

⑫

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

⑳ Numéro de dépôt: **80401242.5**

⑤① Int. Cl.³: **H 01 Q 25/02, H 01 Q 5/00**

㉔ Date de dépôt: **29.08.80**

㉓ Priorité: **07.09.79 FR 7922450**

⑦① Demandeur: **THOMSON-CSF, 173, Boulevard Haussmann, F-75360 Paris Cedex 08 (FR)**

④③ Date de publication de la demande: **25.03.81**
Bulletin 81/12

⑦② Inventeur: **Cohen, Georges, "THOMSON-CSF"**
SCPI 173, bld. Haussmann, F-75360 Paris Cedex 08 (FR)

⑧④ Etats contractants désignés: **AT BE CH DE GB IT LI SE**

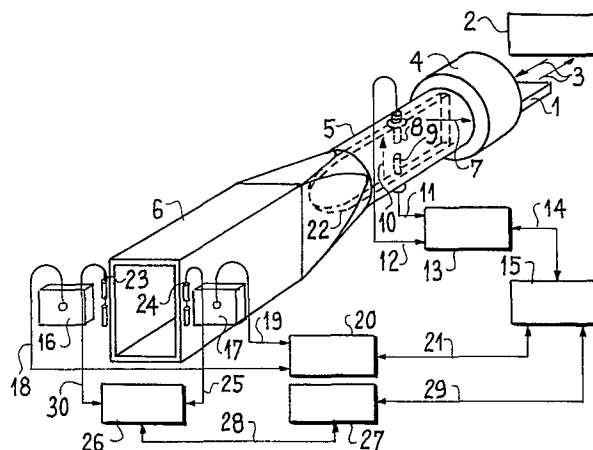
⑦④ Mandataire: **Eisenbeth, Jacques Pierre et al,**
"THOMSON-CSF" - SCPI 173, bld Haussmann,
F-75360 Paris Cedex 08 (FR)

⑤④ **Aérien pour radar primaire et radar secondaire.**

⑤⑦ Aérien combiné pour radar primaire et radar secondaire comportant pour la fonction radar secondaire des moyens d'interrogation et des moyens de contrôle.

Pour permettre une discrimination des cibles interrogées en zone proche, une voie monopulse en gisement est formée sur cet aérien, la voie somme (8, 9) étant celle de la voie interrogation et la voie différence étant créée à partir de deux antennes (23, 24) disposées symétriquement par rapport à l'axe de la source primaire (6).

Application à toute station de surveillance du trafic aérien.



AERIEN POUR RADAR PRIMAIRE ET RADAR SECONDAIRE

La présente invention est relative à un aérien pour radar primaire et pour radar secondaire. Elle couvre également l'équipement radar utilisant un tel aérien, équipement utilisé dans les stations de surveillance du trafic aérien.

5 Dans ces stations, le radar primaire a pour but de détecter la présence dans le ciel d'un objet et de donner des informations le concernant telles que sa distance, son azimuth, et/ou son site et éventuellement sa vitesse suivant le type d'antenne utilisé.

10 Le radar secondaire associé dans la station au radar primaire permet d'obtenir pour cet objet une information d'identification et une connaissance éventuelle de son altitude quand celui-ci est équipé d'un répondeur conçu à cet effet.

L'aérien d'une telle station radar comprend une antenne pour le radar primaire et une ou deux antennes pour le radar secondaire. 15 En effet les radars secondaires actuels doivent pouvoir émettre et recevoir deux signaux différents. Le premier est appelé signal d'interrogation, il est émis et reçu par une première antenne, le second est appelé signal de contrôle, il a pour but d'inhiber toutes les interrogations faites dans d'autres directions que celle du lobe principal du diagramme de rayonnement de l'antenne d'interrogation. 20

Il y a donc une antenne pour émettre et recevoir des signaux d'interrogation et cette antenne présente un diagramme de rayonnement ayant un lobe principal et des lobes secondaires. Les signaux de contrôle sont émis et reçus soit par une autre antenne soit par la même antenne que l'antenne d'interrogation. Le diagramme de rayonnement de la voie contrôle peut-être, dans le plan gisement, du type omnidirectionnel ou différence ; dans tous les cas le diagramme contrôle couvre le diagramme interrogation sauf dans une faible zone centrée sur le lobe principal de l'interrogation et appelée arc d'interrogation. 25 30

Une station de surveillance du trafic aérien comportant un radar secondaire dont l'aérien est conforme à ce qui a été décrit ci-

dessus, c'est-à-dire rayonnant un diagramme du type différence en
azimut fonctionne de façon jugée satisfaisante. Toutefois il faut
remarquer que la résolution en azimut d'un tel radar, c'est-à-dire
son aptitude à distinguer deux objets relativement peu éloignés l'un
5 de l'autre, n'est pas très fine ; cela risque d'apporter une gêne aux
opérateurs radar de la station dans l'identification des objets ou
cibles interrogés, principalement en zone proche. Ce manque de
résolution est dû principalement à la largeur de l'arc d'interrogation,
largeur qui est imposée et sur laquelle il est difficile d'agir.

