

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 04.11.11.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 10.05.13 Bulletin 13/19.

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) : THALES Société anonyme — FR.

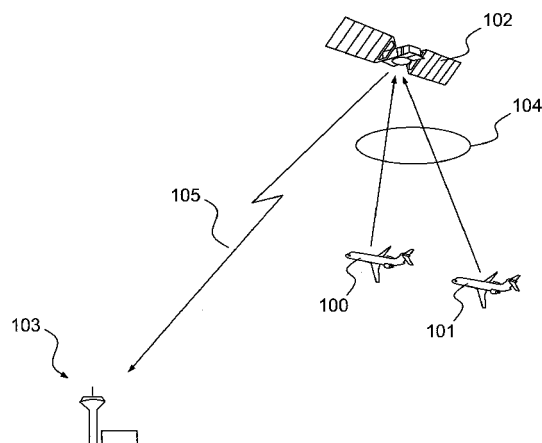
72 Inventeur(s) : BARTHERE ARNAUD, CORBEL
ERWAN et CALMETTES THIBAUD.

73 Titulaire(s) : THALES Société anonyme.

74 Mandataire(s) : MARKS & CLERK FRANCE Société
en nom collectif.

54 SYSTÈME DE SURVEILLANCE PAR SATELLITE MULTI-SPOTS ET DISPOSITIF DE RECEPTION.

57 L'invention a pour objet un système de surveillance d'aéronefs présents dans une zone couverte par au moins un satellite (102) de communication, lesdits aéronefs (100, 101) émettant (104) des signaux portant des messages de surveillance. La zone de couverture est composée d'une pluralité de spots, le satellite (102) comprenant des moyens pour appliquer périodiquement une séquence de commutation, ladite séquence étant composée d'une pluralité de phases de commutation, une phase de commutation correspondant à une durée pendant laquelle les signaux émis par les aéronefs présents dans au moins un spot sont traités par le satellite (102) de manière à détecter des messages de surveillance, ladite séquence étant adaptée de manière à permettre la détection pendant une période prédéterminée d'au moins un message de surveillance par aéronef présent dans la zone de couverture.



Système de surveillance par satellite multi-spots et dispositif de réception

5

L'invention concerne un système de surveillance par satellite multi-spots et dispositif de réception. Elle s'applique notamment aux domaines de la surveillance et du contrôle d'aéronefs.

10

Les systèmes de surveillance et de contrôle de trafic aérien exploitent aujourd'hui les possibilités offertes par les systèmes de positionnement par satellite GNSS, acronyme venant de l'expression anglo-saxonne «Global Navigation Satellite System», comme par exemple les systèmes GALILEO, GLONASS et GPS. Les aéronefs à surveiller et à

15 contrôler comprennent habituellement des moyens embarqués leur permettant d'évaluer finement leur position en s'appuyant sur ces systèmes de positionnement. Les aéronefs envoient ensuite régulièrement le résultat de leur estimation de position par radio à des stations de contrôle au sol. Le système ADS-B, acronyme venant de l'expression anglo-saxonne

20 « Automatic Dependent Surveillance-Broadcast », est un exemple de norme pour système de surveillance.

25

Les stations terrestres ne sont pas toujours en visibilité radio avec un aéronef diffusant sa position, par exemple lorsque celui-ci se déplace au dessus d'un océan. La mise en œuvre de satellites ayant des capacités de

réception et d'émission de signaux de surveillance s'est alors posée aux industriels du secteur du fait qu'un satellite permet de couvrir une zone étendue de par leur altitude et leur ouverture d'antenne pouvant être supérieure à 126° à 780 km d'altitude. La mise en œuvre d'un satellite aurait alors l'avantage d'améliorer la réception des messages de surveillance de

30 type ADS-B et donc de permettre un contrôle plus fin des aéronefs. Dans un tel système, et comme illustré grâce à la figure 1, une pluralité d'aéronefs 100, 101 transmettent des informations comme par exemple leur position à un satellite 102 couvrant la zone dans laquelle ils se trouvent. Cette transmission est réalisée en utilisant un lien montant de communication 104.

35 Le satellite 102 retransmet ensuite cette information vers au moins une station au sol 103 en utilisant un lien descendant 105.

L'utilisation de satellites dans un système de surveillance et de contrôle de trafic aérien induit plusieurs problèmes. Un premier problème est dû au fait que les aéronefs émettent des signaux de surveillance de manière asynchrone et sur une même bande de fréquence. Lorsque le nombre d'aéronefs présents dans la zone de visibilité du satellite devient très élevé, la probabilité de collision de message augmente rapidement et peut devenir rédhibitoire. Une collision de signaux se produit lorsque deux aéronefs émettent en même temps et voient leurs messages mutuellement brouillés. De plus, une solution se basant sur un satellite couvrant une zone donnée à l'aide d'un unique spot est incompatible avec un bilan de liaison acceptable, c'est-à-dire avec un facteur de mérite suffisant. Pour rappel, le facteur correspond au rapport G/T entre le gain d'antenne G et la température T . En outre, le dispositif de réception embarqué dans le satellite se trouvera facilement en situation de saturation car le nombre d'avions en visibilité est trop important.

Il est aussi possible d'envisager une solution multi-spots, un satellite émettant et recevant simultanément dans sa zone de couverture à l'aide d'un nombre M de spots. Or, cette solution suppose de mettre en œuvre dans le satellite autant de chaînes de réception que de spots. Il peut alors être difficile, voir impossible, d'embarquer un tel récepteur dans la charge utile d'un satellite du fait de sa taille, de son volume, du nombre d'équipements, de la puissance consommée ainsi que du poids du dispositif de réception.

Un but de l'invention est notamment de pallier les inconvénients précités.

A cet effet l'invention a pour un système de surveillance d'aéronefs présents dans une zone couverte par au moins un satellite de communication, lesdits aéronefs émettant des signaux portant des messages de surveillance. La zone de couverture est composée d'une pluralité de spots, le satellite comprenant des moyens pour appliquer périodiquement une séquence de commutation, ladite séquence étant composée d'une pluralité de phases de commutation, une phase de commutation correspondant à une durée pendant laquelle les signaux émis par les aéronefs présents dans au moins un spot sont traités par le satellite de

manière à détecter des messages de surveillance, ladite séquence étant adaptée de manière à permettre la détection pendant une période prédéterminée *T_{up}* d'au moins un message de surveillance par aéronef présent dans la zone de couverture.

