

19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

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

2 862 440

21) N° d'enregistrement national : 03 13493

51) Int Cl<sup>7</sup> : H 01 Q 11/00

12)

## DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22) Date de dépôt : 18.11.03.

30) Priorité :

43) Date de mise à la disposition du public de la demande : 20.05.05 Bulletin 05/20.

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) : AUVRAY GERARD.

73) Titulaire(s) :

74) Mandataire(s) : THALES "INTELLECTUAL PROPERTY".

54) ARCHITECTURE D'ANTENNE ADAPTATIVE MULTIFAISCEAUX A FORMATION DE FAISCEAUX PAR LE CALCUL.

57) La présente invention concerne la réalisation d'une antenne adaptative multifaisceaux, à formation de faisceaux par le calcul, découpée en sous-réseaux. Cette antenne permet notamment de former des faisceaux dépourvus de lobes de réseaux parasites.

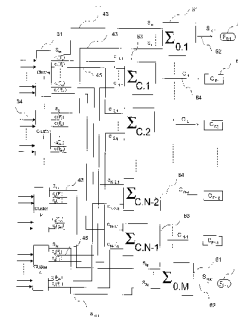
L'antenne selon l'invention comporte notamment des T/R modules assemblés en clusters. Les clusters sont eux-mêmes assemblés par groupes pour former des sous-réseaux.

Chaque cluster comporte une voie de sommation et plusieurs voies de correction. La voie de sommation effectue la somme de signaux issus des différents T/R modules associés au cluster. Le signal  $s_0$  obtenu correspond à celui reçu par le cluster dans la direction du faisceau  $F_0$  perpendiculaire au plan de phase de l'antenne. Les voies de correction affectent à chaque signal issu d'un T/R module une correction en phase et en amplitude de façon à obtenir un signal représentatif de la différence vectorielle existant entre le signal reçu dans la direction d'un faisceau  $F_n$  et celui reçu dans la direction  $F_0$ . Chaque cluster comporte autant de voies de correction que l'antenne comporte de faisceaux.

Les sorties des combineurs  $C_0$  de tous les clusters composant un sous-réseau sont sommées de façon à former la

voie de réception du sous-réseau orientée dans la direction du faisceau  $F_0$ . Les voies de correction de tous les clusters concernant un même faisceau  $F_n$  sont sommées pour former, à partir de la voie  $F_0$ , un signal correcteur global permettant de former la voie de réception orientée dans la direction du faisceau  $F_n$ .

Ce dispositif s'applique notamment à la lutte contre le brouillage des radars.



FR 2 862 440 - A1



La présente invention concerne la réalisation d'une antenne adaptative multifaisceaux, à formation de faisceaux par le calcul, découpée en sous-réseaux. Cette antenne permet notamment de former des faisceaux dépourvus de lobes de réseaux parasites. Ce dispositif s'applique notamment à la lutte contre le brouillage des radars.

Les antennes actuelles qui mettent en œuvre la formation adaptative de faisceaux par le calcul, ou FFC adaptative, présentent des inconvénients importants à l'émission et à la réception. Les inconvénients rencontrés sont notamment liés à leur structure.

Ces antennes à FFC adaptative sont constituées d'un grand nombre de modules d'émission / réception encore appelés T/R modules. Les T/R modules sont combinés entre eux pour former des sous-réseaux. Chaque sous-réseau se comporte comme une antenne élémentaire ayant ses propres plan et centre de phase.

En ce qui concerne la réception d'un signal, la formation d'un faisceau se fait en combinant les signaux issus des sous-réseaux qui constituent l'antenne globale. Pour constituer le signal correspondant à un faisceau donné chaque signal issu d'un sous-réseau est affecté d'un gain et d'un déphasage déterminé. Puis tous les signaux ainsi corrigés sont sommés. Les valeurs des pondérations en gain et en phase de chaque sous-réseau sont déterminées par des procédés connus, issus du domaine de l'antibrouillage adaptatif, la structure en sous-réseaux étant développée à des fins d'antibrouillage.

Comme dans le cas d'une antenne à balayage électronique mono faisceau classique, l'orientation globale de la grappe de faisceau d'une antenne multifaisceaux est réalisée quant à elle en jouant sur la phase relative des signaux issus des T/R modules. En agissant ainsi, on modifie l'orientation globale du plan de phase de l'antenne.

L'association des T/R modules en sous-réseaux telle qu'elle est réalisée, revient à effectuer une décomposition de l'antenne globale en antennes élémentaires de faibles dimensions. Chaque antenne élémentaire se comporte comme une source unitaire avec ses propres plan et centre de phase. Le lobe d'antenne global est obtenu en recombinaison des lobes des antennes élémentaires.

Cette décomposition en antennes élémentaires présente cependant des inconvénients :

- La dimension de ces antennes élémentaires étant faible par rapport à l'antenne globale, celles-ci présentent donc à l'émission aussi bien qu'à la réception un lobe dont le diagramme est plus large que celui d'une antenne de grande dimension classique.

- La combinaison de ces lobes entraîne par ailleurs la présence au niveau de l'antenne globale de lobes secondaires plus importants que ceux d'une antenne mono faisceau.

La structure en sous-réseaux des antennes à FFC adaptative actuelles a donc pour effet de rendre celles-ci globalement moins performantes que les antennes à balayage électronique classiques notamment au niveau des lobes secondaires.