10 Cette faiblesse de la résolution en azimut crée ainsi des
problèmes pour l'identification des cibles interrogées, principa-
lement lorsqu'elles se trouvent en configuration de croisement, de
trajectoires parallèles ou de files d'attente.

15 Une solution adoptée actuellement consiste à adopter des
normes d'espacement prohibitives préjudiciables à l'écoulement du
trafic, ce d'autant plus que le nombre d'appareils à prendre en
compte par une station ne cesse d'augmenter.

20 Un objet de l'invention est de remédier à cet inconvénient et
de définir des moyens permettant au niveau du radar secondaire de
disposer d'une résolution en azimut supérieure à celle donnée par la
voie de contrôle.

25 Suivant l'invention, l'antenne du radar secondaire comportant
des moyens d'interrogation et des moyens de contrôle, comporte de
plus des moyens coopérant avec les moyens précédents pour définir
une voie monopulse en gisement, permettant la séparation en
gisement des cibles proches interrogées.

D'autres avantages et caractéristiques de l'invention apparaî-
tront au cours de la description qui suit d'un exemple de réalisation
donné à l'aide des figures qui représentent :

30 - la figure 1, un exemple de réalisation de la source primaire
d'une antenne suivant l'invention fonctionnant en polarisation recti-
ligne ;

- la figure 2, un autre exemple de réalisation d'une antenne
suivant l'invention fonctionnant en polarisation circulaire ;

- la figure 3, un schéma d'un diplexeur ;
- la figure 4, la forme des diagrammes de rayonnement pour les différentes voies du radar secondaire associé.

5 Ainsi qu'il ressort de l'introduction à la description, l'amélioration de la résolution en azimut d'un radar secondaire est obtenue par la création, au niveau du radar secondaire, d'une voie monopulse permettant de faire de l'écartométrie sur les cibles interrogées qui ne sont pas séparables par l'opérateur sur l'indicateur associé à la voie contrôle et donc ne sont pas identifiables, bien qu'interrogées.

10 La figure 1 représente un exemple de réalisation d'une antenne de radar secondaire comportant la voie écartométrie suivant l'invention.

15 Cette antenne est une antenne dite intégrée au radar primaire, solution qui semble prévaloir à l'heure actuelle. D'une façon générale, cette antenne comporte un certain nombre d'éléments dont la combinaison relève de l'art connu, mais qui seront rappelés ci-dessous.

20 On notera tout d'abord que l'élément focalisateur, c'est-à-dire le réflecteur qui est commun aux quatre modes de fonctionnement de l'antenne, radar primaire, interrogation et contrôle, monopulse, ne figure pas sur le dessin, qui représente dans ces conditions la source primaire du radar primaire, qui est modifiée de façon à transmettre également les signaux relatifs à la fonction radar secondaire.

25 Cette source primaire comprend successivement un tronçon de guide rectangulaire relié à l'émetteur-récepteur 2 du radar primaire, un guide de transition 4, un tronçon de guide circulaire 5 et un cornet 6. La liaison entre la source primaire et l'émetteur-récepteur 2 est matérialisée par deux flèches 3.

30 Elle est constituée en réalité par une certaine longueur de guide d'onde équipé d'un joint tournant pour autoriser la rotation de l'antenne autour d'un axe vertical.

Les ondes radar dont le vecteur de polarisation est représenté par la flèche 7 à l'émission traversent la source du guide rectan-

gulaire 1 vers le cornet 6 d'où elles sont rayonnées vers le réflecteur. A la réception, la propagation des ondes s'effectue en sens inverse.

5 L'antenne comporte des moyens permettant de réaliser la fonction de radar secondaire. Dans l'exemple choisi d'antenne, on dispose, pour émettre et recevoir les signaux d'interrogation dont la polarisation représentée par le vecteur 10 est perpendiculaire à celle des ondes du radar primaire, de deux sondes 8 et 9 placées dans le guide circulaire 5, qui sont reliées à l'émetteur-récepteur 15 du radar secondaire. Elles sont alimentées en opposition de phase par un circuit hybride 13 comprenant un diviseur de puissance et un filtre. Le circuit 13 est relié à l'émetteur-récepteur 15 par une ligne coaxiale 14 et les sondes 8 et 9 sont reliées au circuit 13 par les lignes coaxiales 12 et 11 respectivement. Le filtre du circuit hybride 13 a pour but de ne transmettre que les signaux d'interrogation et d'inhiber les signaux à la fréquence du radar primaire. En effet le cornet 6 et le guide circulaire 5 étant communs aux ondes des radars primaire et secondaire, une fraction de l'énergie des signaux du radar primaire peut être transmise vers l'émetteur-récepteur du radar secondaire par les sondes. Ces signaux sont éliminés dans le circuit 13.

