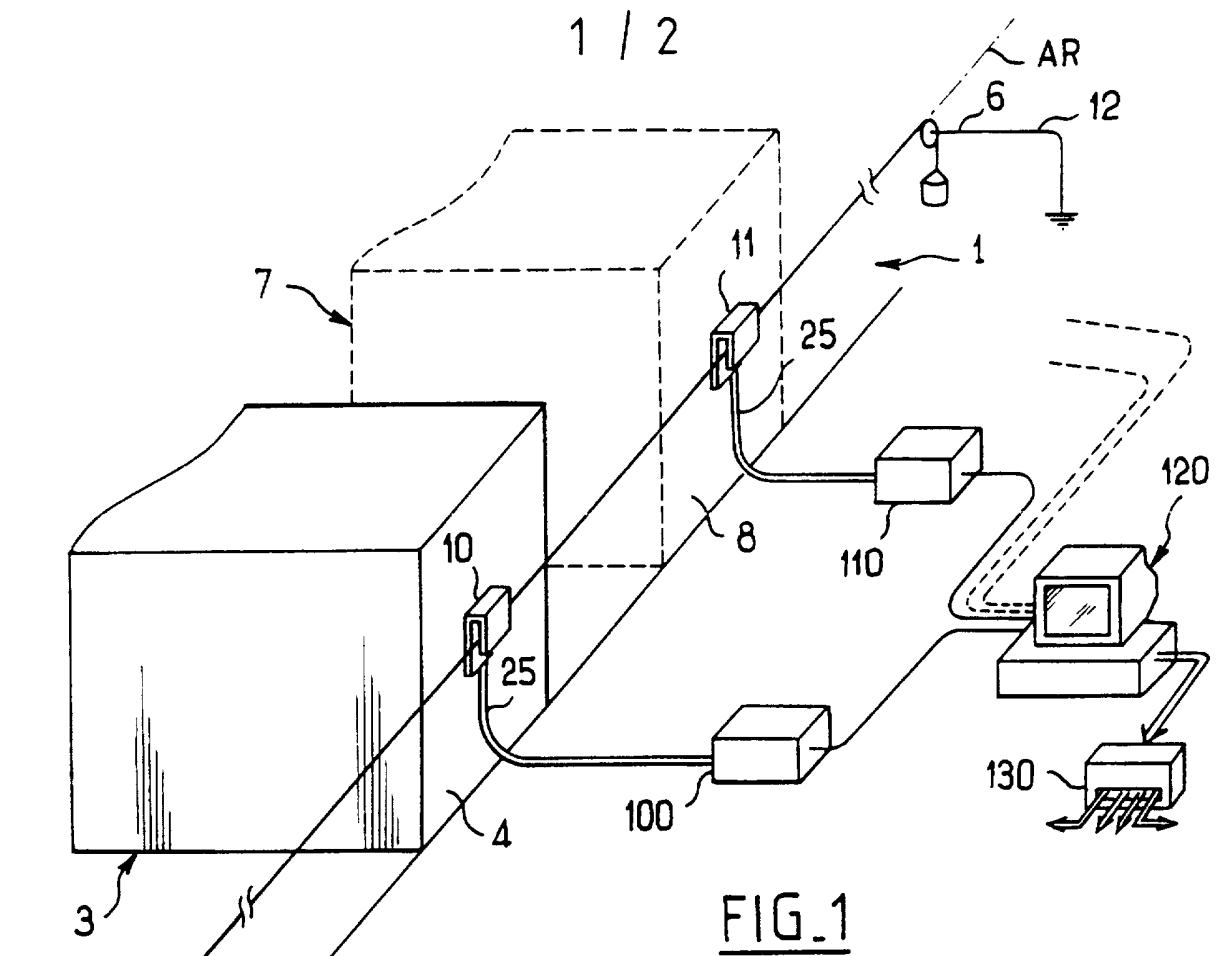
20 12. Dispositif de mesure (10) selon l'une des revendications 9 à 11, caractérisé en ce que les moyens d'excitation et les moyens de pont capacitif (24) sont logés au sein dudit dispositif (10), à proximité des
25 électrodes de mesure et de garde.

