(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication : **2 662 244**
(à n'utiliser que pour les commandes de reproduction)

(21) N° d'enregistrement national : **90 06045**

(51) Int Cl[5] : G 01 B 11/26; G 02 B 26/10, 27/00

(12) DEMANDE DE BREVET D'INVENTION A1

(22) **Date de dépôt** : 15.05.90.

(30) **Priorité** :

(43) **Date de la mise à disposition du public de la demande :** 22.11.91 Bulletin 91/47.

(56) **Liste des documents cités dans le rapport de recherche :** *Se reporter à la fin du présent fascicule.*

(60) **Références à d'autres documents nationaux apparentés :**

(71) **Demandeur(s) :** *Société dite: MENSI* — FR et *Société dite: ELECTRICITE DE FRANCE-SERVICE NATIONAL* — FR.

(72) **Inventeur(s) :** Paramythioti Michel.

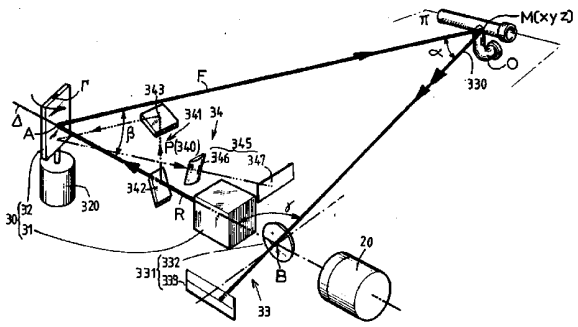
(73) **Titulaire(s) :**

(74) **Mandataire :** Cabinet Lavoix.

(54) Dispositif de mesure du pointage d'un rayonnement laser.

(57) Ce dispositif est muni, entre autres, d'un illuminateur (30) avec une source (31) lumineuse émettant un rayonnement (R) lumineux étroit et avec un miroir (32) pour irradier un point (M) visé à l'aide d'un faisceau (F) et mobile suivant un axe (Γ) perpendiculaire à un plan (π) ainsi que de moyens de commande (320) et de moyens de mesure (34), et comprend des moyens de mesure (34) d'un angle (β) avec un système optique (341) placé partiellement entre cette source (31) et ce miroir (32) pour intercepter et prélever un pinceau (P) de ce rayonnement (R) puis le diriger vers ce miroir (32) suivant une direction non coplanaire et oblique par rapport à ce plan (π) et un capteur (345) disposé pour recevoir ce pinceau (P) réfléchi par le miroir (32) et focalisé par une lentille cylindrique (346) et ainsi permettre la mesure de l'angle (β) de base dont le sommet est situé sur ce miroir de balayage.

Application au relèvement tridimensionnel par télémétrie optique à balayage.



FR 2 662 244 - A1

La présente invention concerne le relevé automatique des coordonnées de points d'un objet ou d'une structure de l'espace et a plus particulièrement pour but un perfectionnement apporté à un dispositif de relèvement tridimentionnel des coordonnées des points d'un objet par triangulation.

Pour de nombreuses applications industrielles, il est essentiel de connaître avec la plus extrême précision la géométrie exacte d'une installation existante. Une telle connaissance nécessite de repérer très exactement la position des points de cet objet et d'en déterminer avec la précision requise les coordonnées par rapport à un référentiel déterminé.

Si l'on veut disposer d'un fichier des coordonnées de tous les points essentiels d'une installation pour pouvoir ensuite l'exploiter par des moyens informatiques de gestion et/ou de traitement, par exemple utilisant la CAO (Conception Assistée par Ordinateur), il faut pouvoir opérer à grande cadence.

