

①2

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 07.09.93.

③0 Priorité :

④3 Date de la mise à disposition du public de la
demande : 17.03.95 Bulletin 95/11.

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

⑥0 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

⑦1 Demandeur(s) : ALCATEL ESPACE Société
Anonyme — FR.

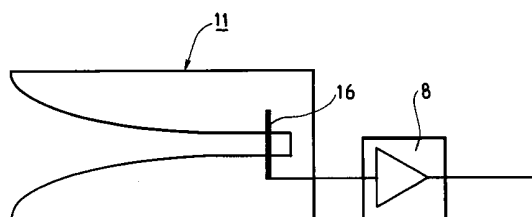
⑦2 Inventeur(s) : Raguenet Gérard et Croq Frédéric.

⑦3 Titulaire(s) :

⑦4 Mandataire : SOSPI Smith Bradford.

⑤4 Instrument d'écoute large bande et bande basse pour applications spatiales.

⑤7 L'invention concerne un instrument d'écoute de signaux radioélectrique de faible intensité en bande basse dans une bande d'écoute très large, l'instrument étant destiné à être embarqué sur plateforme mobile et plus particulièrement sur satellite. Les longueurs d'onde des signaux à détecter se situent entre décimétrique et centimétrique, par exemple. A ces longueurs d'onde, les différentes structures des plateformes mobiles envisagées sont résonantes, et les caractéristiques radioélectriques de l'ensemble antenne/plateforme ne peuvent être dissociées, mais doivent être optimisées ensemble en vue d'obtenir les performances requises par la mission: seuil de détectivité, rapport signal sur bruit, impédance, diagramme d'antenne, et cetera. L'instrument selon l'invention est constitué d'un capteur ou d'un réseau de capteurs électromagnétique, chaque capteur ayant la forme d'une ligne de propagation à fente de largeur variable, de préférence une variante d'une forme connue sous le nom Vivaldi, dont les dimensions ont été très largement modifiées pour les besoins de cette mission et notamment pour la mise en réseau sur une plateforme mobile.



Instrument d'écoute large bande et bande basse pour applications spatiales

L'invention concerne le domaine d'équipements de réception d'ondes électromagnétiques, et notamment des
5 équipements destinés à être embarqués sur plateforme mobile. En particulier, l'invention concerne des équipements d'écoute de signaux radioélectrique dans une très large bande de fréquence, située dans les fréquences radio basses, entre quelques dizaines de MHz et quelques GHz par exemple.
10 L'invention est plus particulièrement adaptée pour être embarqué sur des plateformes spatiales et notamment des satellites, mais peut aussi trouver application pour équiper des aéronefs, des navires, des véhicules terrestres,...

La gamme de fréquences d'écoute envisagée se situe
15 dans la bande VHF-UHF, dont l'homme de l'art connaît les antennes habituellement utilisées. Les antennes les plus utilisées sont les antennes filaires. A ces fréquences relativement basses, elles ont des dimensions importantes, ce qui est très pénalisant en masse et encombrement pour un
20 satellite. En outre, justement en raison de cet encombrement important, elles doivent être repliées pour le stockage et lors du lancement du satellite, puis déployées lorsque ce dernier est finalement en orbite. Ceci nécessite de prévoir des mécanismes de gerbage et de déploiement complexes,
25 coûteux, encombrants, lourds, et de plus sujet à un risque de panne lors de son actionnement une fois le satellite mis en orbite.

Les antennes filaires sont anciennes, et ont fait l'objet de nombreux travaux et ont été largement usitées en
30 raison de leur simplicité initiale. Ces éléments obéissent à l'un de deux modes de fonctionnement: soit résonnant, pour ce qui concerne les monopôles, dipôles, ou autres tourniquets de sorte qu'un tel élément ne présente des caractéristiques d'impédances stables que sur une bande de
35 fréquences assez limitée ; soit progressif, pour les solutions de type hélice.

On remarque à l'évidence, le caractère résonnant et donc limité en bande passante de ce premier type de solutions. Une utilisation du concept vers les bandes basses (100Mhz) conduit à des longueurs de dipôles voisines du mètre, la
5 longueur étant inversement proportionnelle à la fréquence de fonctionnement.

Les nombreux travaux sur le deuxième type de solutions (du type hélice) ont permis des évolutions importantes :

- hélices imbriquées, multifréquences ;
- 10 - géométries non régulières ;
- multimodes d'alimentation.

Il est ainsi possible d'étendre les capacités naturelles de ce type de solution vers des comportements plus larges bandes (~ 50 à 60% bande passante) ou des fonctionnements
15 multifréquence. On reste cependant bien en deçà des performances recherchées par l'instrument faisant l'objet de l'invention.

De nombreuses autres types d'antennes ont été développés, en premier lieu à partir du besoin majeur d'une
20 bande passante élargie, et en second lieu le désir de caractéristiques radioélectriques aussi stables que possibles en fréquence. Quelques-unes sont citées ci-après, avec quelques commentaires concernant leurs caractéristiques par rapport à la mission envisagée par l'invention :

25 Antennes épaisses, par exemple l'antenne bicône et l'antenne tricône (l'antenne tricône étant une version monopole de l'antenne triconique élaborée par SCHELKUNOFF) ;

Antennes dites indépendantes de la fréquence, ce qui veut dire que leur comportement est constant en fréquence,
30 par exemple des antennes spirales planaires ou coniques, ou des antennes homothétiques à rapport z voisin de 1,00 pour obtenir une structure large bande.

Le tableau suivant résume qualitativement les caractéristiques des solutions antennes ainsi rapidement
35 balayées :

ANTENNES FILAIRESDipôle

- . taille $\sim \lambda_0/2$
- 5 . polarisation linéaire
- . impédance résonnante $F(\text{longueur, diamètre})$
- . gain $\leq 2\text{dB}$
- . alimentation coaxiale + symétriseur
- . bande étroite

10

Tourniquet

- . taille $\sim \lambda_0/2$
- . polarisation : - double linéaire
- circulaire
- 15 . Impédance résonnante
- . gain $\leq 2\text{dB}$ si pas de plan de masse
- . alimentation coaxiale + symétriseur
- . bande étroite

20 ANTENNES CONIQUESBicône

- . taille $> \lambda_0/2$
- . polarisation linéaire
- 25 . comportement voisin de celui de l'antenne doublet
- . réalisation : antenne bicône ou cornet biconique
- . Impédance résonnante avec évolution en fonction de θ

Unipole

- 30 . 1/2 Bicône sur plan de masse
- . taille $\sim 0.10 \lambda_0$ à $0.50 \lambda_0$
- . stabilisation comportementale pour $\theta_0 \sim 60^\circ (\pm 30^\circ)$
- . capacité large bande : rapport 3 à 5

35

Discône

- . Dual de l'unipôle
- . géométrie "optimale"

- $\phi/2 = 20^\circ$ (l'angle au sommet du discône)
- $D = 0.7 \text{ cm}$ (largeur à la base de l'antenne)
- $l > 0.25 \text{ à } 0.30 \lambda_0$ ($L=D/2\cos(\phi/2)$), soit la longueur de la face inclinée de l'antenne discône)

5

Dans le cas de la géométrie optimale de l'antenne discône on observe un comportement stabilisé en impédance sur des bandes de 5 à 10 environ. Toutefois l'allure du diagramme de rayonnement évolue de façon importante en
 10 fonction de la fréquence.

ANTENNES SPIRALES

Il existe des géométries diverses planaires ainsi que des solutions en trois dimensions. La fréquence de travail
 15 la plus basse est couramment dictée par un chemin électrique et conduit à une condition du type: $\pi * \text{diamètre} \sim \lambda_0$.

Des rapports élevés sont disponibles et ces éléments sont couramment utilisés sur des bandes de 10 à 20.

20 On constate, pour l'application visée par l'invention, qu'aucune solution connue de l'art antérieur n'est apte à satisfaire simultanément les contraintes d'embarcation sur plateforme mobile et en particulier sur satellite, et les objectifs au niveau radioélectrique : sensibilité, seuil de
 25 détectivité, largeur de bande, basse fréquence, et diagramme d'antenne et notamment son comportement en fonction de la fréquence.

Pour décrire ce problème plus en détail, l'invention cherche à réaliser un instrument d'écoute de signaux
 30 radioélectrique avec des capteurs appropriés, fonctionnant dans des gammes de fréquence basses et ce sur de très larges bandes passantes (par exemple quelques MHz à quelques GHz). Ces capteurs sont supposés fonctionner sur des véhicules spatiaux pouvant être de petites dimensions, et soumis à de
 35 sévères contraintes dimensionnelles:

- encombrement maximum très réduit ;
- configuration particulière au lancement ;

- déploiement sur orbite ;
- configuration en orbite.

Les performances radioélectriques requises devront être garanties en incorporant l'ensemble des éléments

5 constitutifs du satellite:

- corps du satellite ;
- panneaux solaires ;
- appendices de stabilisation.

Un deuxième besoin consiste, toujours dans ces mêmes
10 gammes de fréquences, à réaliser des alignements d'une pluralité de capteurs, afin de les mettre en réseau. Seront donc à traiter les problèmes suivants:

1/ L'ensemble des problèmes d'aménagement, mettant en jeu les configurations stockées en orbite ainsi que les
15 éléments structuraux nécessaires au maintien et au déplacement des antennes. Il est bien clair que des éléments encombrants seront très pénalisants du point de vue de leur accommodation et que la mise en oeuvre de ceux-ci aura des répercussions importantes sur les postes complexité et masse
20 de l'engin, particulièrement critiques pour les applications spatiales.

2/ Le comportement radioélectrique des antennes mises en réseau et en présence de l'ensemble des structures, par exemple : le bras d'éloignement, les panneaux solaires, le
25 corps du satellite. Une perturbation importante de la qualité du rayonnement liée à des mécanismes de couplage électromagnétique peut mettre en péril de façon rédhibitoire l'ensemble de la mission. Certains types de radiateurs dont les caractéristiques radioélectrique peuvent paraître
30 satisfaisantes quand l'élément rayonnant est bien disposé par rapport à son plan de masse, se prêtent fort mal à une implantation sur une structure satellitaire composée d'un ensemble discontinu d'éléments qui ne saurait garantir une fonction électrique de type plan de masse.

35 De plus, aux fréquences considérées, les éléments structuraux constitutifs du satellite se trouvent être dans

des gammes de géométrie de nature intrinsèquement diffractantes ($0,5 \lambda_0$ à $3 \lambda_0$ par exemple).

Ainsi une antenne non correctement conçue induira-t-elle des courants sur l'ensemble des structures de la plateforme, que l'on pourra considérer comme des parasites. Ces courants, conformément au principe de réaction, en induiront à leur tour sur l'antenne, jusqu'à ce qu'une situation d'équilibre inducteur-induit s'établisse.

Les grandeurs qui ne seront dès lors plus garanties sont:

- . l'impédance de l'antenne;
- . le diagramme de rayonnement.

Il y a donc lieu d'être particulièrement attentif au choix du concept d'élément rayonnant lorsqu'on envisage une application basse fréquence sur un véhicule spatial, ou d'ailleurs, sur tout autre plateforme mobile de dimensions similaires : aéronef, camion, navire, et cetera.

