

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
7 janvier 2010 (07.01.2010)

(10) Numéro de publication internationale
WO 2010/000742 A1

PCT

- (51) Classification internationale des brevets :
G01S 13/00 (2006.01) G01S 13/28 (2006.01)
G01S 13/48 (2006.01)
- (21) Numéro de la demande internationale :
PCT/EP2009/058189
- (22) Date de dépôt international :
30 juin 2009 (30.06.2009)
- (25) Langue de dépôt : français
- (26) Langue de publication : français
- (30) Données relatives à la priorité :
0854537 3 juillet 2008 (03.07.2008) FR
- (71) Déposant et
(72) Inventeur : GOUTELARD, Claude [FR/FR]; 27 avenue de Normandie, F-91220 Bretigny Sur Orge (FR).
- (74) Mandataires : LAPOUX, Roland et al.; Bloch & Bonnetat, 23bis rue de Turin, F-75008 Paris (FR).
- (81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO,

DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasién (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Déclarations en vertu de la règle 4.17 :

- relative au droit du déposant de revendiquer la priorité de la demande antérieure (règle 4.17.iii)
- relative à la qualité d'inventeur (règle 4.17.iv)

Publiée :

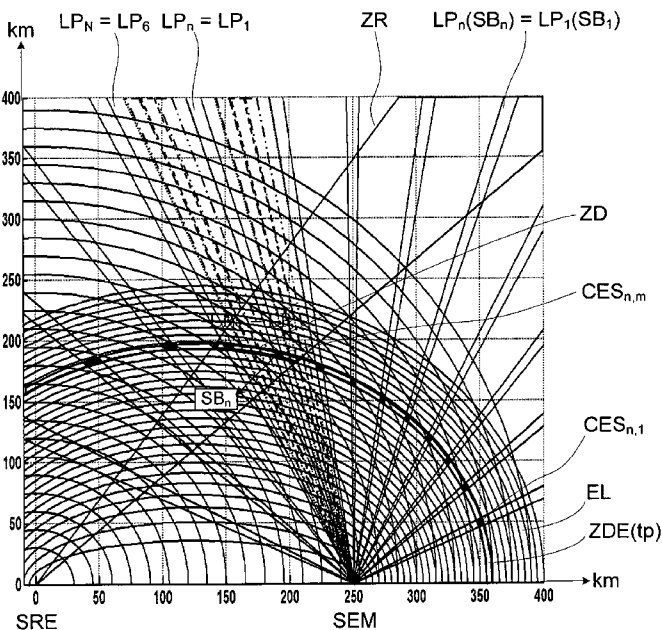
- avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : METHODS AND SYSTEMS FOR ENCODED BROADCASTING AND ANTENNA RECEPTION, PARTICULARLY FOR RADAR

(54) Titre : PROCÉDÉS ET SYSTÈMES D'ÉMISSION CODÉE ET DE RÉCEPTION ANTENNAIRES NOTAMMENT POUR RADAR

FIG. 4



(57) Abstract : To reduce radar cells and to improve the detection of a radar system, particularly a high-frequency surface wave radar (HFSWR), the broadcast system (SEM) is capable of broadcasting basic orthogonal signals two by two and each orthogonal to itself, temporally shifted to form, respectively, broadcast radiation patterns, each including main radiation lobes (LP_1, LP_N) alternating with secondary lobes, the main lobes associated with the basic signals being substantially juxtaposed in space. The receiving system (SRE) is capable of forming as many reception patterns in a monitored receiving area (ZR) as cells ($CES_{n,m}$) contained in the receiving area that are covered by main radiation lobes (LP_n) from one of the broadcast radiation patterns and located at a bistatic distance from the broadcast and receiving systems.

(57) Abrégé : Pour réduire les cellules radars et améliorer la détection d'un système radar notamment à ondes de surface HFSWR, le système d'émission (SEM) est apte à émettre des signaux de base orthogonaux deux à deux et chacun orthogonal à lui-même décalé temporellement pour former respectivement des diagrammes de rayonnement

[Suite sur la page suivante]

WO 2010/000742 A1

d'émission comprenant chacun des lobes de rayonnement principaux (LP_1, LP_N) alternés avec des lobes secondaires, les lobes principaux associés aux signaux de base étant sensiblement juxtaposés dans l'espace. Le système de réception (SRE) est apte à former autant de diagrammes de réception dans une zone de réception surveillée (ZR) que de cellules ($CES_{n,m}$) contenues dans la zone de réception, couvertes par des lobes de rayonnement principaux (LP_n) de l'un de diagrammes de rayonnement d'émission, et situées à une distance bistatique des systèmes d'émission et de réception.

**Procédés et systèmes d'émission codée et de réception
antennaires notamment pour radar**

La présente invention concerne de manière
5 générale des procédés et systèmes d'émission et de
réception antennaires pour des systèmes de
télédétection, notamment le radar. Plus
particulièrement, elle a trait à une détection au-
delà de l'horizon par ondes de surface et utilisant
10 la combinaison des propriétés de systèmes antennaires
et des codages de signaux présentant des propriétés
d'orthogonalité.

Un tel procédé trouve application dans la
15 détection de cibles au-delà de l'horizon par les
systèmes radars à ondes de surface de type HFWSR
("High Frequency Surface Wave Radar ", en anglais).
Un système radar HFWSR est essentiellement limité par
le fouillis dû à la surface terrestre,
20 particulièrement dans le cas de la détection de
navires pour lesquels l'écho utile est localisé, dans
l'espace distance-doppler, dans le fouillis de mer,
appelé par les spécialistes "spectre de mer". Le
fouillis, qu'il soit dû à la mer (spectre de mer) où
25 à une autre cause sera appelé ici fouillis. Les échos
de cibles se trouvent souvent masqués par le fouillis
dont l'importance est en relation directe avec la
dimension de la cellule radar définie par les
dimensions géométriques du volume dans lequel les
30 ondes radars susceptibles d'être diffusées peuvent, à
un instant donné, participer à la formation du signal
reçu par le système radar.

Compte tenu des possibilités matérielles
d'implantation des systèmes radars HFWSR, les
35 cellules radars demeurent, dans la technique

antérieure, trop grandes pour atteindre les objectifs
souhaités par les utilisateurs. Pour atteindre ces
objectifs, il est nécessaire de réduire les
dimensions de ces cellules d'un facteur de quelques
5 dizaines à quelques centaines.

Pour réduire les dimensions de la cellule de
résolution radar, la technique antérieure conduit à
augmenter les dimensions des systèmes antennaires de
réception, qui sont les plus encombrants, lorsque
10 cela est possible, ce qui conduit à des systèmes
géométriquement étendus et à l'utilisation d'un grand
nombre d'antennes. Les limitations de cette extension
sont apportées par plusieurs facteurs pouvant
intervenir séparément ou simultanément et qui
15 constituent des inconvénients de la technique
antérieure : l'encombrement au sol, les dimensions du
porteur dans les systèmes mobiles, la cohérence du
front d'onde au site de réception, la complexité des
traitements liée au nombre d'antennes.

20 L'invention vise à remédier aux inconvénients
précités et plus particulièrement à réduire les
dimensions de cellules de résolution radars d'un
facteur pouvant varier de 50 environ à 500 environ
25 pour améliorer les capacités de détection des
systèmes radars sans imposer au système antennaire de
réception des dimensions importantes.

A cette fin, un procédé selon l'invention pour
30 émettre des signaux de base présentant des propriétés
d'orthogonalité par des antennes d'émission dans un
système d'émission et recevoir les signaux de base
par plusieurs antennes de réception dans un système
de réception, est caractérisé en ce qu'il comprend

une formation de diagrammes de rayonnement d'émission pour émettre respectivement les signaux de base par toutes les antennes d'émission, chaque diagramme de rayonnement d'émission étant associé à un signal de base respectif à émettre par toutes les antennes d'émission et comprenant des lobes de rayonnement principaux alternés avec des lobes de rayonnement secondaires, les lobes de rayonnement principaux des diagrammes de rayonnement d'émission étant sensiblement alternés et juxtaposés dans l'espace, et

une formation de diagrammes de rayonnement de réception dans une zone de réception afin de recevoir les signaux de base par chacune des antennes de réception, le nombre de diagrammes de rayonnement de réception étant au moins égal au nombre de cellules qui sont contenues dans la zone de réception, qui sont couvertes par les lobes de rayonnement principaux de l'un des diagrammes de rayonnement d'émission et qui sont situées à une distance bistatique donnée des systèmes d'émission et de réception.

L'invention concerne aussi des systèmes d'émission et de réception comprenant plusieurs antennes d'émission pour émettre des signaux de base présentant des propriétés d'orthogonalité et plusieurs antennes de réception pour recevoir les signaux de base. Le système d'émission est caractérisé en ce qu'il comprend un moyen pour former des diagrammes de rayonnement d'émission pour émettre respectivement les signaux de base par toutes les antennes d'émission, chaque diagramme de rayonnement d'émission étant associé à un signal de base respectif à émettre par toutes les antennes d'émission et comprenant des lobes de rayonnement

principaux alternés avec des lobes de rayonnement secondaires, les lobes de rayonnement principaux des diagrammes de rayonnement d'émission étant sensiblement alternés et juxtaposés dans l'espace. Le système de réception est caractérisé en ce qu'il comprend un moyen pour former des diagrammes de rayonnement de réception dans une zone de réception afin de recevoir les signaux de base par chacune des antennes de réception, le nombre de diagrammes de rayonnement de réception étant au moins égal au nombre de cellules qui sont contenues dans la zone de réception, qui sont couvertes par les lobes de rayonnement principaux de l'un des diagrammes de rayonnement d'émission et qui sont situées à une distance bistatique donnée des systèmes d'émission et de réception.

L'invention est applicable dans les techniques radars en général, ainsi que dans les sondages de canaux, les systèmes de détection sonar, les systèmes de radiolocalisation ou la radiographie d'organes dans des applications médicales ou de structures dans les applications industrielles. Toutes les applications précitées sont basées sur l'analyse de cellules spatiales dont il est nécessaire de réduire les dimensions pour accroître les performances.

Le système d'émission antennaire est apte à produire un rayonnement radioélectrique caractérisé, par exemple dans un plan prédéterminé, par exemple horizontal passant par le système d'émission et le système de réception, par des maxima de densité surfacique d'énergie rayonnée qui sont sensiblement juxtaposés selon une répartition prédéterminée dans le plan prédéterminé de manière à couvrir une zone de réception surveillée qui peut couvrir partiellement

ou totalement le plan prédéterminé. Les maxima correspondent aux lobes de rayonnement principaux associés aux signaux de base radioélectriques. Pour chaque signal de base, les maxima d'énergie rayonnée sont compris dans des secteurs angulaires coniques dont le sommet est le site d'émission et qui sont répartis régulièrement et périodiquement dans l'espace. Les maxima d'énergie du signal de base sont séparés par des secteurs angulaires coniques de rayonnement minimum qui correspondent aux lobes de rayonnement secondaires où la densité surfacique d'énergie est très inférieure à celle existant dans les secteurs angulaires coniques où sont situés les maxima de densité d'énergie correspondant aux lobes de rayonnement principaux. Le diagramme de rayonnement associé à un signal de base dans le plan prédéterminé est appelé "diagramme feuilleté".