13. Dispositif de mesure (30) selon l'une des revendications 9 à 11, caractérisé en ce que les moyens d'excitation et les moyens de pont capacitif sont disposés
30 à distance dudit dispositif de mesure (30) et sont reliés à celui-ci par des moyens de câble blindé (371, 372).

14. Dispositif de mesure (10, 30) selon l'une quelconque des revendications 6 à 13, caractérisé en ce que les
35 moyens de traitement (40) sont au moins partiellement disposés dans une enceinte blindée (50) placée à un potentiel électrique flottant et reliée à l'électrode de garde.

- 15 -

15. Système d'alignement à fil tendu (1) incluant des dispositifs de mesure d'écart axial (10, 11, 30) selon l'une des revendications 6 à 14, caractérisé en ce que le
s fil tendu (2) est réalisé en fibres de carbone à haute tenue en traction.



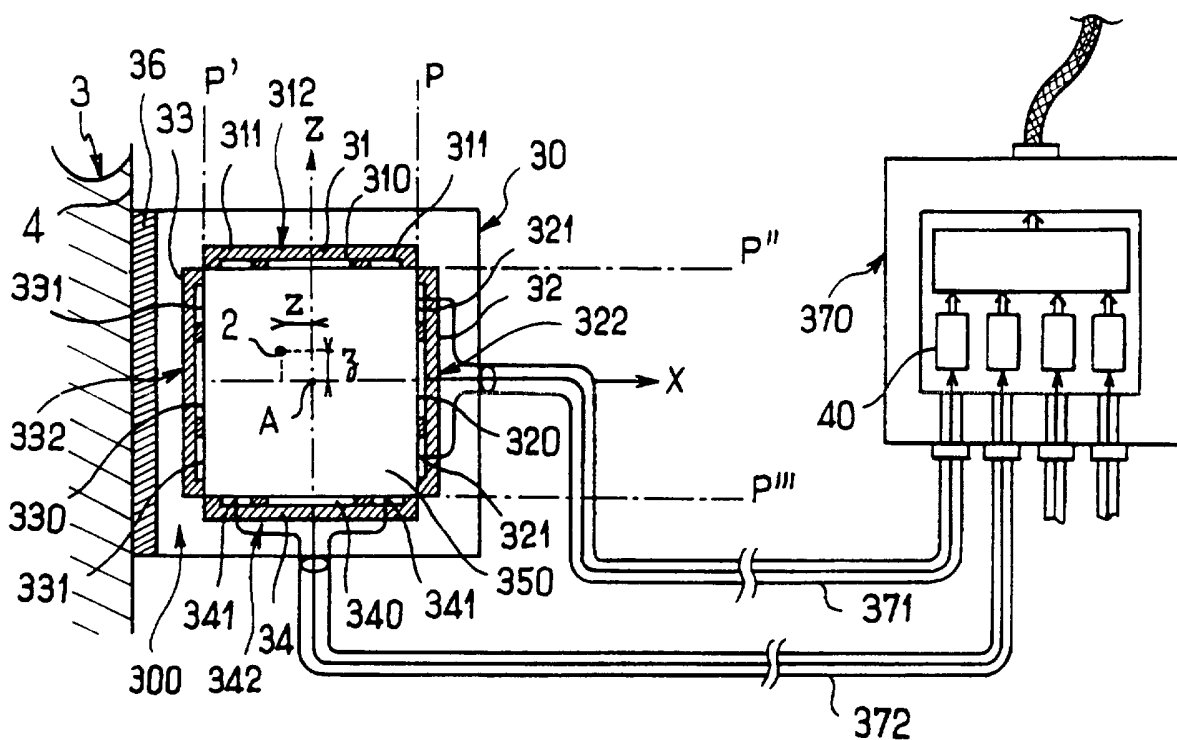


FIG. 3

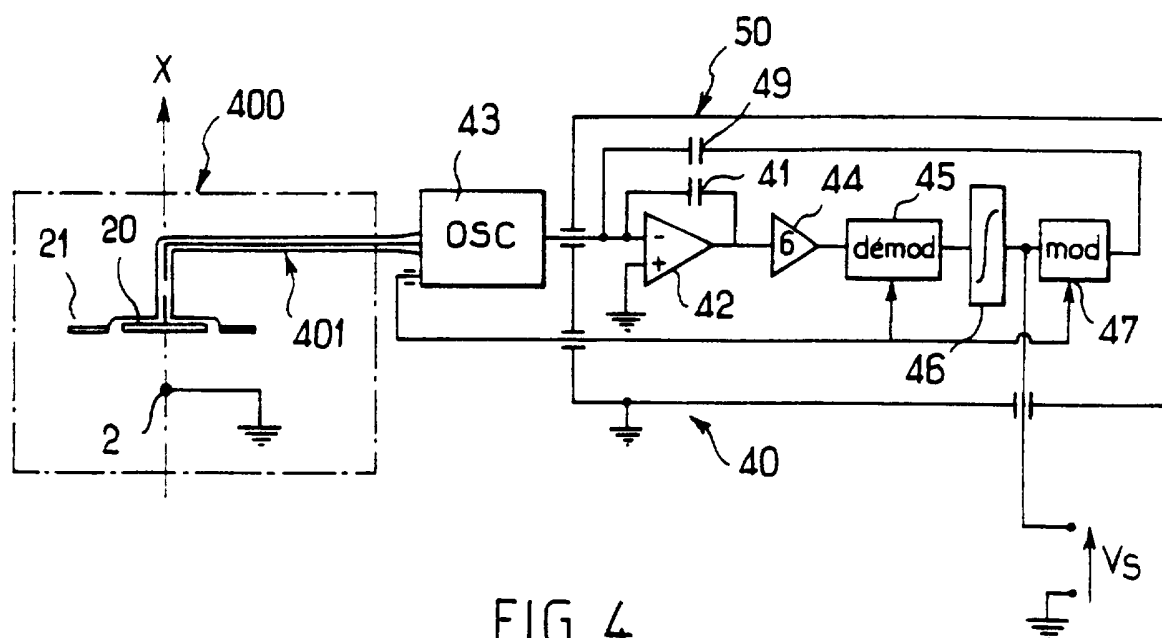


FIG. 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/FR 96/01787

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 6 G01B7/31 G01B7/34

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 6 G01B G01C

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	PROCEEDINGS OF THE 1993 PARTICLE ACCELERATOR CONFERENCE (CAT. NO.93CH3279-7), PROCEEDINGS OF INTERNATIONAL CONFERENCE ON PARTICLE ACCELERATORS, WASHINGTON, DC, USA, 17-20 MAY 1993, ISBN 0-7803-1203-1, 1993, NEW YORK, NY, USA, IEEE, USA, pages 2340-2342 vol.3, XP000575355 MIMASHI T ET AL: "The position monitor using stretched wire technique" --- -/--	1-15

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- * & * document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