25 Les dimensions du guide 5 sont déterminées pour un fonctionnement correct de la source à la fréquence du radar primaire. La fréquence de fonctionnement du radar secondaire étant généralement inférieure à celle du radar primaire, le guide 5 est sous coupure pour les ondes du radar secondaire. Une lame de diélectrique 22 est alors placée à l'intérieur de ce guide. Les formes de cette lame ont été déterminées de manière à ne pas modifier les performances de la source primaire à fréquence du radar primaire.

30 Ainsi les grandes faces de cette lame sont perpendiculaires au vecteur de polarisation des ondes radar pour que l'épaisseur qu'elles traversent soit minimum. Par contre l'épaisseur de la lame pour les signaux d'interrogation est maximum. Du côté du cornet 6, la découpe de la lame est elliptique et du côté du guide 4, elle est

biseautée. La lame est réalisée en polypropylène, matériau ayant une tangente de perte faible.

5 Les signaux du radar primaire et les signaux d'interrogation sont ainsi rayonnés par le même cornet 6 qui illumine le réflecteur non représenté sur la figure, mais qui est du type à double courbure par exemple. Il présente une grande directivité en gisement, et un diagramme en site voisin d'une cosécante carrée. Le mode de fonctionnement en interrogation bénéficie donc des bonnes caractéristiques de gain et de directivité du réflecteur, commun, ce qui
10 permet d'utiliser, à performances égales à celle des systèmes connus, un émetteur-récepteur moins performant.

Les signaux de contrôle sont émis et reçus par deux sources auxiliaires 16 et 17 placées de part et d'autre du cornet 6. Ces sources sont reliées à l'émetteur-récepteur du radar secondaire 15
15 par l'intermédiaire d'un circuit diviseur de puissance 20 et des lignes coaxiales de liaison 18 et 19 entre les sources et le diviseur d'une part, et 21 entre le diviseur et l'émetteur-récepteur 15 d'autre part.

Pour que le diagramme de rayonnement des signaux de contrôle soit du type différence, c'est-à-dire présentant un gain nul
20 dans l'axe du lobe principal du diagramme interrogation, les sources 16 et 17 sont alimentées en opposition de phase. Bien entendu, les axes de ces deux sources sont compris dans un même plan horizontal. Le même réflecteur de l'antenne radar est encore éclairé par les sources de contrôle. Le diagramme de rayonnement contrôle est
25 donc du type différence en gisement et du type cosécante carrée en site grâce aux propriétés du réflecteur.

Chaque source 16 ou 17 est constituée par exemple d'un groupe de dipôles disposés dans un boîtier étanche. Le fond métallique du boîtier joue le rôle de plan réflecteur. Le couvercle du boîtier,
30 perméable aux ondes est réalisé en verre-polyester par exemple.

Le diviseur de puissance se compose d'un ou de plusieurs anneaux hybrides par exemple.

Conformément à l'invention, le diagramme de rayonnement de la voie contrôle, qui est du type différence en gisement et qui

présente un arc d'interrogation trop large pour permettre une discrimination toujours possible des cibles, principalement en zone d'approche est renforcé par un autre diagramme de rayonnement en gisement du type différence également qui lui, permet une séparation des cibles en zone d'approche, autrement dit dont la résolution azimutale est plus fine.

Dans ces conditions, l'antenne du radar secondaire qui présente déjà une voie interrogation et une voie contrôle est renforcée par une voie monopulse, c'est-à-dire qu'en plus des diagrammes de rayonnement qui ont été déjà décrits, elle possède un nouveau diagramme différence. De façon plus précise, au niveau de la fonction monopulse, on forme une voie somme et une voie différence à la fréquence de réponse des transpondeurs, qui dans l'exemple considéré est 1090 MHz. Le signal somme est obtenu à la sortie du circuit hybride 13 où il a été séparé du signal du radar primaire. Ce signal n'est autre d'ailleurs que le signal de réponse des transpondeurs. Pour former le diagramme différence à grande résolution azimutale, on dispose suivant l'invention d'une nouvelle source auxiliaire, se présentant sous la forme de deux dipôles 23, 24 situés de part et d'autre de l'ouverture rayonnante de la source primaire 6 du radar et dans le même plan que les sources 16 et 17 utilisées pour former la voie contrôle du radar secondaire associé au radar primaire.

Les signaux somme et différence obtenus dans cette nouvelle voie monopulse sont traités dans un récepteur d'écartométrie 27. Ces sources 23 et 24 sont reliées pour l'acheminement des signaux différence au récepteur d'écartométrie par les câbles 25 et 30 à un circuit diviseur de puissance 26, lui-même connecté par la liaison 28 au récepteur 27. Ce récepteur est connecté par le câble 29 à l'émetteur-récepteur 15 du radar secondaire existant déjà, qui transmet au récepteur d'écartométrie le signal somme de la nouvelle voie créée suivant l'invention, ainsi que cela a été déjà dit.

On notera, et ceci est bien visible sur la figure, que les sources 23, 24 contribuant à la formation de la nouvelle voie différence sont

placées plus près de l'ouverture rayonnante de la source primaire 6 que les sources 16 et 17 de la voie contrôle du radar secondaire. Cette disposition est dictée par la nécessité d'avoir une pente d'écartométrie élevée qui est fonction de la distance existant entre
5 les sources de part et d'autre de l'axe focal de l'aérien.

La figure 2 représente une variante de l'aérien radar primaire-radar secondaire suivant l'invention dans le cas où la source primaire fonctionne en polarisation circulaire.

Les différences existant entre cette figure et la figure 1 pour
10 laquelle la source primaire fonctionnait en polarisation horizontale ne sont pas très importantes mais vont néanmoins être mises en évidence.

La source primaire proprement dite comprend un guide rectangulaire 3, un guide de transition 4, un guide circulaire 5 et le cornet, contenant un élément polariseur 60. Les sondes 8 et 9 ont leurs axes
15 inclinés de 45° par rapport à un axe vertical. Ces sondes qui permettent de récupérer les ondes réfléchies sur la face avant du cornet en émission, et qui sont ensuite dissipées dans des charges absorbantes qui leur sont reliées sont nécessaires pour un bon
20 fonctionnement dans ce mode de polarisation. Pour le fonctionnement en interrogation les sondes 8 et 9 sont utilisées comme dans le cas de la figure 1. Pour obtenir cette double fonction un circuit diplexeur 130 comprenant des filtres et un diviseur de puissance sont
25 disposés entre l'émetteur-récepteur 15 et les sondes. Des lignes coaxiales 110, 120 et 140 assurent la liaison hyperfréquence entre les sondes et le diplexeur d'une part et entre le diplexeur et l'émetteur-récepteur 15 d'autre part. Le diplexeur réalise la séparation des signaux du radar primaire et de l'interrogation. Les
30 signaux du radar primaire sont dissipés dans des charges résistives 131 et 132.

Une lame diélectrique 16 est également placée dans le guide circulaire 5. Son plan médian contient l'axe des sondes. Le plan de polarisation de l'onde du radar primaire est perpendiculaire à la lame diélectrique.

En fonctionnement en interrogation le guide circulaire 5 est excité symétriquement par les sondes de récupération 8 et 9. Après passage dans le polariseur 60 et le cornet 6, les signaux d'interrogation sont rayonnés avec une polarisation elliptique.

5 Les répondeurs installés à bord des avions sont conçus pour émettre et recevoir les ondes en polarisation linéaire verticale. Le fait que la polarisation de l'onde rayonnée par le radar secondaire soit elliptique ne présente pas d'inconvénient. Dans les calculs de portée, tout se passe comme si l'on disposait d'une antenne dont le gain est inférieur de 3 dB environ à son gain nominal. Compte tenu
10 du surcroît de gain apporté par l'utilisation du réflecteur de l'antenne radar primaire cette perte est sans importance.

Le fonctionnement en contrôle est obtenu, comme pour la figure 1 par deux sources 16 et 17 reliées à l'émetteur-récepteur 15
15 par les lignes de liaison 18 et 19, le diviseur de puissance 20 et la ligne de liaison 21.

Chacune des sources auxiliaires comprend, comme dans le cas de la figure 1, un groupe de dipôles disposés sur un fond métallique servant de réflecteur. Les dipôles sont du type demi-onde. Les
20 différents paramètres des dipôles (dimensions, distances au plan réflecteur, etc...) sont déterminés pour obtenir une bonne adaptation et un diagramme de rayonnement correct.

Comme dans le cas de la figure 1, la voie monopulse ajoutée aux voies interrogation et contrôle du radar secondaire est constituée à partir des sondes d'une part qui fournissent le signal somme
25 et de deux sources auxiliaires, les dipôles 23 et 24 disposés de part et d'autre de la source primaire 6. Un récepteur dit d'écartométrie 27 est connecté d'une part à l'émetteur-récepteur 15 du radar secondaire et au diviseur de puissance 26 connecté lui-même par les câbles 25 et 30 aux dipôles 23 et 24.
30

La figure 3 est un schéma d'un diplexeur utilisé dans le dispositif suivant l'invention. Il permet de relier les sondes de récupération 8 et 9 d'une part vers des charges adaptées 131 et 132 pour les signaux du radar primaire et d'autre part à l'émetteur-

récepteur 15 pour les signaux d'interrogation.

Il comprend deux filtres passe-bande 133 et 134 centrés sur la fréquence de fonctionnement du radar primaire et deux filtres passe-bande 135 et 136 centrés sur la fréquence d'interrogation, 5 reliés respectivement aux deux sondes 9 et 8 par l'intermédiaire des lignes de liaison 120 et 110. Les sorties des filtres 133 et 134 sont reliées aux charges adaptées 131 et 132 qui dissipent l'énergie réfléchie sur l'ouverture du cornet. Les sorties des autres filtres 135 et 136 sont reliées à deux bornes d'un diviseur de puissance 137 dont 10 la troisième borne est reliée à l'émetteur-récepteur 15 par l'intermédiaire de la ligne de liaison 140.

La disposition des sondes, diamétralement opposées dans le guide circulaire 5 entraîne la nécessité d'avoir un déphasage de 180° entre les deux voies qui les alimentent. Ce déphasage est obtenu par 15 le diviseur lui-même. Le diviseur est un anneau hybride classique. L'ensemble du circuit hybride 130 peut être réalisé en circuit triplaque photogravé puis enrobé par moulage pour assurer son étanchéité.

La figure 4 montre pour l'aérien objet de la présente invention, 20 les diagrammes de rayonnement en gisement de la voie interrogation, de la voie contrôle et de la voie monopulse rajoutée aux précédentes.

En trait continu, désigné par A, on a représenté le diagramme différence de la voie contrôle. Par B, est désigné le diagramme 25 somme de la voie interrogation, qui sera celui également de la voie monopulse ajoutée. Le recoupement des diagrammes A et B permet de définir en CD l'arc d'interrogation. Par E est désigné, en trait-point, le diagramme différence de la voie monopulse associée au radar secondaire, dont le recoupement avec le diagramme somme B, 30 permet de définir l'arc d'écartométrie GH.

Ces diagrammes mettent en évidence certains des avantages de l'invention : niveau de recoupement élevé entre la somme et le diagramme différence monopulse ce qui permet d'obtenir la pente d'écartométrie correspondant au pouvoir discriminateur entre cibles

souhaité par l'utilisateur, largeur de l'arc d'interrogation et recouvrement correct des lobes de la voie interrogation par la voie contrôle.

5 On notera également d'autres avantages de la solution donnée par l'invention pour remédier au manque suffisant de résolution de l'arc d'interrogation. En particulier, la simplicité de la solution qui a consisté à ajouter une voie monopulse à un aérien intégré radar primaire, radar secondaire, tout en utilisant une partie des moyens déjà existants, solution qui a conduit à une optimisation des voies
10 différence contrôle et monopulse.

On a ainsi décrit un aérien combiné pour radar primaire et secondaire permettant en particulier une amélioration conséquente de la fonction radar secondaire.

REVENDICATIONS

1. Aérien pour radar primaire et radar secondaire comportant une source primaire couplée à l'émetteur-récepteur du radar primaire et comprenant des moyens d'interrogation des cibles détectées et des moyens de contrôle, caractérisé par le fait qu'il
5 comporte en plus, disposés dans cette source primaire des moyens coopérant avec les moyens d'interrogation et de contrôle et définissant une voie monopulse en gisement.

2. Aérien suivant la revendication 1, caractérisé par le fait que les moyens définissant une voie monopulse en gisement com-
10 portent les moyens d'interrogation (8-9) définissant la voie somme de la voie monopulse et deux sources auxiliaires (23-24) disposées de part et d'autre de l'ouverture rayonnante de la source primaire (6-60) définissant la voie différence de la voie monopulse.

3. Aérien suivant la revendication 2, caractérisé par le fait que les moyens définissant la voie somme de la voie monopulse sont
15 constitués par deux sondes (8-9) placées dans un plan perpendiculaire au plan de polarisation des ondes du radar primaire, dans une section droite d'un guide circulaire (5) connectant la source primaire (6-60) à l'émetteur-récepteur (2) du radar primaire par l'intermédiaire d'une transition (4).
20

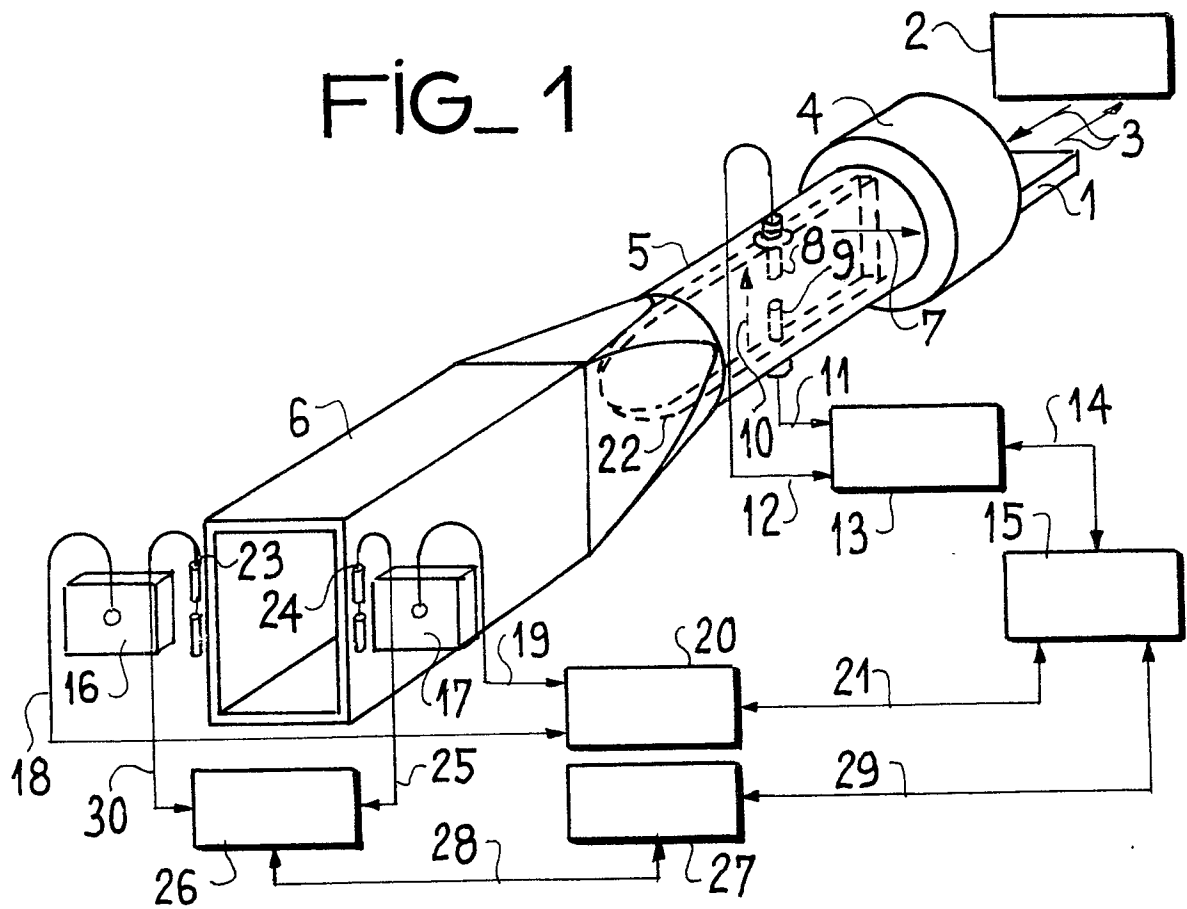
4. Aérien suivant la revendication 3, caractérisé par le fait que les sondes (8-9), récupèrent l'énergie du radar primaire réfléchie sur le plan d'ouverture de la source primaire.

5. Aérien suivant la revendication 2, caractérisé par le fait que les sources auxiliaires (23-24) définissant la voie différence de
25 la voie monopulse sont des dipôles disposés symétriquement par rapport à l'axe de la source primaire, plus proches dudit axe que les sources (16-17) des moyens de contrôle, les axes des sources auxiliaires (23-24) étant situés dans un même plan horizontal que les
30 axes des sources des moyens de contrôle et de la source primaire.

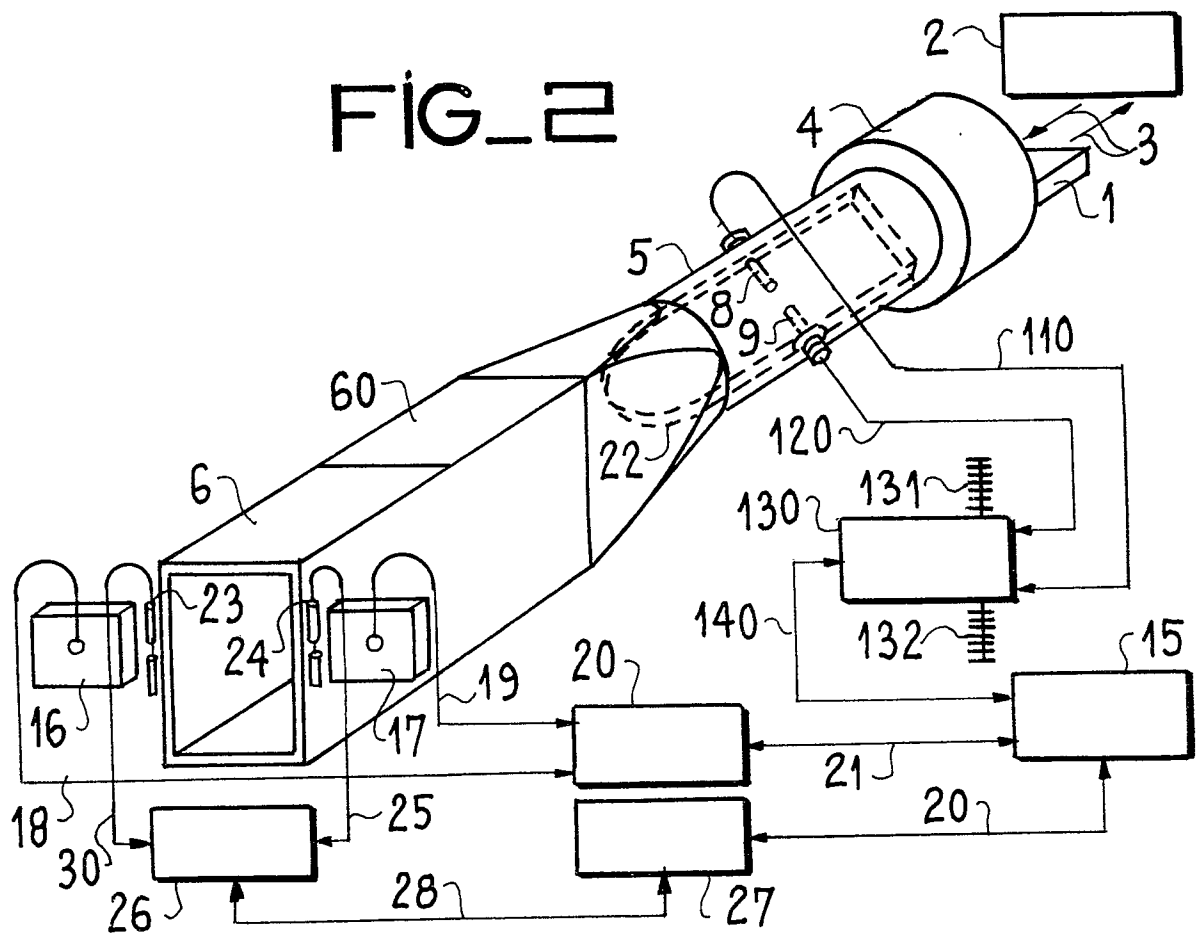
6. Aérien suivant la revendication 1, caractérisé par le fait qu'il comporte un récepteur d'écartométrie (27) connecté d'une part

à l'émetteur-récepteur du radar secondaire (15) dont il reçoit les signaux somme et d'autre part aux antennes auxiliaires (23-24), à travers un diviseur de puissance (26) dont il reçoit les signaux différence.

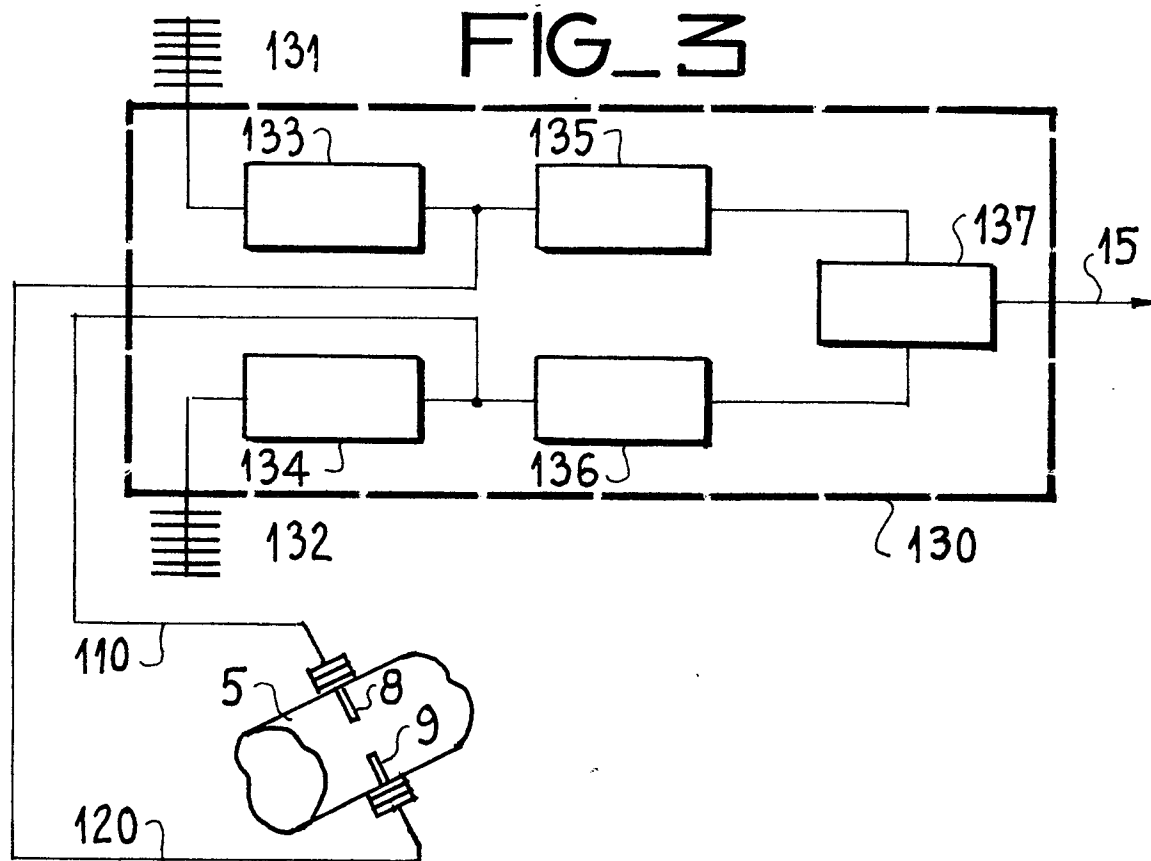
FIG_1



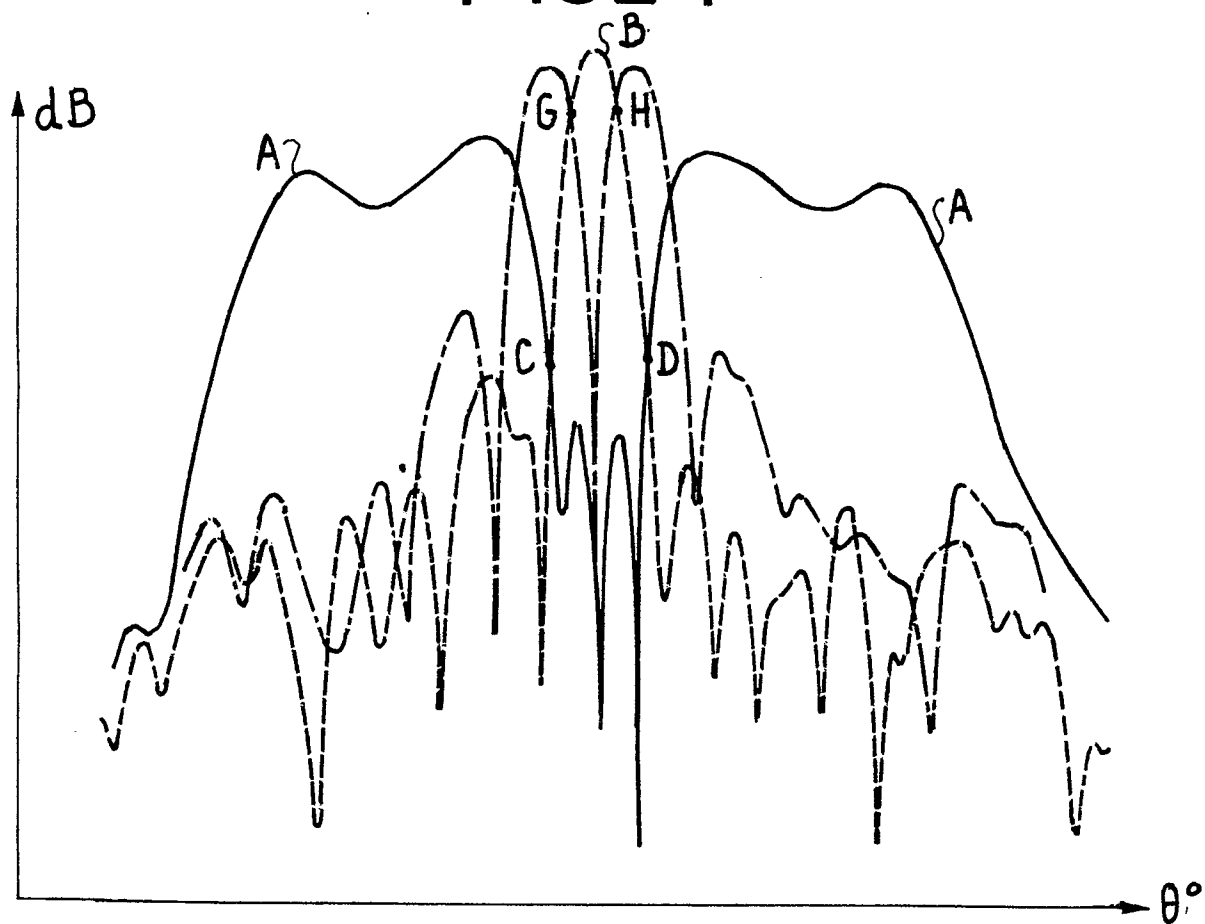
FIG_2



FIG_3



FIG_4





Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

0025739
N° de la demande
EP 80 40 1242

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	
A	<u>DE - A - 2 139 216</u> (SIEMENS) * En entier *	1,2	H 01 Q 25/02 5/00
	--		
	<u>DE - B - 2 411 158</u> (SIEMENS) * En entier * & BE - A - 826 429	1,2	
	--		
	<u>FR - A - 2 243 532</u> (TH-CSF) * En entier *	1	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl. ³)
	----		H 01 Q 25/02 25/00 21/28 5/00 G 01 S 13/44
			CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES
			X: particulièrement pertinent A: arrière-plan technologique O: divulgation non-écrite P: document intercalaire T: théorie ou principe à la base de l'invention E: demande faisant interférence D: document cité dans la demande L: document cité pour d'autres raisons
☒ Le présent rapport de recherche a été établi pour toutes les revendications			&: membre de la même famille, document correspondant
Lieu de la recherche La Haye		Date d'achèvement de la recherche 01-12-1980	Examineur CHAIX DE LAVERENE