5 Selon un aspect de l'invention, la norme ADS-B est mise en œuvre.

La séquence de commutation comprend par exemple au moins deux phases de commutation de durées différentes.

10 Dans un mode de réalisation, la séquence de commutation est adaptée automatiquement et/ou sur commande en fonction de la densité des aéronefs présents dans les spots de la zone de couverture.

La durée des phases de commutation et/ou le nombre de spots traités durant chaque phase peuvent être choisis en fonction de la densité des aéronefs présents dans les spots de la zone de couverture.

15 Selon un aspect de l'invention, le satellite comprend des moyens de détection multi-utilisateurs MUD par suppression d'interférence, la contribution au signal reçu dans un spot d'un message détecté étant retranchée aux signaux reçus dans les spots adjacents traités pendant la même phase de commutation.

20 Dans un mode de réalisation, le satellite comprend une pluralité d'antennes de réception, deux antennes utilisées pour recevoir des signaux en provenance de deux spots adjacents étant configurées de manière à ce que la première fonctionne en polarisation circulaire droite et la seconde en polarisation circulaire gauche.

25 Alternativement, le satellite comprend une pluralité d'antennes de réception, au moins une antenne étant configurée de manière à ce qu'elle fonctionne à la fois en polarisation circulaire droite et en polarisation circulaire gauche.

30 L'invention a aussi pour objet un dispositif de réception pouvant être embarqué dans un satellite comprenant des moyens pour former une pluralité de faisceaux de réception, un faisceau de réception correspondant à un spot, l'ensemble des spots formant une zone de couverture, au moins un module de réception comportant des moyens pour détecter des messages de surveillance à partir d'un faisceau de réception. Le dispositif comprend en
35 outre des moyens pour mettre en œuvre périodiquement une séquence de

commutation, ladite séquence étant composée d'une pluralité de phases de commutation, une phase de commutation correspondant à une durée pendant laquelle les signaux émis par des aéronefs présents dans au moins un spot sont traités de manière à détecter des messages de surveillance, ladite séquence étant adaptée de manière à permettre la détection pendant une période prédéterminée T_{up} d'au moins un message de surveillance par un aéronef présent dans la zone de couverture.

Selon un aspect de l'invention, le dispositif de réception comprend au moins deux modules de réception.

10 Dans un mode de réalisation, lorsqu'un module de réception est hors service, le temps d'écoute T_{ec} par faisceau correspondant au temps alloué à la détection de messages de surveillance pendant une application de la séquence de commutation est proportionnellement diminué.

15 Dans un autre mode de réalisation, lorsque l'un des faisceaux est défaillant, la séquence de commutation est adaptée de manière à ce que le temps d'écoute par faisceau soit augmenté pour les faisceaux restants.

Selon un aspect de l'invention, le temps d'écoute par faisceau est augmenté de manière plus significative pour les spots adjacents au faisceau défaillant que pour les autres.

20

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à l'aide de la description qui suit donnée à titre illustratif et non limitatif, faite en regard des dessins annexés parmi lesquels :

- 25 - la figure 1 illustre le principe d'un système de surveillance d'aéronefs par satellite ;
- la figure 2 donne un exemple de dispositif de réception mettant en œuvre la technique de commutation de faisceaux ;
- la figure 3a donne un exemple de zone pouvant être couverte par un satellite multi-spots mettant en œuvre une séquence de commutation de faisceaux irrégulière ;
- 30 - la figure 3b donne un exemple de séquence de commutation irrégulière ;
- la figure 4 illustre la manière dont une séquence de commutation peut être adaptée automatiquement et/ou sur
- 35

commande de manière à prendre en compte une défaillance d'un ou plusieurs modules de réception ;

- la figure 5 illustre comment des techniques de détection multi-utilisateurs peuvent être utilisées dans le cadre de l'invention

5

L'invention permet de bénéficier des avantages d'une solution multi-spots, notamment d'un meilleur facteur de mérite du système et d'un nombre d'aéronefs par spot réduit, ce qui minimise la probabilité de collision des messages.

10

Un des principes de l'invention est d'utiliser la technique de commutation de faisceaux permettant de bénéficier des avantages d'un système multi-spots tout en réduisant la complexité, la masse, la consommation et le coût du dispositif de réception embarqué dans le satellite et par conséquent de la charge utile dudit satellite. Avantageusement, la technique de commutation de faisceaux s'appuie sur les caractéristiques des transmissions répétitives asynchrones habituellement utilisées par les systèmes de surveillance, comme par exemple les systèmes mettant en œuvre la norme ADS-B.

20

La figure 2 donne un exemple de dispositif de réception mettant en œuvre la technique de commutation de faisceaux. Dans cet exemple, le dispositif comprend dix antennes 200, une antenne étant comprise dans une chaîne de traitement d'antennes 209 composée d'un filtre d'entrée 201 ainsi que d'un amplificateur faible bruit 202. Les signaux en sortie des amplificateurs peuvent être traités par un équipement de formation de faisceaux 203 permettant d'obtenir en sortie un ensemble de N faisceaux 204, un faisceau correspondant à un spot de réception. Les N faisceaux 204 sont ensuite traités par un équipement de commutation 205 contrôlé par exemple par une matrice de commutation mettant en œuvre une séquence de commutation de faisceaux. En sortie de cet équipement 205, M signaux 206 sont générés afin de servir d'entrées à au moins un module de réception. Dans cet exemple, deux modules de réception sont représentés 207, 208. Un module de réception a pour fonction de traiter des signaux d'entrées correspondant à au moins un faisceau. Il comprend des moyens de traitement radiofréquence et des moyens de traitement numérique. Ces

35

moyens de traitement numérique correspondent par exemple à des moyens de démodulation. Les moyens de traitement numérique peuvent comprendre également un codeur et/ou un décodeur de canal et/ou un traitement spécifique liée à la norme de surveillance considérée. En sortie des modules
5 de réception 207, 208 des données E1, E2 correspondant à des messages de surveillance correctement détectés sont transmises vers un ou plusieurs équipement embarqués dans le satellite et ayant pour objectif de retransmettre ces messages vers au moins une station sol. Ainsi, le satellite joue un rôle de répéteur de signaux émis par une pluralité de sources
10 réparties sur sa zone de couverture vers au moins une station au sol, ladite zone de couverture comprenant une pluralité de spots.