Une technique de relevé automatique des coordonnées des points d'un objet par triangulation télémétrique optique est, par exemple, exposée dans le document FR 2 610 400. Selon cette technique, on procède par balayage ponctuel en lignes successives, de l'objet à l'aide d'un faisceau lumineux parallèle dans un plan azimutal mobile en rotation en site autour d'un axe colinéaire à la base télémétrique. Cette technique met en oeuvre des moyens de commande et de mesure distincts qui permettent de régler et de déterminer séparément l'angle de site du plan azimutal qui se déplace pas à pas à cadence lente, ainsi que d'autres moyens de commande et de mesure aussi distincts qui permettent de régler et de déterminer dans ce plan azimutal les deux angles de base de la

base télémétrique supplémentaires de l'angle parallactique du point visé, le relevé ponctuel selon une ligne se faisant par un balayage à cadence rapide dans le plan azimutal. La mesure directe des angles de base, ou d'angles qui leur sont associés, permet donc, l'angle de site étant connu et la longueur de la base étant connue par construction, de calculer les coordonnées de chaque point visé. Selon le mode de réalisation décrit, cette technique fait appel à une source lumineuse principale tel un laser, qui émet un rayonnement lumineux destiné à être réfléchi par un miroir de balayage qui est situé à l'une des extrémités de la base télémétrique et qui est mobile selon un axe perpendiculaire au plan azimutal mobile et passant par cette extrémité, afin de capter ce rayonnement et le réfléchir vers le point à relever. Ce mode de réalisation comprend notamment une source lumineuse secondaire qui fait partie des moyens de mesure pour évaluer l'un des angles de base télémétrique du faisceau laser dans le plan azimutal.

Si la solution qu'apporte la technique décrite dans ce document donne, pour l'essentiel, satisfaction, elle présente toutefois un inconvénient. Cet inconvénient se manifeste lorsque la source lumineuse principale émet un rayonnement dont la direction n'est pas parfaitement stable et que, de ce fait, la direction de ce rayonnement ne demeure pas parfaitement fixe. Ce manque de fixité affecte notablement la précision sur le calcul des coordonnées du point à relever.

Ce type de défaut est particulièrement gênant lorqu'on souhaite pouvoir repérer des directions avec une précision angulaire de l'ordre de une à deux secondes d'arc. Selon la technique proposée par ce do-

cument, la position angulaire du miroir de balayage qui permet de connaître l'un des deux angles de la base télémétrique, est déterminée à l'aide d'une source secondaire fixe dont l'image est réfléchie par ce miroir sur une barrette de photodiodes qui permet d'en repérer la position, donc celle du rayon principal réfléchi du faisceau de balayage, sous réserve que le rayonnement incident demeure parfaitement stable.

Ce n'est pas le cas lorsque la source principale est une diode laser collimatée qui est affectée d'une instabilité directionnelle aléatoire qui intéresse à la fois la dispersion des mesures du fait d'une fluctuation à haute fréquence et la fidélité par rapport à l'étalonnage du fait d'une dérive lente. Une telle instabilité semble étroitement dépendante de la température et est particulièrement sensible à d'infimes variations de cette dernière, inférieure au degré centigrade. Ces instabilités provoquent des erreurs qui peuvent atteindre une dizaine de secondes d'arc, ce qui est rédhibitoire pour la qualité recherchée des relevés des mesures.

Une telle instabilité, apparemment d'ordre thermique, pourrait être maîtrisée à l'aide d'une régulation particulièrement précise, meilleure que le dixième de degré centigrade. Or il est connu qu'une régulation thermique avec cette précision est encombrante et coûteuse et laisserait subsister encore une instabilité résiduelle.

Le but de l'invention est de résoudre cette difficulté en ne faisant pas appel à une régulation thermique mais à un processus optique. Pour parvenir à ce résultat on supprime la source secondaire qui permettait de connaître la position du miroir de balayage et on lui substitue un pinceau lumineux prélévé direc-

tement sur la source lumineuse principale qui irradie le point relevé de l'objet dont on veut mesurer les coordonnées.

L'invention a pour objet un dispositif perfectionné de mesure du pointage d'un rayonnement laser dans un plan mobile autour d'un axe qui est muni, entre autres, d'un illuminateur avec une source lumineuse émettant un rayonnement lumineux étroit et un miroir pour irradier à l'aide d'un faisceau issu de ce rayonnement et mobile suivant un axe perpendiculaire à ce plan défini par les rayons principaux de ces rayonnement et faisceau ainsi que des moyens de commande et de moyens de mesure distincts aptes à fixer et évaluer séparément l'angle de ce miroir.

