

⑫

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

②① Numéro de dépôt: **81401076.5**

⑤① Int. Cl.³: **H 01 Q 1/18, H 01 Q 1/28**

②② Date de dépôt: **03.07.81**

③① Priorité: **09.07.80 FR 8015270**

⑦① Demandeur: **SOCIETE NATIONALE INDUSTRIELLE AEROSPATIALE** Société dite.: 37 Boulevard de Montmorency, F-75781 Paris Cedex 16 (FR)

④③ Date de publication de la demande: **13.01.82**
Bulletin 82/2

⑦② Inventeur: **Brunet, Pierre**, 11 Chemin de l'Avarie, F-06810 Auribeau Sur Siagne (FR)

⑧④ Etats contractants désignés: **DE GB NL**

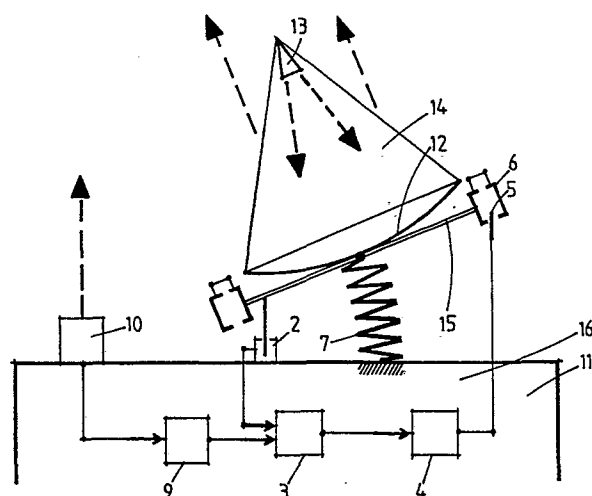
⑦④ Mandataire: **Rinuy, Guy et al, Cabinet Rinuy et Santarelli** 14, Avenue de la Grande Armée, F-75017 Paris (FR)

⑤④ **Procédé et système d'asservissement d'une plate-forme mobile montée à bord d'un véhicule spatial.**

⑤⑦ Procédé et système permettant de commander l'orientation d'une plate-forme mobile par rapport à une référence d'assujettissement par exemple un véhicule spatial.

Le couple de pivotement de la plate-forme (15) est obtenu, sur chaque axe, par un actuateur (5, 6) actionné par les signaux d'un détecteur (2) de position de ladite plate-forme, au moyen d'un circuit de commande primaire à large bande passante (16). Un détecteur d'écart angulaire (10) permet d'introduire éventuellement un signal externe qui est sommé aux signaux du circuit primaire (16) par un circuit d'asservissement secondaire à faible bande passante (9).

L'invention s'applique particulièrement bien aux satellites de communication ou de télévision à antennes multiples.



"Procédé et système d'asservissement d'une plate-forme mobile montée à bord d'un véhicule spatial"

La présente invention concerne les systèmes permettant d'orienter une plate-forme mobile montée à bord d'un véhicule spatial.

On connaît différents systèmes supports de plate-forme mobile, en particulier ceux décrits dans les brevets français de la Demanderesse N° 79.05 283 et N° 79.15 593. La commande de la plate-forme proposée dans le brevet N° 79.05 283 utilise le signal d'un détecteur radio-fréquence visant une balise terrestre. Ledit détecteur est soit porté par la plate-forme, soit porté par le satellite lui-même mais dans ce cas la plate-forme supporte un réflecteur qui focalise le faisceau radio-électrique de la balise. La commande proposée dans le brevet N° 79.15 593 utilise un détecteur infrarouge et visant la terre par l'intermédiaire d'un miroir plan lié à la plate-forme mobile.

Toutefois, cette conception comporte certains inconvénients. Le réflecteur comporte généralement une fenêtre laissant passer les ondes en provenance de la terre et à destination du détecteur infrarouge mais cela déforme le faisceau radio-électrique réfléchi par le réflecteur et affecte la précision du détecteur terrestre.

En outre, l'axe du faisceau réfléchi par le miroir plan a une rotation double de celle dudit miroir, ce qui n'est qu'une approximation dans le cas du réflecteur parabolique.

La présente invention concerne un procédé et un dispositif d'asservissement d'une plate-forme mobile portant une antenne ou tout autre système, ledit procédé garantissant un asservissement autonome à bord du satellite, indépendant d'une référence externe.

Dans ce but le système d'orientation de la plate-forme est muni de détecteurs de position. Les détecteurs peuvent être placés selon deux axes quelconques de rotation de la plate-forme mais il est avantageux de choisir les deux axes selon lesquels agissent les actuateurs, tels qu'ils sont décrits dans le brevet précité N° 79 05 283.

