

(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
—
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
—
COURBEVOIE

(11) N° de publication : **3 049 353**
(à n'utiliser que pour les commandes de reproduction)
(21) N° d'enregistrement national : **16 00504**
(51) Int Cl⁸ : **G 01 S 13/74** (2017.01)

(12)

BREVET D'INVENTION**B1**

(54) RADAR SECONDAIRE APTE A DETECTER DES CIBLES EN HAUTE ELEVATION.

(22) Date de dépôt : 25.03.16.

(30) Priorité :

(43) Date de mise à la disposition du public de la demande : 29.09.17 Bulletin 17/39.

(45) Date de la mise à disposition du public du brevet d'invention : 22.06.18 Bulletin 18/25.

(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 :

Demande(s) d'extension :

(71) Demandeur(s) : THALES Société anonyme — FR.

(72) Inventeur(s) : BILLAUD PHILIPPE.

(73) Titulaire(s) : THALES Société anonyme.

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



RADAR SECONDAIRE
APTE A DETECTER DES CIBLES EN HAUTE ELEVATION

La présente invention concerne un radar secondaire apte à détecter des
5 cibles en haute élévation.

Les radars de contrôle aérien ne couvrent généralement pas tous les angles
en élévation compris entre la direction de l'horizon et le zénith. La zone non
10 couverte au-dessus du centre de phase de l'antenne du radar forme un cône
que l'on appelle cône de silence. Ce cône de silence peut affecter plusieurs
fonctions radar de contrôle du trafic aérien.

Les radars « Enroute » sont caractérisés par une très grande portée dans la
direction de leur rayonnement maximal. Leur installation sur des sites
d'altitude élevée, en les dégageant d'obstacles du relief, leur garantit
15 l'exploitation de cette capacité de portée à faible élévation. Pour ces radars,
le cône de silence peut être jugé trop grand (par exemple, l'altitude de
croisière des vols commerciaux (FL 330) correspond à un angle d'élévation
de 25° à 25 km). Le cône de silence peut également poser des problèmes
pour un radar d'aéroport. En effet, dans les deux cas le cône de silence
20 induit des manques :

- de longue durée pour des vols en haute altitude (configuration Enroute) ;
- de moins longue durée mais pour des vols manœuvrant de moyenne altitude (configuration Aéroport).

25 Classiquement, par principe les antennes de radars de contrôle aérien,
encore appelés radars ATC (Air Traffic Control), sont donc des antennes de
type LVA (Large Vertical Aperture) ayant quatre objectifs :

- un fort gain maximal pour les utilisations « Enroute » (longue portée),
30 typiquement 27 dB entre 5° et 10° d'élévation ;
- une forte chute au sol pour se protéger en configuration aéroport des
réflexions des bâtiments proches, tels que des tours de quelques
dizaines de mètres, avec par exemple une chute de gain de 2 dB par
degré pour les élévations de 0° à -10° ;
- un niveau transmis ou reçu avec les cibles quasi constant pour des
35 vols longs courriers (stables en altitude) classiquement de 5° à 40° ;

- enfin un faisceau principal fin en azimut (classiquement 2.5° correspondant à une largeur antenne de 8m) pour assurer une précision et limiter l'effet des pollutions.
- 5 Les antennes du domaine du contrôle aérien civil (ATC) présentent un diagramme de rayonnement en cosécante carrée, du fait de leur adaptation à la surveillance aérienne : un tel diagramme permet de répartir dans le plan vertical l'énergie rayonnée en une seule exploration du quantum azimuthal. Ce diagramme de rayonnement permet d'obtenir un signal reçu d'amplitude relativement constante pour une cible décrivant une trajectoire à altitude constante. La figure 1 illustre le gain typique d'une antenne d'un radar ATC utilisant ce type d'antenne. Plus particulièrement, elle illustre par une courbe 10 le gain d'antenne paramétré en angle d'élévation et projeté dans un diagramme distance-altitude.
- 10 Pour un tel diagramme en cosécante carrée et dans une zone parcourue selon une trajectoire à altitude constante, le gain d'antenne G varie sensiblement comme le carré de la cosécante de l'angle d'élévation β , soit $G(\beta) \approx \text{cosec}^2 \beta$, c'est-à-dire que la variation de ce gain compense l'effet de rapprochement de telle sorte à conserver un niveau constant de signal reçu sur cette partie de la trajectoire. De plus, il n'est pas utile d'effectuer une surveillance de l'espace aérien à une altitude supérieure au plafond de vol des aéronefs
- 15 En pratique, le cône de silence 20 est plutôt envisagé comme un degré de liberté pour la conception de l'antenne. En particulier les exigences porteraient plutôt sur un affaiblissement garanti au-delà d'environ 50° d'élévation. La figure 2 présente le diagramme en élévation pour la voie somme 21 et la voie de contrôle 22 (en relatif chacun par rapport à leur maximum respectif) d'une antenne LVA classique. Cette figure montre que le gain d'antenne s'écroule à haute élévation (angles au-delà de 50°).
- 20 Les antennes actuelles utilisées dans le monde ATC ne sont donc clairement pas faites pour traiter des cibles dans le cône de silence.
- 25 En pratique, le cône de silence 20 est plutôt envisagé comme un degré de liberté pour la conception de l'antenne. En particulier les exigences porteraient plutôt sur un affaiblissement garanti au-delà d'environ 50° d'élévation. La figure 2 présente le diagramme en élévation pour la voie somme 21 et la voie de contrôle 22 (en relatif chacun par rapport à leur maximum respectif) d'une antenne LVA classique. Cette figure montre que le gain d'antenne s'écroule à haute élévation (angles au-delà de 50°).
- 30 Les antennes actuelles utilisées dans le monde ATC ne sont donc clairement pas faites pour traiter des cibles dans le cône de silence.
- 35 Un but de l'invention est notamment de pallier cet inconvénient. A cet effet, l'invention a pour objet un radar secondaire apte à détecter une cible en haute élévation dans le cône de silence, équipé d'une antenne principale

