

19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

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

2 737 184

21) N° d'enregistrement national : 95 09088

51) Int Cl<sup>6</sup> : B 64 G 3/00, 1/10

12)

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22) Date de dépôt : 26.07.95.

30) Priorité :

43) Date de la mise à disposition du public de la  
demande : 31.01.97 Bulletin 97/05.

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

60) Références à d'autres documents nationaux  
apparentés :

71) Demandeur(s) : ALCATEL ESPACE SOCIETE  
ANONYME — FR.

72) Inventeur(s) : LANSARD ERICK.

73) Titulaire(s) :

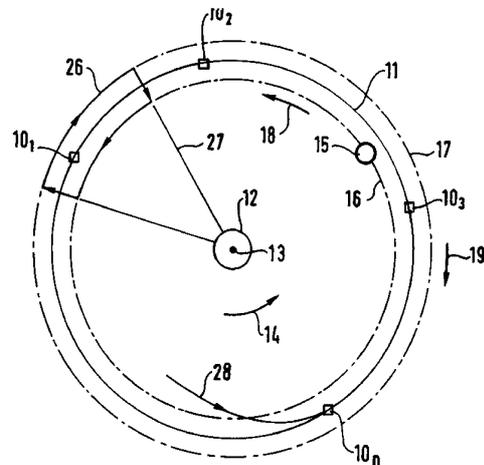
74) Mandataire : ALCATEL ALSTHOM RECHERCHE.

54) SYSTEME D'OBSERVATION DE SATELLITES GEOSTATIONNAIRES, UTILISATION D'UN TEL SYSTEME ET  
PROCEDES D'OBSERVATION CORRESPONDANTS.

57) L'invention concerne notamment un système d'observation  
de satellites géostationnaires (10<sub>1</sub> à 10<sub>n</sub>).

Selon l'invention, ce système comprend au moins un satellite  
d'observation (15) situé sur une orbite d'observation  
(16, 17) proche de l'orbite géostationnaire (11), ce satellite  
d'observation (15) comprenant des moyens d'observation  
des satellites géostationnaires (10<sub>1</sub> à 10<sub>n</sub>) et des moyens  
de transmission des informations issues de ces moyens  
d'observation (20, 21, 22) à l'attention d'un récepteur.

L'invention s'applique notamment à la discrimination des  
satellites de communication, de météorologie, d'alerte  
avancée et d'écoute électromagnétique.



FR 2 737 184 - A1



## **Systeme d'observation de satellites géostationnaires, utilisation d'un tel système et procédés d'observation correspondants**

Le domaine de l'invention est celui de l'observation des satellites géostationnaires et concerne plus précisément un système d'observation de tels satellites géostationnaires, l'utilisation d'un tel système et des procédés d'observation correspondants.

Par définition, un satellite géostationnaire est un satellite qui a été placé, par exemple par un lanceur tel qu'Ariane (France) ou une navette telle que Discovery (Etats-Unis), sur l'orbite géostationnaire. Par rapport à un lieu géographique quelconque de la surface de la terre, un tel satellite sera toujours vu sous les mêmes coordonnées, en azimut et en élévation. L'orbite géostationnaire est quant à elle la trajectoire courbe décrite dans l'espace par de tels satellites. Cette orbite est de forme quasi-circulaire et est située à environ 36.000 km de la terre.

Les satellites géostationnaires peuvent avoir des missions civiles (communications téléphoniques, transmissions d'images de télévision, météo ...) ou militaires (communications chiffrées, détections et localisations d'émissions électromagnétiques, de tirs de missiles, ...) et c'est pourquoi il est intéressant de pouvoir surveiller les natures de leurs missions. Il est notamment important de pouvoir détecter qu'un satellite prétendument civil a en fait une mission militaire. En particulier, on s'attache à pouvoir discriminer les satellites de communication, de météorologie, d'alerte avancée et d'écoute électromagnétique.