17 March 1997

Date of mailing of the international search report

27.03.97

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Brock, T

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.
PCT/FR 96/01787

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	PROCEEDINGS OF INTERNATIONAL WORKSHOP ON B-FACTORIES: ACCELERATORS AND EXPERIMENTS. BFWS92 (KEK PROC. 93-7), TSUKUBA, JAPAN, 17-20 NOV. 1992, 1993, IBARAKI-KEN, JAPAN, NAT. LAB. HIGH ENERGY PHYS, JAPAN, pages 211-215, XP000577473 SUGAHARA R ET AL: "Measurement of seismic motion and displacement of the floor at the Tristan ring, and the alignment issues" ---	1-15
A	NUCLEAR INSTRUMENTS & METHODS IN PHYSICS RESEARCH, SECTION A (ACCELERATORS, SPECTROMETERS, DETECTORS AND ASSOCIATED EQUIPMENT), 11 APRIL 1994, NETHERLANDS, vol. 343, no. 2-3, ISSN 0168-9002, pages 428-434, XP000575344 KORYTOV A ET AL: "Multi-point wide-range precision alignment technique for the GEM detector" ---	1,6
A	MEASUREMENT TECHNIQUES, vol. 33, no. 6, 1 June 1990, NEW YORK ,US, pages 548-550, XP000224086 ALEKSENKO E V ET AL: "CAPACITOR GAUGE FOR MEASURING GLASS FIBER DIAMETER" ---	1,2,6, 8-11
A	US 3 470 460 A (PANOFSKY WOLFGANG K H ET AL) 30 September 1969 see the whole document ---	1,6
A	US 4 542 334 A (NELSON FLOYD E) 17 September 1985 see column 2, line 13 - column 3, line 4; figure 2 ---	1,6
A	SOVIET JOURNAL OF NONDESTRUCTIVE TESTING, vol. 20, no. 7, July 1984, NEW YORK US, XP002009341 V.K.FEDOTOV: "Diameter gauge for ultrafine electrically conducting filaments" see page 425 - page 429 -----	1,6,15