ayant trois diagrammes de rayonnement, un diagramme somme, un diagramme différence et un diagramme affecté à une fonction de contrôle, correspondant à ladite antenne, ledit radar comportant en outre :

- un dispositif antennaire auxiliaire, composé d'une antenne et d'un élément rayonnant arrière situé à l'arrière de ladite antenne, fixé au-dessus de ladite antenne ;

- et des moyens de couplage, ledit dispositif antennaire auxiliaire :
 - o ayant trois diagrammes de rayonnement, un diagramme somme, un diagramme différence et un diagramme affecté à une fonction de contrôle, ledit diagramme de contrôle étant assuré par ledit élément rayonnant arrière ;
 - o étant incliné pour garantir un gain maximal de son diagramme somme dans le domaine en élévation caractérisant ledit cône de silence, par exemple entre 60° et 90° ;

- 15 ledit diagramme de contrôle assuré par ledit élément arrière présentant à 90° d'élévation un gain égal à celui du diagramme somme de ladite antenne du dispositif antennaire auxiliaire, puis un gain maximal au-delà de 90° d'élévation, lesdits moyens de couplage assurant le couplage des trois diagrammes de rayonnement de ladite antenne avec les trois diagrammes de rayonnement dudit dispositif antennaire auxiliaire.
- 20

Ladite antenne du dispositif antennaire auxiliaire est par exemple de type poutre.

- 25 La position du diagramme somme de ladite antenne du dispositif antennaire auxiliaire est par exemple ajustée en élévation et en gain par rapport au diagramme de ladite antenne principale en jouant respectivement sur l'inclinaison de ladite antenne et sur le coefficient de couplage entre ces deux antennes.

- 30 La raideur des flancs du diagramme somme de ladite antenne du dispositif antennaire auxiliaire est par exemple ajustée en jouant sur le nombre d'éléments en élévation.

La position du diagramme de contrôle assuré par ledit élément arrière est par exemple ajustée en élévation en jouant sur l'inclinaison dudit élément arrière dans un plan vertical.

Ladite antenne principale est par exemple composée d'une antenne de type LVA, à large ouverture verticale, et d'un élément rayonnant arrière.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à l'aide de la description qui suit faite en regard de dessins annexés qui représentent :

- la figure 1, un exemple de diagramme de principe du gain d'antenne de radar ATC, déjà décrite ;
- la figure 2, un diagramme typique de rayonnement relatif en élévation d'une antenne LVA, déjà décrit ;
- la figure 3, un exemple d'architecture actuelle d'un radar secondaire fonctionnant en mode S ;
- la figure 4, la structure de l'antenne d'un radar selon l'invention et son couplage audit radar ;
- la figure 5, un exemple de réalisation d'une antenne selon l'invention ;
- la figure 6, les diagrammes typiques de rayonnement absolu en élévation des antennes composant une antenne selon l'invention ;

La figure 3 présente un exemple d'architecture actuelle d'un radar secondaire de surveillance fonctionnant en mode S, radar que l'on appellera par la suite radar SSR (« Secondary Surveillance Radar »), classiquement constituée par :

- l'antenne SSR 1, généralement de type LVA, assurant le rayonnement des interrogations SSR/Mode S, à la fréquence de 1 030 MHz et la captation des réponses, à la fréquence de 1 090 MHz, issues des transpondeurs à bord des aéronefs, un joint tournant 2 standard possédant trois galettes RF pour les trois voies de la bande L de la fonction SSR : la voie somme Σ , la voie différence Δ et la voie de contrôle Ω ;
- un cabinet 3, dit MSSR, incluant notamment deux systèmes indépendants (un seul étant représenté) assurant une redondance passive, chaque système mettant en œuvre les différentes fonctions dédiées au traitement SSR/Mode S.

Le cabinet MSSR 3 comporte une unité RF 31 pour le transfert des signaux RF de l'émetteur 33 vers les diagrammes Σ , Δ , Ω de l'antenne 1 et,

réciproquement de ces diagrammes vers le récepteur 34. Chaque cabinet 3 comporte :

- une gestion spatio-temporelle 32 engendrant les interrogations en fonction des tâches à effectuer avec les cibles prédites présentes dans le lobe principal ;
- un émetteur 33 convertissant en signaux RF de forte puissance les interrogations à rayonner par l'antenne, à la fréquence de 1 030 MHz ;
- un récepteur 34 démodulant les signaux RF, à la fréquence de 1 090 MHz, reçus par l'antenne ;
- un traitement de signal 35 assurant la détection et le décodage des réponses reçues dans le lobe principal de l'antenne ;
- un extracteur 36 formant des plots extraits à partir des détections élémentaires (réponses), l'extracteur étant une partie d'un ensemble 37 de gestion du faisceau d'antenne.