La commande des actuateurs à partir des détecteurs de position garantit à la plate-forme une réponse

très rapide. La plate-forme reste fixe par rapport au satellite, en absence de couple ou force extérieure. Le procédé a l'avantage de contrer de façon autonome les perturbations les plus brutales rencontrées à bord des satellites, c'est-à-dire les effets sur la plate-forme des accélérations linéaires du satellite.

Cela se produit périodiquement lors de l'allumage des tuyères de contrôle d'orbite sur ordre du sol.

Un autre avantage du procédé est que la boucle d'asservissement peut être une boucle à grand gain car elle n'inclut pas les détecteurs propres au satellite, comme les détecteurs terrestres par exemple qui présentent en général le double inconvénient de posséder un temps de reprise relativement long et un rapport signal sur bruit assez faible. Par contre, il est aisé de trouver des détecteurs de position et si nécessaire de vitesse très performants ou encore des détecteurs d'accélération. Les détections peuvent être linéaires ou angulaires. Par exemple on peut utiliser des détecteurs basés sur le principe de transformateurs différentiels qui sont très rapides et très peu bruités, ou encore des détecteurs basés sur l'utilisation de courants de Foucault, ou des détecteurs à principe optique, ou encore des détecteurs capacitifs.

Par la suite on appellera ce dispositif à large bande passante le dispositif primaire.

L'autonomie du dispositif primaire qui, comme on l'a remarqué, n'utilise aucun détecteur visant une cible extérieure au satellite, est avantageuse parce que le satellite peut subir une coupure brève de liaison avec le sol sans que l'asservissement de la plate-forme soit coupé, c'est-à-dire que la plate-forme ne se trouve jamais en oscillations libres, non amorties, autour de son support flexible, ce qui est une amélioration du dispositif proposé dans les brevets précités N° 79.05 283 et N° 79.15 593.

On pourra appeler ce procédé d'asservissement autonome sans commande extérieure le procédé "d'attente".

Conformément à l'invention on a aussi la possibilité d'ajouter une commande extérieure à la plate-forme.

On peut ainsi commander un dépointage permanent par rapport au satellite. Dans une variante ce dépointage peut varier dans le temps, suivant les informations d'un détecteur quelconque, par exemple en raison inverse des
5 mouvements angulaires du satellite par rapport à la cible, par exemple par rapport à la direction géocentrique.

Le pointage de la plate-forme se trouve alors asservi à la cible par une boucle secondaire d'asservissement, ladite boucle étant à bande passante plus étroite que
10 le dispositif primaire.

Une possibilité est d'utiliser l'information fournie par un détecteur porté par le satellite, un détecteur terrestre ou tout autre détecteur. La faible bande passante de la boucle secondaire, suffisante pour compenser les lents
15 dépointages du satellite, a l'avantage de s'accommoder du retard et/ou du bruit éventuels du détecteur.

Dans le cas où la plate-forme mobile supporte l'ensemble du dispositif à pointer, par exemple l'ensemble d'une antenne et non pas seulement le réflecteur, une
20 possibilité avantageuse est d'utiliser pour la boucle secondaire un détecteur placé sur la plate-forme elle-même. Le détecteur peut être du type radiofréquence, infrarouge ou d'un tout autre type.

Cette solution est avantageuse à plusieurs
25 points de vue :

- elle s'accommode du retard et du bruit du détecteur
- elle minimise les erreurs dues au mésalignement du détecteur lors de l'intégration du satellite puisqu'il est
30 plus aisément aligné par rapport à la plate-forme
- elle minimise les erreurs du détecteur lui-même car celui-ci est utilisé en détecteur de zéro, toujours pointé dans la direction de la cible, et non pas dépointé suivant les dépointages du satellite
- 35 - elle compense automatiquement les erreurs à variation relativement lente du dispositif primaire, par exemple les erreurs d'origine thermique des détecteurs de position, des erreurs d'alignement de ces détecteurs, les

décalages introduits par le vieillissement de l'électronique du dispositif primaire.

L'utilisation d'un détecteur porté par la plate-forme elle-même permet éventuellement de supprimer le ou les
5 détecteurs habituellement montés sur le satellite.

On peut en effet limiter les dépointages du satellite par un dispositif de stabilisation utilisant simplement les informations de la plate-forme mobile, c'est-à-dire les signaux des détecteurs de position, et éventuelle-
10 ment les signaux des détecteurs de vitesse de la plate-forme et les signaux du détecteur monté sur la plate-forme.