Des études menées par ailleurs montrent que pour pouvoir reconstituer de façon correcte un faisceau d'antenne à partir de sous-ensembles dont les plans de phase ne sont pas orientés dans la direction du faisceau, il faut que la distance entre les centres de phase des différents sous-ensembles soit inférieure à la demi longueur d'onde du signal. Or, dans le cas des sous-réseaux constituant une antenne à FFC, cette condition de distance n'est pas satisfaite et le faisceau formé est accompagné de lobes parasites dont la périodicité spatiale est fonction de l'espacement des centres de phase des différents sous-réseaux.

En revanche, dans le cas particulier où tous les sous-ensembles présentent un plan de phase orienté dans la direction du faisceau, il n'y a pas formation de lobes de réseaux.

On conçoit aisément que pour une antenne multifaisceaux à sous-réseaux, la condition d'orientation ci-dessus ne peut être réalisée, dans le meilleur des cas, que pour un seul faisceau. Les plans de phase des sous-

réseaux ne sont pas, dans la plupart des cas, orientés dans la direction du faisceau à former. La seule façon accessible de former un faisceau dans une direction donnée est d'ajuster la phase du signal issu de chaque sous-réseau pour obtenir, par recombinaison, le faisceau voulu.

5

Les sous-réseaux constituent donc des antennes élémentaires qui présentent par construction des centres de phase éloignés les uns des autres. La distance entre leurs centres de phase est grande par rapport à la longueur d'onde. De ce fait, la mise en phase des signaux issus des différents sous-réseaux entraîne, lors de la formation du faisceau, l'apparition de lobes parasites. Ces lobes parasites ou lobes de réseaux sont la reproduction du lobe de faisceau désiré, suivant des directions déterminées par la distance séparant les centres de phase des sous-réseaux. Ainsi, du fait de leur organisation en sous-réseaux, les antennes à FFC actuelles forment des faisceaux qui présentent une périodicité spatiale non voulue.

10  
15

La présence de ces lobes de réseaux a pour conséquence de rendre les antennes actuelles vulnérables au brouillage reçu dans la direction des lobes de réseaux. L'élimination d'un brouilleur pénétrant par un lobe de réseau s'accompagne d'un affaiblissement important du signal dans la direction du faisceau.

20

D'autres inconvénients sont par ailleurs liés à la nécessité qu'ont les dispositifs actuels équipés d'antennes à FFC d'émettre avec un diagramme de rayonnement élargi. Ce diagramme élargi est nécessaire pour permettre la réception d'un signal dans toutes les directions pointées par les faisceaux formés simultanément. Ce diagramme, plus large que celui d'une antenne classique, présente l'inconvénient d'entraîner une perte de sélectivité spatiale à l'émission. La sélectivité n'est plus alors réalisée que par le lobe du faisceau de réception, qui présente, comme cela a été dit précédemment, des lobes secondaires de mauvaise qualité.

25  
30

Un but de l'invention est notamment de pallier les inconvénients cités. A cet effet l'invention a pour objet une antenne à FFC adaptative permettant la constitution simultanée de plusieurs faisceaux. L'antenne selon

35

l'invention a notamment pour caractéristique de présenter pour chaque sous-réseau des plans de phase orientés perpendiculairement à la direction de chacun des faisceaux.

L'antenne selon l'invention comporte notamment des T/R modules  
5 assemblés en clusters. Les clusters sont eux-mêmes assemblés par groupes pour former des sous-réseaux et la combinaison des sous-réseaux forme les faisceaux.

Chaque cluster comporte une voie de sommation et plusieurs  
voies de correction. La voie de sommation effectue la somme de signaux  
10 issus des différents T/R modules associés au cluster. Le signal obtenu correspond à celui reçu dans la direction du faisceau  $F_0$  perpendiculaire au plan de phase de l'antenne. Les voies de correction affectent à chaque signal issu d'un T/R module une correction en phase et en amplitude de façon à  
15 obtenir un signal représentatif de la différence vectorielle existant entre le signal reçu dans la direction d'un faisceau  $F_n$  et celui reçu dans la direction  $F_0$ . Chaque cluster comporte autant de voies de correction que l'antenne comporte de faisceaux

L'utilisation d'une voie de sommation et de voies de correction présente  
20 l'avantage de réaliser une antenne multifaisceaux dépourvue de lobes de réseaux en n'utilisant qu'un nombre relativement faible de circuits récepteurs. Elle présente également l'avantage de mettre en œuvre des clusters dont la structure est simple à réaliser.

L'invention permet avantageusement de former des faisceaux de réception  
25 simultanés de même qualité que le faisceau d'une antenne à balayage électronique mono faisceau classique, en particulier en ce qui concerne le niveau des lobes secondaires.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à l'aide de  
30 la description qui suit, faite en regard des figures annexées qui représentent :

La figure 1, une illustration des problèmes liés à l'existence  
d'un large diagramme d'émission et à la présence de lobes de réseaux.

La figure 2, une illustration de la formation d'un faisceau par  
35 association de différents sous-réseaux dans les antennes actuelles.

La figure 3, L'illustration d'une décomposition possible d'une antenne en clusters ou groupes de T/R modules.

La figure 4, le schéma de principe de réalisation d'un cluster.

La figure 5, une illustration de l'opération d'élaboration du signal correcteur permettant de former un faisceau autre que le faisceau  $F_0$ .

La figure 6, l'illustration d'un exemple d'organisation en sous-réseaux selon l'invention

La figure 7, l'illustration schématique de la chaîne complète de formation et de traitement d'un faisceau.

10

Comme il a été rappelé précédemment, l'orientation globale du plan de phase d'une antenne multifaisceaux est réalisée, comme pour une antenne à balayage électronique mono faisceau classique, en jouant sur la phase relative des signaux issus des T/R modules. Pour des raisons de clarté, dans la suite de la description on considère que l'antenne garde une orientation constante et qu'on applique un déphasage nul aux T/R modules.