Classiquement, le cabinet MSSR 3 peut inclure également les ressources redondées communes aux traitements primaire et secondaire, en particulier :

- l'association et le pistage des plots primaires et secondaires à l'intérieur d'un ensemble de gestion du balayage 38 (scan management) ;
- la gestion des déports et de la supervision notamment.

Le cabinet comporte également les interfaces redondées 39 avec les liens clients. Les fonctions annexes permettent la gestion du radar par le client en présentant la supervision, les déports plots et pistes et les paramétrages des fonctions primaires PSR, secondaires SSR/Mode S et déport.

En mode S principalement la gestion dynamique des avions est contrôlée par :

- la gestion du faisceau 37, pour ce qui concerne les activités liées au faisceau en azimut, parcourues par une ligne fléchée 30 sur la figure 3 incluant notamment la gestion spatio-temporelle 32 et l'extraction des plots 36 ;
- la gestion du balayage 38 pour ce qui concerne les activités liées au tour d'antenne parcourues par une ligne fléchée 300 sur la figure 3, incluant notamment le pistage et la prédition des activités au prochain balayage de faisceau pour chaque avion.

La figure 4 présente la structure de l'antenne d'un radar ATC selon l'invention et de son couplage au radar. Avantageusement, selon l'invention on ajoute un kit d'adaptation à l'architecture existante d'un radar ATC, du type de celle présentée par la figure 3 par exemple, permettant d'assurer le
5 suivi dans le cône de silence de toutes les cibles secondaires quel que soit le protocole. Plus particulièrement ce kit est appliqué à l'aérien. Il pourrait être complété par une partie logicielle appliquée aux moyens d'extraction des plots 36.

Le kit comporte au moins une antenne poutre 41 (comportant peu
10 d'éléments, typiquement de 1 à 3 éléments rayonnants en hauteur), qui peut être de petite dimension en largeur, par exemple 2 à 4 mètres, un élément rayonnant arrière 42 et des moyens de couplage 43. L'antenne poutre 41 est couplée à l'antenne SSR 1 (de type LVA standard) sur les mêmes accès existants par les moyens de couplage 43.

15 Aucune modification n'est nécessaire au niveau :

- ni de l'aérien (mécanismes, joint tournant, moteur ...);
- ni de la chaîne d'émission et de réception.

20 La figure 5 présente, en complément de la figure 4, un exemple de réalisation de l'ensemble antennaire d'un radar selon l'invention, par une vue en perspective. Cet ensemble est composé :

- de l'antenne SSR 1 et de son élément rayonnant arrière 12, formant l'antenne principale ;
- de l'antenne poutre 41 et son élément rayonnant arrière 42, formant le
25 dispositif antennaire auxiliaire ;

les éléments rayonnants arrière 12, 42 étant affectés à une fonction de contrôle comme cela sera décrit par la suite.

L'antenne poutre 41 est fixée au-dessus de l'antenne SSR 1, de même orientation, elle est inclinée par rapport à celle de l'antenne SSR 1.

30 L'antenne SSR 1 est composée classiquement d'un réseau de barres rayonnantes 51. Cette antenne 1, de type LVA, peut être une antenne standard du marché ATC de la surveillance SSR, fonctionnant avec trois diagrammes de rayonnement : somme, différence et contrôle.

35 Un élément rayonnant 12, situé à l'arrière du panneau frontal constitué par les barres rayonnantes, permet d'effectuer une fonction de contrôle pour le

mode SSR/Mode S, notamment en ce qui concerne la situation géographique des transpondeurs captés.

L'antenne poutre 41 est par exemple une antenne poutre souvent employée comme antenne IFF pour les radars militaires possédant donc les mêmes types de diagramme de rayonnement que l'antenne principale 1 de type LVA : somme, différence et contrôle.

De préférence elle comporte au moins deux éléments en élévation de sorte que la valeur de gain nulle soit proche de son lobe principal, en provoquant un raidissement des flancs de part et d'autre du lobe principal comme l'illustre le diagramme somme 63 de l'antenne poutre 41 présenté à la figure 6, décrite par la suite. Ce raidissement des flancs est fonction du nombre d'éléments d'antenne en élévation.

L'antenne 41 est inclinée dans un plan vertical pour orienter son gain maximal dans le cône de silence et pour garantir une minimalisation de son gain à la fois juste au-dessus de 90° d'élévation mais aussi au-dessous de 40°.

Elle comporte également un élément rayonnant 42 situé à l'arrière, dédié à son diagramme de contrôle Ω 66 illustré par la figure 6, également incliné en élévation, pour présenter un gain maximal au-delà de 90° d'élévation. De plus, les inclinaisons réciproques de l'antenne poutre 41 et de l'élément rayonnant 42 sont telles que leurs gains soient proches pour 90° d'élévation. Ainsi cela permet de bloquer les transpondeurs qui ne sont pas dans la direction azimutale de l'antenne poutre 41 et permet alors d'éviter d'avoir des réponses parasites dans le dos de l'antenne

Les moyens de couplage 43 réalisent le couplage des trois diagrammes somme Σ , différence Δ et contrôle Ω de l'antenne poutre, avec un coefficient de couplage valant typiquement 25 dB (à ajuster selon la valeur du gain maximal du diagramme 63 de la voie somme de l'antenne poutre 41), aux trois diagrammes somme Σ , différence Δ et contrôle Ω de l'antenne SSR 1, dans le but de garantir un gain maximal du diagramme somme dans le cône de silence de l'ordre de 20 dB en dessous du plateau de gain somme de l'antenne SSR (plateau s'étendant de 20° à 40 ° d'élévation comme illustré par la figure 6).