Le dispositif perfectionné selon l'invention est caractérisé en ce que les moyens de mesure de l'angle de pointage du faisceau comprennent un système optique placé partiellement entre cette source et ce miroir pour intercepter et prélever un pinceau de ce rayonnement puis le diriger vers ce miroir suivant une direction oblique par rapport à ce plan, et un capteur disposé pour recevoir ce pinceau réfléchi par le miroir et ainsi permettre la mesure de l'angle de pointage dont le sommet est situé sur ce miroir.

D'autres caractéristiques de l'invention ressortiront de la lecture de la description et des revendications qui suivent ainsi que de l'examen du dessin annexé, donné seulement à titre d'exemple, où :

- la Figure 1 est une vue perspective schématique d'un mode de réalisation d'un dispositif perfectionné selon l'invention, et

- la Figure 2 est un croquis expliquant la manière dont opère le dispositif perfectionné selon l'invention.

Le dispositif de mesure du pointage d'un rayonnement laser convient par exemple aux équipements de relèvement tridimensionnel des coordonnées de points d'un objet ou structure par triangulation télémétrique optique du type exposé dans le document précité.

Les dispositifs de relèvement tridimentionnel des points d'un objet par triangulation télémétrique optique par balayage étant bien connus dans la technique, on ne décrira dans ce qui suit que ce qui concerne directement ou indirectement l'invention dans le cas particulier d'une telle application. Pour le surplus, le spécialiste de la technique considérée puisera dans les solutions classiques courantes à sa disposition pour faire face aux problèmes particuliers auxquels il est confronté.

Quel que soit le mode de réalisation particulier décrit et représenté, on utilisera toujours un même numéro de référence pour identifier un élément homologue.

Pour faciliter la description, on exposera successivement la structure de chacun des constituants du dispositif perfectionné selon l'invention.

En examinant les figures du dessin et, en particulier la Figure 1, on voit qu'un dispositif selon l'invention pour le cas d'un relèvement tridimentionnel comprend un télémètre dont les extrémités de la base sont repérées par les lettres A et B. Ce télémètre est destiné à viser un point M d'un objet O par exemple des canalisations, pour pouvoir en calculer les coordonnées X, Y, Z par triangulation. La connaissance de la longueur $\underline{l}$ de la base AB, ainsi que des angles β et γ, ou d'angles qui leur sont associés, supplémentaires de l'angle α parallactique du point

visé M dans un plan azimutal π passant par la base AB, de même que la connaissance de l'angle de site du plan azimutal à l'aide d'un codeur optique 20, permettent de calculer les coordonnées X, Y et Z de tout point M de l'objet O.

On voit donc que pour chaque position du plan π, si l'on fait un balayage linéaire dans ce plan en changeant l'angle β du point M visé, et si on observe la position qu'occupe ce point visé depuis l'autre extrémité B de la base, on peut calculer les coordonnées X, Y et Z de chaque point. Pour plus de détail, on se reportera au document précité. On rappelera seulement qu'on utilise des moyens de mesure 33 qui comprennent un émetteur 330 qui n'est autre que le spot lumineux formé par le faisceau F sur le point M et une caméra linéaire 331 avec un objectif 332 et une barrette de photodiodes 333.

Le dispositif de mesure du pointage d'un rayonnement laser proprement dit comprend, lui, un illuminateur 30 constitué d'une source lumineuse 31 émettant un rayonnement R lumineux étroit, d'axe Δ. Cet illuminateur 30 comprend aussi un miroir 32 de balayage, mobile selon un axe Γ perpendiculaire au plan π azimutal mobile. Cet axe Γ passe par l'extrémité A de la base télémétrique. La rotation du miroir de balayage 32 est assurée par des moyens de commande de balayage 320, par exemple un galvanomètre. Le rayonnement R émis par la source 31 est réfléchi par le miroir 32 pour former un faisceau F qui irradie et illumine le point M visé.

Des moyens de mesure 34 permettent d'évaluer l'angle de base β, ou un angle qui lui est associé.