Les systèmes d'observation existants font appel à des dispositifs d'imagerie installés dans des stations au sol. Ces dispositifs d'imagerie peuvent par exemple employer des télescopes à optique adaptative. Cependant, leur principal inconvénient est que la qualité des images qu'ils fournissent dépend des conditions d'éclairément : ils sont inutilisables par temps couvert ou en présence de turbulences atmosphériques. De plus, les meilleurs systèmes d'imagerie depuis le sol en optique ou en radar autorisent par temps favorable des résolutions décimétriques à 300 km, c'est à dire des résolutions décamétriques au-delà de 40.000 km ; il s'en suit qu'un satellite en orbite géostationnaire n'occupe qu'un seul pixel sur une image. Il est dans ce cas tout juste possible de pouvoir détecter la présence d'un satellite intrus dans l'orbite géostationnaire mais il est impossible de déterminer la mission d'un satellite géostationnaire.

De plus, de tels télescopes sont d'un coût très important et leur encombrement n'est pas négligeable.

Enfin, ces télescopes sont situés, pour les raisons météorologiques précitées, sur des sites exposés, par exemple sur des sommets de montagnes, et constituent donc des cibles faciles à atteindre.

La présente invention a notamment pour objectif de pallier ces  
5 inconvénients.

Plus précisément, un des objectifs de l'invention est de fournir un système d'observation de satellites géostationnaires permettant d'obtenir des images dont la définition permet de déterminer la mission des différents satellites.

Cet objectif, ainsi que d'autres qui apparaîtront par la suite, est atteint  
10 grâce à un système d'observation de satellites géostationnaires placés sur l'orbite géostationnaire, ce système comprenant au moins un satellite d'observation situé sur une orbite d'observation proche de l'orbite géostationnaire, ce satellite d'observation comprenant des moyens d'observation des satellites géostationnaires et des moyens de transmission des informations issues de ces moyens  
15 d'observation à l'attention d'un récepteur.

Le satellite d'observation selon l'invention comprend avantageusement un système de propulsion lui permettant de se déplacer par rapport à l'orbite géostationnaire.

Les moyens d'observation embarqués par le satellite d'observation  
20 comprennent préférentiellement un télescope optique, éventuellement une caméra infrarouge et/ou des moyens d'écoute des émissions radioélectriques des satellites géostationnaires.

Le satellite d'observation comprend avantageusement des moyens de stockage des informations issues des moyens d'observation.

L'invention concerne également l'utilisation d'un tel système pour  
25 l'observation de satellites géostationnaires.

L'invention concerne également un procédé d'observation de satellites géostationnaires placés sur l'orbite géostationnaire, ce procédé consistant à :

- placer au moins un satellite d'observation sur une orbite, appelée orbite  
30 d'observation, proche de l'orbite géostationnaire ;
- observer les satellites géostationnaires ;
- transmettre les informations issues de ces observations à l'attention d'un récepteur.

L'orbite d'observation est avantageusement nominalement distante  
35 d'environ 100 km de l'orbite géostationnaire.

Le procédé selon l'invention peut également consister à déplacer le satellite d'observation de part et d'autre de l'orbite géostationnaire afin de limiter l'observation à un secteur d'orbite géostationnaire.

L'invention concerne également un autre procédé d'observation de satellites géostationnaires, cet autre procédé consistant à :

- prévoir des moyens d'observation sur un satellite hôte destiné à être placé sur l'orbite géostationnaire ;
- 5 - observer les satellites géostationnaires pendant la phase de mise à poste du satellite hôte sur l'orbite géostationnaire ;
- transmettre les informations issues de ces observations à l'attention d'un récepteur.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description suivante d'un mode de réalisation préférentiel, donné à titre illustratif et non limitatif, et des dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1 est une vue schématique d'une constellation de satellites géostationnaires ;
- la figure 2 représente schématiquement les moyens d'observation  
15 embarqués à bord d'un satellite d'observation selon l'invention.