15

La figure 1 illustre sous forme d'un graphique les inconvénients induits par le mode de réalisation des antennes à FFC adaptative actuelles. Cette figure représente dans un seul plan et pour un faisceau donné, orienté dans un axe pris comme référence, les diagrammes d'émission et de réception. Le diagramme d'émission 11 étant nécessairement large, l'énergie susceptible d'être reçue par le faisceau 12 n'est pas assez significativement différente de celle susceptible d'être reçue par les lobes de réseaux 13. D'autre part, l'apparition d'un signal brouilleur dans un de ces lobes de réseaux, affectera de manière très importante la détection d'éventuels échos par le faisceau correspondant.

20

25

Ces lobes de réseaux ont une répétitivité angulaire  $\alpha$  qui dépend du rapport  $d/\lambda$ , rapport de la distance des centres de phase des sous-réseaux à la longueur d'onde du signal.

30

La présence de ces lobes de réseaux a pour conséquence de générer une ambiguïté sur la position angulaire d'un éventuel écho reçu par un radar équipé d'une antenne à FFC adaptative actuelle. Elle rend également le radar sensible au brouillage par les lobes de réseaux.

35

La figure 2 présente de manière imagée l'origine structurelle de l'apparition des lobes de réseau phénomène décrit précédemment dans le cas d'un seul faisceau. Par souci de clarté, les sous-réseaux sont représentés sur cette figure comme étant contigus et de même taille. Dans les antennes à FFC actuelles, les plans de phase des sous-réseaux sont orientés dans une direction fixe, identique pour tous les faisceaux formés. Des structures différentes, comportant par exemple des réseaux de tailles différentes et présentant un certain recouvrement, sont bien évidemment possibles.

La droite 21 figure le plan de phase de l'antenne globale et  $\theta$  l'angle de dépointage du faisceau à former dont la direction est matérialisée par la flèche 22. La droite 23 représente le plan de phase idéal à réaliser pour obtenir le dépointage voulu. Ce plan idéal ne peut être obtenu qu'en ajustant le déphasage au niveau des T/R modules, ce qui ne peut pas être, comme cela a été dit précédemment, réalisé simultanément pour chacun des faisceaux à former.

En raison de l'organisation en sous-réseaux, cette droite va en réalité être approximée par la courbe en escalier 24 qui présente des discontinuités de phase à chaque changement de marche. Le signal correspondant à celui reçu par le faisceau considéré est obtenu par combinaison en amplitude et en phase des signaux issus de chaque sous-réseau 24. Néanmoins la correction d'amplitude et de phase apportée aux signaux issus de chacun des sous-réseaux ne permet pas l'orientation du plan de phase de chaque sous-réseau dans la direction du faisceau. Celle-ci fait un angle  $\theta$  généralement non nul avec la normale au plan de phase d'un sous-réseau. Chaque pallier de la courbe 24 représente le plan de phase du sous-réseau correspondant. La combinaison des signaux est représentée sur la figure par les flèches pointillées 27. La formation du faisceau désiré 22 s'accompagne également de celle des lobes de réseaux 25 dont l'apparition est liée aux discontinuités de la courbe 24.

Dans l'exemple de la figure tous les sous-réseaux qui constituent le faisceau sont identiques et espacés d'une distance  $d$ . Le diagramme  $G_n$  de réception associé à un faisceau  $F_n$  a une expression de la forme suivante :

$$G_n = G_{SR}(\theta) \cdot \sum_n A_{nm} \cdot e^{j\varphi_{nm}} \cdot e^{-j2\pi m \frac{d}{\lambda} \sin \theta} \quad (1)$$

Où:

- $G_{SR}(\theta)$  représente le diagramme d'un sous-réseau,
- $A_{nm}$  et  $e^{j\varphi_{nm}}$  correspondent aux corrections d'amplitude et de phase appliquées au signal issu du sous-réseau  $m$  dans la composition du faisceau  $F_n$ ,
- $m.d$  représente la distance du centre de phase du sous réseau  $m$  au centre du réseau.
- $\theta$  représente l'angle entre la normale au plan de phase du sous-réseau et la direction du faisceau.

10

Dans cette expression on voit apparaître le facteur  $e^{-j2\pi m \frac{d}{\lambda} \sin \theta}$  responsable de la présence des lobes de réseaux. Ce facteur devient neutre dans le cas où  $\theta$  est nul ce qui correspond au cas où les plans de phase des sous-réseaux sont tous perpendiculaires à la direction du faisceau. Ce facteur devient également neutre dans le cas où  $\frac{d}{\lambda}$  est très inférieur à 1, ce qui n'est pas réalisable étant donnée la taille des sous-réseaux.

La figure 3 illustre le principe d'organisation d'une antenne à FFC adaptative selon l'invention. Dans cette antenne les T/R modules ne sont plus regroupés directement en sous-réseaux mais sont d'abord combinés par petits groupes de façon à constituer des unités de base 31 appelées clusters.

Un cluster est constitué d'un groupe de T/R modules reliés les uns aux autres au travers de circuits combineurs hyperfréquence. Comme sur la figure 3, les clusters constituant l'antenne sont par exemple disjoints et leur juxtaposition reconstitue l'intégralité de l'antenne. Le cluster représente l'élément de base d'une antenne à FFC adaptative selon l'invention.