Les moyens de mesure 34 qui permettent d'évaluer l'angle de base β comprennent un système

optique 341, placé partiellement entre la source 31 et le miroir 32 de balayage pour intercepter et prélever un pinceau P du rayonnement R émis par la source, puis le diriger vers ce miroir de balayage 32 suivant une direction non coplanaire au plan azimutal π et donc oblique relativement à ce dernier. Ce pinceau P constitue donc un émetteur 340 pour les moyens de mesure. Ces moyens de mesure 34 comprennent aussi un capteur 345 pour recevoir le pinceau P réfléchi par le miroir 32 de balayage et ainsi permettre la mesure de l'angle β dont le sommet est situé sur ce miroir de balayage, à l'extrémité A de la base télémétrique.

Comme on peut l'observer, le système optique 341 comprend une lame semi-transparente 342 à faces parallèles inclinée sur l'axe du rayonnement et un réflecteur 343 par exemple un miroir placé hors du plan azimutal π.

Le capteur 345 comprend un objectif 346, fait d'une lentille, de préférence cylindrique. Le capteur comprend aussi un récepteur 347 fait par exemple d'une barrette d'éléments photosensibles. En repérant la position de celui des éléments photosensibles de la barrette 347 qui est excité par le pinceau P relativement à la position d'un élément photosensible de référence, on peut évaluer l'angle β. Cet élément photosensible de référence est, de préférence, centré sur l'axe optique de l'objectif 346 qui est choisi pour coincider avec la direction moyenne du faisceau de balayage F.

La barrette photosensible 347 permet de répérer la position du point excité à mieux que le demi-micron.

Le laser de la source 31 est par exemple un laser He-Ne de quelques milliwatts ou une diode laser

collimatée, continu ou pulsé.

Le galvanomètre 320 assure un balayage rapide à raison de 100 à 200 points environ par seconde séparés d'environ cinq à dix minutes d'arc.

Comme indiqué précédemment, si l'on utilise une source autonome pour évaluer l'angle β, des imprécisions se manifestent. Au contraire, grâce à la solution selon l'invention qui consiste à prélever un pinceau P sur le rayonnement R émis par l'illuminateur qui sert à la télémétrie, on s'affranchit de ces inconvénients comme cela ressort de l'examen de la Figure 2 et des explications qui suivent.

Grâce à ce qui est proposé selon l'invention, on obtient un pinceau lumineux secondaire P qui a le même azimut que le rayonnement principal R mais qui est incliné sur le plan azimutal de balayage π, par exemple de 18° dans un mode de réalisation.

En se reportant à la Figure 2, on voit que si le miroir 32 tourne d'un petit angle $\delta/2$ pour passer de la position M_o à la position M_1, l'image de la source 31 se déplace de la position L_o à la position L_1 et le point de son image sur la barrette photosensible 347 passe de la position I_o à la position I_1; la distance qui sépare les images I_o, I_1 mesure le déplacement angulaire δ du faisceau réfléchi, double de l'angle de rotation du miroir, le rayonnement incident étant supposé parfaitement stable. Si maintenant le miroir 32 demeure fixe alors que le rayonnement R incident subit un déplacement angulaire δ parasite du fait d'une instabilité de la source 31, le pinceau P secondaire de mesure subit le même décalage δ et son point d'impact sur le miroir 32 s'est déplacé de K_o à K_1, alors que la position du point image L_o de la source, lui, ne change pas. Le pinceau secondaire de

mesure réfléchi, parallèle au précédent, se trouve donc focalisé par la lentille sur le même point I_1. On voit donc que l'élément photosensible excité de la barrette est le même que dans le premier cas.

Dans ce mode de réalisation, comme illustré sur la Figure 2, la source 31 comprend une diode laser associée à un objectif et à un diaphragme qui sont schématisés.