La technique de commutation de faisceaux ainsi mise en œuvre permet de limiter les ressources de traitements radiofréquences et numériques. En effet, la mise en œuvre d'une pluralité de spots ne requière
15 pas dans ce cas la mise en œuvre d'une chaîne de réception complète pour chaque faisceau. En d'autres termes, le nombre de modules de réception 207, 208 peut être réduit car il n'est pas nécessaire d'avoir un module de réception pour chaque faisceau à traiter.

Les transmissions des messages de surveillance sont
20 habituellement répétitives et asynchrones et permettent la mise en œuvre d'une commutation de faisceaux. Ces transmissions sont répétitives car un même message de surveillance est émis plusieurs fois. Ces transmissions sont asynchrones car la répétition des messages de surveillance ne se produit pas à intervalle régulier. Dans la suite de la description, l'exemple du
25 système ADS-B est utilisé afin de décrire plusieurs modes de réalisation de l'invention.

Dans un système ADS-B, ces transmissions sont répétitives et asynchrones et effectuées à une fréquence moyenne d'environ 2 Hz pour les informations liées à la position de l'aéronef. Il est donc inutile pour un satellite
30 répéteur d'écouter un aéronef en permanence.

En outre, les messages ainsi transmis sont d'une durée très faible, cette durée étant de 120 μ s dans le cas des signaux ADS-B.

La commutation de faisceaux doit être compatible avec les spécifications liées à la norme utilisée. Dans le cadre de l'ADS-B, il peut être
35 requis qu'au moins une transmission de message de surveillance soit

réalisée avec succès toutes les périodes $T_{up} = 30 \text{ s}$ par exemple, cette valeur dépendant de l'exigence en terme de séparation spatiale entre aéronefs sur la route aérienne empruntée.

Une séquence de commutation peut être mise en œuvre par exemple de la manière suivante. Dans le cadre de la norme ADS-B, la durée de répétition maximale d'un message de surveillance est de 0.6 seconde. Il en résulte qu'un message confirmé requiert un temps d'écoute minimum de $T_{ec} = 1.2 \text{ s}$. En effet, un message confirmé est un message reçu par une station au sol et donc le contenu est confirmé par une seconde réception du même message. Ce temps T_{ec} peut être choisi comme étant la durée minimale d'écoute d'un avion que doit respecter la séquence de commutation.

Dans un autre mode de réalisation, la durée minimale d'écoute peut être choisie de manière à ce qu'elle soit supérieure à la durée d'une message de surveillance, soit $T_{ec} \geq 120 \mu\text{s}$ dans le cas des signaux ADS-B

Si $T_{ec} = 1.2 \text{ s}$, le nombre maximum de spots N_s , pouvant être mis en œuvre en utilisant un unique module de réception est donc égal à $N_s = T_{up}/T_{ec} = 30/1.2 = 25$.

Les performances requises en termes de rapport G/T permettent de déterminer le nombre minimum de faisceaux permettant au système de fonctionner. La détermination du nombre minimum de faisceaux doit prendre en compte de préférence la saturation du dispositif de réception considéré. Ce nombre dépend notamment du nombre maximum d'aéronefs visibles dans la zone de couverture du satellite. Afin de dimensionner le système, l'homme du métier peut utiliser des modèles de trafic aérien.

La figure 3a donne un exemple de zone pouvant être couverte par un satellite multi-spots mettant en œuvre une séquence de commutation de faisceaux irrégulière. Dans cet exemple, neuf spots ont été considérés. La densité d'aéronef est différente dans chacun de ces spots. Ainsi, deux spots 300, 301 doivent permettre la réception de messages de surveillance en provenance de deux mille aéronefs en moyenne, deux autres spots 302, 303 doivent permettre la réception de messages de surveillance en provenance de mille sept-cents aéronefs en moyenne, deux autres spots 304, 308 doivent permettre la réception de messages de surveillance en provenance

de neuf cents aéronefs, quatre autres spots 305, 306, 307 doivent permettre la réception de messages de surveillance en provenance de six cents aéronefs.

La figure 3b donne un exemple de séquence de commutation
5 irrégulière.

Une séquence de commutation est composée de plusieurs phases de commutation. Une phase de commutation correspond à une plage temporelle durant laquelle le dispositif de réception embarqué dans le satellite écoute au moins un spot. La somme des durées des phases de
10 commutation composant la séquence est appelée période de commutation. Une séquence est dite irrégulière lorsqu'au moins deux phases de commutation ont des durées différentes.

Les spots et leurs densités associées sont identiques à ce qui est décrit à l'aide de la figure 3a. Dans cet exemple, il est pris comme hypothèse
15 que le satellite embarque deux modules de réception 207, 208. Ainsi, ledit satellite a la capacité de traiter simultanément les signaux en provenance de deux spots. La séquence de commutation comprend les phases de commutation suivantes :

- la réception 309 pendant douze secondes des signaux en
20 provenance des spots 300 et 301 ;
- la réception 310 pendant neuf secondes des signaux en provenance des spots 302 et 303 ;
- la réception 311 pendant trois secondes des signaux en provenance des spots 305 et 308 ;
- la réception 312 pendant une seconde et demie des
25 signaux en provenance des spots 306 et 308 ;
- la réception 313 pendant une seconde et demie des signaux en provenance des spots 304 et 306 ;
- la réception 314 pendant trois secondes des signaux en
30 provenance des spots 304 et 307.

Le temps d'écoute total alloué pour chaque spot est choisi de manière à tenir compte de la densité de présence d'aéronefs dans les spots. Dans cette exemple, les durées des phases de commutation sont déterminée
35 de manière à ce qu'au moins une seconde soit allouée pour deux cents

aéronefs présents dans le spot. Ainsi, pour un spot comprenant neuf cents aéronefs, une phase de commutation d'une durée égale à au moins quatre secondes et demi sera choisie. En effet, plus la densité d'aéronefs est importante, plus la probabilité de collision entre des messages provenant de différents aéronefs est grande. En conséquence, le temps d'écoute doit être augmenté de manière à s'assurer que les messages de surveillance soient bien reçus tout en respectant la contrainte de la période $T_{up} = 30\text{ s}$. Dans l'exemple de la figure 3, la période de commutation T_{com} , c'est-à-dire la somme des six phases de commutation, est égale à trente secondes. La contrainte de la période T_{up} est donc respectée. A noter que pour le spot 308, le temps d'écoute alloué par période de commutation T_{com} est de quatre secondes et demi atteintes en deux phases de commutation, une première phase de trois secondes et une seconde phase d'une seconde et demi.