Dans une variante la commande extérieure provient d'un détecteur particulier qui est le détecteur de position d'une autre plate-forme.

15 La boucle secondaire réalise alors une plate-forme esclave, obéissant aux commandes de la plate-forme maîtresse.

Les deux plates-formes restent alors pointées dans une ou deux directions indépendamment des mouvements du
20 satellite. On peut également ajouter un décalage dans la boucle secondaire de la plate-forme esclave pour commander un dépointage par rapport à la plate-forme maîtresse.

Le dispositif aura des applications avantageuses pour les satellites de communication ou de télévision à
25 antennes multiples, en particulier pour émettre sur une zone déterminée, à partir d'émetteurs terrestres dont l'emplacement peut varier, ou encore pour émettre sur une cible réceptrice mobile par rapport à l'émetteur terrestre.

Les dispositifs sont conçus de façon redondante.
30 Ils comprennent donc toujours au moins deux détecteurs primaires et/ou deux détecteurs secondaires. Les actuateurs et les électroniques de commande du dispositif primaire sont également au moins doublés.

De nombreuses autres variantes de mise en oeuvre
35 de l'invention sont possibles. Mais seuls quelques cas particuliers sont décrits à titre d'exemple.

D'autres particularités, caractéristiques et avantages de la présente invention ressortiront de la

description qui est donnée ci-après de différentes formes de réalisation possibles de ladite invention, en référence aux dessins schématiques annexés sur lesquels :

la figure 1 est un schéma synoptique du circuit du
5 dispositif primaire ;

la figure 2 est un schéma synoptique d'une
variante de la figure 1 permettant d'utiliser comme commande
extérieure la détection d'un détecteur porté par le
satellite, la plate-forme mobile supportant un réflecteur
10 d'antenne ;

la figure 3 est un schéma synoptique d'une autre
variante de la figure 2 permettant d'utiliser comme commande
extérieure la détection d'un détecteur porté par le corps, la
plate-forme mobile supportant l'ensemble de l'antenne ;

15 la figure 4 est un schéma synoptique d'une
variante de la figure 1 permettant d'utiliser un détecteur
porté par la plate-forme, elle-même supportant l'ensemble de
l'antenne ;

la figure 5 est une vue de détail permettant de
20 montrer comment il est possible de commander le dispositif de
la figure 4 suivant deux axes ; et

la figure 6 est un schéma synoptique d'une
variante de la figure 1 permettant d'asservir une plate-forme
esclave à une plate-forme maîtresse.

25 Le mode d'exécution de l'invention schématisé
sur la figure 1 est destiné à réaliser la commande de
rotation de la plate-forme 1. L'organe d'entrée du circuit
primaire de commande de couple est un détecteur de position 2
schématisé ici comme un système électromagnétique à noyau
30 plongeur. Le dispositif comporte une électronique qui peut
être regardée comme comportant un circuit de commande
primaire, à large bande passante et un circuit d'asservisse-
ment secondaire à faible bande passante. Le circuit de
commande primaire est composé d'un réseau correcteur 3, par
35 exemple P.I.D., c'est-à-dire un asservissement basé sur les
informations de Position, d'Intégrale de la position et de
Dérivée de la position, c'est-à-dire la vitesse. La fonction
de transfert d'un tel réseau peut se représenter en transfor-
mée de Laplace suivant la formule :

$$K_1 \frac{1+p/\omega_a}{1 + \frac{2\xi p}{\omega_b} + \frac{p^2}{\omega_b^2}} + \frac{K_2}{p}$$

5

dans laquelle :

K_1 et K_2 sont des gains d'amplification ;

ω_a et ω_b sont des pulsations propres caractéristiques du réseau correcteur ;

10 ξ est l'amortissement propre du réseau correcteur ;

p est la variable de Laplace.

La sortie du réseau 3 fournit un signal à un étage de puissance 4 qui peut par exemple être un
15 amplificateur en courant, c'est-à-dire un dispositif qui transforme une tension en courant avec un gain déterminé, caractérisé en ampères de sortie par volts d'entrée. L'étage de puissance 4 attaque la ou les bobines 5 d'un actuateur linéaire composé d'une ou plusieurs bobines se déplaçant dans
20 l'entrefer d'un circuit magnétique 6 porté par la plate-forme mobile autour d'un pivot flexible 7. Une commande extérieure 8 peut être ajoutée par l'intermédiaire du circuit secondaire 9 composé d'un filtre adapté à la commande utilisée.