Le système d'émission antenne peut produire deux ou plus de diagrammes de rayonnement feuilletés différents qui sont sensiblement juxtaposés, c'est-à-dire disjoints, ou accolés, ou non disjoints, en pratique avec des lobes principaux juxtaposés ou se chevauchant sensiblement latéralement, afin d'illuminer ensemble depuis le site d'émission où est installé le système d'émission, la totalité d'une zone de réception surveillée par un système de réception antenne selon l'invention. Les diagrammes de rayonnement d'émission sont distincts en azimut et zénith et ont des lobes de rayonnement principaux sécants de la zone de réception surveillée.

Les signaux de base peuvent être numériques ou analogiques et doivent posséder des propriétés d'orthogonalité spécifiques pour améliorer la

détermination des cellules radars dans le système de réception. A cet égard, les antennes d'émission peuvent émettre les signaux de base simultanément et périodiquement, ou successivement et cycliquement dans des intervalles les séparant temporellement deux à deux. Dans le système de réception, les signaux de base, en tant que signaux de référence, sont respectivement associés à des opérateurs mathématiques respectifs, qui peuvent être, par exemple, des corrélations.

Selon une première propriété d'orthogonalité, les signaux de base sont orthogonaux deux à deux. Ceci signifie que lorsque le système de réception reçoit tout ou partie des signaux de base auxquels est appliqué un opérateur mathématique associé à un signal de base respectif choisi comme signal de référence, le résultat de l'application est indépendant de la présence ou de l'absence de tout ou partie des signaux de base reçus autres que le signal de référence.

Selon une deuxième propriété d'orthogonalité, chaque signal de base est orthogonal à lui-même décalé temporellement. Ceci signifie que lorsque le système de réception reçoit une réplique d'un signal de base à laquelle est appliqué l'opérateur mathématique associé au signal de base respectif choisi comme signal de référence et qui est décalée dans le domaine temporel d'une valeur non nulle par rapport au signal de référence, le résultat de l'application est nul quel que soit le décalage temporel non nul.

Ces deux propriétés d'orthogonalité sont utilisées pour discriminer les signaux de base dans les moyens pour former les diagrammes de réception dans le système de réception. A cet égard, le système

de réception peut comprendre des moyens pour pondérer des signaux captés par les antennes de réception, le signal capté par une antenne de réception étant pondéré pour produire autant de signaux pondérés que
5 de diagrammes de rayonnement de réception, et des moyens pour discriminer en signal de base et distance bistatique dans l'ensemble des signaux pondérés, d'une part des cellules ayant une distance bistatique constante, d'autre part pour une distance bistatique
10 donnée, des cellules associées à l'un des signaux de base discriminables par leurs propriétés d'orthogonalité.

Le signal global émis par l'ensemble des
15 antennes d'émission et réparti dans l'espace est défini par des diagrammes de rayonnement d'émission feuilletés correspondant respectivement à des signaux de base illuminant chacun l'espace. Un diagramme feuilleté est dit associé au signal de base respectif
20 dont le rayonnement est défini par le diagramme feuilleté.

Du site de réception où se trouve le système de réception, il apparaît un pavage lacunaire de l'espace défini par des cellules radars et créé par
25 les diagrammes de rayonnement feuilletés associés aux signaux de base utilisés et par les temps de propagation bistatiques entre le site d'émission et le site de réception. Pour un temps de propagation bistatique donné, ou pour une distance bistatique
30 donnée, entre le site d'émission et le site de réception dans un système radar bistatique, le pavage correspond à des cellules radars de propagation situées sur un demi-ellipsoïde sur lequel le temps de propagation bistatique donné égal à la somme du temps
35 de propagation entre le site d'émission et une

cellule radar et du temps de propagation entre la cellule radar et le site de réception est constant. Dans le système de réception, les cellules radars sont distinguables les unes des autres par rapport
5 aux diagrammes d'émission feuilletés sensiblement disjoints en appliquant la première propriété d'orthogonalité, et à temps de propagation bistatique constant sur un demi-ellipsoïde en appliquant la deuxième propriété d'orthogonalité. Les cellules
10 radars qui, pour un signal de base donné choisi comme signal de référence donné et pour un temps de propagation bistatique donné, ne peuvent être distinguées, constituent des cellules radars siamoises associées au signal de référence donné et
15 au temps de propagation bistatique donné et constituent dans la zone de réception surveillée un pavage fortement lacunaire de l'espace géométrique sur une partie du demi-ellipsoïde associé au temps de propagation bistatique donné.

20

Le système antenne de réception sépare des cellules radars siamoises qui sont associées à un signal de base donné et à un temps de propagation bistatique donné et qui sont réparties sur un pavage
25 fortement lacunaire, au moyen de diagrammes de rayonnement de réception différents dans la zone de réception surveillée. La distance angulaire entre deux cellules radars siamoises associées au signal de base donné et au temps de propagation bistatique
30 donné et vues du site de réception est importante. Les cellules radars siamoises associées au signal de base donné et au temps de propagation bistatique donné constituent un ensemble discret dans la zone de réception surveillée suivant des directions
35 azimutales et zénithales sous laquelle les cellules

radars siamoises de cette zone sont vues du site de réception. Ces directions azimutales et zénithales localisent des cellules radars siamoises associées au signal de base donné et au temps de propagation
5 bistatique donné dans le système de réception. Le système antennaire de réception forme simultanément P diagrammes de rayonnement de réception, chaque diagramme de rayonnement de réception pouvant ou non posséder au moins un lobe de rayonnement principal
10 contenu dans la zone de réception.

Les diagrammes de rayonnement de réception peuvent être feuilletés comme les diagrammes d'émission. Ainsi selon l'invention, des diagrammes de rayonnement comprenant chacun des lobes de
15 rayonnement principaux alternés avec des lobes de rayonnement secondaires peuvent être formés par l'une des pluralités des antennes d'émission et des antennes de réception, ou bien par les deux pluralités d'antennes, les lobes de rayonnement
20 principaux associés aux signaux de base étant sensiblement juxtaposés dans le plan prédéterminé.

Si M est le nombre de cellules radars siamoises contenues dans la zone de réception surveillée et situées à l'intersection de secteurs angulaires
25 couverts par des lobes de rayonnement principaux du diagramme de rayonnement d'émission associé au signal de base donné et d'un demi-ellipsoïde défini par le temps de propagation donné entre le système d'émission et une cellule radar et du temps de
30 propagation entre la cellule et le système de réception, le nombre P de diagrammes de rayonnement de réception formés par le système antennaire de réception est au moins égal à M, c'est-à-dire est égal ou supérieur à M.

Le signal qui peut être renvoyé par chaque cellule est déterminé en utilisant les propriétés d'orthogonalité qui permettent par l'opérateur mathématique associé au signal de base donné d'abord
5 de discriminer par la première propriété d'orthogonalité les cellules associées à des signaux de base différents du signal de base donné choisi comme signal de référence, puis de séparer par la deuxième propriété d'orthogonalité les cellules
10 associées au signal de base donné et ayant un temps de propagation bistatique donné de celles associées au signal de base donné et ayant des temps de propagation bistatiques différents du temps de propagation bistatique donné. Les cellules radars,
15 dites cellules siamoises, associées au signal de base donné et ayant le même temps de propagation bistatique donné sont séparées par la scrutation de la zone de réception par des diagrammes de réception différents du système antenneaire de réception qui
20 sont en nombre égal ou supérieur au nombre de cellules radars dans la zone de réception.

L'espace couvert par chaque signal de base est exploré par le système antenneaire de réception en faisant varier successivement tous les temps de
25 propagation bistatique pour couvrir tout l'espace illuminé par le signal de base à l'intersection avec la zone de réception.

L'exploration complète de la zone de réception surveillée est obtenue en répétant les opérations
30 précitées pour tous les signaux de base utilisés.

Enfin, l'invention se rapporte à des programmes d'ordinateur aptes à être mis en œuvre respectivement dans un système d'émission comprenant plusieurs
35 antennes d'émission pour émettre des signaux de base

présentant des propriétés d'orthogonalité et dans un système de réception comprenant plusieurs antennes de réception pour recevoir les signaux de base. Lesdits programmes sont caractérisés en ce qu'ils comprennent
5 des instructions qui, lorsque les programmes sont exécutés dans le système d'émission et le système de réception, mettent en œuvre le procédé d'émission et de réception selon l'invention.

10 D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront plus clairement à la lecture de la description suivante de plusieurs réalisations de l'invention données à titre d'exemples non limitatifs, en référence aux dessins
15 annexés correspondants dans lesquels :

- la figure 1 montre schématiquement dans un plan prédéterminé horizontal un diagramme de rayonnement d'émission feuilleté et une zone de réception en secteur angulaire pour un système radar
20 bistatique selon l'invention ;

- la figure 2 est un bloc-diagramme schématique d'un système d'émission antenne selon l'invention ;

- la figure 3 est diagramme de rayonnement d'émission feuilleté produit par le système
25 d'émission selon la figure 2 ;

- la figure 4 est analogue à la figure 1, mais avec six diagrammes de rayonnement d'émission feuilletés juxtaposés, deux lobes principaux de
30 chaque diagramme de rayonnement étant seulement montrés ;

- la figure 5 est un bloc-diagramme schématique d'un système de réception selon l'invention ;

- la figure 6 est un bloc-diagramme schématique d'un étage récepteur à discriminateurs dans le système de réception ;

5 - la figure 7 est analogue à la figure 1, mais avec un diagramme de rayonnement de réception feuilleté ; et

- la figure 8 est un diagramme temporel d'émissions cycliques de signaux de base dans une autre réalisation du système d'émission.

10

En référence aux figures 1, 2 et 5, un système radar bistatique SEM-SRE, par exemple un système radar à onde de surface HFSWR, par exemple pour une détection de cibles par onde de surface au-delà de l'horizon, comprend un système d'émission SEM à plusieurs antennes d'émission AE et un système de réception SRE à plusieurs antennes de réception AR. Le système d'émission est localisé sur un site d'émission situé par exemple à $D = 250$ km du site de réception où est localisé le système de réception.