La figure 1 est une vue schématique d'une constellation de satellites géostationnaires. Les échelles ne sont pas conservées pour des raisons de clarté. Les satellites géostationnaires sont représentés par des carrés et référencés  $10_1$  à  $10_n$ . L'orbite géostationnaire est référencée 11 (elle est représentée circulaire par simplification), la terre 12, le pôle nord 13 et le sens de rotation de la terre est représenté par une flèche 14. La vitesse angulaire des satellites géostationnaires  $10_i$  est égale à celle de la terre 12 et ils sont situés au zénith de l'équateur.

Le système d'observation des satellites géostationnaires  $10_1$  à  $10_n$  selon l'invention comprend au moins un satellite d'observation, référencé 15 sur la figure  
25 1. Ce satellite d'observation est représenté par un cercle et est situé sur une orbite d'observation 16 ou 17, proche de l'orbite géostationnaire 11. Le satellite d'observation 15 comprend des moyens d'observation des satellites géostationnaires  $10_1$  à  $10_n$  et des moyens de transmission des informations issues de ces moyens d'observation à l'attention d'un récepteur.

30 Les orbites d'observation 16 et 17 sont des orbites quasi-stationnaires situées à quelques dizaines de kilomètres de l'orbite géostationnaire 11. Ainsi, une fois le satellite d'observation 15 placé sur une de ces orbites, sa vitesse de défilement relative par rapport à la terre 12 sera différente de celle des satellites géostationnaires. Plus précisément, si le satellite d'observation 15 est placé sur  
35 l'orbite 16, c'est à dire à l'intérieur de l'orbite géostationnaire 11, il aura une vitesse de croisière supérieure à celle des satellites géostationnaires  $10_1$  à  $10_n$ . Son mouvement relatif par rapport aux satellites géostationnaires  $10_1$  à  $10_n$  sera donc celui représenté par la flèche 18. Il en résulte qu'il assurera un balayage des

satellites géostationnaires  $10_1$  à  $10_n$  en étant apte à observer successivement les satellites  $10_n$  à  $10_1$  respectivement, si leurs positions respectives sont celles telles que représentées. En revanche, si le satellite d'observation 15 est placé sur l'orbite 17, c'est à dire à l'extérieur de l'orbite géostationnaire 11, il aura une vitesse de croisière inférieure à celle des satellites géostationnaires  $10_1$  à  $10_n$ . Son mouvement relatif par rapport aux satellites géostationnaires  $10_1$  à  $10_n$  sera donc celui représenté par la flèche 19. Il en résulte qu'il assurera un balayage des satellites géostationnaires  $10_1$  à  $10_n$  en étant apte à observer successivement les satellites  $10_1$  à  $10_n$  respectivement, si leurs positions respectives sont celles telles que représentées.

En résumant, l'orbite quasi-géostationnaire 16 est faiblement dérivante vers l'Est alors que l'orbite quasi-géostationnaire 17 est faiblement dérivante vers l'Ouest. Ces dérives sont d'autant plus importantes que les distances séparant les orbites 16 et 17 de l'orbite géostationnaire 11 sont importantes. La mise en orbite quasi-géostationnaire d'un satellite d'observation permet ainsi de balayer à faible distance toute l'orbite géostationnaire et donc d'observer successivement tous les satellites s'y trouvant.

Le fait de placer le satellite d'observation à faible distance de l'orbite géostationnaire 11 (faible différence d'altitude) permet d'atteindre des résolutions au moins métriques avec les dispositifs d'imagerie existants. L'orbite d'observation est préférentiellement nominalement distante d'environ 100 km de l'orbite géostationnaire.

Le ou les satellites d'observation du système selon l'invention peuvent être des satellites classiques mais sont préférentiellement, essentiellement pour des raisons de discrétion, des mini-satellites, c'est à dire que leur charge utile a une masse de l'ordre de 50 kg. De tels mini-satellites peuvent être montés sur des satellites porteurs classiques et lancés simultanément avec ceux-ci, vu leur faible poids. On utilisera dans ce cas des moyens d'observation de taille réduite.

La figure 2 représente schématiquement les moyens d'observation embarqués à bord d'un satellite d'observation selon l'invention.

Les moyens d'observation embarqués à bord d'un satellite selon l'invention peuvent par exemple comprendre une caméra infrarouge, un télescope optique et/ou des moyens d'écoute des émissions radioélectriques des satellites géostationnaires  $10_1$  à  $10_n$ .