La séquence de commutation peut être adaptée automatiquement au fil du temps de manière à tenir compte des variations de trafic et donc de la densité d'aéronefs présents dans chaque spot. Les mécanismes classiques de supervision du démodulateur d'un satellite permettent de connaître le nombre d'aéronefs dans chaque spot. En fonction de cette information, la séquence peut être automatiquement modifiée en utilisant un algorithme embarqué dans le satellite.

L'adaptation automatique de la séquence peut être réalisée en utilisant le résultat produit par un module de supervision du démodulateur. Ce module embarqué dans le dispositif de réception a pour fonction de produire un indicateur représentatif du nombre d'aéronefs présents dans chaque spot. Cet indicateur peut être déterminé de la manière suivante :

- Pour un spot pour lequel le temps d'écoute n'est pas suffisamment long, le récepteur n'arrivera pas à démoduler tous les messages. Dans ce cas, un modèle statistique peut être utilisé pour estimer le nombre d'aéronefs présents dans le spot.
- Pour un spot dans lequel la durée d'écoute est trop longue, tous les messages sont correctement démodulés et le nombre d'aéronefs peut être obtenu directement sur cette base.

Dans un mode de réalisation alternatif, une nouvelle séquence de commutation peut être déterminée à partir d'une station au sol, ladite station

transmettant cette séquence au satellite en utilisant un message de signalisation de manière à ce que le satellite la mette en œuvre.

La figure 4 illustre la manière dont une séquence de commutation peut être adaptée automatiquement de manière à prendre en compte une défaillance d'un ou plusieurs modules de réception.

Ainsi, si X faisceaux sont traités par Y modules de réception 400, deux situations 401, 402 peuvent être rencontrées.

Une première situation 401 correspond au cas où l'un des modules de réception est hors de service. Une telle défaillance peut être prise en compte pour garder le système opérationnel si le dispositif de réception comprend au moins $Y \geq 2$ modules de réception. Il reste donc $Y-1$ modules de réception en état de fonctionner. Ainsi, les X faisceaux devront être traités par ces $Y-1$ modules. En conséquence, le temps d'écoute T_{ec} par faisceau devra être proportionnellement diminué 403. Dans l'hypothèse où le temps d'écoute est le même pour chaque spot, celui-ci pourra être adapté automatiquement en utilisant l'expression suivante :

$$T_{ec} = \left(\frac{T_{com}}{X} \right) \times (Y - 1) \quad (1)$$

20

Une seconde situation 402 correspond au cas où l'un des faisceaux n'est plus reçu. Cela peut être dû à un changement de topologie du système ou à cause d'une défaillance d'une chaîne de traitement d'antenne 209 ou du commutateur 205. Il reste donc $X-1$ faisceaux à traiter. Ainsi, les X faisceaux devront être traités par ces $Y-1$ modules. En conséquence, le temps d'écoute par faisceau T_{ec} , c'est-à-dire la durée des phases de commutation si un faisceau n'est traité qu'une fois par phase, devra être proportionnellement augmenté 404. Dans l'hypothèse où le temps d'écoute est la même pour chaque spot, la séquence de commutation pourra être adaptée automatiquement en utilisant l'expression suivante :

30

$$T_{ec} = \frac{T_{com}}{(X-1)} \times Y \quad (2)$$

En prenant l'exemple d'un satellite ADS-B, le temps d'écoute par faisceaux avec deux modules de réception est de $T_{ec} = (T_{com}/X) \times Y = (30/9) * 2 = 6.6s$.

Si l'un des modules de réception est hors service, le temps d'écoute sera adapté automatiquement de manière à avoir $T_{ec} = (30/9) * 1 = 3.3s$.

Si un faisceau ne peut être reçu, le temps d'écoute sera adapté automatiquement de manière à avoir $T_{ec} = (30/8) * 2 = 7.5s$.

Dans le cas où la réception de l'un des faisceaux n'est plus possible, un temps d'écoute T_{ec} identique pour chaque spot peut être mis en œuvre lors de l'adaptation de la séquence d'étalement, comme décrit précédemment.

Dans un mode de réalisation alternatif, la séquence de commutation peut être adaptée de manière à ce que le temps d'écoute T_{ec} soit augmenté plus significativement pour les spots adjacents au faisceau défaillant que pour les autres. Cela a pour avantage d'augmenter la probabilité de réception de messages en provenance de la zone couverte par spot défaillant, les spots adjacents se recouvrant à leur bordure.

La figure 5 illustre comment des techniques de détection multi-utilisateurs peuvent être utilisées dans le cadre de l'invention.

Les techniques multi-utilisateurs désignées habituellement par l'acronyme MUD venant de l'expression anglo-saxonne « Multi-User Detection » peuvent être avantageusement mises en œuvre dans le cadre de l'invention. Si un premier et un second aéronef émettent respectivement un premier 500 et un second 501 message de surveillance simultanément et sur des bandes de fréquence se recouvrant, la technique MUD peut permettre de démoduler et de décoder correctement ces deux messages. A titre d'exemple, si dans un premier spot SPOT1, le second signal portant le second message 501 est reçu avec une puissance au moins égale au seuil de sensibilité 502 du récepteur et que le premier signal portant le premier message 500 est reçu avec une puissance inférieure à ce seuil, il est alors possible pour le dispositif de réception de démoduler et de décoder le second message mais pas le premier message. Dans un spot adjacent SPOT2, les deux signaux 500, 501 peuvent être reçus avec une même

puissance et donc interférer l'un avec l'autre. Cela peut avoir pour conséquence une mauvaise détection des deux messages. La technique MUD permet d'utiliser le résultat de la détection du second message 501 dans le spot SPOT1 de manière à soustraire 504 l'interférence 503 correspondant à ce second message dans le SPOT2 et ainsi de permettre de détecter le premier message 505, l'interférence résiduelle 506 après soustraction du second signal 505 étant alors suffisamment faible pour permettre cette détection.

10 Dans les systèmes de type ADS-B, les aéronefs émettent en polarisation verticale par rapport au référentiel de l'aéronef, l'horizontale étant définie par le plan comprenant les ailes dudit aéronef. Les antennes de réceptions des satellites fonctionnent quant à elles en polarisation circulaire. Une perte de puissance théorique de 3 décibels due à la désadaptation des polarisations doit donc être prise en compte.