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/FR 96/01787

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 3470460 A	30-09-69	NONE	
US 4542334 A	17-09-85	NONE	

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Dem Internationale No
PCT/FR 96/01787

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
CIB 6 G01B7/31 G01B7/34

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

CIB 6 G01B G01C

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés)

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	PROCEEDINGS OF THE 1993 PARTICLE ACCELERATOR CONFERENCE (CAT. NO.93CH3279-7), PROCEEDINGS OF INTERNATIONAL CONFERENCE ON PARTICLE ACCELERATORS, WASHINGTON, DC, USA, 17-20 MAY 1993, ISBN 0-7803-1203-1, 1993, NEW YORK, NY, USA, IEEE, USA, pages 2340-2342 vol.3, XP000575355 MIMASHI T ET AL: "The position monitor using stretched wire technique" --- -/--	1-15

☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

- "A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

- "T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
- "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
- "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
- "&" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

17 Mars 1997

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

27.03.97

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale

Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+ 31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+ 31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Brock, T

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Der. : Internationale No
PCT/FR 96/01787

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	PROCEEDINGS OF INTERNATIONAL WORKSHOP ON B-FACTORIES: ACCELERATORS AND EXPERIMENTS. BFWS92 (KEK PROC. 93-7), TSUKUBA, JAPAN, 17-20 NOV. 1992, 1993, IBARAKI-KEN, JAPAN, NAT. LAB. HIGH ENERGY PHYS, JAPAN, pages 211-215, XP000577473 SUGAHARA R ET AL: "Measurement of seismic motion and displacement of the floor at the Tristan ring, and the alignment issues"	1-15
A	--- NUCLEAR INSTRUMENTS & METHODS IN PHYSICS RESEARCH, SECTION A (ACCELERATORS, SPECTROMETERS, DETECTORS AND ASSOCIATED EQUIPMENT), 11 APRIL 1994, NETHERLANDS, vol. 343, no. 2-3, ISSN 0168-9002, pages 428-434, XP000575344 KORYTOV A ET AL: "Multi-point wide-range precision alignment technique for the GEM detector"	1,6
A	--- MEASUREMENT TECHNIQUES, vol. 33, no. 6, 1 Juin 1990, NEW YORK ,US, pages 548-550, XP000224086 ALEKSENKO E V ET AL: "CAPACITOR GAUGE FOR MEASURING GLASS FIBER DIAMETER"	1,2,6, 8-11
A	--- US 3 470 460 A (PANOFSKY WOLFGANG K H ET AL) 30 Septembre 1969 voir le document en entier	1,6
A	--- US 4 542 334 A (NELSON FLOYD E) 17 Septembre 1985 voir colonne 2, ligne 13 - colonne 3, ligne 4; figure 2	1,6
A	--- SOVIET JOURNAL OF NONDESTRUCTIVE TESTING, vol. 20, no. 7, Juillet 1984, NEW YORK US, XP002009341 V.K.FEDOTOV: "Diameter gauge for ultrafine electrically conducting filaments" voir page 425 - page 429 -----	1,6,15

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Derr. Internationale No

PCT/FR 96/01787

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 3470460 A	30-09-69	AUCUN	
US 4542334 A	17-09-85	AUCUN	