La figure 6 déjà citée illustre, dans un système d'axes où les abscisses représentent les angles d'élévation et les ordonnées les gains absolus d'antenne, les diagrammes de rayonnement en élévation des antennes décrites ci-dessus pour la voie somme 61 de l'antenne SSR 1, pour la voie de contrôle 62 de l'antenne SSR 1, pour la voie somme 63 de l'antenne poutre 41, et pour la voie de contrôle 66 de l'élément rayonnant arrière 42 du dispositif antennaire auxiliaire.

5 Comme le montrent ces diagrammes, un objectif est d'assurer un gain minimum de l'ordre de 35 à 40 dB en dessous du maximum même à 90° d'élévation (les avions à haute élévation étant nécessairement proches en distance, le gain antenne requis pour leur détection est nettement plus faible que celui pour des avions à longue distance, typiquement 35 à 40 dB). Cet objectif est obtenu en inclinant l'antenne poutre 41 ayant pour effet de translater ses diagrammes en élévation, et notamment son diagramme 10 somme (translation le long de l'axe des abscisses). La valeur du coefficient de couplage entre l'antenne poutre 41 et l'antenne SSR 1, en jouant sur le gain, permet par ailleurs d'ajuster les diagrammes selon l'axe des ordonnées. L'ajustement de la position des diagrammes est ainsi complété 15 par une translation selon l'axe des ordonnées.

20 La valeur du coefficient de couplage est ainsi définie, à la fois :

- pour éviter de polluer l'antenne SSR 1 par l'antenne poutre 41, soit par exemple plus de 25 dB d'écart de gain en dessous de 40° d'élévation :
 - o avec de très faibles pertes induites en émission et en détection ;
 - o et quasiment pas de modification de faisceau en azimut ;
- pour éviter de polluer par « garbling » les cibles proches à plus basse élévation en dessous de 40° (typique d'un radar d'aéroport) lors de la détection des cibles à haute élévation.

25 30 La zone 64 d'équivalence de gain des voies somme entre l'antenne SSR 1 et l'antenne poutre 41 se situe typiquement autour de 55° d'élévation. Au-delà de cette valeur d'élévation, le gain 63 de l'antenne poutre prend le relais du gain 61 de l'antenne SSR 1 pour assurer le gain minimal souhaité pour la 35 voie somme jusqu'au zénith. On peut vérifier que le niveau transmis sur le diagramme de la voie somme 63 de l'antenne poutre 41 est bien supérieur

au niveau du diagramme de la voie de contrôle 62 de l'antenne SSR 1 garantissant que les cibles en haute élévation de 60° à plus de 90° répondent aux interrogations du radar. La voie de contrôle 62 associée à l'élément arrière 12 de l'antenne SSR 1 permet classiquement le blocage des transpondeurs recevant des interrogations par les fuites du diagramme de rayonnement somme 61 de l'antenne pour les élévations de 90° à 180°.

De préférence le diagramme de rayonnement somme 63 de l'antenne poutre ne doit pas être trop large pour ne pas perturber le diagramme de rayonnement 61 de l'antenne principal en dehors du cône de silence. La voie de contrôle 66 associée à l'élément rayonnant 42, situé à l'arrière de l'antenne poutre 41, permet d'éviter de recevoir des réponses de cible au-delà de l'élévation à 90°, repérée par un trait 65 sur la figure 6. L'ajustement de la position en élévation du diagramme de contrôle 66 par rapport au diagramme de contrôle 62 de l'antenne SSR 1 se fait par translation selon l'axe des abscisses, en jouant sur l'inclinaison de l'élément rayonnant arrière 42.

Les signaux transmis par le radar via l'élément arrière 42 permettent ainsi le blocage du transpondeur d'une cible quand l'antenne principale 1 est dans la direction opposée à l'azimut de cette cible. Le diagramme de rayonnement et l'orientation de cet élément rayonnant 42 sont adaptés à cet effet, en particulier un réglage optimal devrait permettre de bloquer le transpondeur dès 91°.

Autour de la zone 64 d'équivalence des gains des voies somme de l'antenne SSR 1 et de l'antenne poutre 41, la recombinaison des signaux non maîtrisée en phase peut induire des pertes de détection sur une plage de l'ordre de +/- 5°, soit de +50° à +60°, en élévation dans l'exemple de cette figure 6. Pour limiter ces effets induits, il peut être utile d'assurer la mise en phase des signaux émis à 1 030 MHz par les deux diagrammes somme 61 et 63.