15 En réalité, du fait des caractéristiques des antennes d'émission, la polarisation du signal émis est elliptique. Les mouvements de l'aéronef ainsi que cette ellipticité induisent une perte en puissance de réception inférieure ou égale à trois décibels dans une des polarisations circulaires et une perte en puissance de réception supérieure ou égale à trois décibels dans l'autre.

20 Dans un mode de réalisation préféré, les antennes de réception du satellite sont configurées de manière à ce si deux antennes sont utilisées pour recevoir des signaux en provenance de deux spots adjacents, la première fonctionne en polarisation circulaire droite et la seconde en polarisation circulaire gauche. Ainsi, lorsqu'un signal portant un message de signalisation est reçu par deux antennes associées à deux spots adjacents, le signal de plus forte puissance est sélectionné pour le traitement par les modules de réception. La probabilité de détection des messages de surveillance s'en trouve améliorée significativement, en particulier pour les aéronefs situés dans des zones de recouvrement entre spots adjacents.

30 Dans un mode de réalisation alternatif, au moins une des antennes du satellite fonctionne à la fois en polarisation circulaire droite et en polarisation circulaire gauche.

REVENDECATIONS

- 5 1- Système de surveillance d'aéronefs présents dans une zone couverte par au moins un satellite (102) de communication, lesdits aéronefs (100, 101) émettant (104) des signaux portant des messages de surveillance, caractérisé en ce que la zone de couverture est composée d'une pluralité de spots (300, 301, 302, 303, 304, 305, 306, 307, 308), le satellite (102) comprenant des moyens pour appliquer périodiquement une séquence de commutation, ladite séquence étant
- 10 composée d'une pluralité de phases de commutation, une phase de commutation correspondant à une durée pendant laquelle les signaux émis par les aéronefs présents dans au moins un spot sont traités par le satellite (102) de manière à détecter des messages de surveillance, ladite séquence étant adaptée de manière à permettre la détection
- 15 pendant une période prédéterminée *T_{up}* d'au moins un message de surveillance par aéronef présent dans la zone de couverture.
- 20 2- Système de surveillance d'aéronefs selon la revendication 1 dans lequel la norme ADS-B est mise en œuvre.
- 25 3- Système de surveillance d'aéronefs selon l'une des revendications précédentes dans lequel la séquence de commutation comprend au moins deux phases de commutation de durées différentes.
- 30 4- Système de surveillance d'aéronefs selon l'une des revendications précédentes dans lequel la séquence de commutation est adaptée automatiquement et/ou sur commande en fonction de la densité des aéronefs présents dans les spots de la zone de couverture.
- 35 5- Système de surveillance selon la revendication 4 dans lequel la durée des phases de commutation et/ou le nombre de spots traités durant chaque phase sont choisis en fonction de la densité des aéronefs présents dans les spots de la zone de couverture.
- 6- Système de surveillance d'aéronefs selon l'une des revendications précédentes dans lequel le satellite comprend des moyens de détection multi-utilisateurs MUD par suppression d'interférence, la

contribution au signal reçu dans un spot d'un message détecté étant retranchée aux signaux reçus dans les spots adjacents traités pendant la même phase de commutation.

- 5 7- Système de surveillance d'aéronefs selon l'une des revendications précédentes dans lequel le satellite comprend une pluralité d'antennes de réception, deux antennes utilisées pour recevoir des signaux en provenance de deux spots adjacents étant configurées de manière à ce que la première fonctionne en polarisation circulaire droite et la
10 seconde en polarisation circulaire gauche.
- 15 8- Système de surveillance d'aéronefs selon l'une des revendications 1 à 6 dans lequel le satellite comprend une pluralité d'antennes de réception, au moins une antenne étant configurée de manière à ce qu'elle fonctionne à la fois en polarisation circulaire droite et en polarisation circulaire gauche.
- 20 9- Dispositif de réception pouvant être embarqué dans un satellite comprenant des moyens (200, 203) pour former une pluralité de faisceaux de réception, un faisceau de réception correspondant à un spot, l'ensemble des spots formant une zone de couverture, au moins un module de réception (207, 208) comportant des moyens pour détecter des messages de surveillance à partir d'un faisceau de réception, caractérisé en ce que le dispositif comprend en outre des
25 moyens (205) pour mettre en œuvre périodiquement une séquence de commutation, ladite séquence étant composée d'une pluralité de phases de commutation, une phase de commutation correspondant à une durée pendant laquelle les signaux émis par des aéronefs présents dans au moins un spot sont traités de manière à détecter des
30 messages de surveillance, ladite séquence étant adaptée de manière à permettre la détection pendant une période prédéterminée T_{up} d'au moins un message de surveillance par un aéronef présent dans la zone de couverture.
- 35 10-Dispositif de réception selon la revendication 9 comprenant au moins deux modules de réception (207, 208).

- 5 11- Dispositif de réception selon la revendication 10 dans lequel lorsqu'un module de réception (207, 208) est hors service, le temps d'écoute *T_{ec}* par faisceau correspondant au temps alloué à la détection de messages de surveillance pendant une application de la séquence de commutation est proportionnellement diminué (403).
- 10 12- Dispositif de réception selon l'une des revendications 9 à 11 dans lequel lorsque l'un des faisceaux est défaillant, la séquence de commutation est adaptée de manière à ce que le temps d'écoute par faisceau soit augmenté pour les faisceaux restants.
- 15 13- Dispositif de réception selon la revendication 12 dans lequel le temps d'écoute par faisceau est augmenté de manière plus significative pour les spots adjacents au faisceau défaillant que pour les autres.