Le nombre  $Q$  de T/R modules entrant dans la composition d'un cluster est quelconque et peut, par exemple, varier d'un cluster à l'autre dans une même antenne. A titre d'exemple, la figure 3 représente une antenne constituée d'un assemblage de clusters identiques formés chacun de seize T/R modules 32. Les T/R modules sont espacés les uns des autres d'une distance voisine de la demi-longueur d'onde du signal. Chaque T/R module

est par ailleurs équipé d'un contrôle d'amplitude et de phase, qui permet d'orienter le plan de phase global de l'antenne.

La figure 4 illustre la structure interne d'un cluster 31 selon l'invention.

5 Au sein du cluster la sortie de chaque T/R module 32 est distribuée en parallèle sur les entrées de plusieurs combineurs hyperfréquence indépendants les uns des autres. Un combineur  $C_0$ , 41, réalise la somme des signaux 42 issus des différents T/R modules. Il produit ainsi un signal  $S_0$ , 43, correspondant à la voie de réception relative au faisceau d'antenne  $F_0$ , perpendiculaire au plan de phase de l'antenne. Les autres combineurs 44

10 effectuent la synthèse de signaux correcteurs  $c_{fn}$ , 45, correspondant à une somme pondérée des signaux issus des différents T/R modules. Cette pondération est réalisée en amplitude et en phase. Elle est spécifique à chaque faisceau d'antenne formé et permet d'obtenir pour chaque T/R

15 module le signal correspondant à la différence existant entre le signal réellement reçu par le T/R module et le signal théorique qui serait reçu si le plan de phase du T/R module était orienté perpendiculairement à la direction du faisceau. Pour un plan de phase réel donné cette différence sera nulle

20 seulement pour le signal reçu d'une direction perpendiculaire au plan de phase du T/R module, cette direction correspondant par exemple au faisceau d'antenne  $F_0$ .

Un cluster comporte donc un circuit sommateur permettant de constituer le faisceau  $F_0$ , pour lequel la différence entre le signal réel et le signal théorique est nulle. Il comporte en outre autant de circuits combineurs

25 qu'il y a d'autres faisceaux d'antenne à former. Il compte ainsi une sortie 43 correspondant au signal relatif au faisceau  $F_0$ . et autant des sorties correctrices 45 que de faisceaux à former.

La figure 5 illustre de manière imagée, les imperfections liées à la

30 découpe en sous-réseaux, et la façon dont il est possible de corriger ces imperfections grâce à la structure en cluster de l'antenne selon l'invention. Cette illustration représente une vue partielle grossie de l'illustration d'une antenne composée de sous-réseaux tel que représenté à la figure 2. Sur la figure, les paliers 51 représentent les plans de phase des différents sous-

35 réseaux qui composent l'antenne, tandis que les segments de droites 52

figurent l'orientation des mêmes plans de phases permettant de former un faisceau dépourvu de lobes de réseaux dans une direction donnée. Cette direction est symbolisée par les flèches 52. L'orientation du plan de phase global de l'antenne étant figurée par la droite 23, on constate que le positionnement des plans de phase des différents sous-réseaux n'en représente qu'une approximation. Ce positionnement est réalisé en appliquant à chaque signal issu d'un T/R module un même déphasage  $\varphi_{re}$  figuré par les vecteurs 53. Les signaux ainsi déphasés sont ensuite sommés pour former la voie de réception du sous-réseau considéré. L'approximation ainsi réalisée est responsable de l'apparition des lobes de réseaux.

Grâce à sa structure organisée en clusters, l'antenne selon l'invention permet de corriger les imperfections du signal obtenu. A cet effet, pour chaque faisceau le cluster fournit un signal de correction élaboré en effectuant une somme pondérée des signaux issus des T/R modules qui le composent. On obtient ainsi pour chaque signal issu d'un T/R module, un signal correcteur élémentaire permettant de compenser la différence  $\Delta\varphi$  existant entre le déphasage réellement appliqué au T/R module et le déphasage théorique permettant d'obtenir un faisceau dépourvu de lobes de réseaux. Les signaux de correction sont illustrés sur la figure 5 sous la forme des vecteurs 56.

Au sein du cluster les signaux correcteurs élémentaires correspondant à un même faisceau  $F_i$  sont sommés de façon à constituer un signal correcteur somme  $c_{Fn}$ . On dispose ainsi à la sortie du cluster des informations nécessaires pour former des faisceaux dépourvus de lobes de réseaux.

La figure 6 présente de manière schématique un exemple de structure complète de l'antenne selon l'invention. Dans cette structure les sorties 34 des T/R modules sont réparties sur différents clusters 31. Les sorties 43 de plusieurs clusters formant un même sous-réseau, sont appliquées aux entrées d'un circuit sommateur 61 de façon à élaborer, à partir des signaux  $s_{0,i}$  issu de chaque cluster du sous-réseau, un signal 62 correspondant au signal  $S_{0,r}$  reçu par le sous-réseau  $r$  dans la direction du faisceau  $F_0$  perpendiculaire au plan de phase de l'antenne.

De la même façon, les sorties 45 des tous les clusters correspondant à un même faisceau sont appliquées aux entrées d'un circuit sommateur 63 de

façon à obtenir, à partir des signaux  $c_{n,k}$  issu de chaque cluster, un signal correcteur  $C_n$ , 64. Ce signal permet de reconstituer le signal reçu par l'antenne dans la direction du faisceau  $F_n$ .