Grâce au montage du dispositif selon l'invention, on voit donc que toute instabilité directionnelle de la source servant à mesurer l'angle du miroir, c'est-à-dire ici l'angle de la base télémétrique associé au miroir de balayage, se traduit comme une rotation complémentaire de ce dernier. Or, ceci est pris en compte pour les calculs de triangulation qui permettent d'aboutir aux coordonnées du point M qui ne se trouvent donc plus affectées en aucune manière par une instabilité, par exemple thermique, de l'émetteur des moyens de mesure.

On comprend donc tout l'interêt du dispositif perfectionné selon l'invention qui tout en conservant les avantages de la technique précédemment exposée permet de s'affranchir d'instabilités thermiques sans qu'il soit nécessaire de procéder à une régulation thermique toujours particulièrement délicate et onéreuse.

REVENDICATIONS

1 - Dispositif de mesure de l'angle de pointage d'un rayonnement laser dans un plan mobile autour d'un axe muni, entre autres, d'un illuminateur (30) avec une source (31) lumineuse émettant un rayonnement (R) lumineux étroit et d'un miroir (32) pour irradier à l'aide d'un faisceau (F) et mobile suivant un axe (Γ) perpendiculaire à ce plan défini par les rayons principaux de ces rayonnement et faisceau ainsi que de moyens de commande et de moyens de mesure distincts aptes à fixer et évaluer séparément l'angle de ce miroir, caractérisé en ce que les moyens de mesure (34) de l'angle comprennent un système optique (341) placé partiellement entre cette source (31) et ce miroir (32) pour intercepter et prélever un pinceau (P) de ce rayonnement (R) puis le diriger vers ce miroir (32) suivant une direction non coplanaire et oblique par rapport à ce plan (π) et un capteur (345) disposé pour recevoir ce pinceau (P) réfléchi par le miroir (32) et ainsi permettre la mesure de l'angle (β) dont le sommet est situé sur ce miroir.

2 - Dispositif selon la revendication 1 où ce système optique (341) comprend une lame semi-transparente (342) à faces parallèles placée sur ce rayonnement (R) entre source (31) et miroir (32) pour prélever ce pinceau (P), un réflecteur (343) placé hors de ce plan (π) et orienté pour recueillir le pinceau (P) et le diriger vers ce miroir (32).

3 - Dispositif selon la revendication 1 ou 2 où ce capteur (345) comprend un objectif (346) et un récepteur (347) photoélectrique.

4 - Dispositif selon la revendication 3 où cet objectif (346) comprend au moins une lentille cylindrique.

5 - Dispositif selon l'une quelconque des revendications 3 et 4 où ce récepteur (347) photoélectrique est une règlette de photodiodes.

6 - Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 5 où cette source (31) est un laser.

7 - Dispositif selon la revendication 6 où ce laser est un laser continu.

8 - Dispositif selon la revendication 6 où ce laser est un laser pulsé.

9 - Application du dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisée en ce que le miroir (32) est un miroir de balayage situé à une extrémité de la base d'un télémètre de triangulation optique par balayage de lignes successives à l'aide du faisceau lumineux, dans un plan azimutal mobile autour de la base télémétrique, irradiant les points à relever d'un objet.