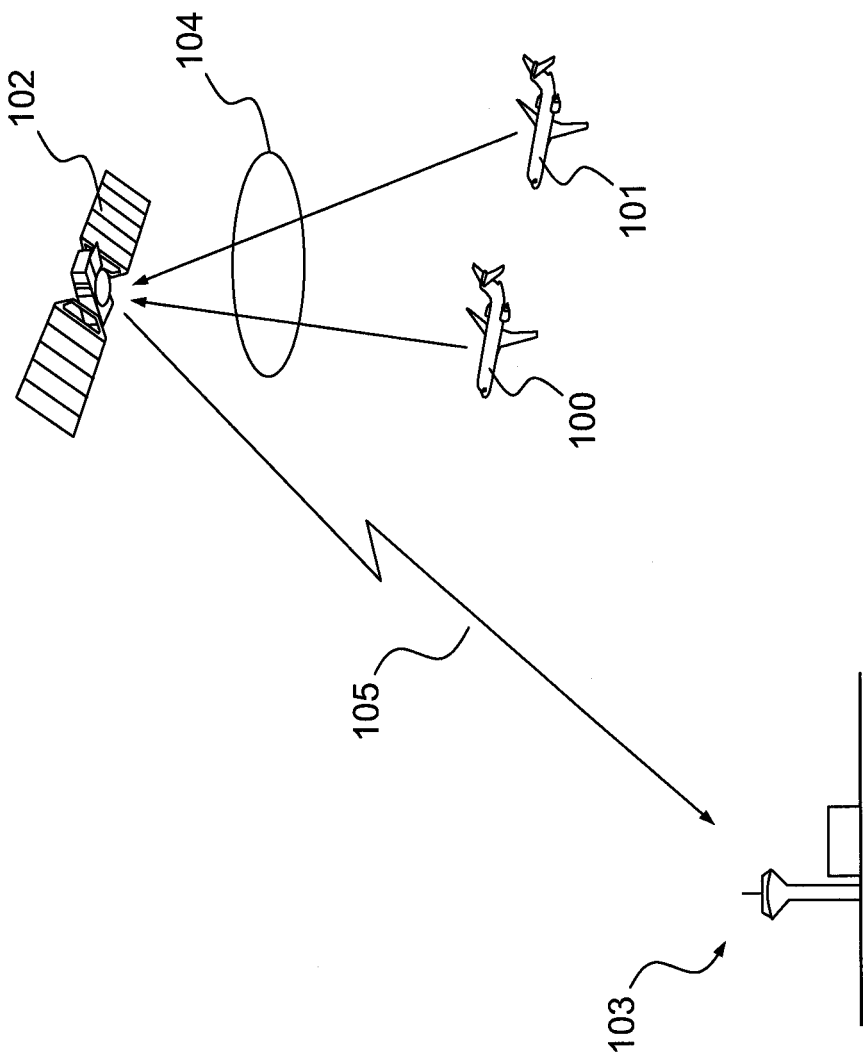


FIG.1

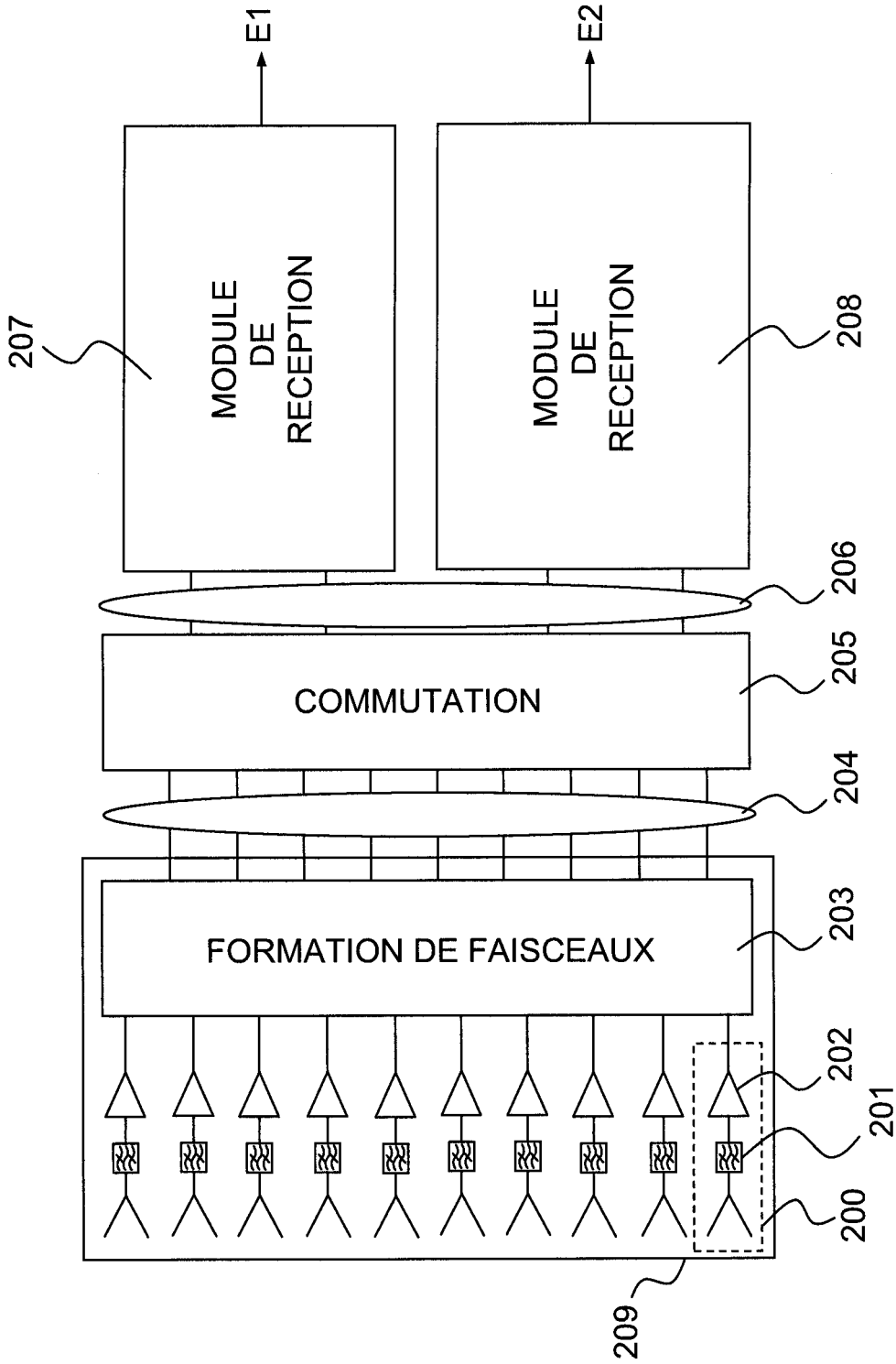