La structure comporte donc autant de circuits sommateurs qu'il y a de sous-réseaux et de faisceaux à former. Les sorties des différents circuits sommateurs sont ensuite appliquées à des récepteurs 65, intégrés ou non à l'antenne, qui effectuent la démodulation et la numérisation des signaux. Le nombre de récepteurs nécessaires est ici avantageusement égal à la somme du nombre de sous-réseaux constituant l'antenne et du nombre de faisceaux formés moins un. Ainsi pour une antenne comportant  $M$  sous-réseaux et formant  $N$  faisceaux, le nombre  $R$  de récepteurs nécessaires à l'exploitation du signal reçu aura pour valeur  $R = M + (N - 1)$ .

La formation de faisceaux par le calcul est ici réalisée de manière quasi classique en calculant la matrice  $W$  des coefficients de correction à appliquer au signal issu de chaque sous-réseau. Cette matrice a pour expression :

$$W = R_x^{-1} * \Phi_0.$$

Dans cette relation, le terme  $\Phi_0$  quant à lui, correspond au vecteur direction qui définit le déphasage global à apporter aux signaux issus des différents sous-réseaux. Dans le cas d'une antenne selon l'invention, il diffère cependant du terme  $\Phi_0$  caractérisant une antenne à sous-réseaux classique, en ce qu'il compte autant de ligne que de sous-réseaux et une ligne supplémentaire relative à la correction correspondant au faisceau considéré.

Ainsi,  $\Phi_0$  peut s'écrire :

$$\begin{pmatrix} e^{j\varphi} & 0 & \vdots & 0 & 0 \\ 0 & e^{2j\varphi} & \vdots & 0 & 0 \\ \dots\dots\dots & \vdots & \dots\dots\dots & & \\ 0 & 0 & \vdots & e^{mj\varphi} & 0 \\ 0 & 0 & \vdots & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

De même pour l'antenne selon l'invention,  $R_x$  représente la matrice de covariance du signal composé des signaux provenant des différents sous-réseaux et du signal correcteur relatif au faisceau considéré. Comme dans le cas de  $\Phi_0$ ,  $R_x^{-1}$  compte donc une ligne de plus que dans le cas d'une  
5 antenne à sous-réseaux classique. En l'absence de brouilleurs la matrice  $R_x^{-1}$  correspond à une matrice unité.

Il apparaît donc possible de réaliser à partir de l'antenne selon l'invention une antenne multifaisceaux dont les faisceaux sont avantageusement dépourvus  
10 de lobes de réseaux. Une telle antenne présente l'avantage de ne nécessiter qu'un nombre réduit de récepteurs supplémentaires par rapport à une antenne multifaisceaux classique comportant le même nombre de sous-réseaux. Pour une antenne présentant N faisceaux le nombre de récepteurs supplémentaires est par exemple égal à N-1.

15

La formation du faisceau  $F_0$  est réalisée par sommation des signaux  $S_{0,r}$  issu des différents sous-réseaux. La somme des différents signaux  $S_{0,r}$  constitue le signal global  $S_0$ . La formation des autres faisceaux  $F_n$  est quant à elle  
réalisée en effectuant la correction du signal  $S_0$  correspondant au faisceau  $F_0$   
20 par le signal correcteur  $C_n$  se rapportant au faisceau  $F_n$ .

## REVENDICATIONS

1. Antenne multifaisceaux à formation de faisceaux par le calcul permettant de former N faisceaux, comportant des T/R modules regroupés au sein de clusters (31), les clusters étant regroupés en sous-réseaux formant des antennes élémentaires, caractérisée en ce que chaque cluster k comportant au moins :
- une sortie (43) délivrant un signal égal à la somme des signaux issus des T/R modules regroupés dans le cluster, ce signal somme correspondant au signal  $s_{0,k}$  reçu par le cluster dans la direction du faisceau  $F_0$  perpendiculaire au plan de phase de l'antenne,
  - un nombre N-1 de sorties (45) délivrant chacune un signal égal à une somme pondérée des signaux issus des T/R modules regroupés dans le cluster k, chaque somme pondérée formant un signal de correction élémentaire  $c_{n,k}$  permettant de construire le signal reçu par le cluster dans la direction d'un faisceau  $F_n$  dont la direction est différente de celle du faisceau  $F_0$ ,
2. Antenne selon la revendication 1, caractérisée en ce que le signal de correction élémentaire  $c_{n,k}$  permet de compenser la différence  $\Delta\varphi$  existant entre le déphasage (53) réellement appliqué aux T/R modules et le déphasage théorique (54) devant être appliqué à chaque T/R module pour obtenir un faisceau  $F_n$  dépourvu de lobes de réseaux.
3. Antenne selon une quelconque des revendication 1 ou 2, caractérisée en ce qu'elle comporte pour chaque sous-réseau m, un circuit sommateur (61) qui effectue la somme des signaux  $s_{0,k}$  issue des clusters composant ce sous-réseau m de façon à former le signal  $S_{0,m}$  (62) reçu par le sous-réseau m dans la direction du faisceau  $F_0$ , et qu'elle comporte pour chaque faisceau  $F_n$  un circuit sommateur (63) qui effectue la somme des signaux  $c_{n,k}$  issus de l'ensemble des clusters de façon à former le signal de correction global  $C_n$  (64) permettant de construire le signal  $S_n$  reçu par l'antenne globale dans la direction d'un faisceau  $F_n$  à partir du signal  $S_0$  reçu par l'antenne globale dans la direction du faisceau  $F_0$ .

4. Antenne selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que la formation d'un faisceau est réalisée par traitement numérique, après réception et codage des signaux  $S_{0,m}$  (62) et  $C_n$  (64) par des circuits récepteurs (65).

5

5. Antenne selon la revendication précédente, caractérisée en ce que,  $M$  étant le nombre de sous-réseaux composant l'antenne, le nombre de récepteurs (65) utilisés pour la formation des  $N$  faisceaux est égal à  $M + N - 1$ .