Ces différents moyens d'observation sont raccordés à des moyens de gestion assurant notamment la mise en forme des données pour réémission à l'aide d'une antenne. Les moyens de gestion sont préférentiellement raccordés à des moyens de stockage des données issues de ces moyens

d'observation. Il est ainsi possible de ne transmettre les données enregistrées qu'à un moment propice, par exemple lorsque le satellite d'observation se trouvera en liaison favorable avec un récepteur apte à les traiter. Le récepteur des données transmises par le satellite est par exemple constitué par une station au sol, un  
5 aéronef ou par un satellite coopératif, par exemple un satellite géostationnaire.

La mise en orbite quasi-géostationnaire d'un satellite d'observation selon l'invention peut être effectuée soit de manière autonome par son propre système de propulsion, soit en séparant ce satellite d'observation d'un satellite hôte lors de la mise à poste géostationnaire de ce satellite hôte. Dans ce dernier cas, le  
10 satellite d'observation constitue temporairement un passager du satellite hôte.

Chaque satellite d'observation selon l'invention comprend avantageusement un système de propulsion lui permettant de se déplacer par rapport à l'orbite géostationnaire 11 nominale. Il lui est dans ce cas possible de se rapprocher de satellites à observer finement. Une possibilité particulièrement  
15 intéressante conférée par la présence d'un système de propulsion est qu'il lui est alors possible de se déplacer de part et d'autre de l'orbite géostationnaire, en effectuant des sauts entre les orbites 16 et 17, afin de limiter l'observation à un secteur de l'orbite géostationnaire 11. Ces déplacements sont représentés par le chemin 26 sur la figure 1 et le secteur correspondant est référencé 27. Ces sauts  
20 d'orbite peuvent être soit automatisés, soit commandés à partir d'une station au sol.

Le procédé d'observation de satellites géostationnaires selon l'invention consiste donc à placer au moins un satellite d'observation sur une orbite d'observation, proche de l'orbite géostationnaire, à observer les satellites  
25 géostationnaires et à transmettre les informations issues de ces observation à l'attention d'un récepteur.

L'invention concerne également un autre procédé d'observation de satellites géostationnaires, ce procédé consistant à ne plus faire appel à des satellites d'observation dérivant sur une orbite proche de l'orbite géostationnaire, mais à prévoir des moyens d'observation sur un satellite hôte destiné à être placé  
30 sur cette orbite géostationnaire. Pendant la phase de mise à poste sur l'orbite géostationnaire de ce satellite hôte, par exemple celui référencé  $10_n$  sur la figure 1, ce satellite hôte  $10_n$  décrit une courbe telle que celle référencée 28. Durant cette phase, le satellite  $10_n$  s'approche progressivement de l'orbite géostationnaire  
35 11 en balayant une partie importante de cette orbite. Il s'en suit qu'il est capable d'observer les satellites géostationnaires durant toute cette phase, jusqu'à sa mise à poste définitive. Pendant cette phase de mise à poste, les moyens d'observation dont il est porteur peuvent être utilisés pour les mêmes raisons que précitées. La

plage de dérive en longitude du satellite hôte peut être optimisée afin d'imager une partie importante de l'orbite géostationnaire, c'est à dire que l'approche de cette orbite sera particulièrement lente par rapport aux satellites géostationnaires classiques. Une fois ce satellite hôte à poste, les moyens d'observation deviennent  
5 inutiles et les informations issues de cette observation peuvent être transmises à l'attention d'un récepteur.

L'instrumentation d'imagerie est par exemple placée sur la face anti-terre du satellite hôte, ce dernier étant par exemple constitué par un satellite commercial coopératif.