20

Le système d'émission SEM produit au moins un signal radioélectrique défini par un diagramme de rayonnement d'émission feuilleté associé à un signal de base SB_n , lorsque ce dernier est appliqué simultanément sous des conditions prédéterminées aux antennes d'émission AE, comme on le verra plus loin. Le diagramme de rayonnement d'émission feuilleté associé au signal de base SB_n est défini essentiellement par des lobes de rayonnement principaux LP_n qui sont seulement montrés à la figure 1. Cependant le système d'émission SEM produit des lobes de rayonnement principaux LP_1 à LP_N de N diagrammes de rayonnement d'émission feuilletés associés respectivement à des signaux de base SB_1 à

35

SB_N présentant des propriétés d'orthogonalité entre eux, avec $1 \leq n \leq N$. Les lobes principaux LP₁ à LP_N apparaissent comme des secteurs angulaires coniques ayant un angle au sommet prédéterminé dans un plan de rayonnement prédéterminé, par exemple horizontal passant par le site du système d'émission SEM. La figure 1 est située dans un plan horizontal de rayonnement passant à la fois par les sites d'émission et de réception.

Le système d'émission SEM de l'invention produisant des diagrammes de rayonnement feuilletés peut présenter une structure antennaire appartenant à la classe connue des réseaux antennaires à diagrammes de rayonnement ambigus, dits aussi réseaux ambigus. Par exemple, un réseau ambigu est obtenu à partir d'un réseau linéaire de S antennes d'émission AE₁ à AE_S, avec $2 \leq S$, dans lequel les antennes sont séparées les unes des autres par une distance DA supérieure à $\lambda/2$, où λ est la longueur d'onde d'une porteuse modulée par les signaux de base émis.

Dans la figure 2 relative à une première réalisation du système d'émission SEM sont seulement représentés schématiquement des blocs fonctionnels qui assurent des fonctions utiles à la compréhension de l'invention et ayant un lien avec celle-ci. Ces blocs fonctionnels peuvent correspondre à des modules matériels dédiés ou programmables et/ou à des modules logiciels implémentés dans au moins un microprocesseur.

Le système d'émission SEM comprend $S = 7$ antennes AE₁ à AE_S = AE₇ régulièrement espacées de $DA = 12,5 \lambda$ par exemple. Le système d'émission SEM comprend en outre des étages émetteurs EM et des circuits pondérateurs CPE₁ à CPE_S interconnectés respectivement entre la sortie d'un distributeur de

puissance dans des étages émetteurs EM et des entrées des antennes AE_1 à AE_S . Un circuit pondérateur CPE_s , avec $1 \leq s \leq S$, pondère l'amplitude et/ou la phase des signaux de base $SB_1, \dots, SB_n, \dots, SB_N$ distribués respectivement par les étages émetteurs EM avec des coefficients de pondération complexes respectifs $w_{1,s}, \dots, w_{n,s}, \dots, w_{N,s}$. Le signal de base SB_n distribué aux antennes AE_1 à $AE_S = AE_7$ est pondéré respectivement par des coefficients de pondération complexes $w_{n,1}$ à $w_{n,s} = w_{n,7}$ dans les circuits pondérateurs CPE_1 à CPE_S afin que les antennes AE_1 à AE_S émettent un signal radioélectrique caractérisé par un diagramme de rayonnement feuilleté selon l'invention et associé au signal de base SB_n . Ceci assure une protection suffisamment importante sur les lobes secondaires des diagrammes et permet l'orientation des lobes principaux LP_n associés au signal de base SB_n . Plus la distance DA entre les antennes est grande, plus le nombre de lobes principaux des diagrammes de rayonnement feuilletés augmente. Plus le nombre d'antennes est grand, plus le nombre N de diagrammes de rayonnement d'émission feuilletés augmente.

Dans cette première réalisation, les signaux de base sont constitués par des familles de signaux de base orthogonaux à corrélation parfaite ou quasi parfaite qui sont émis par le système d'émission SEM simultanément par addition des signaux de base ou simultanément par entrelacement des signaux de base.

Dans la figure 3 sont juxtaposés deux diagrammes de rayonnement feuilletés à lobes principaux LP_n et LP_m respectivement associés à deux signaux de base distincts SB_n et SB_m auxquels ont été appliqués des coefficients de pondération complexes $w_{n,1}$ à $w_{n,s}$ et $w_{m,1}$ à $w_{m,s}$ par les circuits pondérateurs CPE_1 à CPE_S . La protection sur les lobes secondaires LS est de 26

dB. Le diagramme à lobes principaux LP_n est orienté pour placer un lobe principal suivant la direction 0 degré. L'autre diagramme à lobes principaux LP_m est orienté pour placer un lobe principal suivant la direction 1,2 degré.

L'homme du métier comprendra que ces diagrammes de rayonnement lacunaires peuvent être obtenus par d'autres systèmes d'émission dont les antennes présentent d'autres répartitions linéaires, surfaciques ou volumiques, régulières ou irrégulières. Par exemple, le système d'émission peut comprendre un réseau d'antennes suivant une structure irrégulière telle qu'une structure fractale selon l'article "THÉORIE FRACTALE DES GRANDS RÉSEAUX D'ANTENNES LACUNAIRES" C. GOUTELARD, AGARD Conference Proceedings 528, Radiolocation Techniques, Londres, 1-5 juin 1992.

Le système de réception antennaire SRE surveille une ou plusieurs zones de réception. Dans la figure 1, il est supposé que le système de réception ne surveille qu'une seule zone de réception conique ZR qui est sécante d'au moins l'un des lobes de rayonnement principaux du diagramme de rayonnement d'émission feuilleté associé à chaque signal de base SB_n . En pratique, la zone de réception ZR est sécante de plusieurs lobes de rayonnement principaux associés à chaque signal de base.

Dans la figure 1 sont également représentées partiellement en traits fins les traces elliptiques parallèles de demi-ellipsoïdes EL ayant pour foyers le système d'émission SEM et le système de réception SRE. Chaque demi-ellipsoïde EL est défini par une surface sur laquelle toute cellule radar CE reçoit un signal radioélectrique du système d'émission SEM et

est susceptible de le diffuser vers le système
réception SRE pendant un temps de propagation
bistatique donné respectif t_p , correspondant à une
distance bistatique. Le temps de propagation
5 bistatique donné t_p égal à la somme du temps de
propagation entre le système d'émission SEM et la
cellule radar CE et du temps de propagation entre la
cellule radar CE et le système de réception SRE est
constant pour toute cellule radar sur la surface de
10 l'ellipsoïde EL.

Les demi-ellipsoïdes deviennent des demi-sphères
lorsque le système radar SEM-SRE est monostatique,
c'est-à-dire les systèmes d'émission et de réception
sont localisés sur le même site, ou des demi-
15 ellipsoïdes presque comme des demi-sphères lorsque
les systèmes d'émission et de réception sont proches
de telle sorte que la distance les séparant demeure
petite vis-à-vis des distances des cellules contenues
dans la zone de réception surveillée.

20 Des zones de résolution distance étendues ZDE
dont une est représentée à la figure 4 sont définies
entre les demi-ellipsoïdes EL tels que la différence
des temps de propagation bistatiques soit égale à la
résolution temporelle, par exemple 1,5 km, du radar.
25 L'intersection d'une zone de résolution distance
étendue ZDE et de la zone de réception ZR détermine
une zone de résolution distance surveillée ZD
correspondant à un temps de propagation bistatique
respectif t_p et aussi à une résolution temporelle
30 choisie.

Les intersections d'une zone de résolution
distance étendue ellipsoïdale ZDE et des lobes de
rayonnement principaux LP_n définissent des cellules
radars siamoises CES_n associées au signal de base SB_n
35 et au temps de propagation bistatique t_p définissant

la zone ZDE, comme représenté à la figure 4. Les cellules radars siamoises CES_n associées au signal de base SB_n et au temps de propagation bistatique tp et localisées dans la zone de réception ZR sont des zones géographiques communes à la zone de résolution distance ZD, aux lobes principaux LP_n du diagramme feuilleté associé au signal de base SB_n et à la zone de réception ZR du diagramme de rayonnement du système de réception antennaire SRE, comme représenté à la figure 1.

Le système radar de l'invention délimite les cellules radars siamoises CES_n particulièrement par la délimitation spatiale apportée par les lobes principaux LP_n du diagramme d'émission feuilleté associé au signal de base SB_n dans le système d'émission antennaire SEM, de la zone de réception ZR du système de réception antennaire SRE et par l'orthogonalité des signaux de base prévus dans le système d'émission.

En référence à la figure 5 relative à une réalisation du système de réception SRE sont seulement représentés schématiquement des blocs fonctionnels qui assurent des fonctions utiles à la compréhension de l'invention et ayant un lien avec celle-ci. Ces blocs fonctionnels peuvent correspondre à des modules matériels dédiés ou programmables et/ou à des modules logiciels implémentés dans au moins un microprocesseur.

le système de réception SRE comprend plusieurs antennes de réception, par exemple $U = 4$ antennes AR_1 à AR_4 et P étages récepteurs RE_1 à RE_P associés respectivement à P diagrammes d'antenne de réception pour discriminer des cellules siamoises sur un demi-ellipsoïde EL relatives à chaque diagramme d'émission feuilleté et donc à chaque signal de base SB_n . Dans

le système de réception SRE, chaque antenne de réception AR_u , avec $1 \leq u \leq U$, distribue le signal qu'elle reçoit aux P étages récepteurs RE_1 à RE_P respectivement à travers des circuits pondérateurs
5 $CPR_{1,u}$ à $CPR_{P,u}$.

Les U circuits pondérateurs $CPR_{p,1}$ à $CPR_{p,U}$ reliés à un étage récepteur RE_p , avec $1 \leq p \leq P$, pondèrent l'amplitude et/ou la phase des signaux captés par les antennes AR_1 à AR_U respectivement par des
10 coefficients de pondération complexes $v_{p,1}$ à $v_{p,U}$ définissant l'orientation angulaire d'un diagramme de réception respectif. L'étage récepteur RE_p est associé à une case de positionnement angulaire de cellules radars couvertes par au moins un lobe
15 principal du diagramme de réception respectif. A cet égard, comme montré à la figure 6, l'étage récepteur RE_p comprend N discriminateurs parallèles $DIS_{p,1}$ à $DIS_{p,N}$ pour discriminer en signal de base et temps de propagation bistatique dans l'ensemble des signaux
20 pondérés reçus essentiellement dans une zone de réception respective. Chaque discriminateur $DIS_{p,n}$ de l'étage récepteur RE_p est associé à un signal de base SB_n en tant que signal de référence S_{ref} pour discriminer dans le fouillis des signaux pondérés
25 reçus suivant la zone de réception, les cellules radars d'une part ayant un temps de propagation bistatique constant et donc une distance bistatique constante, d'autre part pour un temps de propagation bistatique donné, les cellules radars siamoises
30 associées au signal de base SB_n parmi les signaux de base SB_1 à SB_N discriminables par leurs propriétés d'orthogonalité. Les discriminateurs $DIS_{p,1}$ à $DIS_{p,N}$ distinguent ainsi les cellules radars associées aux signaux de base SB_1 à SB_N suivant une zone de

réception respective et pour des temps de propagation bistatiques différents.