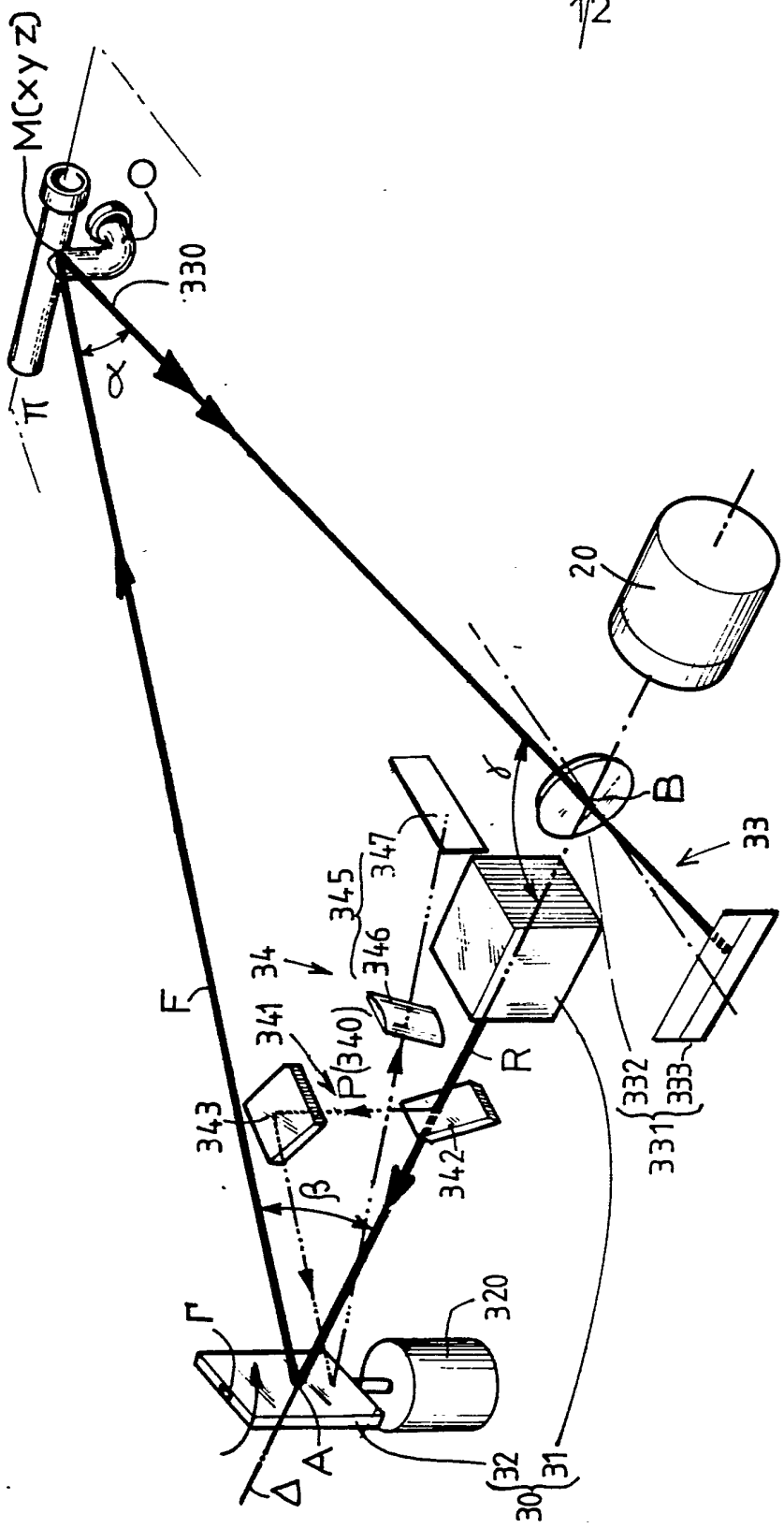
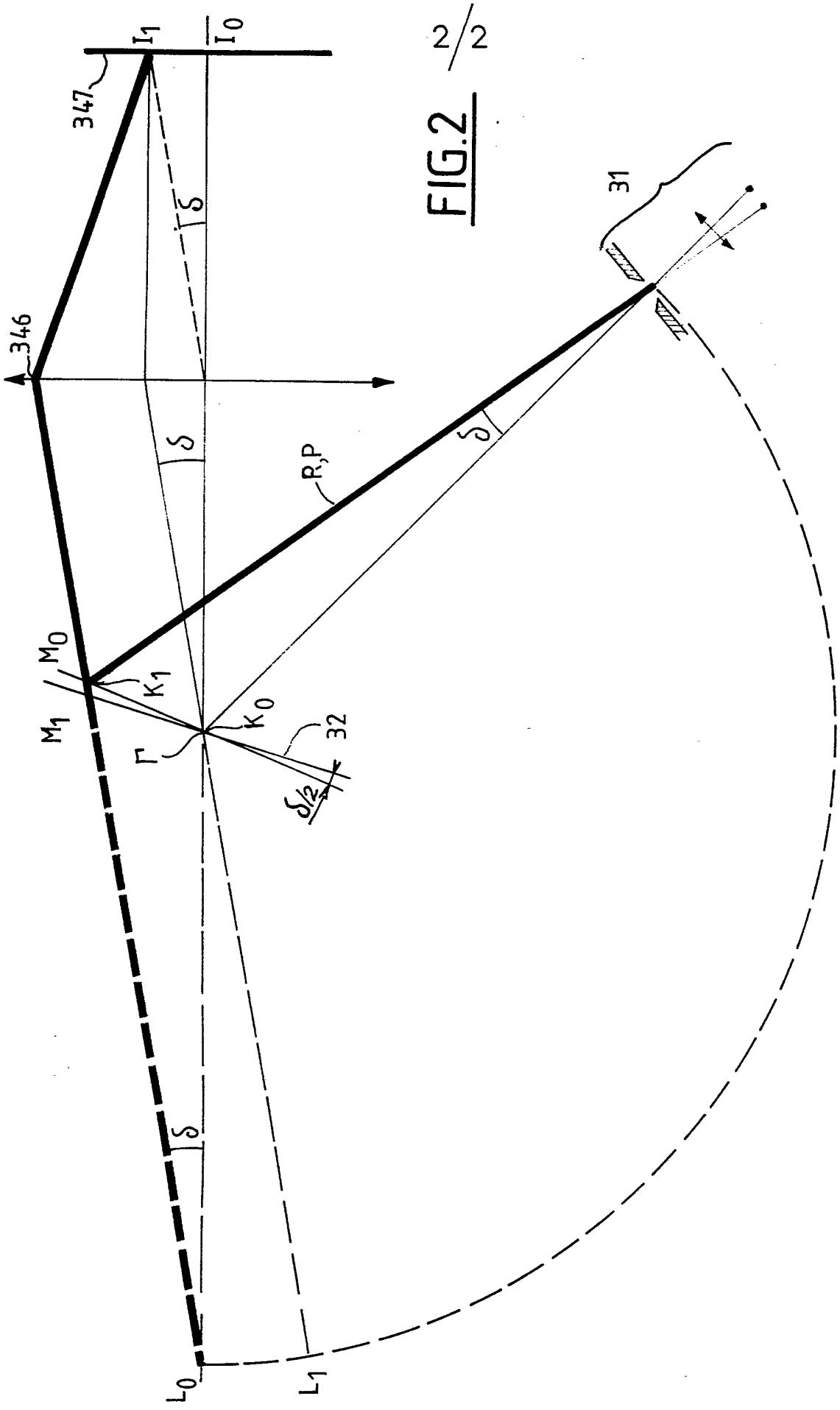