REVENDICATIONS

1. Radar secondaire apte à détecter une cible en haute élévation dans le cône de silence, équipé d'une antenne principale (1, 12) ayant trois diagrammes de rayonnement, un diagramme somme (61), un diagramme différence et un diagramme affecté à une fonction de contrôle (62), correspondant à ladite antenne (1, 12), caractérisé en ce que ledit radar comporte en outre :
 - un dispositif antennaire auxiliaire (41, 42), composé d'une antenne (41) et d'un élément rayonnant arrière (42) situé à l'arrière de ladite antenne (41), fixé au-dessus de ladite antenne (1, 12) ;
 - et des moyens de couplage (43), ledit dispositif antennaire auxiliaire (41, 42) :
 - o ayant trois diagrammes de rayonnement, un diagramme somme (63), un diagramme différence et un diagramme (66) affecté à une fonction de contrôle, ledit diagramme de contrôle (66) étant assuré par ledit élément rayonnant arrière (42) ;
 - o étant incliné pour garantir un gain maximal de son diagramme somme (63) dans le domaine en élévation caractérisant ledit cône de silence ;
- 10
15
20
ledit diagramme de contrôle (66) assuré par ledit élément arrière (42) présentant à 90° d'élévation un gain égal à celui du diagramme somme (63) de ladite antenne (41) du dispositif antennaire auxiliaire, puis un gain maximal au-delà de 90° d'élévation, lesdits moyens de couplage (43) assurant le couplage des trois diagrammes de rayonnement de ladite antenne (1, 12) avec les trois diagrammes de rayonnement dudit dispositif antennaire auxiliaire (41, 42).
- 25
30
2. Radar secondaire selon la revendication 1, caractérisé en ce que ladite antenne (41) du dispositif antennaire auxiliaire (41, 42) est de type poutre.
3. Radar secondaire selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que la position du diagramme somme (63) de ladite antenne (41) du dispositif antennaire auxiliaire est ajustée en élévation et en

gain par rapport au diagramme (61) de ladite antenne principale (1) en jouant respectivement sur l'inclinaison de ladite antenne (41) et sur le coefficient de couplage entre ces deux antennes (41, 1).

- 5 4. Radar secondaire selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que la raideur des flancs du diagramme somme (63) de ladite antenne (41) du dispositif antennaire auxiliaire est ajustée en jouant sur le nombre d'éléments en élévation.
- 10 5. Radar secondaire selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que la position du diagramme de contrôle (66) assuré par ledit élément arrière (42) est ajustée en élévation en jouant sur l'inclinaison dudit élément arrière dans un plan vertical.
- 15 6. Radar secondaire selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que ladite antenne principale (1, 12) est composée d'une antenne (1) de type LVA, à large ouverture verticale, et d'un élément rayonnant arrière (12).