Chacun des discriminateurs $DIS_{1,n}$ à $DIS_{P,n}$ dans le système de réception SRE sélectionne les lobes principaux LP_n du diagramme feuilleté propre au signal de base SB_n grâce aux première et deuxième propriétés d'orthogonalité des signaux de base SB_1 à SB_N . Le système de réception connaît a priori les signaux de base SB_1 à SB_N , par exemple comme des séquences numériques prédéterminées, qui en tant que signaux de référence sont lus périodiquement en mémoire du système de réception et appliqués respectivement aux discriminateurs. En mettant en œuvre la première propriété d'orthogonalité relative à l'orthogonalité des signaux de base deux à deux, chacun des discriminateurs $DIS_{1,n}$ à $DIS_{P,n}$ fonctionnant par exemple comme un corrélateur ou un dispositif de convolution sélectionne le signal de base SB_n dans le signal mélangé reçu par l'étage récepteur respectif RE_1 à RE_P , indépendamment du fait que le signal mélangé contienne tout ou partie des autres signaux de base reçus SB_1 à SB_{n-1} et SB_{n+1} à SB_N . Les discriminateurs $DIS_{1,n}$ à $DIS_{P,n}$ sélectionnent ainsi les cellules radar à l'intersection des lobes de rayonnement principaux d'émission LP_n et de la zone de réception ZR recouverte par les diagrammes de réception.

Dans le cas d'une détection selon la technique antérieure avec un système radar monostatique localisé au site de réception, la cellule de réception est limitée par le lobe principal du réseau de réception et la résolution temporelle. Dans la figure 1, la zone de réception ZR a été choisie voisine du lobe principal du diagramme de réception

utilisé selon la technique antérieure. La résolution temporelle selon la technique antérieure est plus faible que celle atteinte dans l'invention puisque les signaux connus utilisés ne confèrent pas les performances de détection que l'on obtient avec les signaux de base utilisés dans l'invention. Les lobes principaux des diagrammes d'émission feuilletés selon l'invention conjugués aux signaux de base utilisés dans l'invention contribuent à réduire la résolution temporelle d'un facteur K_r de l'ordre de 3 à 5 et par le même facteur la dimension des cellules radars obtenues avec l'invention. Une cellule radar obtenue selon la technique antérieure est représentée dans la figure 1 à l'intersection de l'espace entre la zone de réception ZR et deux demi-cercles centrés sur le système récepteur SRE et distant d'un incrément de résolution distance de 15 km par exemple.

La figure 4 montre partiellement un exemple de pavage de cellules radars obtenu selon l'invention avec les hypothèses prises pour la figure 1, par l'utilisation de l'ensemble des signaux de base et du traitement associé dans le système radar SEM-SRE. Le pavage partiel est à l'intersection de la zone de réception ZR, d'une zone de résolution distance ellipsoïdale étendue ZDE pour un temps de propagation bistatique donné t_p et de lobes principaux LP_1 à $LP_N = LP_6$ juxtaposés et entrelacés. Afin de ne pas surcharger la figure 4, les lobes principaux LP_1 à LP_N sont montrés sur deux périodes angulaires de $N = 6$ diagrammes feuilletés attribués à différents signaux de base SB_1 à $SB_N = SB_6$. Les lobes principaux sont, comme il a été indiqué précédemment, discriminables par l'orthogonalité des signaux de base dans les discriminateurs $DIS_{1,1}$ à $DIS_{P,N}$.

Les différentes cellules radars siamoises CES_1 à CES_N associées à un temps de propagation bistatique tp et à tous les signaux de base SB_1 à SB_N pavent la zone de résolution distance ZD . Les cellules radars
 5 siamoises respectivement associées à des couples (SB_1, tp) à (SB_N, tp) sont séparables dès que les signaux de base auxquelles elles sont associées sont différents.

Dans la figure 4 est également représentée la
 10 zone de résolution distance étendue ZDE correspondant à un temps de propagation bistatique donné tp et une résolution distance choisie étendue à l'espace susceptible d'être surveillé. Les cellules radars siamoises $CES_n = CES_1$ associées au couple (SB_n, tp)
 15 sont localisées à l'intersection de la zone de résolution distance étendue ZDE et des lobes principaux LP_n du diagramme d'émission feuilleté associé au signal de base SB_n .

La $m^{\text{ème}}$ cellule radar siamoise $CES_{n,m}$ associée au couple (SB_n, tp) et couverte par la zone de réception ZR est propre à diffuser vers le système de réception SRE un signal:

$$Sr_{n,m} = \alpha_{nm} \times SER_{n,m} \times SB_n(tp),$$

25 α_{nm} étant un affaiblissement de propagation, et $SER_{n,m}$ la surface équivalente radar de la cellule radar siamoise $CES_{n,m}$ associée au couple (SB_n, tp) . Ce couple définit la réplique $SB_n(tp)$ du signal SB_n décalée temporellement du temps de propagation
 30 bistatique tp .

Le système de réception antennaire SRE forme, via les antennes AR_1 à AR_U et les circuits pondérateurs $CP_{1,1}$ à $RE_{P,U}$, P diagrammes de rayonnement de réception à lobes principaux respectifs LP_1 à LP_P .
 35 Pour une zone de réception ZR contenant M cellules

radars siamoises associées au couple (SB_n, tp) , par exemple deux cellules CES_n dans la figure 4, avec $M \leq P$, chaque signal S_p capté par le réseau d'antennes de réception AR_1 à AR_U pour le $p^{\text{ème}}$ diagramme de réception traité par l'étage récepteur RE_p , avec $1 \leq p \leq P$, s'exprime par :

$$S_p = \sum_{m \in M} G_p(\theta_{r_{n,m}}, \varphi_{r_{n,m}}) \times S_{r_{n,m}} + T(SB_e, tp_e).$$

$(\theta_{r_{n,m}}, \varphi_{r_{n,m}})$ est la direction angulaire en azimut $\theta_{r_{n,m}}$ et zénith $\varphi_{r_{n,m}}$ de la $m^{\text{ème}}$ cellule radar siamoise $CES_{n,m}$ associée au couple (SB_n, tp) . $G_p(\theta_{r_{n,m}}, \varphi_{r_{n,m}})$ est le gain du $p^{\text{ème}}$ diagramme de rayonnement de réception suivant la direction azimutale et zénithale $(\theta_{r_{n,m}}, \varphi_{r_{n,m}})$. Le signal $T(SB_e, tp_e)$ représente la somme de tous les signaux reçus par le système de réception antennaire et susceptibles d'être rétrodiffusés par des cellules radars illuminées par des diagrammes d'émission associés à des signaux de base SB_1 à SB_{n-1} et SB_{n+1} à SB_N autres que le signal SB_n et par des cellules radars illuminées par le diagramme associé au signal de base SB_n et situées en correspondance à des temps de propagation bistatiques tp_e différents du temps de propagation donné tp .

Les discriminateurs $DIS_{1,n}$ à $DIS_{P,n}$ utilisant le signal de base SB_n comme signal de référence éliminent par la première propriété d'orthogonalité précédemment définie les cellules radars contribuant à la formation du signal $T(SB_e, tp_e)$ associé à un ou plusieurs signaux de base autres que le signal SB_n . Pour le temps de propagation bistatique donné tp , les discriminateurs $DIS_{1,n}$ à $DIS_{P,n}$ éliminent aussi les cellules radars contribuant à la formation du signal $T(SB_e, tp_e)$ et associées au signal de base SB_n et à des temps de propagation bistatiques tp_e autres que le temps de propagation bistatique donné tp , en

appliquant la deuxième propriété d'orthogonalité précédemment définie, par exemple fondée sur une autocorrélation, selon laquelle chaque signal de base est orthogonal à lui-même décalé temporellement.

5

Les deux propriétés d'orthogonalité peuvent être obtenues avec des familles de séquences de symbole codées constituant périodiquement et respectivement les signaux de base SB_1 à SB_N , telles que la fonction d'intercorrélacion entre les séquences soit strictement nulle, quel que soit le décalage temporel entre les séquences et le caractère parfait ou quasiment parfait des fonctions d'intercorrélacion et d'autocorrélacion appliquées sur les signaux de base reçus dans les discriminateurs. Les séquences sont émises cycliquement en modulant une porteuse commune dans le système d'émission SEM. Une fonction de corrélation d'une séquence est dite quasiment parfaite si la fonction de corrélation n'est pas nulle pour tout point qui diffère du pic central à décalage nul de la séquence et de quelques points régulièrement espacés sur la fonction de corrélation d'un nombre prédéterminé de symboles. A titre d'exemple, les séquences GQ (Goutelard Q-aires séquences) construites selon l'article "LES SEQUENCES GQ SEQUENCES Q-AIRE ORTHOGONALES A CORRELATION PARFAITE", C. GOUTELARD, AGARD CONFERENCE PROCEEDINGS 574, SPP Symposium, "Digital Communications Systems : Propagation Effects, Technical Solutions, Systems Design", Athènes, Grèce, 18-21 Septembre 1995, CP-574, satisfont aux première et deuxième propriétés d'orthogonalité.

Les discriminateurs $DIS_{1,n}$ à $DIS_{P,n}$ associés au signal de base SB_n réalisent par exemple une

35

corrélation, ou une opération équivalente, comme par exemple une convolution. Le discriminateur $DIS_{p,n}$ délivre un signal normalisé $R_{p,n}$ du type :

$$5 \quad R_{p,n} = \sum_{m \in M} K_{op} \times G_p(\theta_{r_{n,m}}, \varphi_{r_{n,m}}) \times \alpha_{n,m} \times SER_{n,m},$$

K_{op} étant un coefficient de transformation de l'opérateur mathématique dans les discriminateurs $DIS_{1,n}$ à $DIS_{p,n}$ entre le signal S_p et le signal R_p .

Pour le temps de propagation bistatique donné
 10 t_p , les discriminateurs $DIS_{1,n}$ à $DIS_{p,n}$ fournissent un système de P équations correspondant aux P signaux $R_{1,n}$ à $R_{p,n}$ mesurés avec les P diagrammes de rayonnement de réception, ayant M inconnues $\alpha_{n,1} \times SER_{n,1}$ à $\alpha_{n,M} \times SER_{n,M}$ correspondant aux cellules
 15 radars siamoises $CES_{n,1}$ à $CES_{n,M}$ associées au couple (SB_n, t_p) et comprises dans la zone de réception surveillée, le nombre P étant égal ou supérieur à M . Si $P = M$, le système d'équations est déterminé et constitue un système de Cramer. Si $P > M$, le système
 20 d'équations est surdéterminé et peut être exploité pour accroître la précision des calculs.

Pour chacun des temps de propagation bistatiques et donc pour chacune des distances bistatiques, les discriminateurs $DIS_{1,n}$ à $DIS_{p,n}$ fournissent un système
 25 de P équations correspondant aux P signaux $R_{1,n}$ à $R_{p,n}$ mesurés avec les P diagrammes de rayonnement de réception, ayant autant d'inconnues que de cellules radars siamoises qui sont associées au couple du signal de base SB_n et dudit chacun des temps de
 30 propagation bistatiques et comprises dans la zone de réception surveillée. Le nombre P est égal ou supérieur au nombre de cellules radars siamoises précitées.