Nous allons décrire maintenant un exemple d'un instrument d'écoute spatiale selon l'art antérieur et toujours dans une bande large à des fréquences basses. Il est difficile de savoir tout ce qui se fait dans ce domaine car c'est un domaine où les gens restent assez discrets sur leurs avances technologiques. Le contexte de la mission est une application bande basse : 30Mhz - 500 Mhz environ pour laquelle on désire réaliser un capteur.

Le concept canonique, le plus simple, est montré sur la figure 2, et consiste à utiliser:

- a) une antenne tourniquet (10) composée de deux dipôles croisés ($T_1, T_3; T_2, T_4$),
- b) associée à un circuit actif (9) d'adaptation sur la bande, placé avant l'amplificateur faible bruit (8).

De façon à disposer d'un encombrement non prohibitif on impose que la longueur totale du tourniquet n'excède pas 500mm. Cette solution est simple, certes, mais offre les désagréments suivants:

. rayonnement omnidirectionnel donc à fortiori sur les structures, ce qui conduit à des perturbations très importantes en terme de :

- qualité du diagramme
- 5 - phase et amplitude de transfert
- impédance
- couplage aux autres éléments

. problème global de l'adaptation donc de la qualité du facteur de transmission, qui s'évalue en terme de rapport
10 signal/bruit par exemple en sortie du récepteur large bande.

Dans le cas de conception basée sur une solution à dipôles croisés ($T_1, T_3; T_2, T_4$), on réalise l'adaptation de l'antenne à l'aide d'un circuit actif (9); deux problèmes majeurs alors apparaissent:

- 15 . la fonction de transfert (S_{21}), se trouve fortement pénalisée en puissance par, d'une part la désadaptation et d'autre part les pertes du circuit d'adaptation ;
- . le circuit actif (9) utilisé apporte une contribution non négligeable de bruit, dégradant ainsi le signal reçu et
20 ce avant d'avoir atteint l'amplificateur (8) à faible bruit large bande.

Globalement à l'aide d'un concept dérivé d'applications au sol, mais non repensé pour une application spatiale,
25 réalise-t-on un instrument présentant une sensibilité médiocre.

L'invention cherche à résoudre ces différents problèmes de l'art antérieur. Les problèmes posés précédemment sont globaux et rassemblent:

- 30 - l'aménagement des antennes sur le véhicule
- la sensibilité générale de l'instrument ainsi obtenu
- la qualité de la mission en orbite pour plateforme satellite (comprenant par exemple la minimisation des couplages, l'évolution des diagrammes et des impédances en
35 fonction de la fréquence sur la bande d'écoute, ...).

A ces fins, l'invention propose un système d'écoute de signaux radioélectrique dans une très large bande d'écoute

en bande basse, ce système étant destiné à être embarqué sur
plateforme mobile, ce système comprenant au moins un capteur
électromagnétique, et une chaîne d'amplification faible
bruit associée à chaque capteur, ce système caractérisé en
5 ce que ledit capteur est dérivé d'une ligne à fente, et
ladite ligne à fente présente un profil de variation de la
largeur de la fente selon sa longueur. Selon une variante
de l'invention, ce profil de variation est linéaire. Selon
une réalisation préférée, ce profil est exponentiel et ledit
10 capteur est une antenne de type dit "Vivaldi".

Selon une réalisation avantageuse, la largeur maximale
de ladite fente, à l'extrémité de ladite antenne de type
Vivaldi, est de l'ordre de $\lambda_0/3$, λ_0 étant la longueur
d'onde de la fréquence la plus basse de ladite bande
15 d'écoute. Selon une autre caractéristique particulière, la
longueur hors tout dudit capteur de type Vivaldi, $L_{tot} \sim$
 $\lambda_0/4$.

Selon une réalisation particulière, la longueur hors
tout dudit capteur de type Vivaldi, $L_{tot} \sim \lambda_0/8$, pour une
20 fréquence de 100MHz.

Selon une réalisation particulière, la longueur hors
tout dudit capteur de type Vivaldi, $L_{tot} \sim \lambda_0/12$, pour une
fréquence de 75MHz.

Selon une variante de l'invention, ledit système
25 d'écoute comprend une pluralité de capteurs
électromagnétiques conformes à l'une ou plusieurs des
caractéristiques précédemment citées. Selon une
caractéristique importante, cette pluralité de capteurs est
mise en réseau pour réaliser un système interférométrique
30 d'écoute de signaux radioélectrique, ce qui permet en outre
la localisation des signaux détectés. Selon une réalisation
préférée, les plusieurs capteurs sont espacés par une
distance D entre deux capteurs d'au moins $D > 2 \cdot L_{tot}$. Selon
une variante, ledit système d'écoute est un système de
35 localisation et d'écoute comportant au moins l'une des
caractéristiques précédentes.

De toute façon, l'invention sera bien comprise, et ses avantages et caractéristiques ressortiront mieux, lors de la description suivante de quelques exemples non-limitatifs de réalisation, en référence aux dessins schématiques annexés

5 dans lesquels :

- la figure 1A est une vue schématique très simplifiée et en plan d'un élément rayonnant de type Vivaldi connu de l'art antérieur ;
- la figure 1B est une vue schématique très
10 simplifiée et en perspective d'un élément rayonnant de type Vivaldi connu de l'art antérieur ;
- la figure 2 est un schéma électronique d'un système d'écoute à bande étroite selon l'art antérieur ;
- la figure 3 est une vue schématique très
15 simplifiée et en plan d'un élément capteur de rayonnement électromagnétique de type Vivaldi ;
- la figure 4 est une vue schématique et en plan d'un exemple spécifique d'un élément capteur de rayonnement électromagnétique de type Vivaldi selon l'invention ;
- 20 - la figure 5 montre des mesures d'adaptation d'impédance effectuées sur le dispositif de la figure 4, en coefficient de réflexion (dB) en fonction de la fréquence ;
- la figure 6A montre des mesures de gain (directivité) effectuées sur le dispositif de la figure 4 à
25 3,5 GHz, en fonction de l'angle par rapport à l'axe principal de rayonnement ;
- la figure 6B montre des mesures de gain (directivité) effectuées sur le dispositif de la figure 4 à
1,67 GHz, en fonction de l'angle par rapport à l'axe
30 principal de rayonnement ;
- la figure 7A montre des mesures de diagrammes d'antenne en polarisations croisée et copolaire du dispositif de la figure 4, effectuées à 450 MHz et selon le plan E;
- 35 - la figure 7B montre des mesures de diagrammes d'antenne en polarisations croisée et copolaire du

dispositif de la figure 4, effectuées à 450 MHz et selon le plan H;

- la figure 8A est une vue schématique et en perspective d'un exemple d'un réseau d'antennes Vivaldi
5 selon l'invention ;

- la figure 8B est une vue schématique et en plan de dessus d'un exemple d'un réseau d'antennes Vivaldi selon l'invention ;

- la figure 9 montre des mesures de couplages
10 effectués sur le système de réseau d'antennes de la figure 8 ;

- la figure 10A montre des diagrammes d'antenne en polarisations croisée et copolaire du réseau de la figure 8, selon le plan E;

15 - la figure 10B montre des diagrammes d'antenne en polarisations croisée et copolaire du réseau de la figure 8, selon le plan H;

- la figure 11 est un schéma électronique d'un système d'écoute à bande large selon l'invention.

20 Sur les différentes figures, les mêmes repères se réfèrent aux mêmes éléments. L'échelle du dessin n'est pas toujours rigoureusement respectée pour des raisons de clarté.

Sur la figure 1A est montrée une vue schématique très
25 simplifiée et en plan d'un élément rayonnant de type Vivaldi connu de l'art antérieur, par exemple par le brevet US-A-5,036,335. Ce dessin montre les paramètres géométriques de l'antenne Vivaldi classique, selon des axes cartésiens arbitraires (X,Y). Sur cette figure, l'origine
30 des coordonnées (X_0, Y_0) est prise sur l'axe de symétrie X de l'antenne Vivaldi, qui est également l'axe principal de rayonnement. La largeur maximale de l'ouverture de l'antenne est de $2Y_{MAX}$, centrée sur Y_0 .

La caractéristique de l'antenne Vivaldi classique est la
35 loi exponentielle de variation de la largeur de l'ouverture de l'antenne selon l'axe de rayonnement X :

$$Y = Y_0 + (1 - \exp(aX)) ,$$

où nous avons choisi $X_0 = 0$, et a est une constante arbitraire.

- 5 Une réalisation pratique d'une antenne Vivaldi (11) classique est montrée en perspective sur la figure 1B. L'antenne (11) est réalisée par métallisation (12) sur un substrat diélectrique (13) selon la technologie de la ligne à fente. Un plan de masse (12) métallique est délimité par
 10 les courbes exponentielles décrite dans la figure 1A, sur le substrat diélectrique (13). L'ouverture de l'antenne (17) aura les dimensions $2Y_{MAX}$, dans le plan E du rayonnement, et l'épaisseur h du substrat diélectrique (13) dans le plan H du rayonnement.
- 15 Le brevet US-A-5,036,335 concerne des améliorations de la structure classique Vivaldi afin d'obtenir une bande d'émission de 1 à 40 GHz, toute en gardant la structure des figures 1A et 1B. Les améliorations proposées concernent principalement le couplage entre la ligne d'alimentation
 20 (non-montrée) et la ligne à fente de l'élément rayonnant Vivaldi. Nous remarquons qu'à la différence du système de l'invention, cette antenne connue doit fonctionner en émission uniquement, et dans une bande de fréquences relativement élevées. Le système d'écoute de l'invention, à
 25 contrario, ne fonctionnera qu'en réception, et à des fréquences plus basses de un à deux ordres de grandeur. La comparaison, à l'aide de la figure 3, de l'antenne connue avec celle de l'invention mettra en évidence un choix de paramètres de conception inattendu en vue de la mission
 30 visée par l'invention.

La figure 2, déjà mentionnée, montre un schéma électronique d'un système d'écoute classique. Dans l'art antérieur, l'antenne le plus souvent utilisée pour un système d'écoute est le tourniquet (10) composé de deux
 35 dipôles croisés (T_1, T_3 ; T_2, T_4). Le signal collecté par ces dipôles est ensuite acheminé vers un amplificateur faible bruit (8), moyennant un circuit d'adaptation d'impédance

(9). Les problèmes avec cet arrangement ont déjà été évoqués ci-dessus.

La figure 3 est une vue schématique très simplifiée et en plan d'un élément capteur de rayonnement

5 électromagnétique de type Vivaldi, sur laquelle sont portés les paramètres géométriques des différentes caractéristiques du dispositif, ainsi que des zones (I,II,III) qui correspondent aux différentes fonctions au sein de l'antenne elle-même.

10 La zone I est une zone de transition, d'une première ligne de propagation qui alimente l'antenne: microruban (16), triplaque, guide d'onde; vers le mode de propagation sur la ligne à fente (14), autrement connue de l'homme de l'art par le mot anglais "slotline". Cette zone est le siège
15 de discontinuités importantes et sa bonne gestion sera essentielle afin de garantir un comportement large bande du point de vue impédance.

La zone II est la zone de propagation sur un mode slotline. Cette partie assure le transport d'énergie de
20 l'alimentation vers la zone de rayonnement pour une antenne fonctionnant en émission, ou, dans le cas de l'invention, depuis l'ouverture de l'antenne vers l'amplificateur faible bruit.