10

1/6

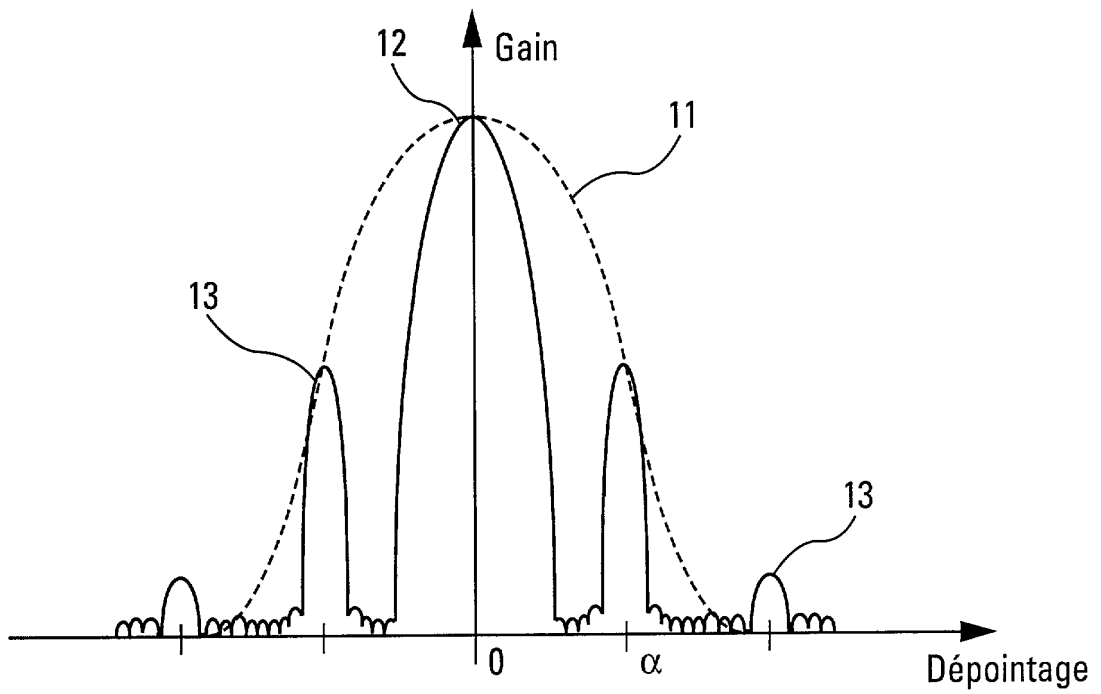


Fig. 1

2/6

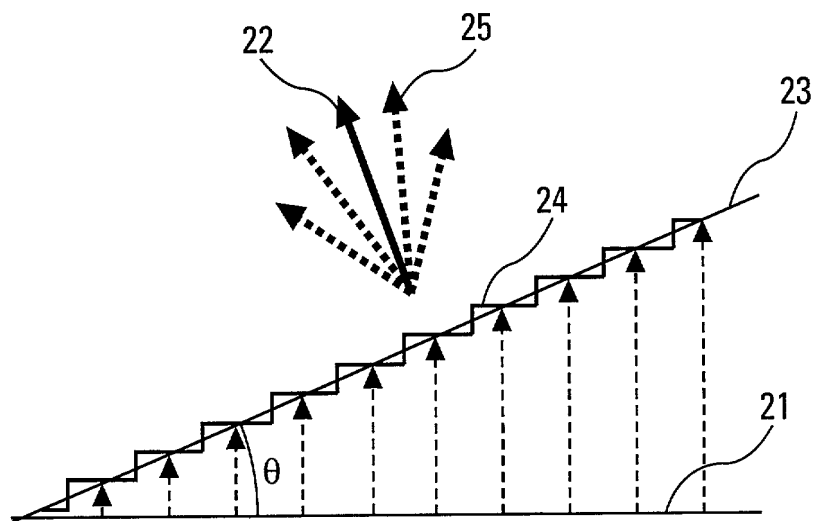


Fig. 2

3/6

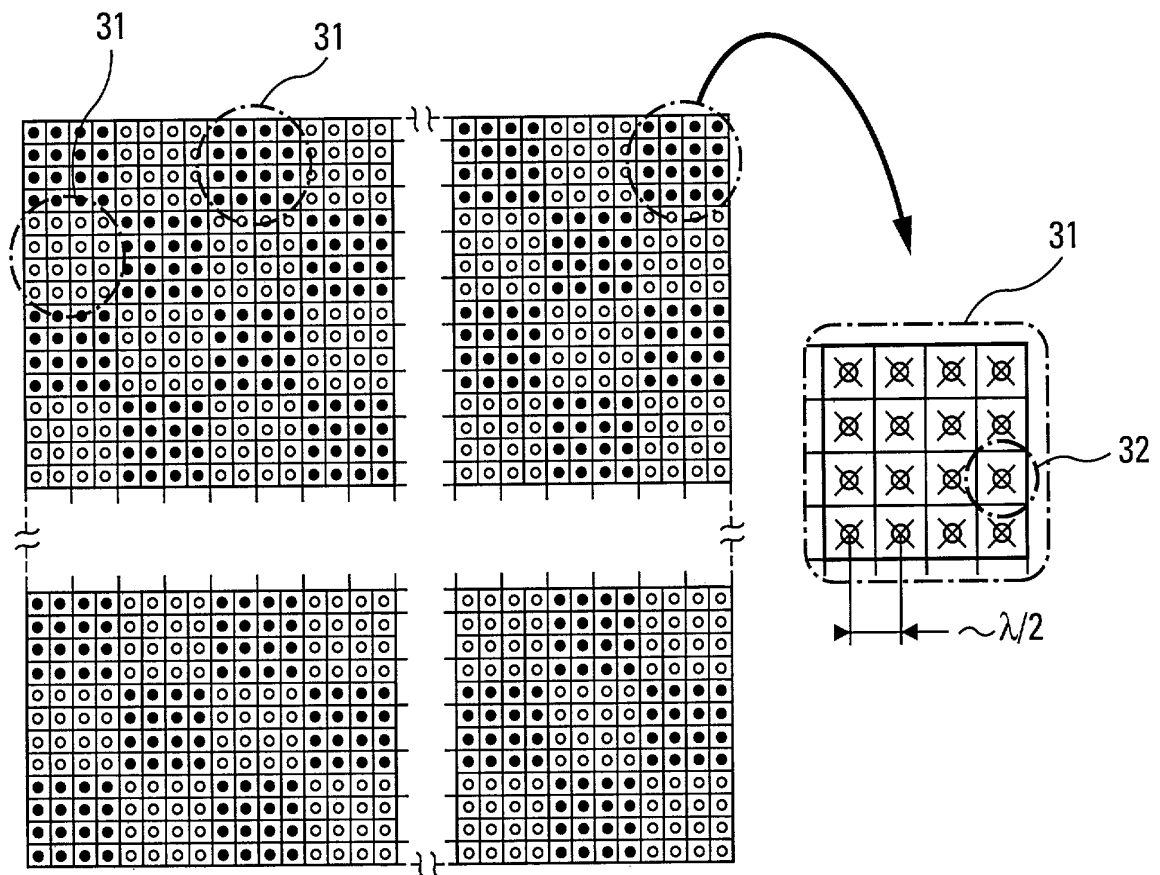


Fig. 3

4/6

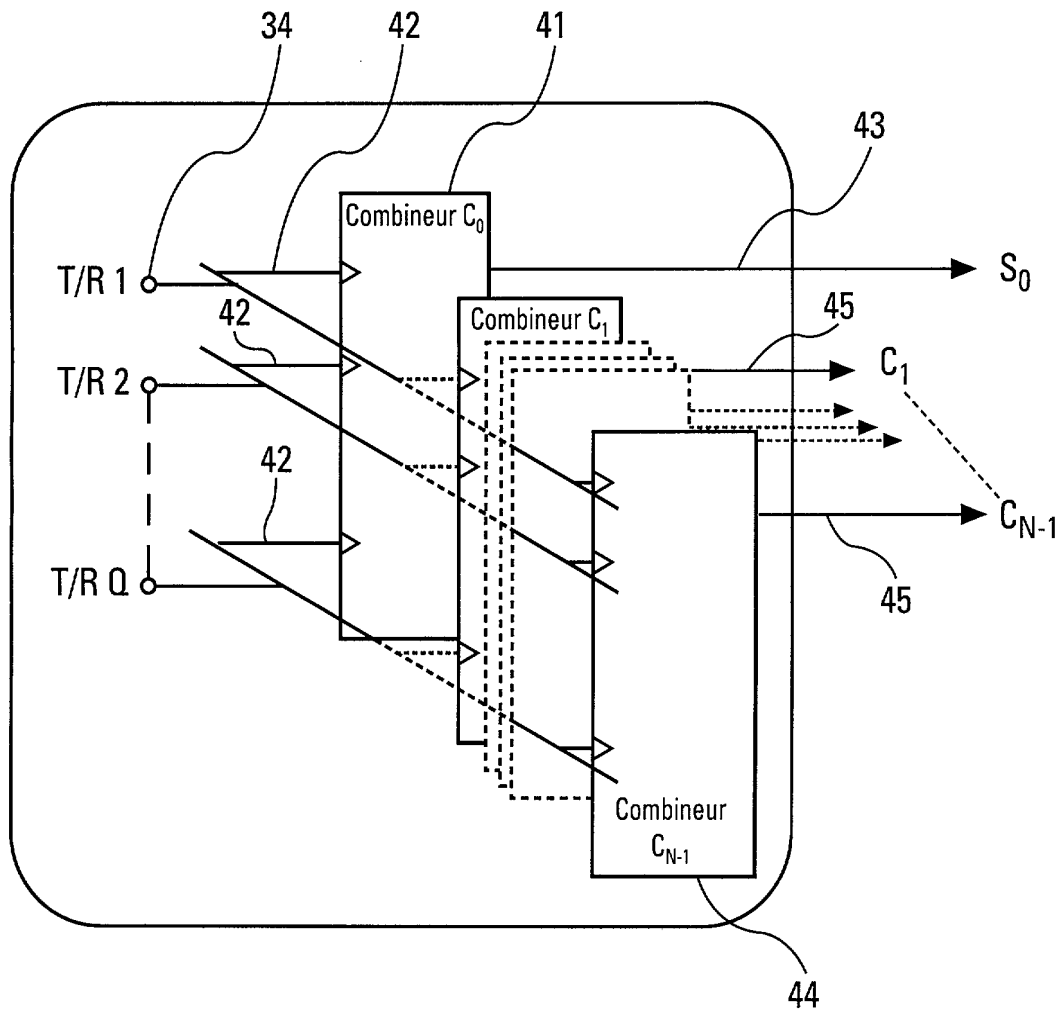


Fig. 4



6/6

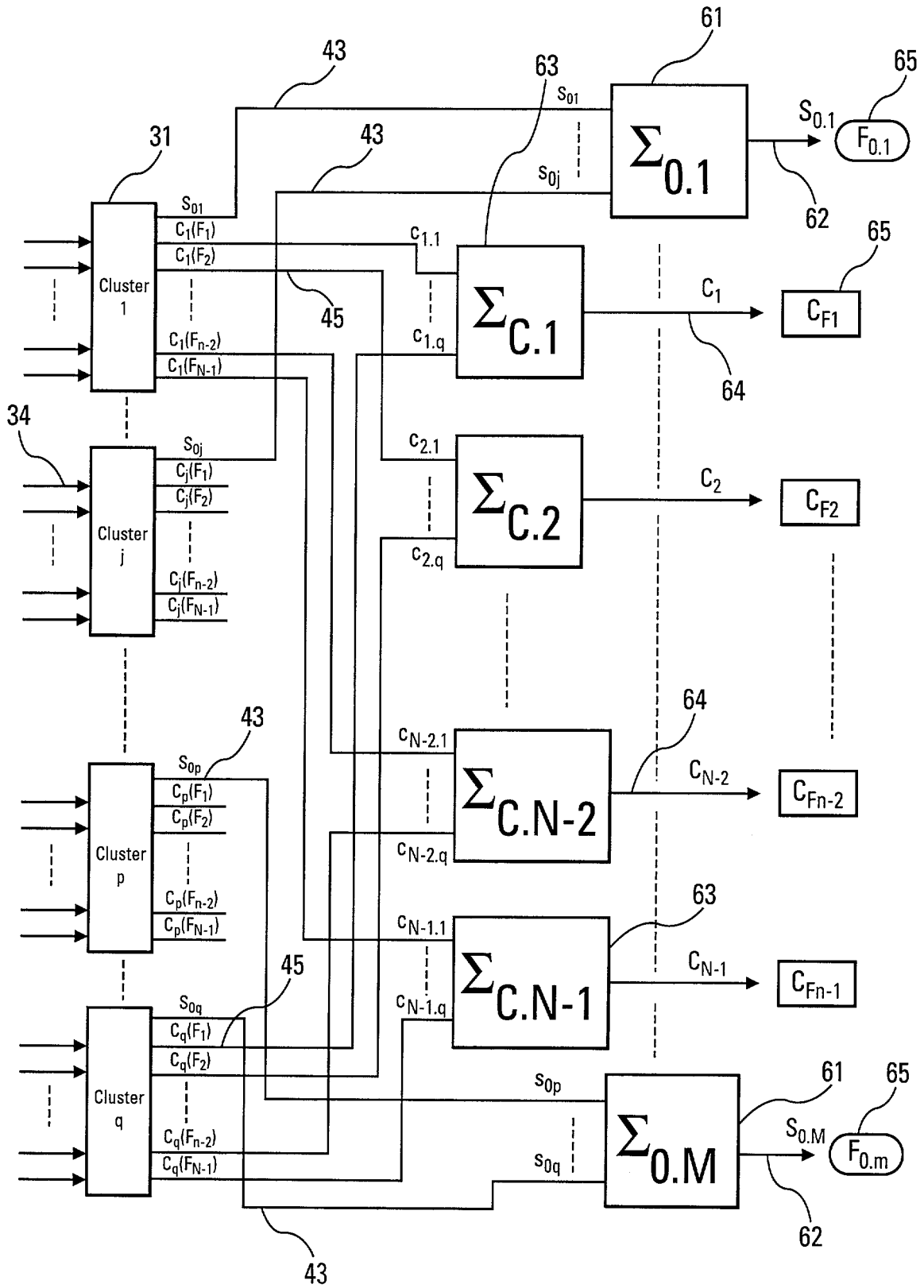


Fig. 6



**RAPPORT DE RECHERCHE  
PRÉLIMINAIRE**

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

N° d'enregistrement  
national

FA 646538  
FR 0313493

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	FR 2 838 244 A (THALES) 10 octobre 2003 (2003-10-10) * page 7, ligne 9 - page 11, ligne 7; figures 4-7 *	1-3	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (Int.CL.7)  H01Q G01S
A	SMOLKO J A: "Optimization of pattern sidelobes in arrays with regular subarray architectures" ANTENNAS AND PROPAGATION SOCIETY INTERNATIONAL SYMPOSIUM, 1998. IEEE ATLANTA, GA, USA 21-26 JUNE 1998, NEW YORK, NY, USA, IEEE, US, 21 juin 1998 (1998-06-21), pages 756-759, XP010292312 ISBN: 0-7803-4478-2 * le document en entier *	1-3	
A	HANSEN R C: "Suppression of sub-array quantization lobes" PHASED ARRAY SYSTEMS AND TECHNOLOGY, 2000. PROCEEDINGS. 2000 IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON DANA POINT, CA, USA 21-25 MAY 2000, PISCATAWAY, NJ, USA, IEEE, US, 21 mai 2000 (2000-05-21), pages 311-314, XP010504598 ISBN: 0-7803-6345-0 * le document en entier *	1-3	
A	LAM L K ET AL: "S-band electronically scanned active phased array antenna" 2000 IEEE AEROSPACE CONFERENCE, vol. 5, 18 mars 2000 (2000-03-18), - 25 mars 2000 (2000-03-25) pages 67-72, XP010517151 Piscataway, NJ, USA * le document en entier *	1-3	
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
2 juillet 2004		Mercier, F	
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	

5  
EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE**  
**RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0313493 FA 646538**

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 02-07-2004

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
FR 2838244 A	10-10-2003	FR 2838244 A1	10-10-2003
		EP 1351333 A2	08-10-2003
-----			