Plus généralement, tous les signaux $R_{1,1}$ à $R_{P,N}$ fournis par les discriminateurs $DIS_{1,1}$ à $DIS_{P,N}$ servent à déterminer tous les signaux de base renvoyés par les cellules siamoises illuminées par les lobes principaux LP_1 à LP_N des diagrammes d'émission et situées dans la zone de réception ZR.

Selon diverses réalisations, le système de réception peut couvrir une zone de réception ZR plus ou moins étendue.

Dans la réalisation illustrée à la figure 1, la zone de réception ZR est limitée à une partie de la zone à surveiller et l'exploration de la zone de réception surveillée est explorée par le système de réception antennaire SRE par un ensemble de Q zones de réception pavant la zone surveillée en totalité. Q systèmes d'équations linéaires sont à résoudre.

Dans la réalisation illustrée à la figure 4, la zone de réception ZR est étendue à toute la zone de réception surveillée. Un seul système d'équations linéaires ($Q=1$) est à résoudre.

Dans la réalisation illustrée à la figure 7, la zone de réception surveillée ZR est réalisée avec un ensemble de diagrammes feuilletés à la réception dont les lobes principaux LP_p d'un seul alternés avec des lobes de rayonnement secondaires sont représentés. Les antennes dans le système de réception peuvent constituer un réseau lacunaire ou un réseau produisant des diagrammes de rayonnement ambigus. Des lobes principaux des diagrammes de rayonnement de réception feuilletés sont sensiblement juxtaposés pour couvrir la zone de réception surveillée, d'une manière analogue à la juxtaposition des lobes principaux des diagrammes d'émission feuilletés montré la figure 4. Cette solution augmente le nombre

Q de systèmes d'équations linéaires, mais réduit le nombre d'inconnues de chaque système d'équations. Les lobes principaux de chaque diagramme d'émission peuvent être en nombre quelconque ou réduit à un
5 seul.

Les dimensions du système de réception antennaire SRE varient en fonction de la solution adoptée.

10 Dans la figure 1, on a représenté une zone de réception ZR dont la dimension est typiquement celle d'un lobe principal de réception d'un système de réception selon la technique antérieure. Dans la figure 4, on dénombre $M = 12$ cellules radars
15 siamoises associées au couple $(SB_n = SB_1, tp)$ dans le quadrant délimité par la figure 4.

Les dimensions de la zone de réception demeurent inchangées, mais la taille des cellules radars selon l'invention est réduite par rapport à la technique
20 antérieure, soit $M \times N = 72$ selon la figure 4. Cette réduction selon l'invention peut atteindre plusieurs centaines.

L'invention fait appel à des signaux de base qui
25 doivent posséder les première et deuxième propriétés d'orthogonalité précitées. Tout signal possédant ces propriétés d'orthogonalité peut être utilisé dans l'invention pour former une famille de signal de base.

30 Le diagramme temporel de la figure 8 montre une deuxième réalisation pour que le système d'émission SEM émette des signaux de base ayant les première et deuxième propriétés d'orthogonalité.

Au début d'un cycle de N périodes, le système
35 d'émission émet un signal de base SB_i de durée T_{sb}

suivi d'un signal nul dont la durée est égale, ou supérieure, au temps de propagation bistatique maximum tp_{max} pour couvrir la zone de réception surveillée. Puis au cours de la période suivante, le système d'émission émet un signal de base SB_2 suivi d'une durée au moins égale à tp_{max} , puis les autres signaux de base séparés temporellement deux à deux d'au moins tp_{max} jusqu'au dernier signal de base SB_N . Un autre cycle d'émissions successives des signaux de base débute ensuite semblable à celui décrit précédemment.

La double condition d'orthogonalité est respectée.

La première orthogonalité est respectée par la séparation temporelle des diagrammes d'émission feuilletés qui sont associés aux signaux SB_1 à SB_N et n'apparaissent qu'à des instants différents, quel que soit l'instant. Le système de réception ne peut recevoir qu'un seul signal de base non nul à la fois. Dans ce cas, les signaux SB_1 à SB_N peuvent être identiques à un même signal qui présente la deuxième orthogonalité.

La deuxième orthogonalité est respectée si chaque signal de base non nul possède cette propriété, c'est-à-dire si ses répliques sont séparables dans le temps. Cette propriété est satisfaite pour un grand nombre de séquences, mais également pour une simple impulsion isolée. Le signal de base non nul SB_1 à SB_N peut être constitué d'une séquence ou d'une suite de séquences identiques ou non, ou d'une impulsion isolée, ou d'une suite d'impulsions isolées.

Outre une réduction importante d'une cellule radar, l'invention procure une amélioration

importante des performances de tout système de
détection, électromagnétique ou acoustique, qui est
confronté au problème de la détection d'une cible
dont la signature doit être extraite d'un signal
5 contenant un fouillis dépendant de la dimension de la
cellule radar du système de détection. L'invention
procure également un gain important quant à la
discrimination spatiale des cibles pouvant être
présentes dans la zone de réception surveillée.

10 L'invention trouve des applications nombreuses
dans tous les systèmes de détection
électromagnétiques tels que les radars, les sonars,
les systèmes de radiolocalisation, les systèmes de
sondage de canaux, les systèmes de radiographie
15 médicale et les systèmes de radiographie industrielle
notamment.

Les avantages offerts sont particulièrement
importants dans les cas où il est impossible, quelle
qu'en soit la raison, de donner aux systèmes
20 antennaires, essentiellement au système de réception
antennaire bien souvent le plus encombrant, des
dimensions qu'il devrait avoir pour atteindre les
résolutions obtenues avec l'invention et qui ne
pourraient être atteintes dans la technique
25 antérieure, qu'au prix de l'accroissement
considérable, d'un facteur de plusieurs dizaines, des
dimensions du système de réception antennaire.

L'invention décrite ici concerne un procédé
30 d'émission et de réception et des systèmes d'émission
et de réception pour émettre des signaux de base
présentant des propriétés d'orthogonalité par des
antennes dans le système d'émission et plusieurs
antennes de réception dans le système de réception
35 pour recevoir les signaux de base. Selon une

implémentation, le procédé d'émission et de réception selon l'invention est déterminé par les instructions de programmes d'ordinateur incorporés dans les systèmes d'émission et de réception. Les programmes
5 comportent des instructions de programme qui, lorsque lesdits programmes sont exécutés dans les systèmes d'émission et de réception dont le fonctionnement est alors commandé notamment par l'exécution des programmes, réalisent le procédé d'émission et de
10 réception selon l'invention.

En conséquence, l'invention s'applique également à des programmes d'ordinateur, notamment des programmes d'ordinateur enregistrés sur ou dans un ou des supports d'enregistrement lisibles par un
15 ordinateur et tout dispositif de traitement de données, adaptés à mettre en œuvre l'invention. Ces programmes peuvent utiliser n'importe quel langage de programmation, et être sous la forme de code source, code objet, ou de code intermédiaire entre code
20 source et code objet tel que dans une forme partiellement compilée, ou dans n'importe quelle autre forme souhaitable pour implémenter le procédé selon l'invention.

Un support d'enregistrement peut être n'importe
25 quelle entité ou dispositif capable de stocker les programmes.

REVENDICATIONS

1 - Procédé pour émettre des signaux de base
(SB_1, SB_N) présentant des propriétés d'orthogonalité
5 par des antennes d'émission (AE_1, AE_S) dans un
système d'émission (SEM) et recevoir les signaux de
base par plusieurs antennes de réception (AR_1, AR_U)
dans un système de réception (SRE), caractérisé en ce
qu'il comprend
10 une formation de diagrammes de rayonnement
d'émission pour émettre respectivement les signaux de
base par toutes les antennes d'émission (AE_1, AE_S),
chaque diagramme de rayonnement d'émission étant
associé à un signal de base respectif (SB_n) à émettre
15 par toutes les antennes d'émission et comprenant des
lobes de rayonnement principaux (LP_1, LP_N) alternés
avec des lobes de rayonnement secondaires (LS), les
lobes de rayonnement principaux des diagrammes de
rayonnement d'émission étant sensiblement alternés et
20 juxtaposés dans l'espace, et
une formation de diagrammes de rayonnement de
réception dans une zone de réception (ZR) afin de
recevoir les signaux de base par chacune des antennes
de réception (AR_1, AR_U), le nombre de diagrammes de
25 rayonnement de réception étant au moins égal au
nombre de cellules ($CES_{n,m}$) qui sont contenues dans la
zone de réception, qui sont couvertes par les lobes
de rayonnement principaux (LP_n) de l'un des
diagrammes de rayonnement d'émission et qui sont
30 situées à une distance bistatique donnée des systèmes
d'émission et de réception.

2 - Procédé conforme à la revendication 1, selon
lequel les signaux de base sont orthogonaux deux à
35 deux.

3 - Procédé conforme à la revendication 1 ou 2, selon lequel chaque signal de base est orthogonal à lui-même décalé temporellement.

5

4 - Procédé conforme à l'une des revendications 1 à 3, comprenant des émissions des signaux de base successives et cycliques.

10

5 - Procédé conforme à l'une des revendications 1 à 4, selon lequel les diagrammes de réception recouvrent la zone de réception (ZR).

15

6 - Procédé conforme à la revendication 5, selon lequel au moins l'un des diagrammes de réception a plusieurs lobes principaux alternés avec des lobes de rayonnement secondaires.

20

7 - Procédé conforme à l'une des revendications 1 à 6, comprenant dans le système de réception (SRE)

des pondérations des signaux captés par les antennes de réception (AR_1, AR_0), le signal capté par une antenne de réception étant pondéré pour produire autant de signaux pondérés que de diagrammes de rayonnement de réception,

25

une discrimination en signal de base et distance bistatique dans l'ensemble des signaux pondérés pour discriminer d'une part des cellules ayant une distance bistatique constante, d'autre part pour une distance bistatique donnée, des cellules associées à l'un (SB_n) des signaux de base discriminables par leurs propriétés d'orthogonalité.