La zone III est la zone de transition au mode rayonné,
25 d'une structure qui permet d'obtenir de très larges bandes passantes. L'antenne en émission offre un rayonnement unidirectionnel et polarisé linéairement en conformité avec la distribution du champ électrique entre les deux métallisations.

30 La gestion des caractéristiques de l'antenne se fait sur la géométrie de celle-ci et met en jeu les valeurs des différents paramètres portés sur la figure. Le couplage en zone I sera fonction de la disposition relative et de la largeur W_m du microruban (16) et la largeur W_0 de la ligne à
35 fente (14). La longueur L_s du chemin électrique entre la région de couplage et un court circuit de la ligne à fente est choisie pour optimiser l'impédance de ce couplage, en

fonction de la longueur d'onde. La longueur L_0 de la ligne à fente entre la région de couplage et le début de la variation de profil en zone III est importante pour la compacité de l'antenne (11). Finalement, le comportement de
5 l'antenne en rayonnement ou en réception, et notamment la largeur de bande, dépendent des paramètres de la zone III :

- . la longueur de la terminaison (paramètre L_a) ;
- . l'ouverture de la terminaison (paramètre W_a) ;
- . la nature du profil de la métallisation (12) retenu

10 pour passer du mode fente propagatif, à l'ouverture W_a .

De nombreux profils peuvent être proposés :

- linéaire, le plus simple mais non pas le plus compact ;
- exponentiel conduisent au concept VIVALDI (connu de
15 l'homme de l'art sous le nom "Vivaldi slot antenna") ;
- autre, dont la distribution correspond à une recherche d'optimisation particulière : performances/encombrement.

Certains aspects apparaissent très avantageux pour les applications envisagées par l'invention. En particulier, la
20 propagation de l'énergie par un mode slotline a pour avantage de confiner les ondes dans un volume très réduit et très peu sensible à l'environnement extérieur, ce qui a pour résultat de minimiser les couplages parasites éventuels avec les structures de la plateforme ou entre les éléments d'un
25 réseau. Les conditions limites de ce type de ligne font que le champ E ne déborde quasiment pas des métallisations et que l'environnement extérieur n'affectera pas les caractéristiques de propagation et distribution des champs rayonnés.

30 L'antenne de l'invention met à profit aussi les caractéristiques de rayonnement unidirectionnelles d'un tel dispositif. Une telle antenne à mode longitudinal assure une transition de mode entre la ligne à fente et l'espace libre de la manière suivante : le champ électrique $\vec{E}$
35 naturellement propagatif dans la fente, s'évase dans la partie (III), jusqu'à se trouver propagatif en espace libre. Cette transition géométrique et naturelle ne met en cause ni

de courants, ni de structures, ni de condition de plan de masse. Il s'agit d'un avantage décisif par rapport aux solutions d'antennes filaires, microrubans, ou basées sur un rayonnement conditionné par la création de courants sur des
5 surfaces.

Ainsi, par essence, une antenne basée sur un mode de rayonnement longitudinal et propagatif, se caractérisera-t-elle par un certain nombre d'avantages décrits tels que:

- 10 . faible rayonnement arrière
- . perturbation réduite des structures environnantes ou de support
- . mise en réseau facilitée, due à un faible niveau de couplage entre les divers éléments.

15 Le choix des valeurs pour les différents paramètres permet de distinguer l'antenne de l'invention de l'antenne Vivaldi connue et optimisée pour les applications de télécommunications.

Dans un contexte d'applications de télécommunications,
20 le dimensionnement "classique" des antennes de type fente ou Vivaldi s'élabore en vue des objectifs suivants:

a) obtention d'un taux d'onde stationnaire à 1,5 environ soit un coefficient de réflexion à - 15dB.

b) stabilisation du diagramme de rayonnement sur la
25 bande de fréquence.

C'est ainsi que des règles de dimensionnement ont été établies qui satisfont les critères décrits ci-dessus. De nombreux auteurs ont analysé et réalisé différentes géométries dont quelques unes sont décrites dans les
30 documents suivants:

(1) SCHUPPERT, B. - IEEE - MTT - vol.36 - n° 8 - août 1988, pp. 1272-82 : Microstrip - slotline transitions, Modeling and experimental investigation.
35

(2) SIMONS, R.N. et al. (NASA) - IEEE - APS symposium digest, Chicago USA, July 1992 : Non planar linearly tapered slot antennas with balanced microstrip feed.

(3) SCHAUBERT, D.H. - Proceedings JINA 1990 (Journées Internationales de Nice sur les Antennes), Nice, France, pp. 253-65, Nov. 1990. End-fire slotline antennas.

5

Ces efforts de l'art antérieur se situent dans les gammes de paramètres géométriques suivantes :

- ouverture de l'antenne : W_a
- 10 - $0,35 \lambda_0 \leq W_a \leq p \lambda_0$
- longueur du profil : L_a
- $0,70 \lambda_0 \leq L_a \leq q \lambda_0$
- L_a et W_a tels que définis sur la figure 3
- p et q pouvant aller jusqu'à quelques dizaines.

15

Il est clair que dans les gammes de fréquences basses qui sont visées par l'invention, ces règles canoniques, si non remises en cause, conduisent à des problèmes insurmontables d'encombrement donc d'aménagement des

20 antennes sur des plateformes mobiles, soit par exemple pour $F_0 = 300 \text{ Mhz}$: $W_a \sim 350 \text{ à } 400 \text{ mm}$, longueur $L_{\text{tot}} = L_a + L_o + L_s + \Delta L = 700 + (L_o + L_s + \Delta L) \sim 800 \text{ mm}$.

Si l'on envisage un fonctionnement à plus basse fréquence l'antenne connue évolue de façon géométrique

25 linéairement en longueur d'onde. L'exemple précédent à 100MHz est convaincant autant que dissuasif : $F_0 = 100 \text{ MHz}$, $W_a \sim 1050 \text{ mm}$, $L_a \sim 2250 \text{ mm}$

L'une des idées de l'invention est donc de proposer une conception de l'antenne qui ne soit pas associée au critère

30 d'impédance, mais à la qualité de l'instrument d'écoute en terme de sa sensibilité. Une antenne VIVALDI est par essence une transition large bande de sorte que le synoptique de l'instrument puisse s'établir comme suit, au contraire de systèmes à bande étroite. Ainsi, peut on considérer comme

35 raisonnable une perte de 2 à 3dB dans le facteur de transmission de l'antenne, puisque dans ce cas les deux systèmes doivent être comparés dans le même plan de circuit et à performances égales en rapport signal à bruit.

A l'aide des figures suivantes qui représente quelques exemples de réalisations, nous allons démontrer l'intérêt pratique de l'invention par des mesures effectuées sur ces réalisations.

- 5 La figure 4 est une vue schématique et en plan d'un exemple spécifique d'un élément capteur de rayonnement électromagnétique de type Vivaldi selon l'invention, dont les différents paramètres ont été optimisés en vue des applications visées : mission d'écoute sur une très large
10 bande en basse fréquences, de 200 MHz à 2 GHz, mariant compacité et sensibilité, pour embarcation sur plateforme mobile et en particulier sur microsatellite. L'exemple montré sur cette figure est alimenté à l'aide d'une ligne triplaque (16) à partir d'une transition de type Y-Y
15 dimensionnée vers 500 MHz. Ainsi, la géométrie de l'antenne est telle que $W_a \sim 0.35 \lambda_{200\text{MHz}} \sim 520\text{mm}$. La géométrie de la longueur $L_{\text{tot}} = L_a + L_o + L_s + \Delta L$ est effectivement très compacte puisque l'on s'est imposé de ne pas dépasser 330mm en tout, de façon à être compatible avec un aménagement sur
20 micro satellite.

Dans ce cas, 330mm ne représente que $0,22 \lambda_{200\text{MHz}}$ donc très inférieur au dimensionnement classique voisin de la longueur d'onde.

- On reconnaît sur cette figure 4 certains paramètres de
25 la figure précédente, pour lesquels le présent exemple comporte des valeurs précises portées en millimètres sur le tableau suivant :

L_{tot}	L_a	L_o	$L_r + \Delta L$	L_s	L_m
330	200	60	70	30	30

W_{tot}	W_a	W_o	ΔW	h	W_m
600	570	1	15	6,1	8,38

30

a	b	c	d	$\alpha(^{\circ})$	$\beta(^{\circ})$
163	53	60	28	45	120

Par rapport à la figure précédente, le présent exemple comporte certains éléments qui tendent à élargir la bande passante et à améliorer le couplage entre les différents modes de propagation, et donc la sensibilité de détection

5 pour les applications envisagées. Ces constructions sont connues de l'homme de l'art, et certaines sont exposées dans leur principe dans le brevet US précité, mise à part les dimensions exactes qui sont choisies par le concepteur en vue de la mission à remplir. Par exemple, la métallisation

10 (12) comporte une ligne à fente (14) qui se termine avec une bifurcation en deux branches séparées d'un angle $\beta = 120^\circ$, ayant chacune la même largeur que la ligne (14). L'une des branches est terminée par un circuit ouvert (15), qui consiste en une aire non-métallisée située à $L_S = \lambda/4$ de la

15 bifurcation. La géométrie de ce circuit ouvert est conçue pour effectuer une terminaison adaptée en impédance de la propagation en mode ligne à fente. L'autre branche se termine par un court circuit, aussi à une distance $L_S = \lambda/4$ de la bifurcation (dimensionnement à 500 MHz).

20 La ligne d'alimentation triplaque se termine, de façon similaire, par une bifurcation dont l'une des branches se termine en un court circuit S à une distance $L_m = \lambda/4$ de la bifurcation, et dont l'autre branche se termine en un circuit ouvert, aussi à une distance $L_m = \lambda/4$ de la

25 bifurcation. λ est une longueur d'onde choisie vers la fréquence la plus basse d'écoute.

On constate la compacité extrême de l'exemple proposé, dont les dimensions hors tout sont considérablement différentes que celles rencontrées dans les antennes du même

30 type dans l'art antérieur. Mais surtout, à l'aide des figures suivantes, on constatera l'excellent comportement radioélectrique de ce dispositif tel que mesuré.

La figure 5 montre des mesures d'adaptation d'impédance effectuées sur le dispositif de la figure 4, en fonction de

35 la fréquence. Avant de les commenter, il est bon de situer les performances influencées par l'adaptation d'impédances à

l'aide d'un abaque simple qui permet de bien remettre en place les performances du capteur.

Coefficient de réflexion (dB)	Taux d'ondes stationnaires	Pertes en transmission (dB)
- 5	3,57	- 1,65
- 4	4,40	- 2,20
- 3	5,66	- 3,00
- 2	8,72	- 4,33

5

Pour le système d'écoute de l'invention, une performance de capteur satisfaisante est de tolérer des pertes en transmission jusqu'à 2 ou 3dB. L'abaque nous situe donc dans la gamme de -3 à -4dB pour le coefficient de réflexion.

10 Au delà, on peut estimer que le capteur fonctionne toujours et que son évolution se fera en terme de sensibilité, donc corrélativement à l'amplificateur (8) à faible bruit auquel il est associé dans la chaîne de réception.