25 L'ensemble est conçu de façon redondante, c'est-à-dire qu'il comporte au moins deux détecteurs primaires 2 et 2a et deux actuateurs 5 et 5a, 6 et 6a, ainsi que deux chaînes 3, 4, 9, 8 et 3a, 4a, 9a, 8a.

La variante de la figure 1 représentée figure 2 schématise le circuit où la commande extérieure 9 provient
30 d'un détecteur 10, placé sur le satellite 11. L'antenne se compose d'un réflecteur mobile 12 porté par la plate-forme 15 et d'une source radiofréquence 13 portée par le satellite.

Le détecteur 10 peut être un détecteur terrestre, ou un détecteur solaire ou encore un détecteur d'étoile,
35 l'antenne émettrice composée du réflecteur 12, et du cornet 13 peut être adaptée pour servir, en plus, de détecteur radiofréquence dont le signal peut être utilisé comme signal extérieur pour la boucle secondaire.

Dans la variante de la figure 2 représentée figure 3, l'antenne 12, 13, 14 est entièrement montée sur la plate-forme mobile 15. On distingue bien dans cet exemple le dispositif primaire constitué par la boucle 16 et l'asservissement secondaire constitué par le détecteur 10 et le réseau 9. L'antenne 14 peut être remplacée par tout autre dispositif devant être pointé finement, par exemple un radiomètre, un appareil de prise d'images ou encore un appareil scientifique de mesures.

10 Dans la variante de la figure 1 représentée figure 4, le détecteur 17, qui peut être un détecteur terrestre ou un détecteur d'écartométrie radiofréquence, est placé sur la plate-forme mobile 15. Celle-ci soutient l'ensemble antenne composée d'une tour 18, d'un émetteur ou 15 récepteur 13 et d'un réflecteur 19.

Le pivot flexible 7 reliant l'antenne au corps de satellite 11 est dans cet exemple placé sous un pied de la tour 18, alors que l'actuateur 6 et le détecteur 2 sont placés sous un autre pied de la tour. Un seul axe est 20 représenté sur la figure 4 pour faciliter la compréhension mais il est bien entendu que le dispositif agit suivant deux axes. Comme on le voit sur la figure 5 le support flexible 7 est sous un pied de la tour, deux autres pieds comportent un ensemble actuateur-détecteur $2x$, $6x$, d'une part, et $2y$, $6y$, 25 d'autre part, pour commander le dispositif suivant deux axes xx , yy .

Bien entendu de nombreuses autres configurations de pivot et d'actuateurs sont possibles.

On distingue encore dans cet exemple le 30 dispositif primaire constitué par la boucle 16 et la boucle secondaire constituée par le détecteur 17 et le filtre 9, qui dans ce cas peut être simplement un intégrateur.

Dans la variante de la figure 1 représentée sur la figure 6 le signal du détecteur de position 20 d'une 35 plate-forme maîtresse 21 est utilisé comme commande du circuit secondaire d'une plate-forme esclave 22. Il n'est pas préjugé du dispositif d'asservissement de la plate-forme maîtresse, qui peut par exemple être réalisé suivant une des

variantes de la figure 1. Une commande de dépointage relatif 23, entre 21 et 22, peut être introduite en 3.

Il va de soi que la présente invention n'a été décrite et représentée qu'à titre d'exemple préférentiel et
5 qu'on pourra apporter des équivalences techniques dans ses éléments constitutifs sans pour autant sortir du cadre de ladite invention, qui est défini dans les revendications annexées.

REVENDICATIONS

1. Procédé de commande d'orientation autour d'au moins un axe d'au moins une plate-forme mobile (1, 15) par rapport à une référence d'assujettissement (11), caractérisé en ce que la commande de ladite plate-forme mobile par rapport à ladite référence d'assujettissement est obtenue en exerçant un couple, par un actuateur (5, 6) approprié autour de chacun des axes (xx, yy), et généré en utilisant directement ou éventuellement après sommation avec un signal externe, les signaux de détecteurs de mouvement ou de position (2) de ladite plate-forme mobile (15, 1) par rapport à ladite référence d'assujettissement (11) et ce, à l'aide, d'une part, d'un circuit d'asservissement primaire à large bande passante (16) et éventuellement conjointement les signaux d'un détecteur d'écart angulaire (10, 17) par rapport à une cible indépendante et, d'autre part, d'un circuit d'asservissement secondaire à faible bande passante (9), ledit détecteur d'écart angulaire pouvant être lié rigidement à ladite plate-forme mobile (15, 1) ou à ladite référence d'assujettissement (11).