**REVENDEICATIONS**

1. Système d'observation de satellites géostationnaires ( $10_1$  à  $10_n$ ) placés sur l'orbite géostationnaire (11),  
5 caractérisé en ce qu'il comprend au moins un satellite d'observation (15) situé sur une orbite d'observation (16, 17) proche de ladite orbite géostationnaire (11), ledit satellite d'observation (15) comprenant des moyens d'observation (20, 21, 22) desdits satellites géostationnaires ( $10_1$  à  $10_n$ ) et des moyens de transmission des informations issues desdits moyens d'observation (20, 21, 22) à l'attention d'un  
10 récepteur.
2. Système selon la revendication 1, caractérisé en ce que ledit satellite d'observation (15) comprend un système de propulsion lui permettant de se déplacer par rapport à ladite orbite géostationnaire (11).
3. Système selon l'une des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que lesdits  
15 moyens d'observation (20, 21, 22) comprennent un télescope optique (21).
4. Système selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que lesdits moyens d'observation (20, 21, 22) comprennent une caméra infrarouge (20).
5. Système selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que lesdits  
20 moyens d'observation comprennent des moyens d'écoute (22) des émissions radioélectriques desdits satellites géostationnaires.
6. Système selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que ledit satellite d'observation (15) comprend des moyens de stockage (24) desdites informations issues desdits moyens d'observation (20, 21, 22).
7. Utilisation d'un système selon l'une des revendications précédentes pour  
25 l'observation de satellites géostationnaires ( $10_1$  à  $10_n$ ).
8. Procédé d'observation de satellites géostationnaires ( $10_1$  à  $10_n$ ) placés sur l'orbite géostationnaire (11),  
caractérisé en ce qu'il consiste à placer au moins un satellite d'observation (15) sur une orbite, appelée orbite d'observation (16, 17), proche de ladite orbite  
30 géostationnaire (11), à observer lesdits satellites géostationnaires ( $10_1$  à  $10_n$ ) et à transmettre les informations issues de ces observations à l'attention d'un récepteur.
9. Procédé selon la revendication 8, caractérisé en ce que ladite orbite d'observation (16, 17) est nominalement distante d'environ 100 km de ladite orbite  
35 géostationnaire (11).
10. Procédé selon l'une des revendications 8 et 9, caractérisé en ce qu'il consiste à déplacer ledit satellite d'observation (15) de part et d'autre de ladite

orbite géostationnaire (11) afin de limiter l'observation à un secteur (27) d'orbite géostationnaire (11).

11. Procédé d'observation de satellites géostationnaires ( $10_1$  à  $10_n$ ) placés sur l'orbite géostationnaire (11),

- 5 caractérisé en ce qu'il consiste à prévoir des moyens d'observation sur un satellite hôte destiné à être placé sur ladite orbite géostationnaire (11), à observer lesdits satellites géostationnaires ( $10_1$  à  $10_n$ ) pendant la phase de mise à poste dudit satellite hôte sur ladite orbite géostationnaire (11), et à transmettre les informations issues de ces observations à l'attention d'un récepteur.