30

8 - Systèmes d'émission et de réception comprenant plusieurs antennes d'émission (AE_1, AE_s)

35

pour émettre des signaux de base (SB_1, SB_N)
présentant des propriétés d'orthogonalité et
plusieurs antennes de réception (AR_1, AR_U) pour
recevoir les signaux de base, caractérisés en ce que

5 le système d'émission (SEM) comprend un moyen
(EM, CPE) pour former des diagrammes de rayonnement
d'émission pour émettre respectivement les signaux de
base par toutes les antennes d'émission (AE_1, AE_S),
chaque diagramme de rayonnement d'émission étant
10 associé à un signal de base respectif (SB_n) à émettre
par toutes les antennes d'émission et comprenant des
lobes de rayonnement principaux (LP_1, LP_N) alternés
avec des lobes de rayonnement secondaires (LS), les
lobes de rayonnement principaux des diagrammes de
15 rayonnement d'émission étant sensiblement alternés et
juxtaposés dans l'espace, et

le système de réception (SRE) comprend un moyen
(CPR) pour former des diagrammes de rayonnement de
réception dans une zone de réception (ZR) afin de
20 recevoir les signaux de base par chacune des antennes
de réception (AR_1, AR_U), le nombre de diagrammes de
rayonnement de réception étant au moins égal au
nombre de cellules ($CES_{n,m}$) qui sont contenues dans la
zone de réception, qui sont couvertes par les lobes
25 de rayonnement principaux (LP_n) de l'un des
diagrammes de rayonnement d'émission et qui sont
situées à une distance bistatique donnée des systèmes
d'émission et de réception.

30 9 - Systèmes d'émission et de réception
conformes à la revendication 8, dans lequel le
système de réception (SRE) comprend

des moyens ($CPR_{1,1}, CPR_{P,U}$) pour pondérer des
signaux captés par les antennes de réception ($AR_1,$
35 AR_U), le signal capté par une antenne de réception

(AR_u) étant pondéré pour produire autant de signaux pondérés que de diagrammes de rayonnement de réception, et

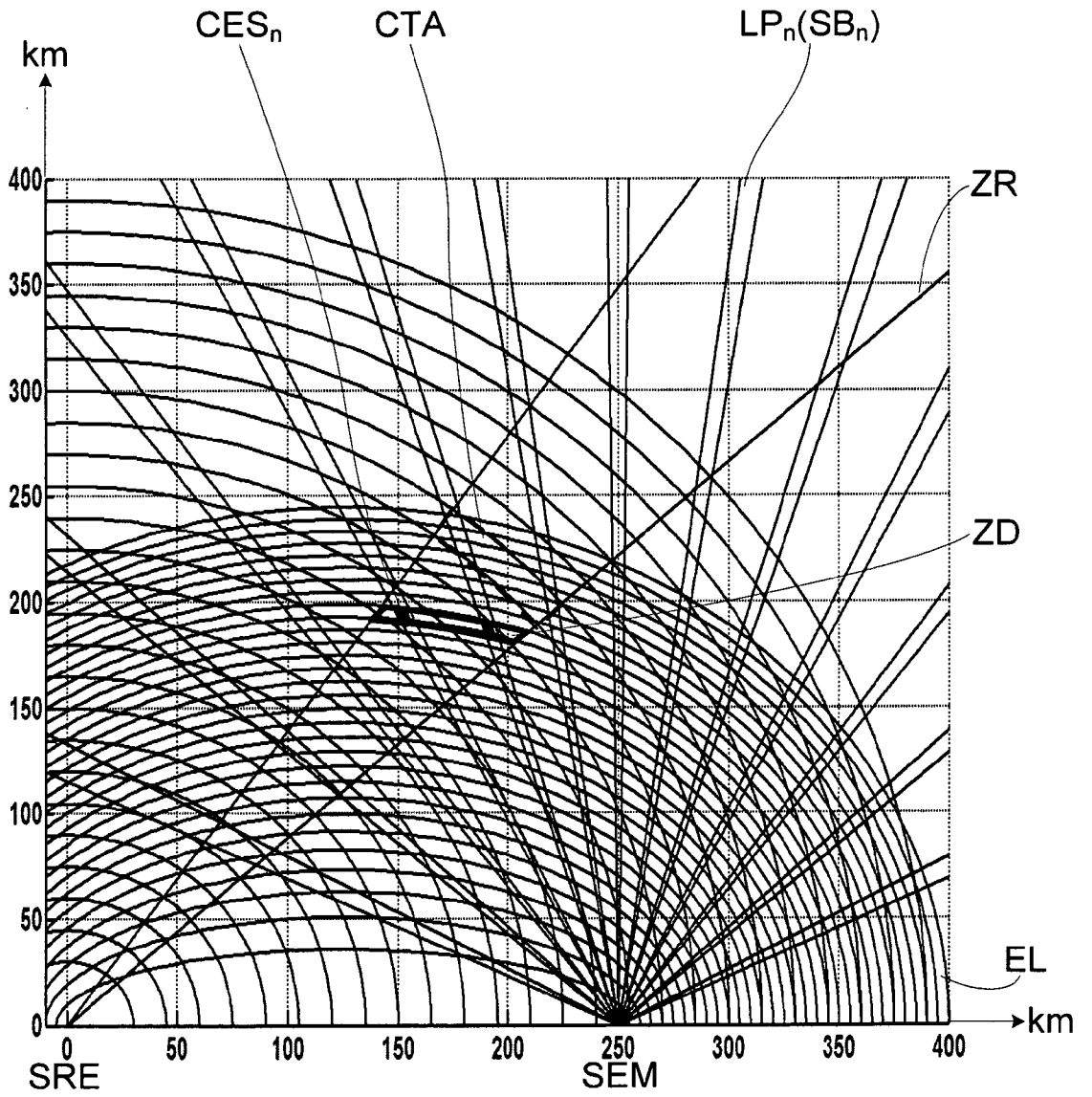
des moyens (DIS_{p,n}) pour discriminer en signal de base et distance bistatique dans l'ensemble des signaux pondérés, d'une part des cellules ayant une distance bistatique constante, d'autre part pour une distance bistatique donnée, des cellules associées à l'un (SB_n) des signaux de base discriminables par leurs propriétés d'orthogonalité.

10 - Programmes d'ordinateur aptes à être mis en œuvre respectivement dans un système d'émission (SEM) comprenant plusieurs antennes d'émission (AE₁, AE_S) pour émettre des signaux de base (SB₁, SB_N) présentant des propriétés d'orthogonalité et dans un système de réception (SRE) comprenant plusieurs antennes de réception (AR₁, AR_U) pour recevoir les signaux de base, lesdits programmes étant caractérisés en ce qu'ils comprennent des instructions qui, lorsque les programmes sont exécutés dans le système d'émission et le système de réception, commandent

une formation de diagrammes de rayonnement d'émission pour émettre respectivement les signaux de base par toutes les antennes d'émission (AE₁, AE_S), chaque diagramme de rayonnement d'émission étant associé à un signal de base respectif (SB_n) à émettre par toutes les antennes d'émission et comprenant des lobes de rayonnement principaux (LP₁, LP_N) alternés avec des lobes de rayonnement secondaires (LS), les lobes de rayonnement principaux des diagrammes de rayonnement d'émission étant sensiblement alternés et juxtaposés dans l'espace, et

une formation de diagrammes de rayonnement de réception dans une zone de réception (ZR) afin de recevoir les signaux de base par chacune des antennes de réception (AR_1, AR_U), le nombre de diagrammes de rayonnement de réception étant au moins égal au nombre de cellules ($CES_{n,m}$) qui sont contenues dans la zone de réception, qui sont couvertes par les lobes de rayonnement principaux (LP_n) de l'un des diagrammes de rayonnement d'émission et qui sont situées à une distance bistatique donnée des systèmes d'émission et de réception.