M(x y z)
O
330
π
α
20
γ
B
33
345
347
346
34
F
341
P(340)
343
β
342
R
332
333
331
Γ
320
A
Δ
32
31
30

FIG.1

FIG.2



REPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
de la
PROPRIETE INDUSTRIELLE

RAPPORT DE RECHERCHE

établi sur la base des dernières revendications déposées avant le commencement de la recherche

2662244
N° d'enregistrement national

FR 9006045
FA 445782

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendications concernées de la demande examinée
X	FR-A-2 618 893 (S.A.G.E.M.) * Titre; figures 2,3; page 4, ligne 35 - page 6, ligne 19 *	1-3,5,6,9
A		4,7,8
A	EP-A-0 279 730 (M. PARAMYTHIOTI et al.) * Figures 1,2; titre; colonne 4, ligne 33 - colonne 6, ligne 14 *	1,3,5-9
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN, vol. 10, no. 80 (P-441)[2137], 29 mars 1986; & JP-A-60 218 017 (FUJITSU K.K.) 31-10-1985	1,4,9

DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.5)

G 01 B
G 01 S

Date d'achèvement de la recherche
25-01-1991

Examinateur
VISSER F.P.C.

CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES

X : particulièrement pertinent à lui seul
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie
A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général
O : divulgation non-écrite
P : document intercalaire

T : théorie ou principe à la base de l'invention
E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure.
D : cité dans la demande
L : cité pour d'autres raisons

& : membre de la même famille, document correspondant

EPO FORM 1503 03.82 (P0413)