La figure 5 montre le coefficient de réflexion en

15 fonction de la fréquence du dispositif de la figure 4, dans la gamme de fréquences 45 à 2000 MHz. On voit clairement une adaptation à -4dB maximal sur la bande 200Mhz à 2Ghz, en conformité avec le souci initial de performances recherchées. En outre la réponse en impédance est bien

20 centrée vers 500Mhz qui constitue une zone d'adaptation particulière des circuits, puisque l'on obtient un coefficient de l'ordre de -10dB au voisinage de 500Mhz. Au delà on retrouve une réponse large bande classique et ce sans problème jusqu'à 2Ghz.

25 On note aussi que le dispositif ne devient franchement réactif (coefficient de réflexion trop élevé) qu'à des fréquences de travail très basses, de l'ordre de 40 à 50Mhz. Si l'on tolère une désadaptation jusqu'à -2dB de coefficient de réflexion, on voit très bien que l'antenne à la capacité

30 d'opérer jusqu'à 100Mhz environ. Dans ces domaines, une

telle extension est considérable et n'implique au niveau global de "l'instrument", c'est-à-dire le système d'écoute de l'invention, qu'une perte de transmission supplémentaire de 1dB pour un encombrement constant limité à une géométrie
5 dont le W_a est optimisé à 200Mhz, et qui est particulièrement compacte en longueur, de l'ordre de $0,12\lambda$ seulement à 100Mhz.

Les figures 6A et 6B montrent des mesures de gain en fonction de l'angle par rapport à l'axe principal de
10 rayonnement (directivité) effectuées sur le dispositif de la figure 4, respectivement à 3,5 GHz et à 1,67 GHz. Chaque figure 6A, 6B comporte quatre courbes en trait continu, qui représentent quatre plans dans lesquels les mesures ont été effectuées, les différents plans étant séparés par une
15 rotation angulaire autour de l'axe principal de rayonnement (azimut). En pointillés, nous notons la présence de lobes de polarisation croisée, qui restent néanmoins bien en deçà de l'amplitude des lobes principaux. Ces figures tendent à montrer un bon comportement de gain et de directivité en
20 fonction de la fréquence, car les paramètres n'ont pas beaucoup évolué entre la figure 6A et la figure 6B.

Cette première famille de courbes montre un comportement stable en fréquence et de type unidirectionnel, c'est-à-dire qu'à ces fréquences, l'antenne rayonne dans un $1/2$ plan avec
25 d'excellentes qualités de symétrie et pureté de polarisation croisée. A ces fréquences l'antenne est "naturellement directive", c'est-à-dire que les conditions: $W_a \sim 0,20 \lambda_0$ et $L_a \sim 1\lambda_0$ suffisent pour procurer une bonne directivité à ces fréquences.

30 L'antenne de la figure 4 a aussi été mesurée à des fréquences beaucoup plus basses, et les figures 7A et 7B montrent des mesures effectuées à 450Mhz selon les deux coupes principales plan E et plan H, respectivement. Sur chaque figure sont respectivement présentées deux courbes :
35 la courbe du haut (1,3) représente la mesure en polarisation principale (copolaire), et la courbe du bas (2,4) représente la mesure en polarisation croisée.

Le comportement mesuré est conforme à notre théorie de conception de l'antenne. Nous constatons par ces mesures, que dans la coupe en plan E montré sur la figure 7A, le maximum de rayonnement copolaire (courbe 1) est à 0° , avec
5 des petits lobes arrières entre -5dB à - 10dB par rapport au maximum. Le maximum de rayonnement en polarisation croisée (courbe 2) se trouve être à -15/-20dB sous copolaire.

Dans la coupe en plan H montré sur la figure 7B, les diagrammes d'antenne sont élargis donc moins directionnels,
10 et présentent une bonne isolation de polarisation (≥ 10 dB voire 15dB entre les courbes 3 et 4).

A ces fréquences, les diagrammes sont naturellement moins directifs en raison de la compacité de la géométrie, particulièrement en plan H : les diagrammes que nous avons
15 mesurés à 300 et 220 Mhz (non-montrés) sont tout à fait satisfaisants. Toutes ces mesures nous montrent un comportement réaliste et correct en copolaire par rapport à la théorie en considérant que le paramètre décisif est la compacité, vital pour un système destiné à être embarqué sur
20 un plateforme mobile. On rappelle qu'à 200Mhz la longueur hors tout de l'antenne est inférieure à $0,22\lambda_0$. Nous constatons également la bonne isolation de polarisation puisque à ces fréquences, celle-ci dépasse les 10dB sur le domaine utile (typiquement $\pm 60^\circ$ par rapport à l'axe
25 principal de rayonnement).

Nous avons complété les mesures présentées sur les figures 5, 6A, 6B, 7A, 7B par des mesures de gain, pour composer le bilan de gain de l'antenne présentée sur la figure 4 à partir de deux antennes calibrées, l'une sur la
30 bande de 20Mhz à 200Mhz, et l'autre sur la bande de 100Mhz à 1Ghz. Ce bilan est résumé par le tableau suivant. Une estimation du gain à partir des diagrammes mesurés et une évaluation des pertes résistives et de désadaptation y est aussi donnée afin de corrélérer l'ensemble des résultats
35 obtenus et d'établir la capacité de l'antenne ainsi réalisée à couvrir le domaine des basses fréquences en présentant des qualités de compacité, voire de miniaturisation non-

envisageables sans l'application des principes fondamentaux de l'invention.

Frequence (MHz)	30	50	75	100	200	300	400	500	1000
Gain vivaldi antenne 1 (dBi)	-21	-22	-4,10	-5,20	-0,90	-	-	-	-
Gain vivaldi antenne 2 (dBi)	-	-	-	-	-2,00	-1,00	+0,50	+2,00	+4,0
Directivité diagrammes (dBi)	-	-	-	0 dBi	1,00	2,00	2,50	3,0	4 à 5
Pertes (dB) desadaptation	-	-	-	- 4,3	-2,0	-1,65	-1,65	-0,50	-0,30
Pertes (dB) ohmiques	-	-	-	-1,0	-1,0	-1,0	-0,50	-0,50	-0,30
Gain estimé (dBi)	-	-	-	-5,30	-2,0	-0,65	+0,35	2,0	3,4 à 4,4

5

Ainsi, on s'aperçoit à l'évidence que bien que présentant des capacités d'adaptation médiocres, en dessous de 100Mhz l'antenne de l'invention à une capacité de
10 détection (capteur) tout à fait honorable, et ce jusqu'à 75Mhz, où elle présente un gain de -4dBi.

Il nous a donc été possible de concevoir un dispositif présentant une excellente sensibilité jusqu'à 75Mhz, et ce
15 avec une antenne élémentaire dont les dimensions n'excèdent pas, pour $\lambda_0(75\text{Mhz}) = 4000\text{mm}$:

$$W_a = 570\text{mm} = 0,14\lambda_0, \text{ et } L_{\text{Totale}} = 330\text{mm} = 0,0825\lambda_0$$

Ce dispositif est montré de façon schématique sur la
prochaine figure 8, dans un système d'écoute et de
20 localisation de signaux dans une large bande à des fréquences basses.

La figure 8A est une vue schématique et en perspective d'un exemple d'un réseau d'antennes Vivaldi selon

l'invention, composé de trois antennes (111,112,113) selon la figure 4, fixées rigidement sur une poutre Q en matière diélectrique. Les trois antennes élémentaires (111,112,113) sont disposées avec leurs axes principaux (z_1, z_2, z_3)

5 parallèles entre eux, et perpendiculaires à l'axe y de la poutre Q. Ces antennes planaires sont orientés à un angle γ par rapport à l'axe y, choisi dans cet exemple à $\gamma = 45^\circ$ pour optimiser la compacité de l'ensemble. Chaque antenne élémentaire (111,112,113) a les mêmes dimensions W_{tot} et L_{tot}

10 que dans l'exemple de la figure 4, c'est-à-dire : $W_{tot} = 600$ mm, et $L_{tot} = 330$ mm.

La distance entre les axes z_1 et z_2 est D_1 , et celle entre les axes z_2 et z_3 est D_2 . Les dimensions de la poutre Q sont la longueur D_3 , l'épaisseur δ , et la largeur D . Les

15 dimensions de la poutre sont non-critiques, mais doivent être choisies pour assurer une rigidité suffisante à l'ensemble pour permettre des localisations par des techniques interférométriques.

La figure 8B représente une vue schématique et en plan de dessus du même exemple d'un réseau d'antennes Vivaldi

20 selon la figure 8A. Nous y voyons le même système d'antennes, dans la même disposition et portant les mêmes références et dimensions que dans la figure précédente. La description de cette figure est donc identique à celle de la

25 figure 8A ci-dessus.

Des mesures ont été effectuées sur le système d'écoute tel que montré sur les figures 8A, 8B et seront présentées sur les figures 9, 10A et 10B. Dans le système mesuré, les dimensions portées sur les figures 8A et 8B avaient les

30 valeurs suivantes en millimètres :

L_{tot}	W_{tot}	γ ($^\circ$)	D_1	D_2	D_3	δ	D
350	600	45	780	1020	2000	30	200

Compte tenu des distances initialement choisies: 780mm et 1020mm, nous nous attendons à ce que les phénomènes de

35 couplages soient de faible importance entre deux antennes

situées à moins de $0,25\lambda$ si l'on désire travailler jusqu'à 100Mhz en détection de phase ($\leq 0,20\lambda$ pour 75Mhz). La détection de phase est nécessaire pour effectuer une radiolocalisation par les techniques interférométriques.

5 La figure 9 montre des mesures de couplages effectués sur le système de réseau d'antennes de la figure 8. Les deux courbes (F,G) tracées sur cette figure représente le niveau relatif d'un signal sur l'un ou l'autre des antennes périphériques (111,113), situées à 780mm et à 1020 mm
10 respectivement de l'antenne centrale (112), par rapport au niveau d'un signal sur l'antenne centrale (112).

On constate que toute la courbe F, dans une bande de fréquences s'étendant entre 130 MHz et 1010 MHz, est inférieur à -20dB, et la plus grande partie de cette courbe
15 F se situe à moins de -25dB par rapport à l'antenne centrale située à 780mm de distance. On constate également que toute la courbe G, dans la même bande de fréquences s'étendant entre 130 MHz et 1010 MHz, est inférieur à -25dB, et la plus grande partie de cette courbe F se situe à moins de -30dB,
20 voire -35dB, par rapport à l'antenne centrale située à 1020mm de distance.

En ce qui concerne les diagrammes d'antennes présentés sur les figures 10A, 10B, les mesures ont été effectuées à 450Mhz sur l'antenne centrale (112). Ces quatre courbes
25 (1',2',3',4') sont à comparer aux relevés effectués sur l'antenne seule présentés en figures 7A, 7B sur les quatre courbes respectives (1,2,3,4).

Comme sur les figures 7A, 7B, la figure 10A montre des diagrammes d'antenne en polarisations croisée (2') et
30 copolaire (1') du réseau de la figure 8, selon le plan E; et la figure 10B montre des diagrammes d'antenne en polarisations croisée (4') et copolaire (3') du réseau de la figure 8, selon le plan H. Les courbes des figures 10 et des figures 7 respectives sont ainsi directement
35 comparables. Cette comparaison nous mène à la conclusion suivante : les écarts sont insignifiants et dans l'ordre de précision et de reproductibilité de mesures à ces

fréquences. L'interaction entre les antennes n'introduit pas de perturbation significative dans les caractéristiques radioélectriques d'antenne.