1/5
FIG. 1



2/5

FIG. 2

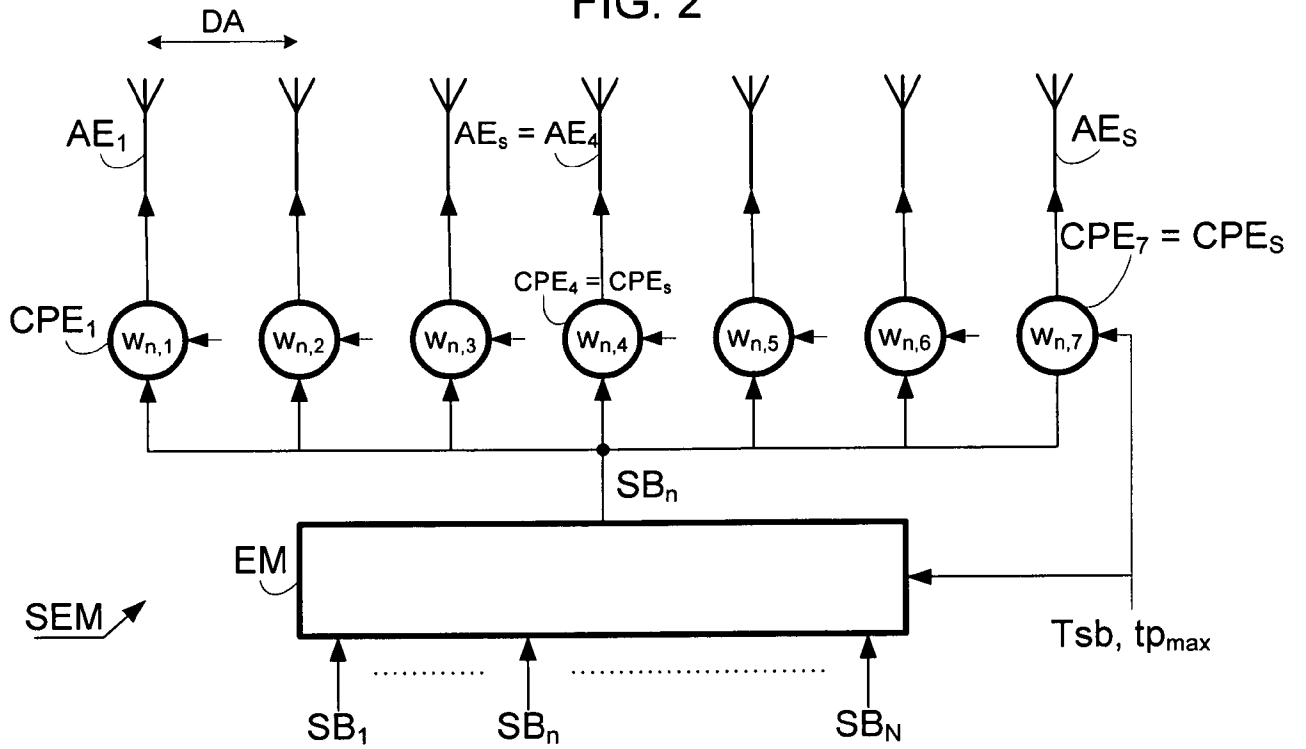
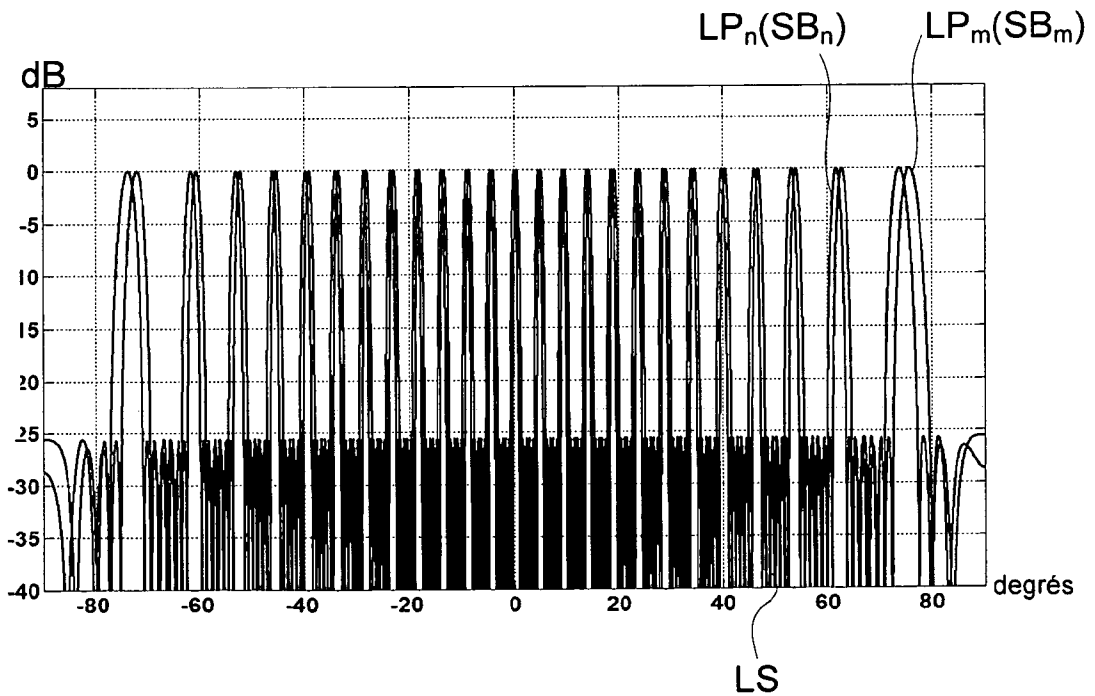
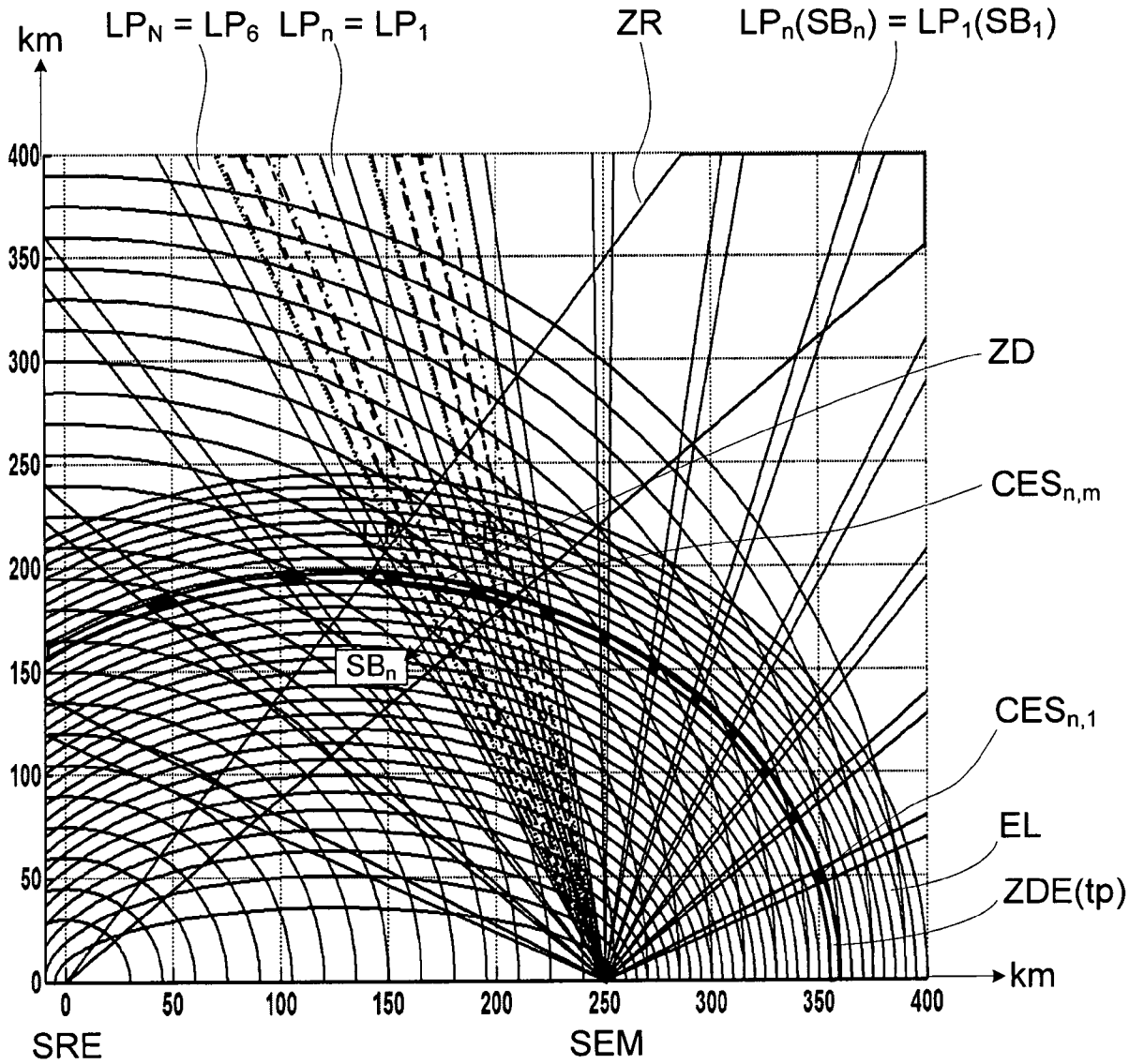


FIG. 3



3/5
FIG. 4



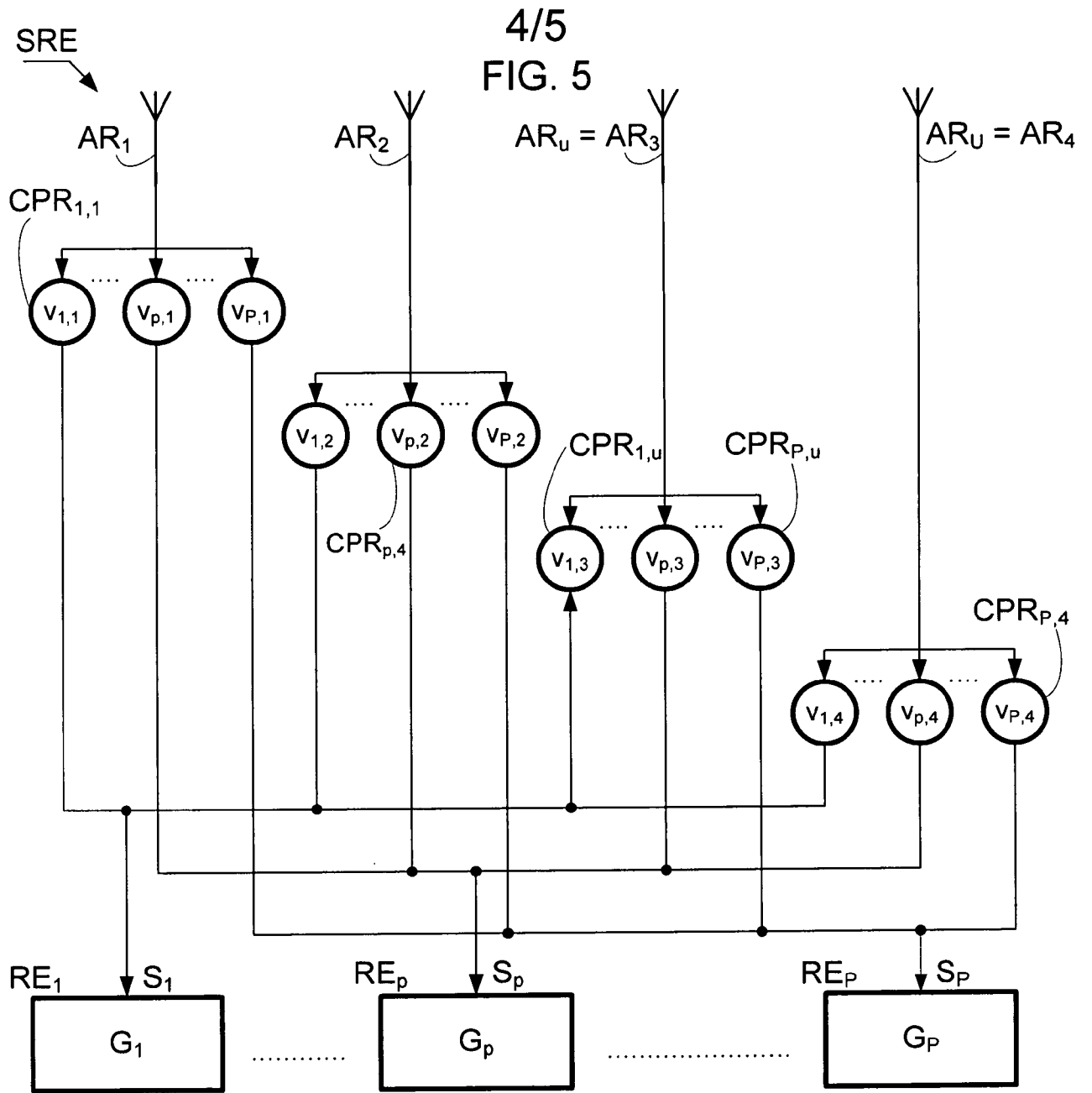
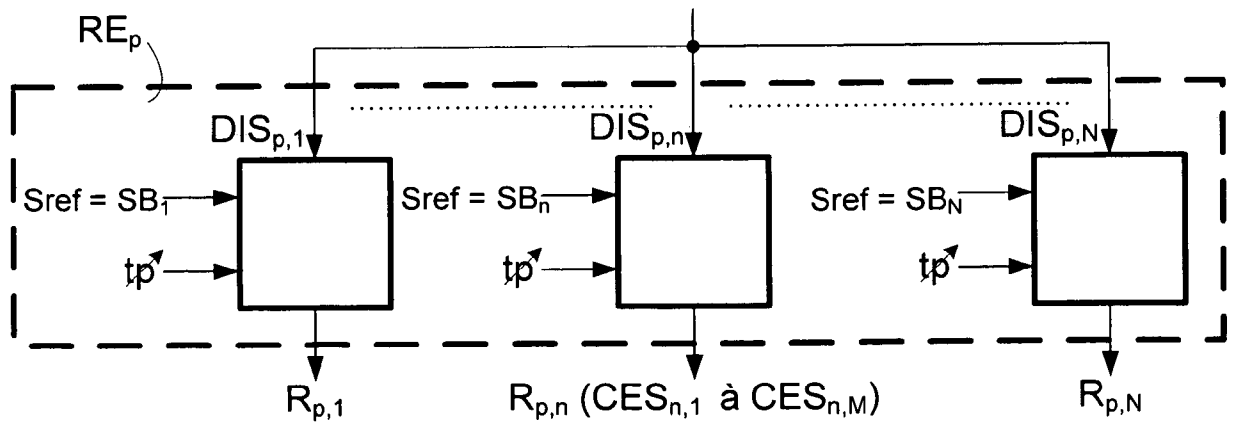