1/5

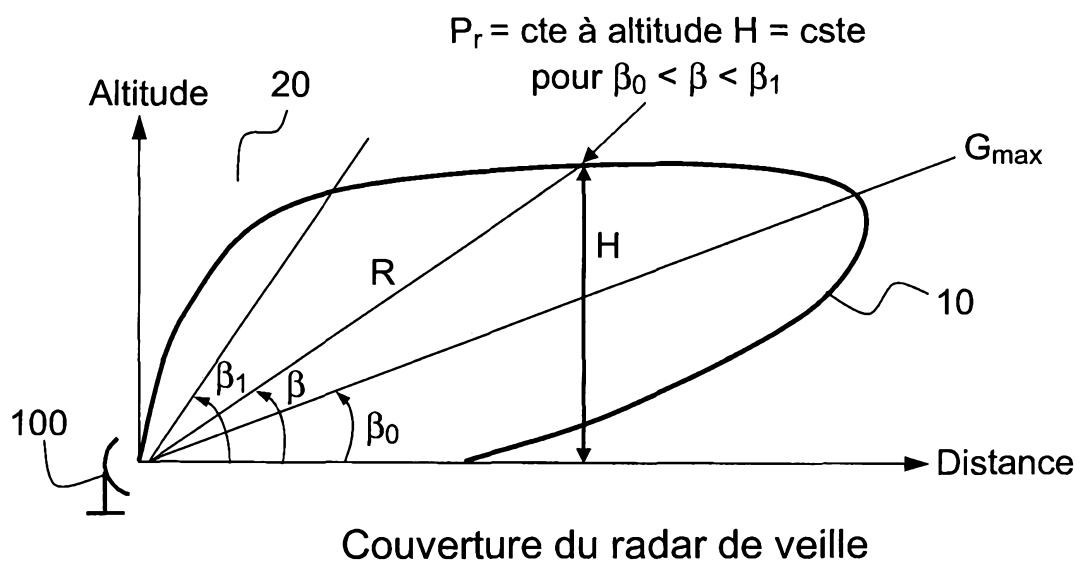


FIG.1

2/5

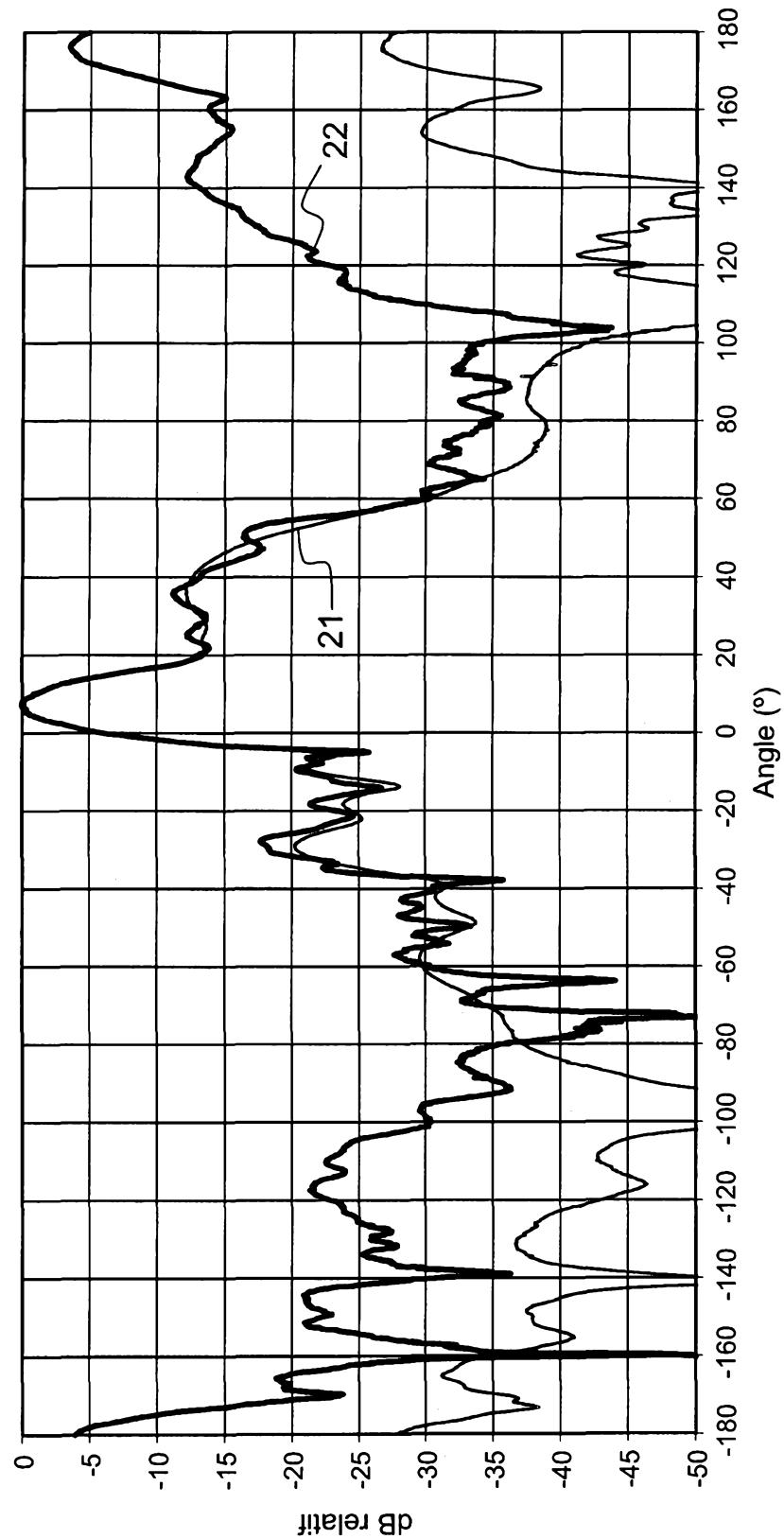


FIG.2

3/5

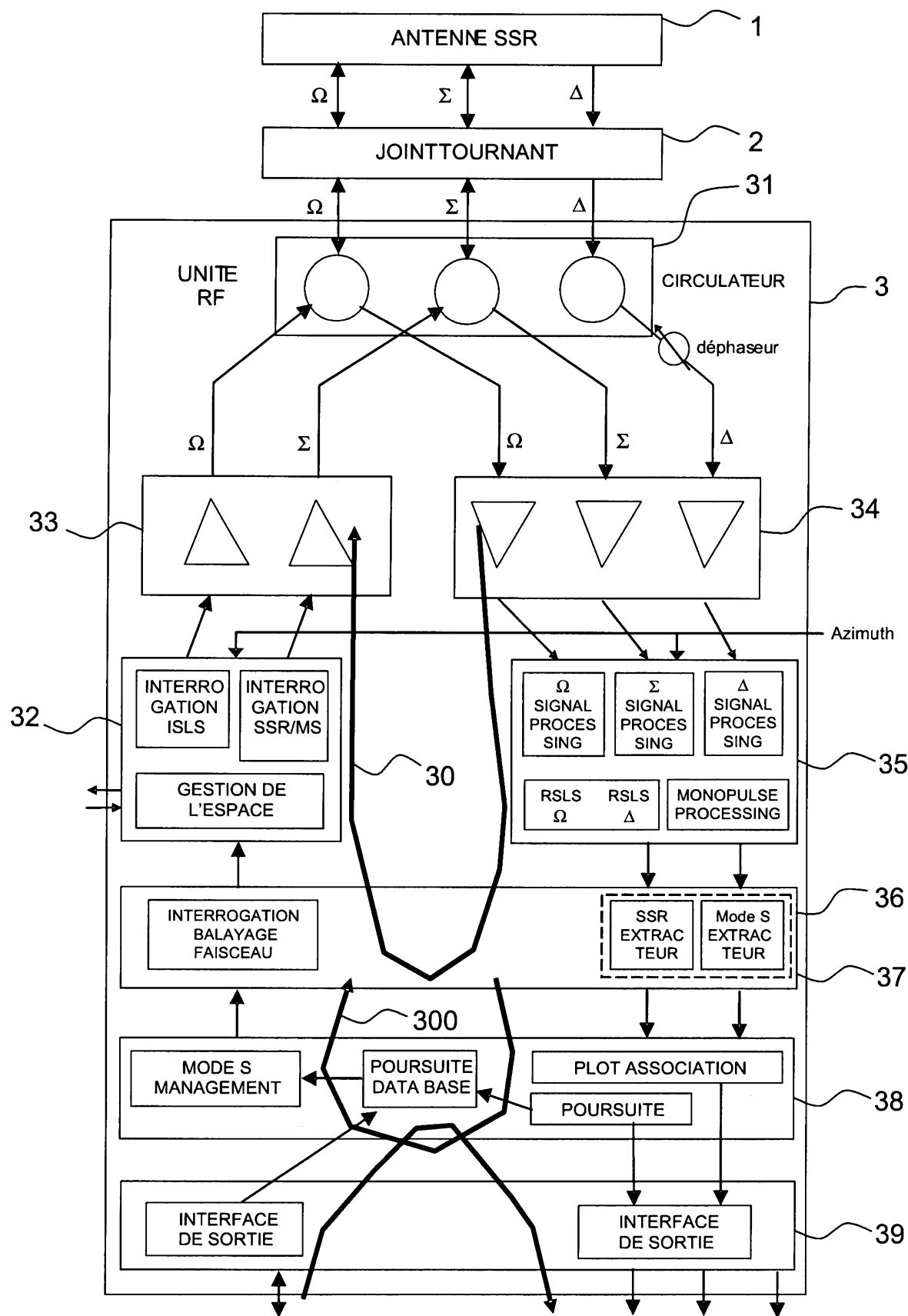


FIG.3

4/5

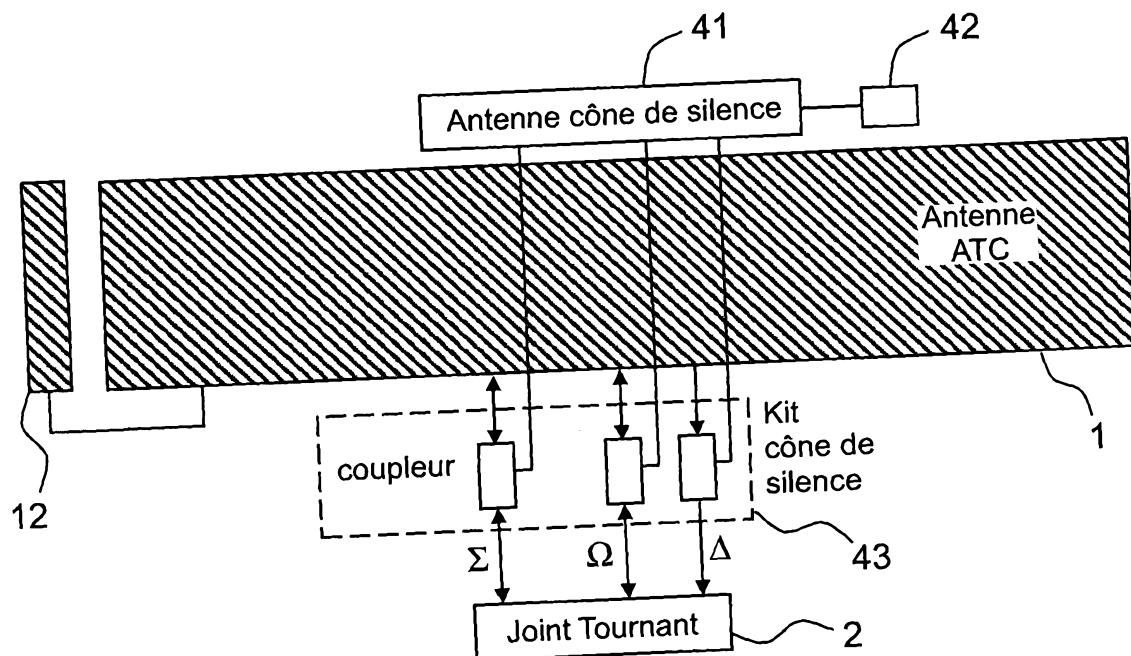


FIG.4

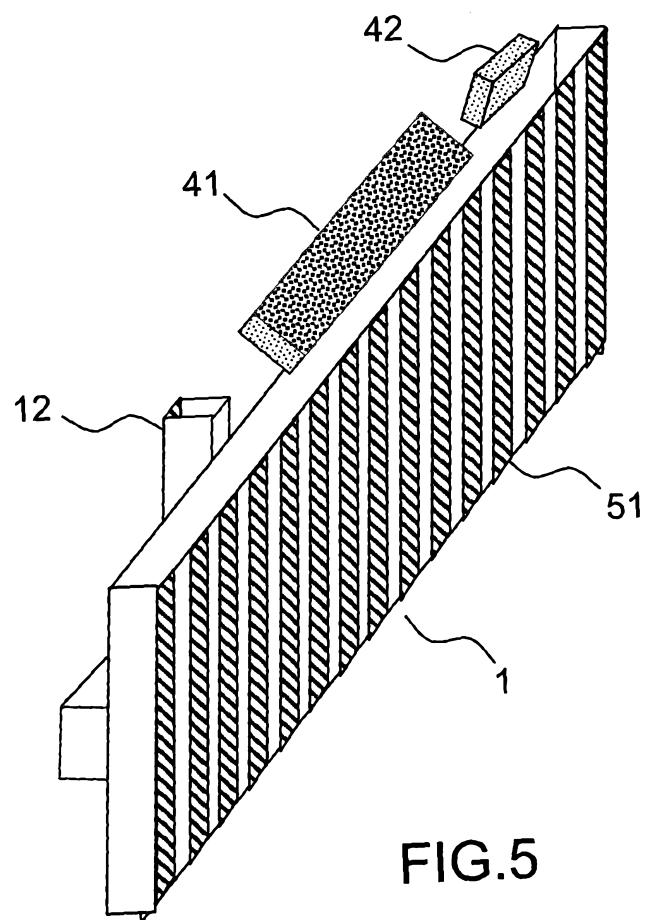


FIG.5

5/5

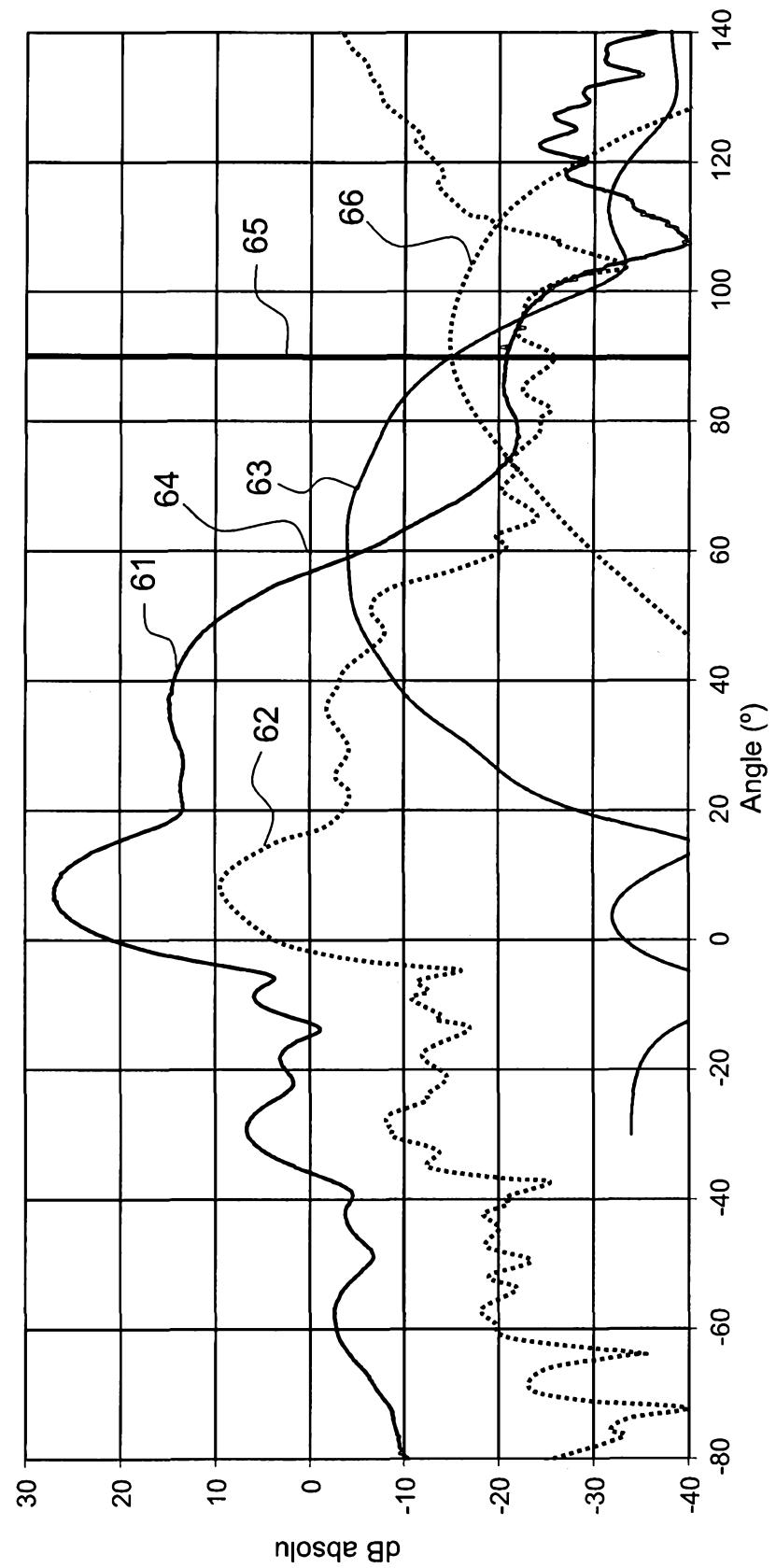


FIG.6

RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-17 et R.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveauté) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.

Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

CONDITIONS D'ÉTABLISSEMENT DU PRÉSENT RAPPORT DE RECHERCHE

- Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.
- Le demandeur a maintenu les revendications.
- Le demandeur a modifié les revendications.
- Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.
- Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.
- Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

DOCUMENTS CITÉS DANS LE PRÉSENT RAPPORT DE RECHERCHE

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

- Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.
- Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.
- Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.
- Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

**1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN
CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION**

EP 2 930 531 A1 (THALES SA [FR])
14 octobre 2015 (2015-10-14)

US 4 303 920 A (MORTIMER ALAN K)
1 décembre 1981 (1981-12-01)

EP 2 922 144 A1 (THALES SA [FR])
23 septembre 2015 (2015-09-23)

**2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN
TECHNOLOGIQUE GENERAL**

NEANT

**3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND
DE LA VALIDITE DES PRIORITES**

NEANT