La figure 11 montre un schéma électronique d'un
5 système d'écoute à bande large selon l'invention, qui peut être comparé avec le système d'écoute de l'art antérieur montré sur la figure 2. Nous avons constaté, à l'aide de la figure 5 et l'abaque de performances en fonction de l'adaptation en impédance de l'antenne de l'invention, que
10 l'antenne de la figure 4 réalise des performances satisfaisantes en sensibilité et en largeur de bande conjuguées, sans faire appel à un circuit spécifique d'adaptation entre l'antenne réceptrice (11) et l'amplificateur faible bruit (8). Le schéma du système
15 d'écoute selon l'invention fait apparaître encore deux avantages par rapport aux systèmes de l'art antérieur : sans le circuit d'adaptation (figure 2, réf. 9), les pertes de signal et le bruit introduits par le circuit d'adaptation 9 disparaissent aussi.

20 Les mesures présentées sur les figures précédentes démontrent les avantages de l'invention par rapport à l'art antérieur : faible encombrement, large bande d'écoute à des fréquences basses, faible couplages entre les éléments rayonnants et l'environnement et entre éléments, bonne
25 sensibilité et directivité, simplicité de construction de l'antenne et de son implantation au sein d'un réseau d'antennes et sur une plateforme mobile, bonne stabilité des caractéristiques radioélectriques en fonction de la fréquence et l'élimination d'un circuit d'adaptation
30 d'impédance ainsi que les pertes et bruit qui lui sont associés.

REVENDICATIONS

1. Instrument d'écoute de signaux radioélectrique dans une très large bande d'écoute en bande basse, ce système
5 étant destiné à être embarqué sur plateforme mobile, ce système comprenant au moins un capteur électromagnétique et une chaîne d'amplification faible bruit associée à chaque capteur, ce système caractérisé en ce que ledit capteur est dérivé d'une ligne à fente, et ladite ligne à fente présente
10 un profil de variation de la largeur de la fente selon sa longueur.
2. Système d'écoute selon la revendication 1, caractérisé en ce que ledit profil de variation est linéaire.
- 15 3. Système d'écoute selon la revendication 1, caractérise en ce que ledit profil de variation est exponentiel et ledit capteur est une antenne de type dit "Vivaldi".
4. Système d'écoute selon la revendication 3,
20 caractérisé en ce que la largeur maximale de ladite fente, à l'extrémité la plus large de ladite antenne de type Vivaldi, est de l'ordre de $\lambda_0/3$, λ_0 étant la longueur d'onde de la fréquence la plus basse F_0 de ladite bande d'écoute.
5. Système d'écoute selon l'une quelconque des
25 revendications 3 à 4, caractérisé en ce que la longueur hors tout dudit capteur de type Vivaldi, $L_{tot} \sim \lambda_0/4$.
6. Système d'écoute selon l'une quelconque des revendications 3 à 4, caractérisé en ce que la longueur hors tout dudit capteur de type Vivaldi, $L_{tot} \sim \lambda_0/8$, pour une
30 fréquence F_0 de 100MHz.
7. Système d'écoute selon l'une quelconque des revendications 3 à 4, caractérisé en ce que la longueur hors tout dudit capteur de type Vivaldi, $L_{tot} \sim \lambda_0/12$, pour une fréquence F_0 de 75MHz.
- 35 8. Système d'écoute selon la revendication 1, caractérisé en ce que ledit système d'écoute comprend une

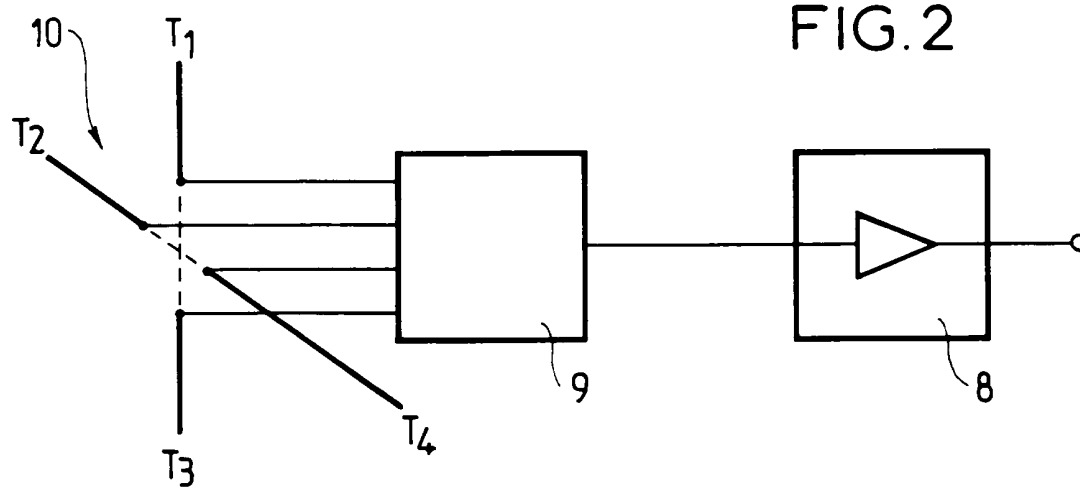
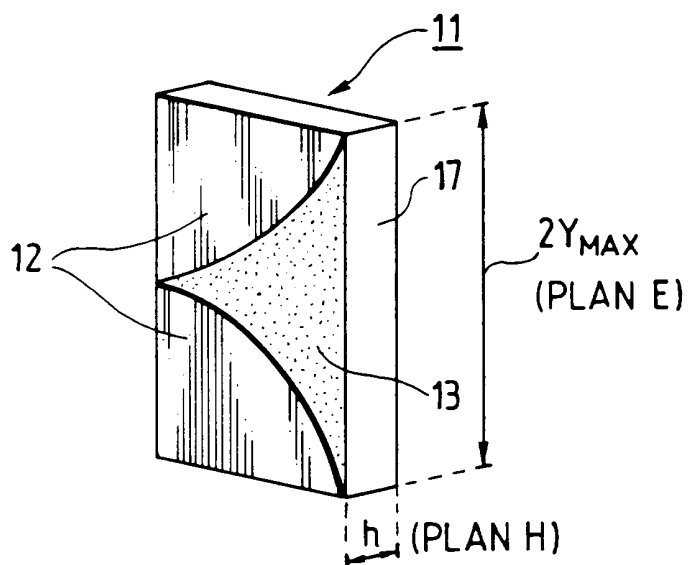
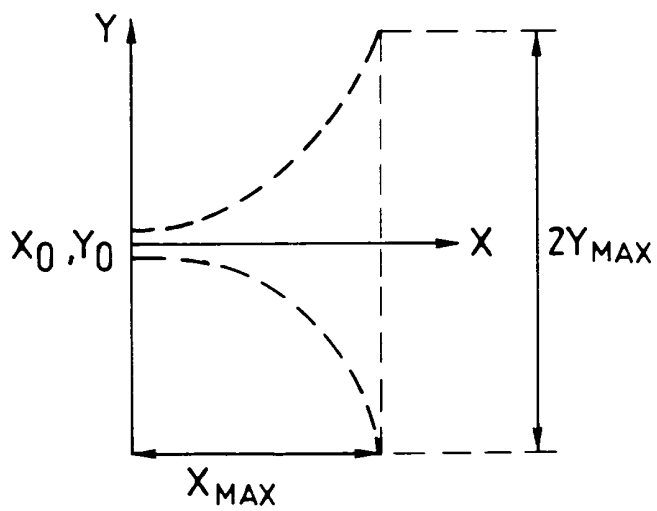
pluralité de capteurs électromagnétiques conformes à l'une ou plusieurs des revendications précédentes.

9. Système d'écoute selon la revendication 8, caractérisé en ce que ladite pluralité de capteurs est mise
5 en réseau pour réaliser un système interférométrique d'écoute de signaux radioélectrique, permettant la localisation des signaux détectés.

10. Système d'écoute selon l'une quelconque des revendications 8 à 9, caractérisé en ce que lesdits capteurs
10 sont espacés par une distance D entre deux capteurs d'au moins $D > 2 \cdot L_{\text{tot}}$.