2. Procédé de commande d'orientation d'une plate-forme mobile selon la revendication 1, caractérisé en ce que la référence d'assujettissement est constituée par un véhicule spatial (11).

3. Procédé de commande d'orientation d'une plate-forme mobile selon la revendication 2, caractérisé en ce que le véhicule spatial est sur une orbite géostationnaire.

4. Procédé de commande d'orientation d'une plate-forme mobile selon la revendication 3, caractérisé en ce que les signaux des détecteurs de position (2, 2a) de la plate-forme mobile par rapport à la référence d'assujettissement sont utilisés après sommation avec des signaux télécommandés.

5. Procédé de commande d'orientation d'une plate-forme mobile selon la revendication 3, caractérisé en ce que les signaux des détecteurs de position (2, 2a) de la plate-forme mobile (21) par rapport à la référence d'assujett-

tissement sont utilisés après soustraction avec des signaux caractérisant la position d'une autre plate-forme mobile (22) semblable et voisine.

5 6. Procédé de commande d'orientation d'une plate-forme mobile selon la revendication 3, caractérisé en ce que ladite plate-forme mobile (15) supporte au moins une antenne complète (14) avec réflecteurs et cornets.

10 7. Procédé de commande d'orientation d'une plate-forme mobile selon la revendication 3, caractérisé en ce que ladite plate-forme (15) supporte un réflecteur d'antenne seule (12), le cornet (13) étant lié rigidement au véhicule spatial (11).

15 8. Procédé de commande d'orientation d'une plate-forme mobile selon la revendication 6, caractérisé en ce que le détecteur d'écart angulaire (10) est un détecteur d'écartométrie radiofréquence par rapport à une balise radio fournissant les écarts angulaires dans deux directions.

20 9. Procédé de commande d'orientation d'une plate-forme mobile selon la revendication 6, caractérisé en ce que le détecteur d'écart angulaire (17) est constitué par un ensemble de détecteurs terrestres infrarouge fixé sur la plate-forme mobile et fournissant les écarts angulaires dans deux directions.

25 10. Procédé de commande d'orientation d'une plate-forme mobile selon la revendication 6, caractérisé en ce que le détecteur d'écart angulaire (10) est constitué par un ensemble de détecteurs terrestres infrarouge fixé directement sur le véhicule spatial et fournissant les écarts angulaires dans deux directions.

30 11. Procédé de commande d'orientation d'une plate-forme mobile selon la revendication 7, caractérisé en ce que le détecteur d'écart angulaire (10) est un détecteur d'écartométrie radiofréquence par rapport à une balise radio fournissant les écarts angulaires dans deux directions.

35 12. Procédé de commande d'orientation d'une plate-forme mobile selon la revendication 7, caractérisé en ce que le détecteur d'écart angulaire (10) est constitué par un ensemble de détecteurs terrestres infrarouge fixé directe-

ment sur le véhicule spatial et fournissant les écarts angulaires dans deux directions.

13. Procédé de commande d'orientation d'une plate-forme mobile selon la revendication 3, caractérisé en
5 ce que les détecteurs de position (2, 2a) sont des capteurs de déplacement à transformateur différentiel.

14. Procédé de commande d'orientation d'une plate-forme mobile selon la revendication 3, caractérisé en
10 ce que les détecteurs de position (2, 2a) sont des capteurs de déplacement capacitifs.

15. Procédé de commande d'orientation d'une plate-forme mobile selon la revendication 1, caractérisé en
ce que les détecteurs de mouvement sont des détecteurs (2, 2a) de vitesse linéaires ou angulaires ou des détecteurs
15 d'accélération linéaires ou angulaires.

16. Procédé de commande d'orientation d'une plate-forme mobile selon la revendication 2, caractérisé en
ce que la plate-forme mobile supporte un radiomètre ou un
20 appareil de prise d'images ou encore un appareil scientifique de mesures.

17. Procédé de commande d'orientation d'une plate-forme mobile selon la revendication 16, caractérisé en
ce que le détecteur d'écart angulaire est constitué par un
détecteur solaire ou un viseur d'étoile.

18. Système de commande d'orientation autour
25 d'au moins un axe, d'au moins une plate-forme mobile (15) par rapport à une référence d'assujettissement (11), mettant en oeuvre le procédé défini aux revendications 1 à 17, système caractérisé en ce qu'il comporte de préférence selon chacun
30 des axes de rotation (xx, yy) :

- au moins un actuateur (5, 6) susceptible
d'exercer un couple sur la plate-forme (15) et au moins un
détecteur (2) de mouvement ou de position de ladite plate-
forme mobile par rapport à ladite référence d'assujettisse-
35 ment (11) ;

- au moins un circuit de commande primaire à large bande passante (16) transmettant les signaux reçus
dudit détecteur (2) audit actuateur (5, 6) ;

- au moins un circuit d'asservissement secondaire à faible bande passante (9) permettant d'ajouter éventuellement aux signaux du détecteur (2) transmis par le circuit de commande primaire (16), un signal externe d'un
5 détecteur (10, 17) d'écart angulaire par rapport à une cible indépendante ;

- ledit détecteur d'écart angulaire étant lié rigidement (17) à ladite plate-forme mobile (15) ou rigidement (10) à ladite référence d'assujettissement (11).

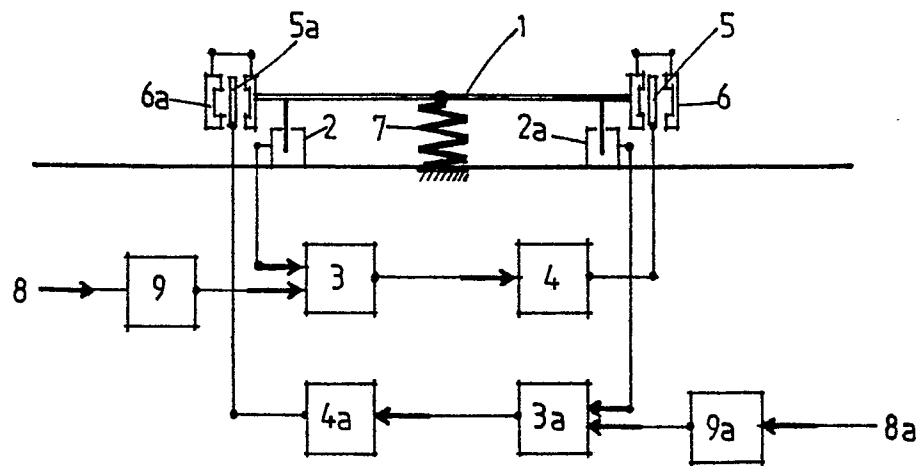


FIG. 1

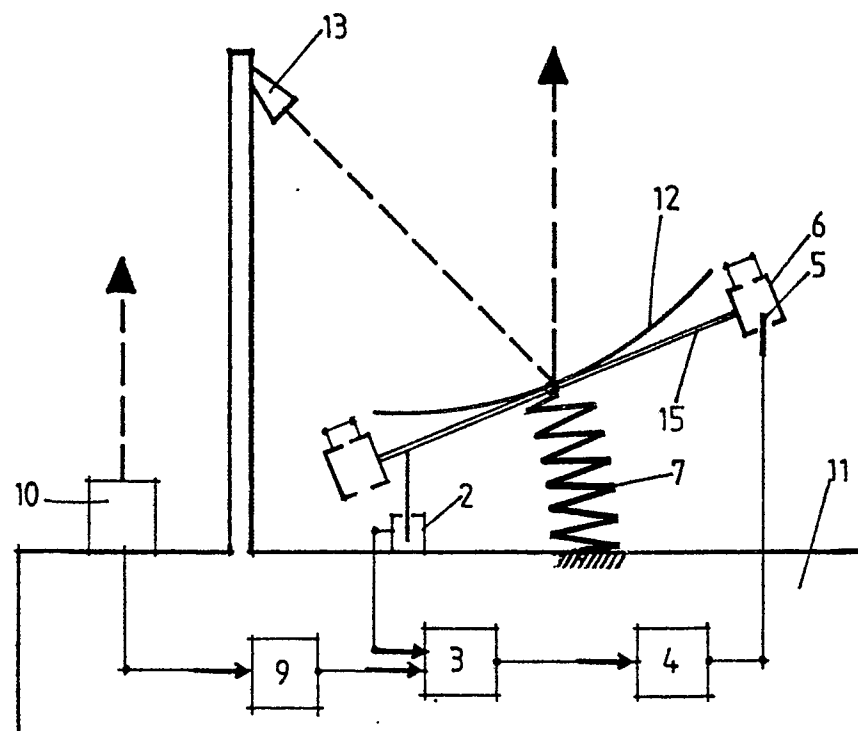


FIG 2

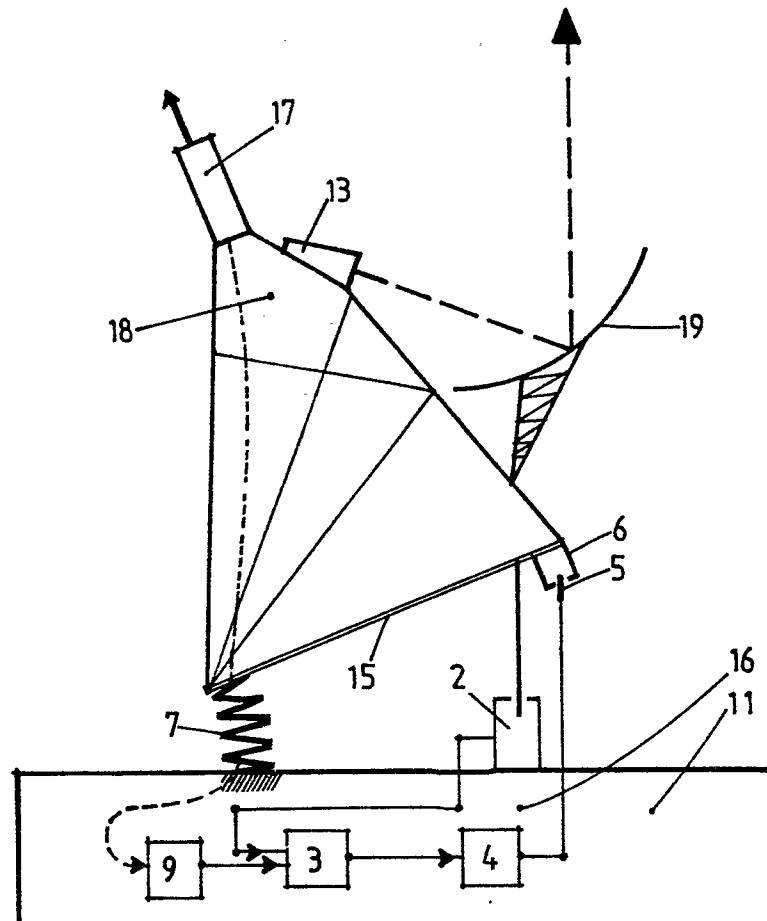


FIG. 4

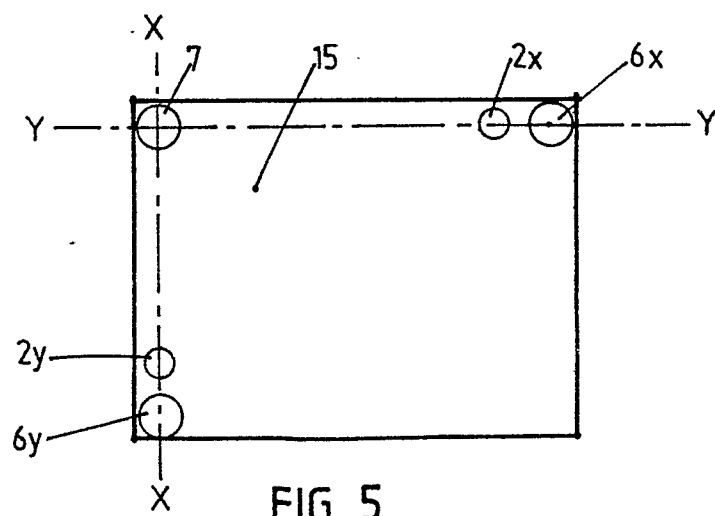
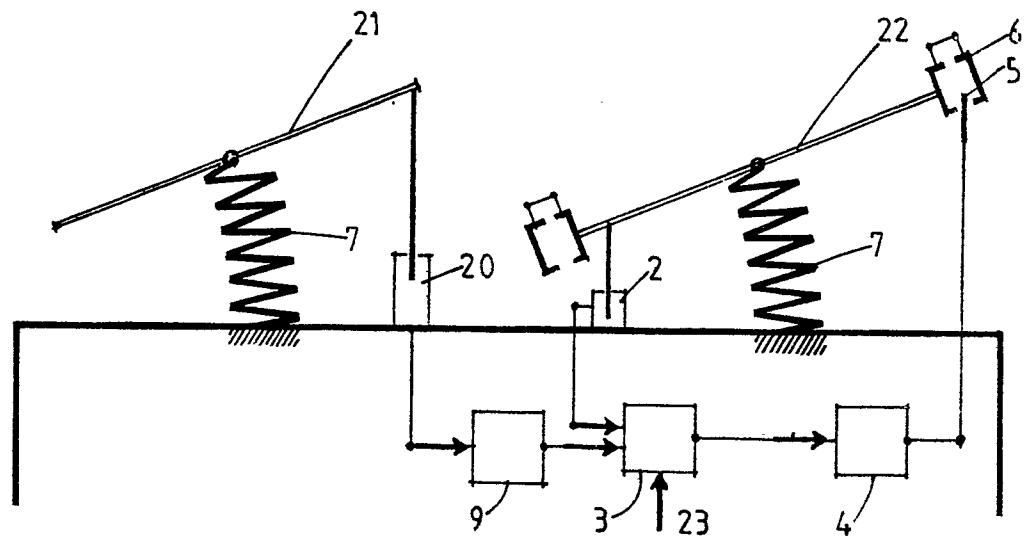
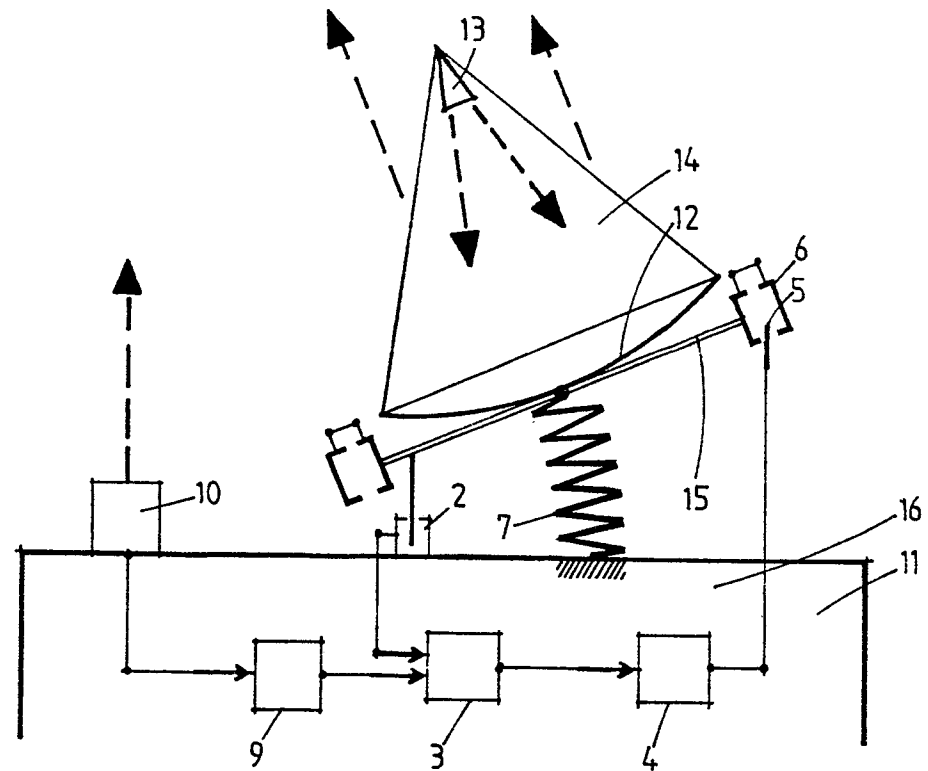


FIG. 5





Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

0043772
Numéro de la demande
EP 81 40 1076

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. Cl. ³)
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	
	<u>US - A - 4 033 541</u> (R.M. MALVEG) * En entier *	1, 15, 18	H 01 Q 1/18 1/28
	--		
	<u>US - A - 3 099 005</u> (E.A. GOLDBERG) * En entier *	1, 6, 15, 18	
	--		
	<u>US - A - 3 529 166</u> (J.W. GOOTHERTS) * Figures 9, 10 *	1, 2, 10	
	--		
	<u>US - A - 3 047 863</u> (V.W. BOLIE) * En entier *	1, 6	
	--		
	<u>US - A - 3 984 072</u> (G.L. VON PRAGUENAU et al.) * Figure 1 *	1	H 01 Q G 01 S G 01 C B 64 D F 16 M B 64 G G 05 D
	--		
	<u>US - A - 3 263 944</u> (R.A. WATSON) * En entier *	1, 17	
	--		
	<u>US - A - 3 731 544</u> (R.H. ACKER et al.) * En entier *	1	
	--		
A	<u>US - A - 3 703 999</u> (E.L. FORYS et al.)	1	
A	<u>DE - B - 1 272 565</u> (BUNDES MINISTER DER VERTEIDIGUNG) ./.	1	
Le présent rapport de recherche a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche La Haye			Date d'achèvement de la recherche 15-10-1981
			Examineur CHAIX DE LAVARENE



0043772
Nº de la demande
EP 81 40 1076
-2- fin

OEB Form 1503.2 06.78