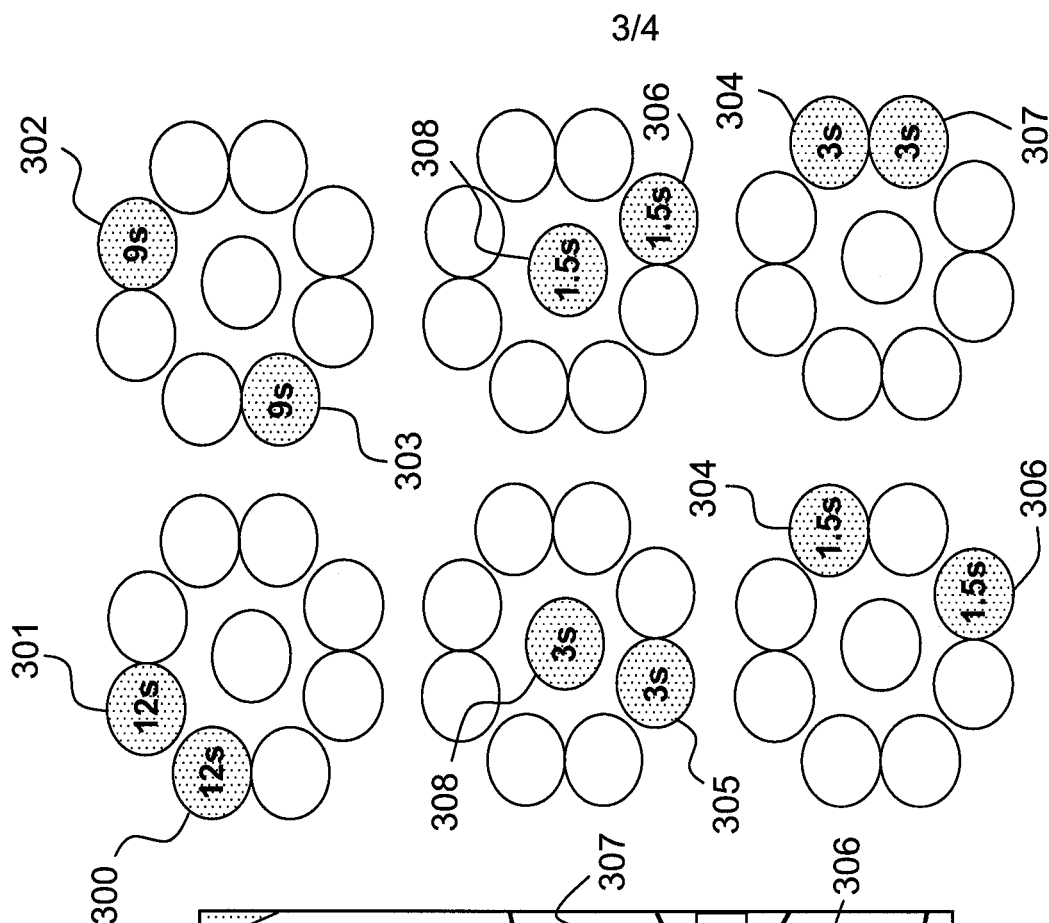
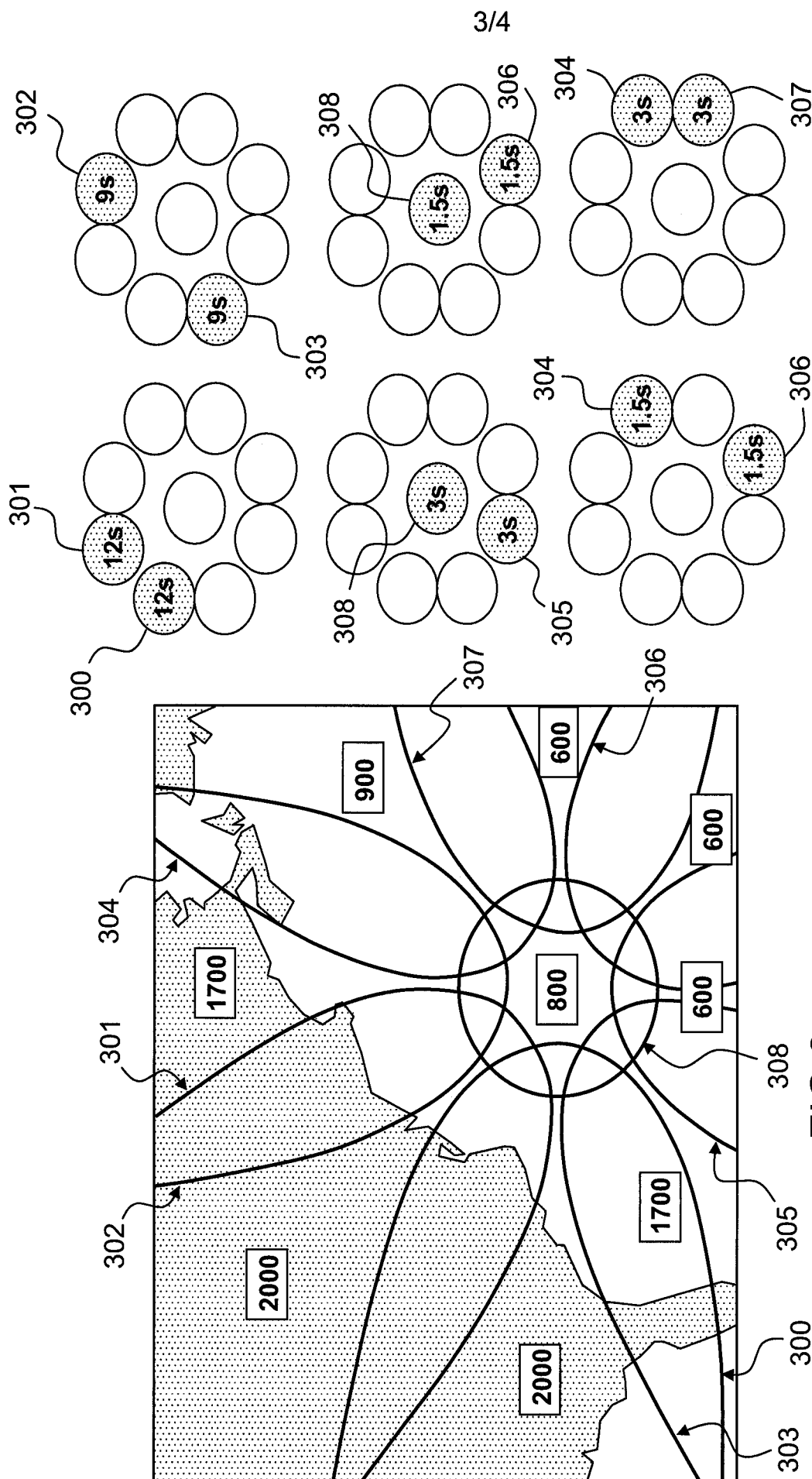


FIG.2



4/4

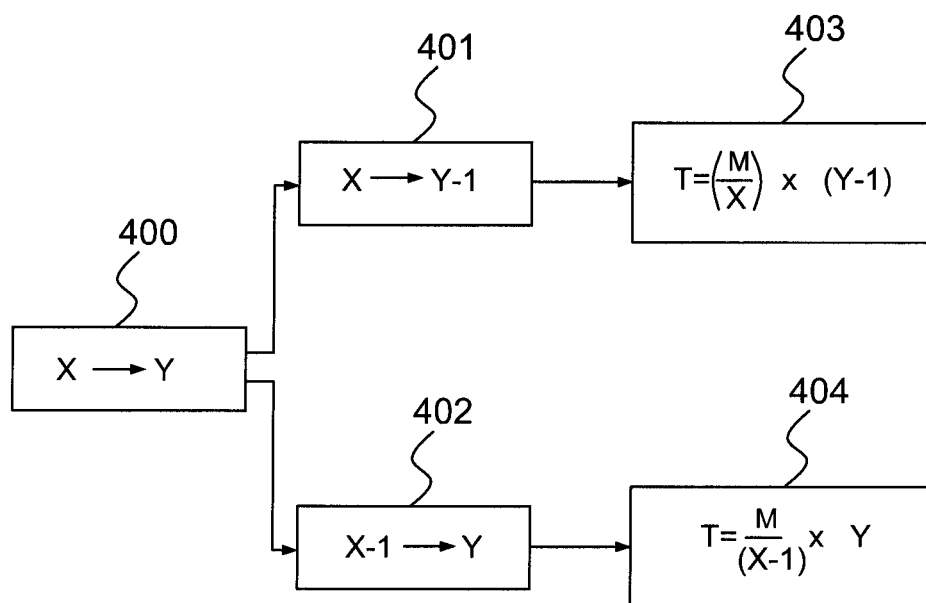


FIG. 4

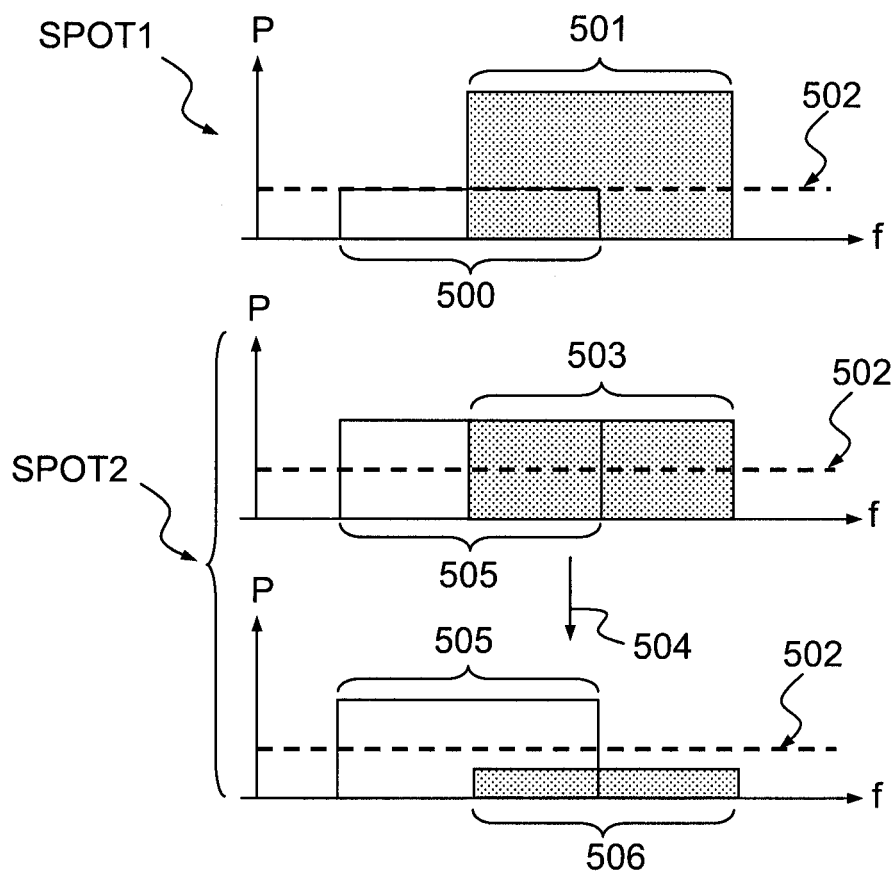


FIG. 5



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

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

N° d'enregistrement
national

FA 760722
FR 1103354

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
A	EP 2 296 128 A1 (THALES DEUTSCHLAND HOLDING GMBH [DE]) 16 mars 2011 (2011-03-16) * revendications 1,16; figures 1-4 *	1-13	G08G5/00 H04B7/185
A	EP 1 223 691 A2 (TRW INC [US] NORTHROP GRUMMAN CORP [US]) 17 juillet 2002 (2002-07-17) * revendications 3-6; figures 1-5 *	1-13	
A	US 2006/035588 A1 (CHAPELLE MICHAEL D L [US] DE LA CHAPELLE MICHAEL [US]) 16 février 2006 (2006-02-16) * revendication 1; figure 2 *	1-13	
A	WO 03/032525 A1 (BOEING CO [US]) 17 avril 2003 (2003-04-17) * alinéas [0009] - [0018]; figures 1-4 *	1-13	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			H04B
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
1 août 2012		Bischof, Jean-Louis	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique 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			

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1103354 FA 760722

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **01-08-2012**

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 2296128	A1	16-03-2011	AUCUN	

EP 1223691	A2	17-07-2002	DE 60225609 T2	23-04-2009
			EP 1223691 A2	17-07-2002
			JP 2002305473 A	18-10-2002
			US 2002093451 A1	18-07-2002
			US 2003001773 A1	02-01-2003

US 2006035588	A1	16-02-2006	US 2006035588 A1	16-02-2006
			WO 2006020621 A1	23-02-2006

WO 03032525	A1	17-04-2003	US 2003067409 A1	10-04-2003
			US 2004130841 A1	08-07-2004
			US 2005285780 A1	29-12-2005
			US 2006061506 A1	23-03-2006
			US 2007241957 A1	18-10-2007
			WO 03032525 A1	17-04-2003