11. Système de localisation comprenant un système d'écoute selon l'une quelconque des revendications 1 à 10.

1/9



2 / 9

FIG.3

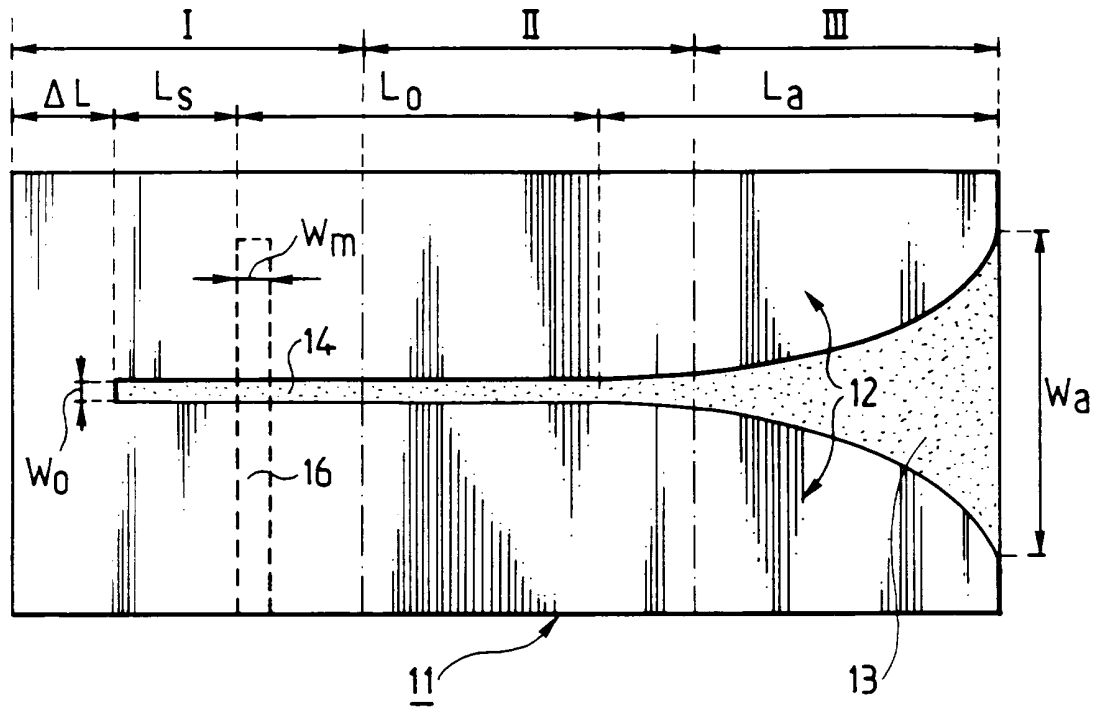
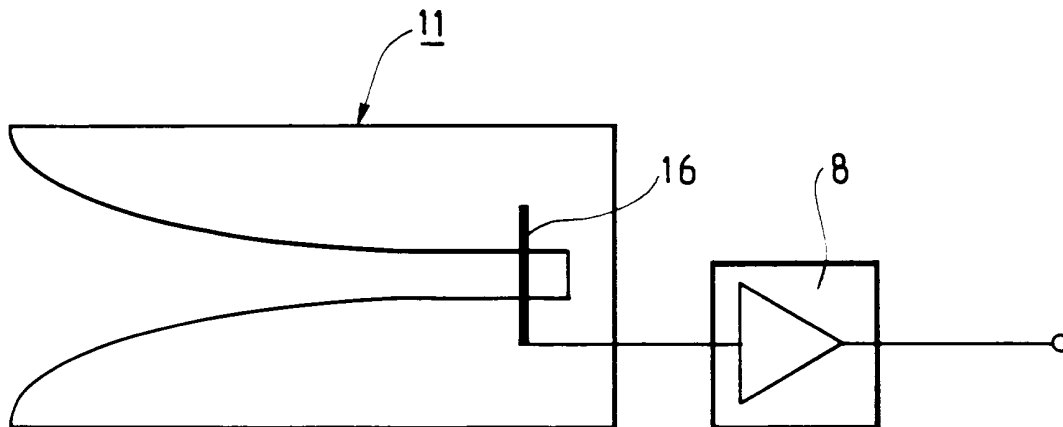
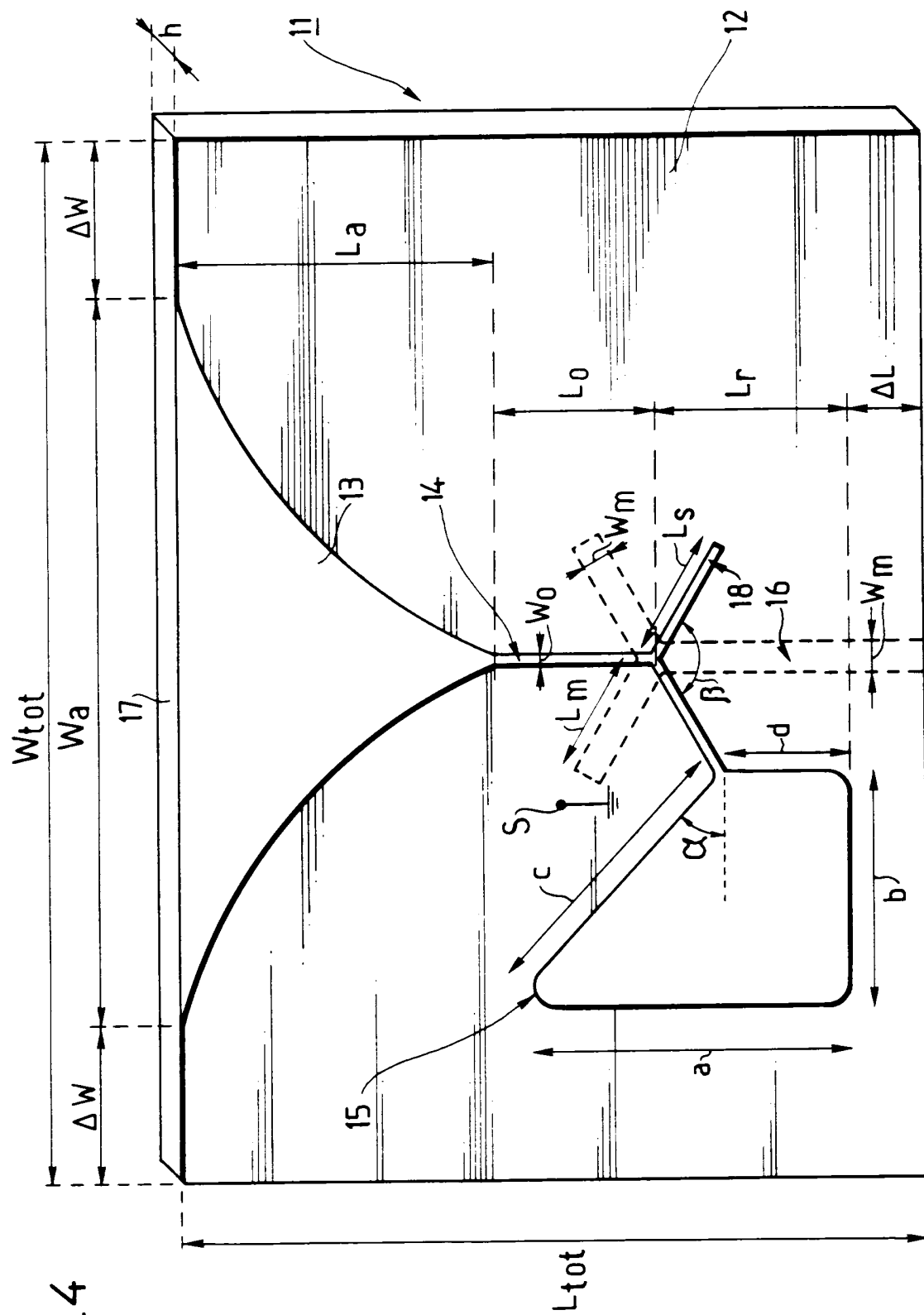