FIG. 6



5/5

FIG. 7

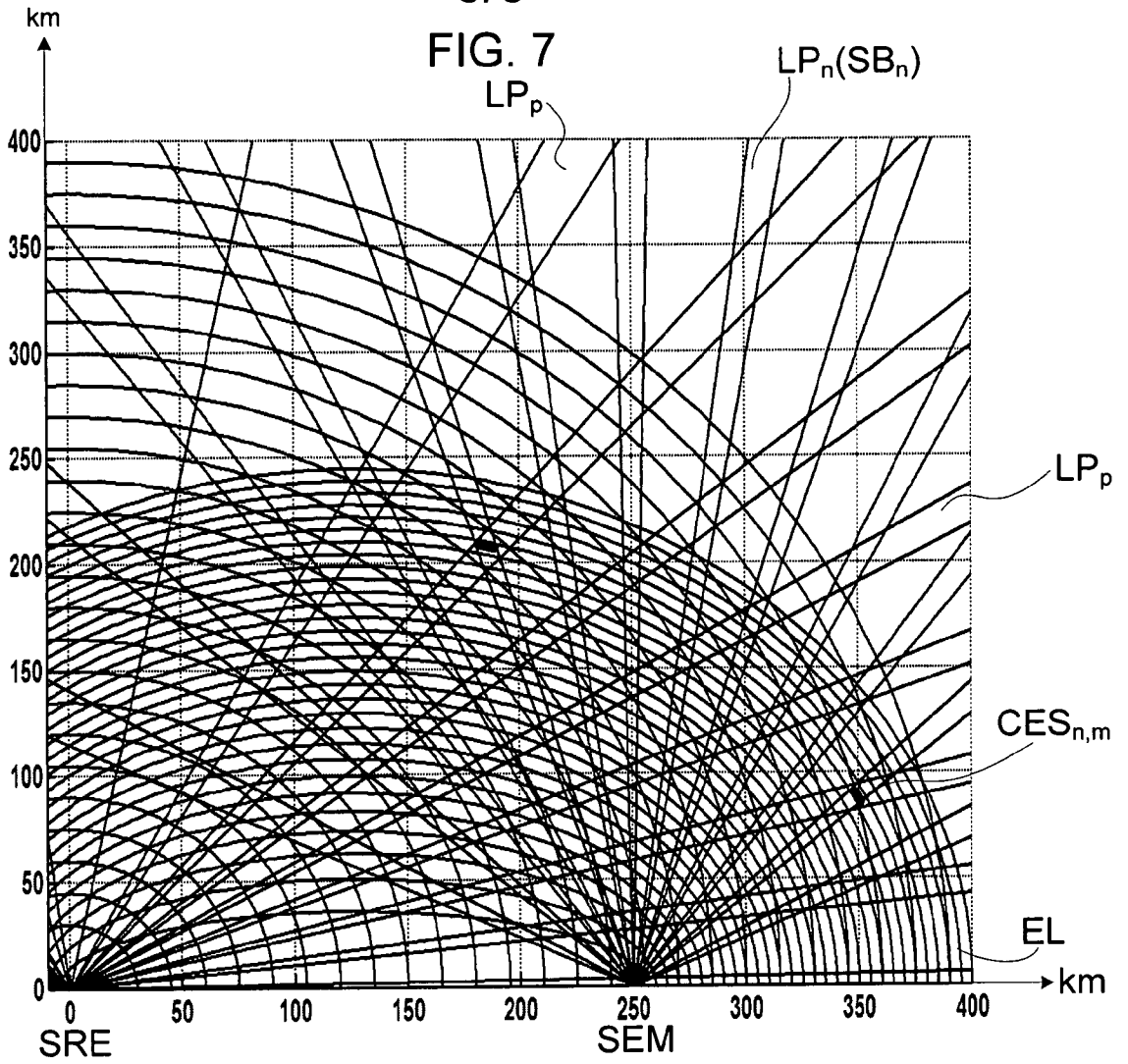
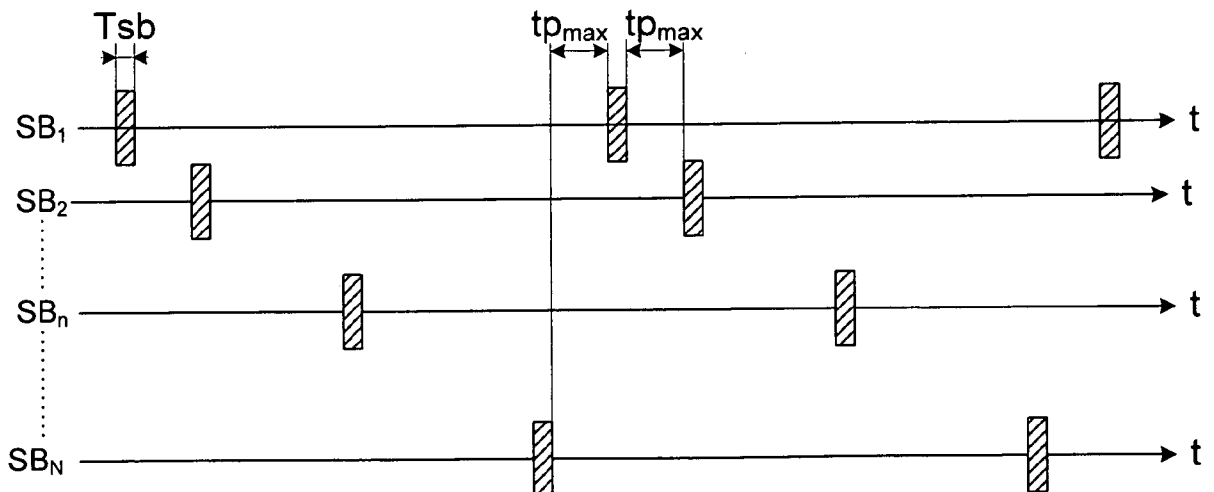


FIG. 8



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2009/058189

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. G01S13/00 G01S13/48 G01S13/28

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
G01S H04Q

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 2007/124460 A (QUALCOMM INC [US]; DONG MIN [US]; GOROKHOV ALEXEI [US]; JI TINGFANG [U] 1 November 2007 (2007-11-01) paragraphs [0030], [0031], [0064] - [0072]; figure 4	1-6,8,10
Y	FR 2 172 188 A (HUGHES AIRCRAFT CO [US]) 28 September 1973 (1973-09-28) page 4, line 31 - page 7, line 21; figures 1-4	1-6,8,10
A	US 3 273 144 A (WILLIAM FISHBEIN) 13 September 1966 (1966-09-13) column 3, line 1 - column 4, line 70; figure 3	1-10
	----- -/--	

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- * & * document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

6 octobre 2009

Date of mailing of the international search report

13/10/2009

Name and mailing address of the ISA/
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Fanjul Caudevilla, J

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2009/058189

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 6 031 485 A (CELLAI LUCA [IT] ET AL) 29 February 2000 (2000-02-29) the whole document -----	1-10
A	US 2003/222778 A1 (PIESINGER GREGORY HUBERT [US]) 4 December 2003 (2003-12-04) paragraphs [0025] - [0044]; figure 1 -----	1-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2009/058189

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 2007124460 A	01-11-2007	CA 2648568 A1	01-11-2007
		CN 101427595 A	06-05-2009
		EP 2008484 A1	31-12-2008
		KR 20090008373 A	21-01-2009
FR 2172188 A	28-09-1973	DE 2306407 A1	30-08-1973
		GB 1405241 A	10-09-1975
		JP 1067031 C	30-09-1981
		JP 48090493 A	26-11-1973
		JP 55049266 B	11-12-1980
		SE 391985 B	07-03-1977
US 3273144 A	13-09-1966	NONE	
US 6031485 A	29-02-2000	DE 69805576 D1	04-07-2002
		DE 69805576 T2	09-01-2003
		EP 0893703 A1	27-01-1999
		IT RM970378 A1	24-12-1998
US 2003222778 A1	04-12-2003	NONE	

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2009/058189

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. G01S13/00 G01S13/48 G01S13/28		
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB		
B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE		
Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) G01S H04Q		
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche		
Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
Y	WO 2007/124460 A (QUALCOMM INC [US]; DONG MIN [US]; GOROKHOV ALEXEI [US]; JI TINGFANG [U] 1 novembre 2007 (2007-11-01) alinéas [0030], [0031], [0064] - [0072]; figure 4 -----	1-6,8,10
Y	FR 2 172 188 A (HUGHES AIRCRAFT CO [US]) 28 septembre 1973 (1973-09-28) page 4, ligne 31 - page 7, ligne 21; figures 1-4 -----	1-6,8,10
A	US 3 273 144 A (WILLIAM FISHBEIN) 13 septembre 1966 (1966-09-13) colonne 3, ligne 1 - colonne 4, ligne 70; figure 3 -----	1-10
-/--		
<input checked="" type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents <input checked="" type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe		
* Catégories spéciales de documents cités:		
A document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent *E* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date *L* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée) *O* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens *P* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée	*T* document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention *X* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément *Y* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier *&* document qui fait partie de la même famille de brevets	
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée	Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale	
6 octobre 2009	13/10/2009	
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale	Fonctionnaire autorisé	
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Fanjul Caudevilla, J	

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2009/058189

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	US 6 031 485 A (CELLAI LUCA [IT] ET AL) 29 février 2000 (2000-02-29) le document en entier -----	1-10
A	US 2003/222778 A1 (PIESINGER GREGORY HUBERT [US]) 4 décembre 2003 (2003-12-04) alinéas [0025] - [0044]; figure 1 -----	1-10

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/EP2009/058189

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 2007124460 A	01-11-2007	CA 2648568 A1	01-11-2007
		CN 101427595 A	06-05-2009
		EP 2008484 A1	31-12-2008
		KR 20090008373 A	21-01-2009
FR 2172188 A	28-09-1973	DE 2306407 A1	30-08-1973
		GB 1405241 A	10-09-1975
		JP 1067031 C	30-09-1981
		JP 48090493 A	26-11-1973
		JP 55049266 B	11-12-1980
		SE 391985 B	07-03-1977
US 3273144 A	13-09-1966	AUCUN	
US 6031485 A	29-02-2000	DE 69805576 D1	04-07-2002
		DE 69805576 T2	09-01-2003
		EP 0893703 A1	27-01-1999
		IT RM970378 A1	24-12-1998
US 2003222778 A1	04-12-2003	AUCUN	