1/1

FIG. 1

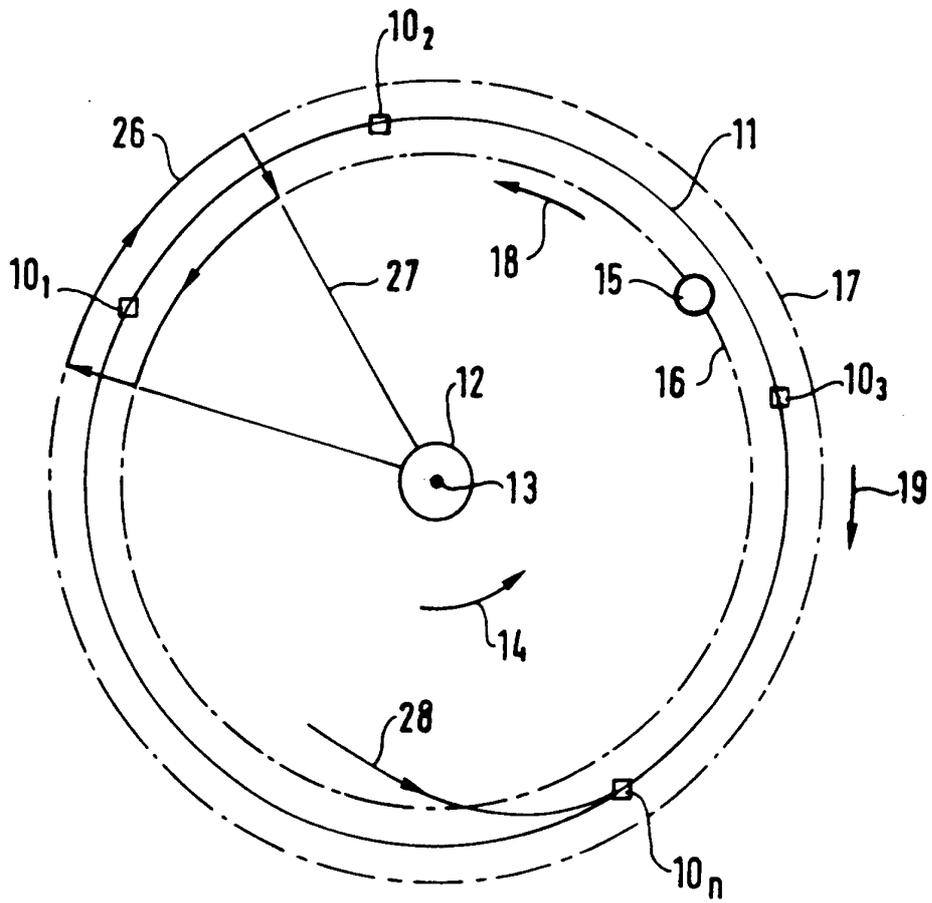
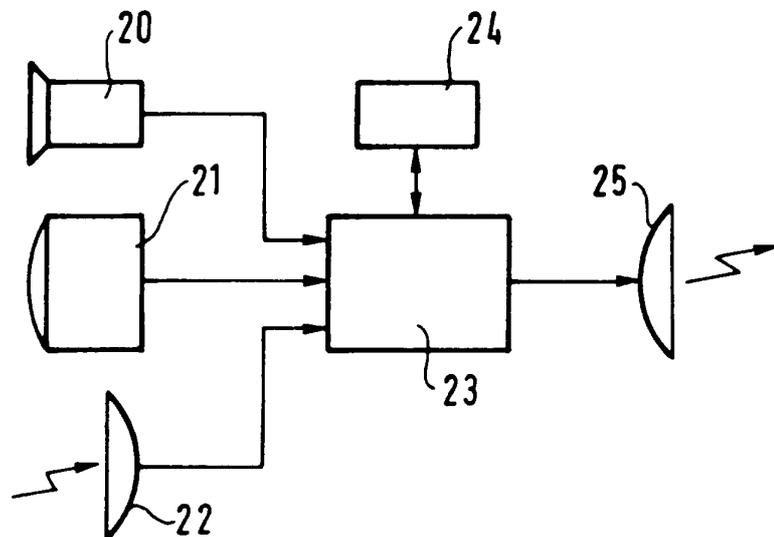


FIG. 2



DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
A	US-A-3 491 591 (GROSCH, C.) * colonne 1, ligne 43 - ligne 59 * * colonne 2, ligne 53 - colonne 4, ligne 1 * * colonne 6, ligne 25 - colonne 8, ligne 64; figures 1-9 *	1,8,11
A	WO-A-89 07549 (D'AUSILIO, R.) * page 4, ligne 1 - ligne 20 * * page 14, ligne 10 - page 22, ligne 7; figures 1-8 *	1,8,11
A	WO-A-92 13312 (REVORD, R.) * page 5, ligne 7 - page 13, ligne 18; figures 1-9 *	1,8,11
		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.CL.6)
		B64G
Date d'achèvement de la recherche		Examineur
3 Juin 1996		Rivero, C
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		T : théorie ou principe à la base de l'invention
X : particulièrement pertinent à lui seul		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.
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie		D : cité dans la demande
A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général		L : cité pour d'autres raisons
O : divulgation non-écrite		& : membre de la même famille, document correspondant
P : document intercalaire		

1