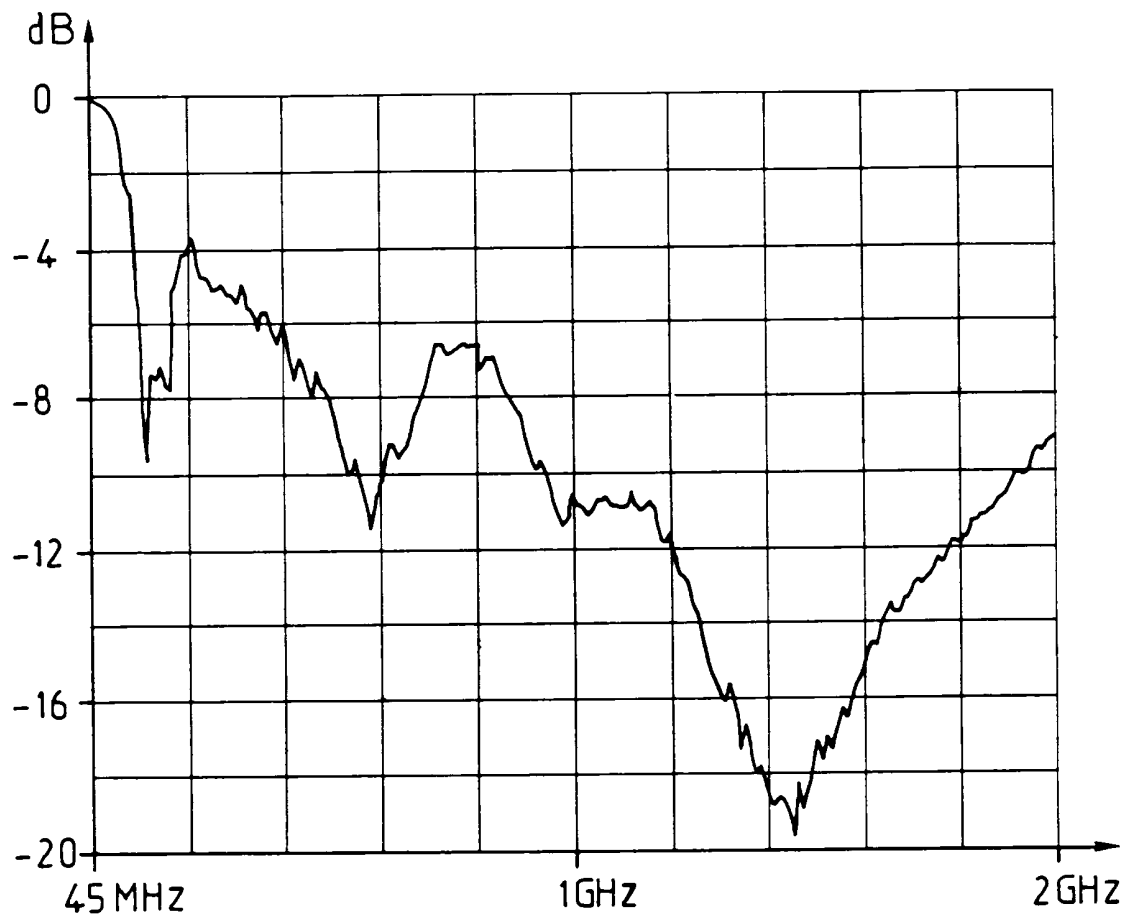
FIG.11





4 / 9

FIG.5



5/9

FIG.6A

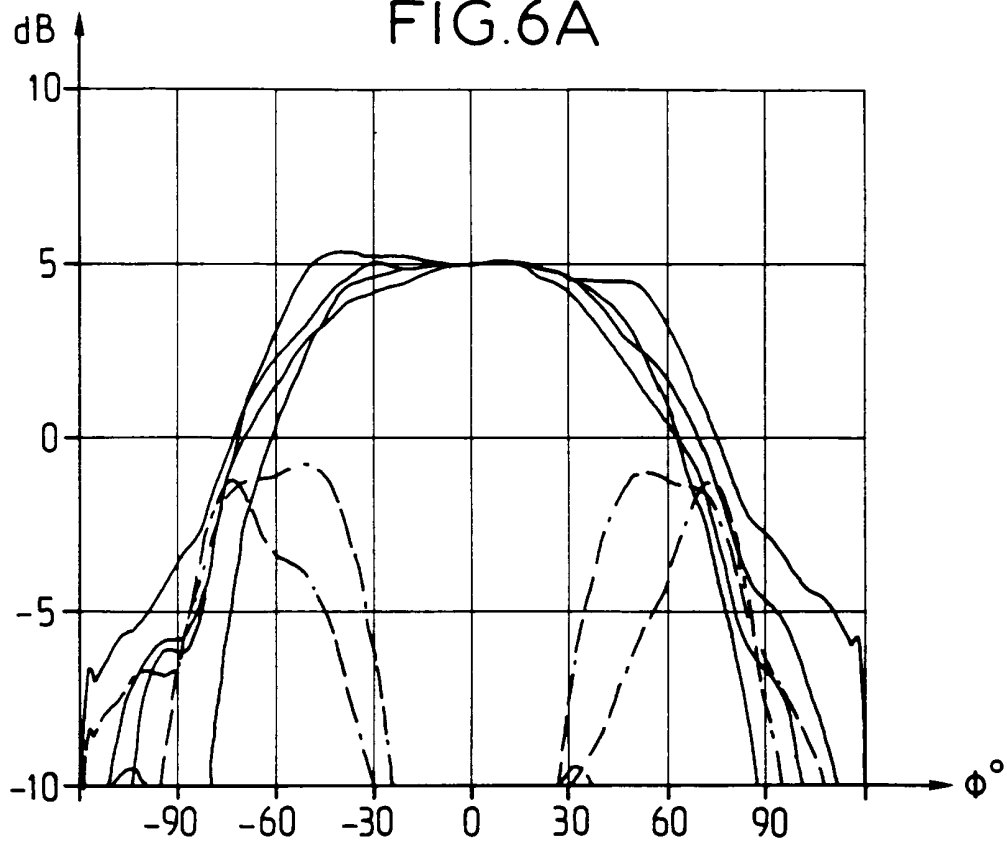
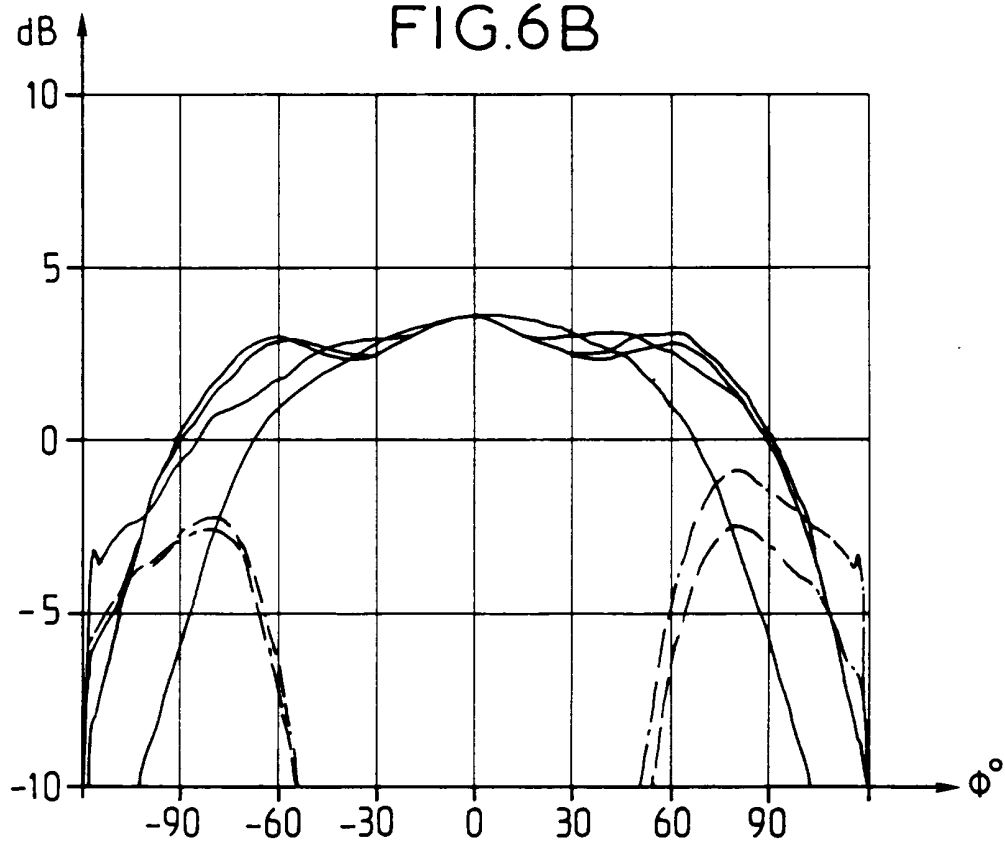


FIG.6B



6 / 9

FIG.7A

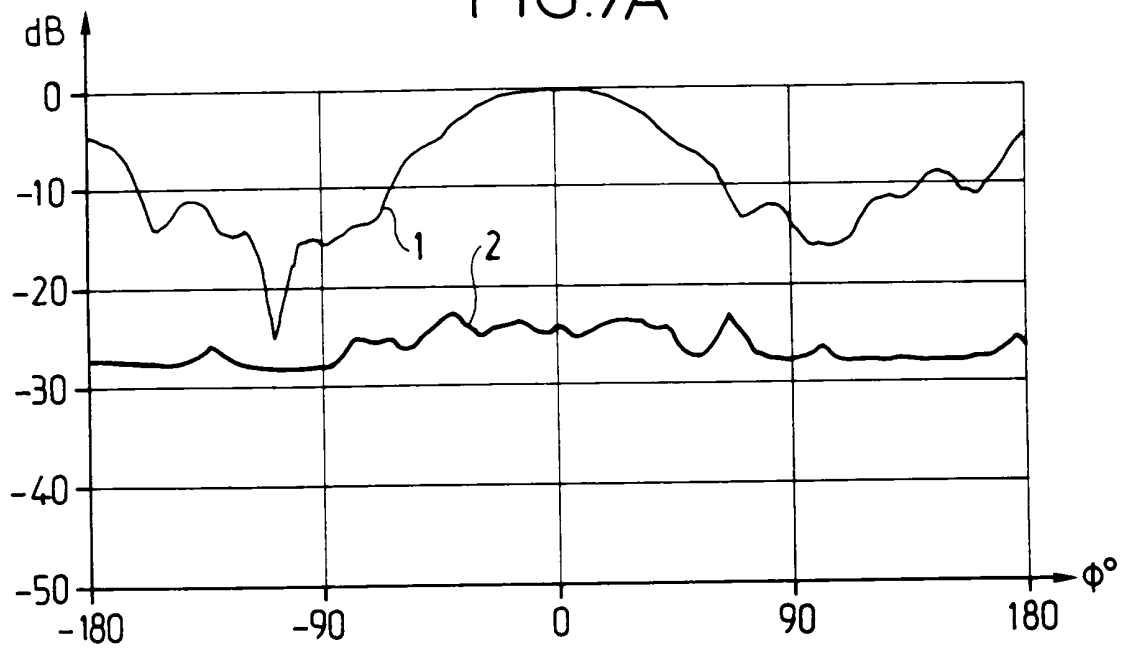
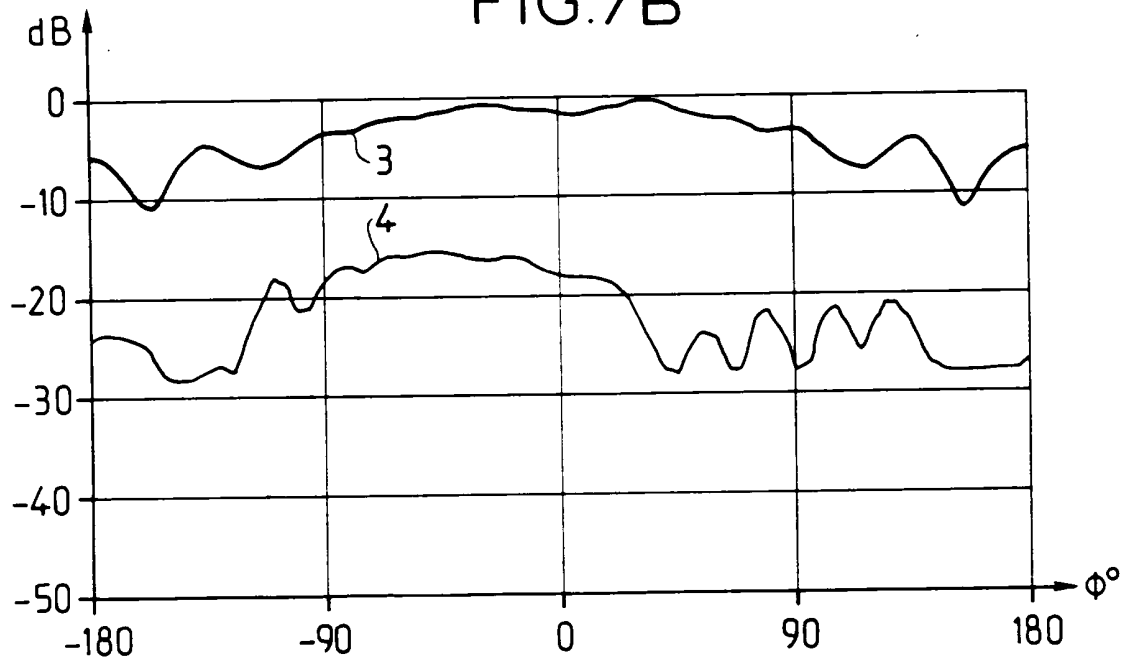


FIG.7B



7/9

FIG.8A

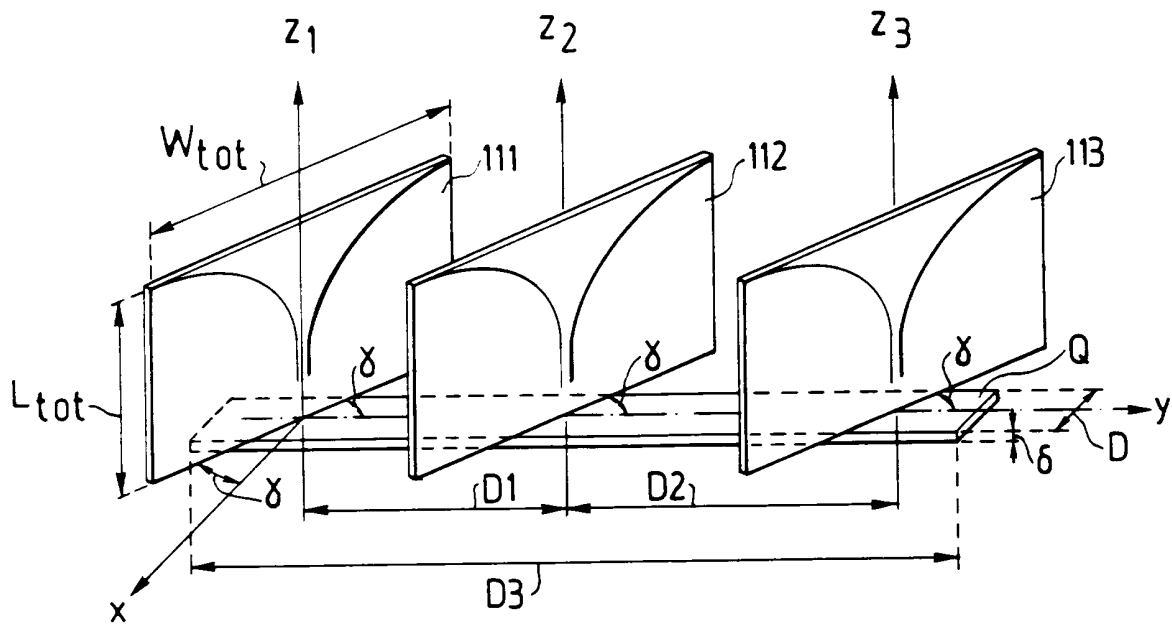
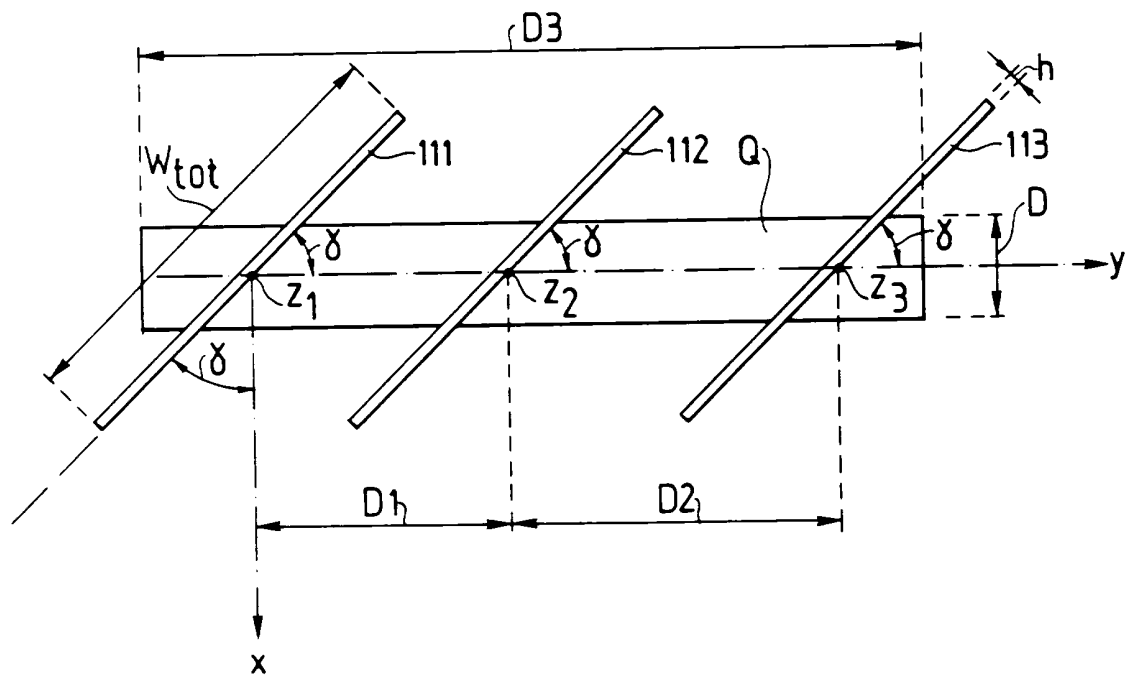


FIG.8B



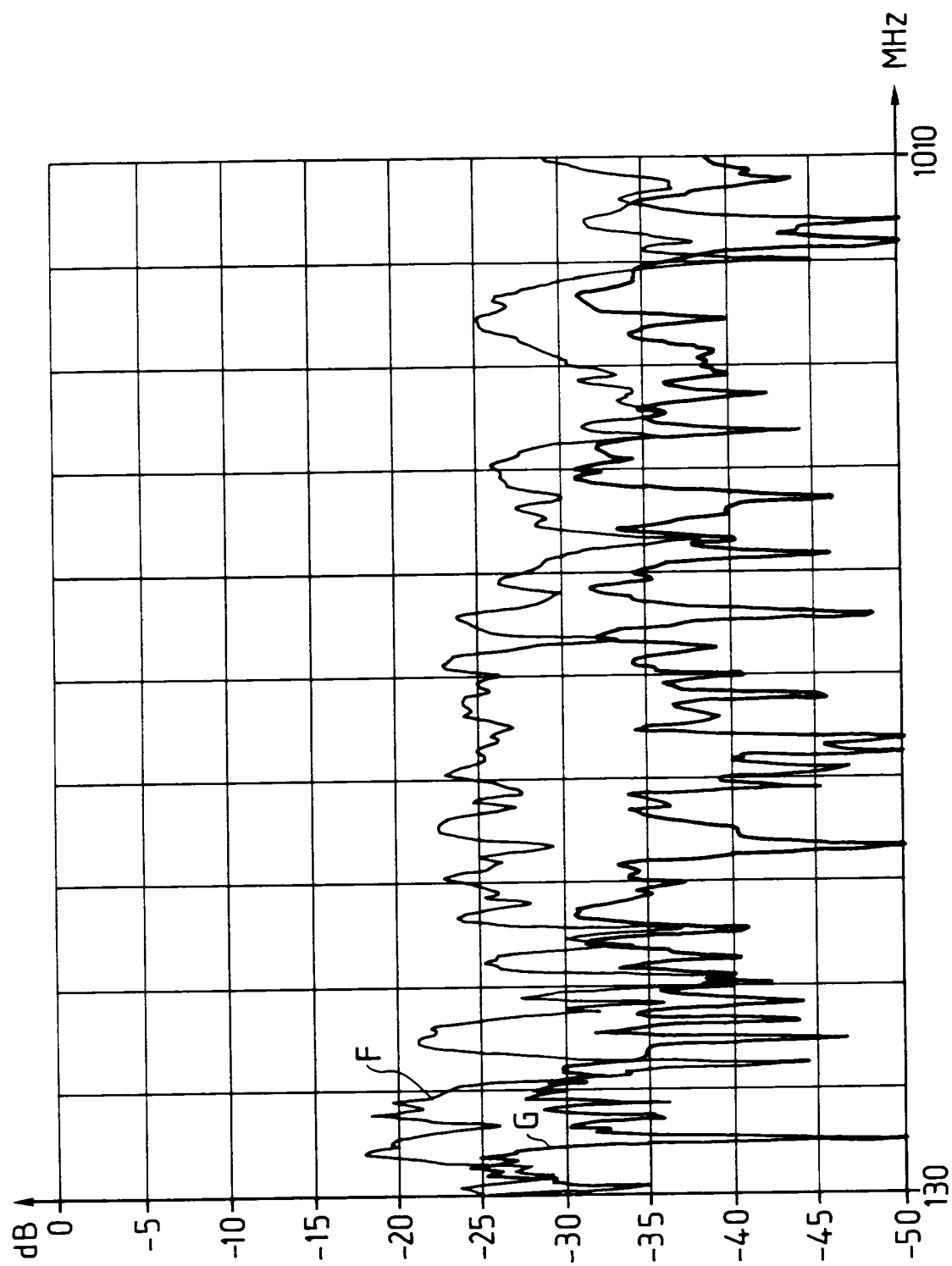


FIG.9

FIG.10A

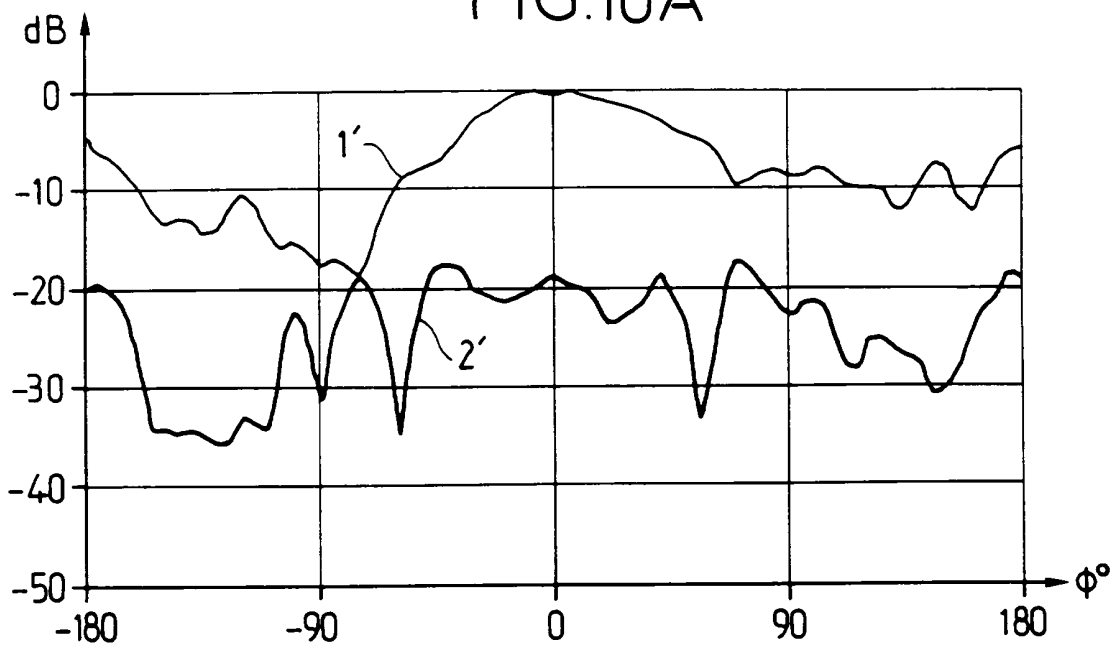
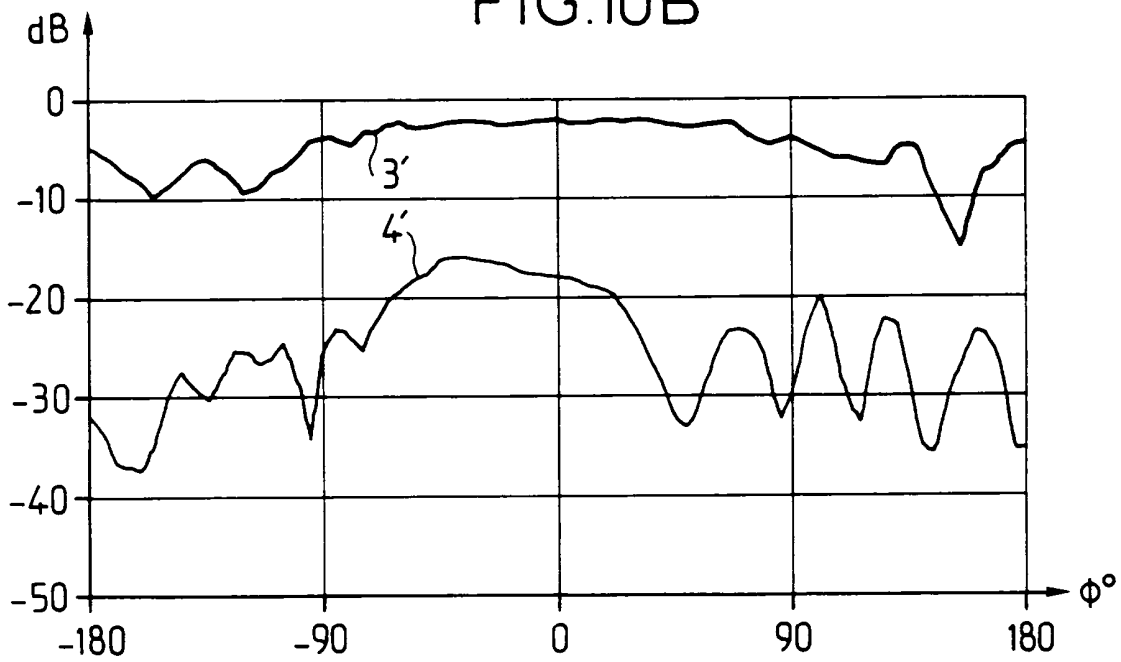


FIG.10B



INSTITUT NATIONAL
de la
PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

**RAPPORT DE RECHERCHE
PRELIMINAIRE**
établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 492955
FR 9310616

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
A	US-A-2 944 258 (YEAROUT ET AL.) * colonne 3, ligne 59 - colonne 4, ligne 48; figures 2,3 *	1-7
A	FR-A-1 091 358 (ETAT FRANCAIS) * page 2; figures 1,4 *	1-7
A	DE-A-39 41 125 (TELEFUNKEN SYSTEMTECHNIK) * colonne 2, ligne 1 - ligne 68; figure 1 *	1
A	IEEE TRANSACTIONS ON ANTENNAS AND PROPAGATION, vol.40, no.7, Juillet 1992, NEW YORK US pages 755 - 760 LAI ET AL. 'A Novel Antenna for Ultra-Wide-Band Applications' * page 755, alinéa II - page 756; figures 2,4 *	1
		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.5)
		H01Q
Date d'achèvement de la recherche		Examineur
20 Mai 1994		Angrabeit, F
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général 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 I : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant		