

(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
12 février 2009 (12.02.2009)

PCT

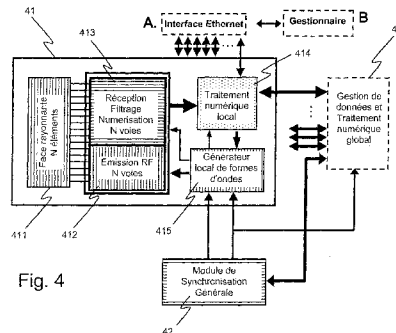
(10) Numéro de publication internationale
WO 2009/019191 A1

- (51) Classification internationale des brevets :
G01S 7/03 (2006.01) G01S 13/44 (2006.01)
- (21) Numéro de la demande internationale :
PCT/EP2008/060068
- (22) Date de dépôt international : 31 juillet 2008 (31.07.2008)
- (25) Langue de dépôt : français
- (26) Langue de publication : français
- (30) Données relatives à la priorité :
07/05709 3 août 2007 (03.08.2007) FR
- (71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) :
THALES [FR/FR]; 45 rue de Villiers, F-92200 Neuilly
sur Seine (FR).
- (72) Inventeur; et
- (75) Inventeur/Déposant (pour US seulement) : EL-
LEAUME, Philippe [FR/FR]; 9 Allée des Maraichers,
F-91370 Verrieres le Buisson (FR).
- (74) Mandataire : LUCAS, Laurent; Marks & Clerk France,
Conseils en Propriété Industrielle, Immeuble "Visium", 22,
avenue Aristide Briand, F-94117 Arcueil Cedex (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,
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, PG, PH, PL, PT,
RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ,

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: MODULAR RADAR ARCHITECTURE

(54) Titre : ARCHITECTURE RADAR MODULAIRE



- Fig. 4
- A... Ethernet interface
B... Manager
411... Radiating face with N elements
413... Reception filtering digitization N pathways
412... RF emission N pathways
414... Local digital processing
415... Local generator of waveforms
42... General synchronization module
43... Data management and global digital processing

(57) Abstract: The present invention relates to the field of active electronic scanning radars. It proposes an architecture for radar with active antenna, based on a functional unit, the elementary radar unit. The elementary radar unit embraces all the functions required to generate N independent radar pathways. In this regard it comprises a radiating face with N radiating elements and means for independently generating the radar wave emitted by each of the radiating elements and all the functions for performing reception and waves picked up by this radiating element, as well as digitization of the video signal obtained after reception. It furthermore comprises local digital processing means making it possible to jointly process the digitized signals coming from N pathways. The association of M elementary radar units with a general synchronization module and a global digital processing module advantageously makes it possible to construct a truly modular radar, the configuration of which can evolve, in particular as a function of the evolution of the functions assigned to the radar considered.

(57) Abrégé : La présente invention concerne le domaine des radars à balayage électronique actif. Elle propose une architecture pour radar à antenne active, basée sur une unité fonctionnelle, l'unité radar élémentaire. L'unité radar élémentaire regroupe l'ensemble des fonctions nécessaire pour générer N voies radar indépendantes. A

[Suite sur la page suivante]



WO 2009/019191 A1



TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

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).

(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, MT, NL,

Publiée :

- avec rapport de recherche internationale
- avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues

ce titre elle comporte une face rayonnante avec N éléments rayonnants et des moyens pour générer de manière indépendante l'onde radar émise par chacun des éléments rayonnants et l'ensemble des fonctions pour effectuer la réception et des ondes captées par cet élément rayonnant, ainsi que la numérisation du signal vidéo obtenu après réception. Elle comporte en outre des moyens locaux de traitement numériques permettant de traiter conjointement les signaux numérisés provenant de N voies. L'association de M unités radar élémentaires avec un module de synchronisation général et un module global de traitement numérique permet avantageusement de constituer un radar réellement modulaire, dont la configuration peut évoluer, notamment en fonction de l'évolution des fonctions assignée au radar considéré.

Architecture radar modulaire

La présente invention se rapporte aux architectures radar. Elle concerne plus particulièrement l'architecture des radars à balayage électronique, comportant une antenne capable d'explorer un domaine de l'espace en gisement et en site par balayages électronique d'un ou plusieurs
5 faisceaux pilotés numériquement.

Que ce soit dans le domaine de la détection radar SOL/AIR ou dans celui de la détection MER/AIR, les exigences opérationnelles actuelles poussent à la réalisation d'équipements radars multimissions. Par radars
10 multimissions" on entend généralement des radars capables de réaliser plusieurs types de fonctions durant une même phase de fonctionnement (veille détection, poursuite) la fonction réalisée pouvant être différente suivant la portion de l'espace considérée. On entend également des radars capables de réaliser en des instants différents, sur commande, des missions
15 différentes ou d'assumer des rôles différents au sein d'une structure de surveillance plus vaste. Disposer d'un radar multimission permet tout à la fois de réduire le nombre de radars nécessaires aux besoins opérationnels, et d'augmenter les performances opérationnelles des systèmes mis en oeuvre.

La notion de radar multimission est par ailleurs, de manière connue,
20 intimement liée à la notion de balayage électronique, fonctionnalité qui peut être mise en œuvre aussi bien dans le cadre d'une antenne tournante que d'une antenne fixe. Dans les deux cas, les besoins de souplesse dans la gestion de l'espace et du temps, besoins qui caractérisent les radars multi-missions, demandent de disposer, au minimum, de moyens pour réaliser un
25 balayage électronique selon deux plans, un plan horizontal (balayage en gisement ou azimuth) et un plan vertical (balayage en site ou élévation). Pour certaines applications particulières, la recherche du caractère multimission conduit à développer des équipements radars possédant la capacité de former de manière simultanée plusieurs faisceaux d'observation pointés dans
30 des directions différentes de l'espace et généralement destinés à l'exécution de tâches différentes. On peut ainsi avec un même équipement réaliser simultanément des missions de surveillance du domaine aérien, de surveillance du domaine terrestre, de poursuite de cibles et/ou de guidage de

projectiles ou d'aéronefs. Cette approche est rendue par ailleurs envisageable grâce aux progrès technologiques réalisés dans le domaine de l'émission hyperfréquence à "Etat Solide", c'est à dire de l'émission à partir de modules d'émission à semi-conducteurs. La miniaturisation de tels composants, ainsi que la forte amélioration des rendements énergétiques rend à l'heure actuelle tout à fait possible la mise en œuvre d'antennes actives constituées d'éléments rayonnants répartis sur une surface donnée, chaque élément rayonnant étant alimenté par un module actif séparé, de sorte que l'équipement radar dispose d'un émetteur par source spatialement indépendante. Le ou les faisceaux d'observations sont alors par suite formés par combinaison spatiale des faisceaux élémentaires formés par tout ou partie des sources constituant l'antenne globale. Une telle technologie est à ce jour tout à fait réalisable, tant au niveau technique qu'économique, pour la réalisation d'antennes à balayage électronique, en particulier pour des équipements fonctionnant dans les bandes centimétriques (L, S, C et X). Par suite la conception d'un radar multimission en Bande centimétrique inclut naturellement la mise en œuvre d'une antenne active à balayage électronique 2 plans.

Si les progrès technologiques rendent abordable la conception d'équipements radars multi-missions, ces équipements restent néanmoins relativement plus coûteux, notamment à la conception, que des équipements radars plus classiques, tels que des radars à antennes tournantes conventionnelles pour lequel le balayage électronique est par exemple réalisé selon un seul plan, le plan vertical (balayage en site ou élévation), le balayage selon le plan horizontal (balayage en gisement ou azimut) étant réalisé par la rotation de l'antenne. Ce différentiel de coût est en outre rendu plus sensible du fait qu'à l'heure actuelle, la réalisation d'un radar multimission passe par une étape de définition originale spécifiquement adapté aux rôles opérationnels dévolus au radar considéré, aucune structure n'étant proposée qui permette de développer sur une même base conceptuelle différents modèles de radars multi-missions. En particulier, la définition d'un nouveau radar, passe généralement par la définition d'une nouvelle antenne spécifiquement adaptée aux besoins, ainsi que par celle de l'interconnexion de cette antenne avec les différents sous-ensembles

chargés notamment de la synthèse du signal émis et de la démodulation du signal capté par cette antenne.

Un but de l'invention est de proposer un moyen permettant de simplifier la conception des radars multissions basés sur la mise en œuvre d'antennes à balayage électronique actives. Un autre but est de permettre la réalisation de radars dont les capacités opérationnelles peuvent être modifiées sans modification physique. Un autre but encore est de permettre la réalisation de radars évolutifs pouvant intégrer de nouvelles fonctions non incluses dans la définition initiale et dont les différentes fonctions peuvent être mises à jour sans qu'il soit nécessaire de modifier d'un point de vue matériel les sous-ensembles et/ou les interfaces entre les différents sous-ensembles.

A cet effet l'invention a pour objet une architecture radar modulaire, caractérisée en ce qu'elle comporte une pluralité d'unités radar élémentaires identiques mis en parallèle, chaque unité comportant elle-même:

- une surface rayonnante standard comportant N éléments rayonnants, apte à rayonner et à capter des ondes hyperfréquence,
- des moyens d'émission et de détection hyperfréquence, pour générer et transmettre aux éléments rayonnants une onde hyper fréquence de forme et de puissance données ainsi que pour amplifier les ondes hyperfréquence captées par les éléments rayonnants,
- des moyens de réception pour effectuer la transposition en bande vidéo des ondes hyperfréquence captées et la numérisation des signaux vidéos obtenus,
- des moyens de traitement numérique, pour effectuer le conditionnement des signaux numériques fournis par les moyens de réception;
- des moyens de synthèse des signaux hyperfréquence associés à un générateur de formes d'ondes piloté numériquement.

les moyens de synthèse des signaux hyperfréquence, les moyens d'émission et les moyens de réception étant constitués chacun de N dispositifs indépendants agencés pour former, avec les N éléments rayonnants, N voies indépendantes; les moyens de traitement et les moyens de synchronisation étant communs à l'ensemble des voies.

Dans une forme de réalisation préférée l'architecture selon l'invention, comporte également:

- une pluralité d'unités radar élémentaires selon l'invention
 - 5 - un sous-ensemble chargé de la synchronisation générale de la structure, fournissant à chaque sous-ensemble un jeu de signaux de référence identique,
 - un sous-ensemble de traitement numérique global chargé de réaliser le traitement des signaux conditionnés fournis par chacune des unités radar
 - 10 élémentaires,
- Les différents sous-ensembles étant reliés entre eux par une structure appropriée d'échange de données et de signaux.

Les caractéristiques et avantages de l'invention seront mieux
15 appréciés grâce à la description qui suit, description qui expose en particulier l'invention au travers d'applications particulières prises comme exemple non limitatif et qui s'appuie sur les figures annexées, figures qui représentent:

- la figure 1, un synoptique précisant la décomposition en zones
- 20 fonctionnelles d'un radar à antenne à balayage électronique passive classique,
- la figure 2, un synoptique précisant la décomposition en zones fonctionnelles d'un radar à antenne active,
- la figure 3, un synoptique précisant la décomposition en zones
- 25 fonctionnelles d'un radar défini à partir de l'architecture selon l'invention,
- la figure 4, Un schéma synoptique permettant de présenter les différents types de sous-ensembles constituant l'architecture selon l'invention,
- la figure 5, un schéma synoptique présentant la structure d'un
- 30 équipement radar conçu à partir de l'architecture selon l'invention;
- les figures 6 et 7, des illustrations relatives à un premier exemple de mise en œuvre de l'architecture selon l'invention,
- la figure 8, une illustration relative à un deuxième exemple de mise en œuvre de l'architecture selon l'invention,
- 35 - les figures 9 et 10, des illustrations relatives à un troisième exemple

de mise en œuvre de l'architecture selon l'invention.

On s'intéresse dans un premier temps à la figure 1.

Comme il a été dit précédemment, un des défis proposés
5 actuellement aux concepteurs de systèmes radars, consiste à trouver les
moyens pour concevoir des architectures en mesure de subir, pour des coûts
les plus bas possible, des évolutions à la fois fonctionnelles et
technologiques. Ces évolutions consistent par exemple dans le
remplacement de sous-ensembles existants par des sous-ensembles
10 réalisant des fonctions similaires de manière plus performantes ou encore
par des sous-ensembles réalisant des fonctions identiques mais dont le coût
de fabrication et/ou l'encombrement sont plus réduits. Ces évolutions
passent encore par l'ajout de fonctions additionnelles non présentes dans
l'équipement d'origine. Dans tous les cas, du fait bien souvent de leur degré
15 de sophistication, l'évolution de ces systèmes radars passent généralement,
entre autres choses, par des modifications importantes des éléments
d'infrastructure essentiels que constituent les interfaces. Si bien qu'un
système radar est généralement assez peu évolutif, toute évolution de la
technologie, des fonctionnalités ou des performances, se traduisant par une
20 restructuration plus ou moins importante du système. L'illustration de la
figure 1 permet de bien évaluer les causes de cet état de fait dans le cadre
d'un radar à balayage électronique passif.

La structure générale de ce type de radar, bien connue de l'homme du
métier, n'est pas détaillée ici. On constate simplement ici, qu'il est possible
25 de classer les sous-ensembles constitutifs d'un tel radar en trois classes
structurelles:

- La classe A, regroupant les sous-ensembles fonctionnels qui
sont naturellement parallélisables et présents en grand nombre dans chaque
radar;
- 30 - La classe C, regroupant des sous-ensembles fonctionnels
intégrés dans une structure commune;
- la classe B, des sous-ensembles fonctionnels ne pouvant être
classés ni dans la classe A, ni dans la classe B.

35 Dans la classe A on trouve en particulier les sous-ensembles

permettant de rayonner ou de capter les ondes électromagnétiques. Dans le cas d'un radar à balayage électronique pourvu d'une antenne passive, il s'agit par exemple des sous-ensembles 11 comportant l'ensemble des éléments permettant à un élément rayonnant 12, ou un ensemble d'éléments rayonnants formant une source rayonnante, constituant l'antenne de rayonner l'onde électromagnétique générée par l'émetteur 13 ainsi que ceux permettant de transmettre au récepteur 14 les ondes électromagnétiques captées par l'élément rayonnant 12. Un tel sous-ensemble 11 est considéré comme naturellement parallélisable en ce sens que son intégration au système est réalisée en le raccordant aux entrées/sorties du système prévues à cet effet; l'ajout ou la suppression d'un module de ce type pour modifier le fonctionnement global du système étant sans incidence sur le fonctionnement intrinsèque des autres sous-ensembles de même type.

La Classe C est principalement constituée des sous-ensembles fonctionnels numériques, réalisant des fonctions de traitement des signaux reçus après numérisation ou de traitement et de gestion de données numériques, fonctions qui sont implémentés par des machines numériques de traitement "multinœud" capables d'effectuer des opérations diverses, connues de l'homme du métier, telles que la compression d'impulsion, le filtrage doppler 16, la gestion des formes d'ondes etc... Par "nœud" (i. e. "nœud de traitement") on entend ici un processeur, mono ou multinoyau (ou "core" selon la dénomination anglo-saxonne), avec sa mémoire externe (SRAM et/ou DRAM) et ses liens de communication avec le ou les réseaux de communication internœuds permettant aux différents nœuds de la machine d'échanger des informations Le nombre et la taille des machines mises en œuvre dépendent essentiellement du nombre du type de fonctions réalisées ainsi que la capacité de calcul de ces machines. L'ajout ou la suppression de tels sous-ensembles fonctionnels se fait donc par activation ou désactivation de routines de calcul et/ou adjonction de nœud de traitement. Cette opération est généralement sans incidence sur l'architecture intégrant les machines utilisées, pour peu que celle-ci présente la souplesse nécessaire.

La classe B quant à elle, constitue pour les radars développés

actuellement la partie du système présentant le moins de dispositions pour subir des évolutions sans requérir des remaniements importants. Les machines de la classe B sont en outre des machines qui remplissent des fonctions plus spécifiques de chaque radar conçu. On y compte en particulier
5 tous les sous-ensembles fonctionnels analogiques tels que les synthétiseurs 17 dont la fonction consiste, de manière générale, à fournir aux autres sous-ensembles des signaux de synchronisation et des signaux d'horloge, signaux généralement spécifiques au sous-ensemble auxquels ils sont destinés. On y compte également les sous-ensembles émetteur 13 et récepteur 14 ou
10 encore le sous-ensemble 18 chargé du conditionnement climatique du système.

Un tel de système radar, comportant un nombre important de sous-ensembles fonctionnels de la classe B, est donc, par nature, peu évolutif, de
15 sorte que, par exemple, deux radars présentant des caractéristiques fonctionnelles distinctes ne peuvent être conçus à partir d'une même structure matérielle, et ce, même s'ils présentent des fonctionnalités de base identiques. Leur réalisation fait appel à des équipements matériels distincts (émetteur, récepteur, module de génération des signaux de synchronisation,
20 ou encore structure d'interconnexion par exemple) personnalisés et propre à chaque système et donc non interchangeables.

On considère ensuite la figure 2 qui présente la répartition, dans les trois classes structurelles définies précédemment, des différents sous-ensembles constitutifs d'un radar à balayage électronique à antenne active
25 tel qu'il peut être développé actuellement.

Comme l'illustre la figure, de tels radars sont généralement conçus en en partant d'une simple adaptation des architectures développées pour réaliser des radars à balayage électronique à antenne passive. La proportion
30 de sous-ensembles appartenant à la classe B y reste donc importante, comme l'illustre la figure. De fait, pour développer un radar à balayage électronique à antenne active, on se contente généralement de modifier la chaîne d'émission en remplaçant l'émetteur unique 13 (par exemple un tube électronique de puissance) et le circuit 19 de distribution de l'onde
35 hyperfréquence vers les éléments rayonnants 22, par des circuits émetteurs

23 à semi-conducteurs (émetteurs à état solide) localisés au niveau de chaque source rayonnante 21. En revanche, en ce qui concerne le reste de l'architecture, rien n'est modifié.

5 Ce type de démarche présente l'avantage immédiat de limiter les risques technologiques courus lorsque l'on décide de concevoir un radar à antenne active. Dans la mesure où la structure utilisée reste très proche de celle d'un radar à antenne passive, on limite en outre les coûts de développement à la part de développement nécessaire pour intégrer de nouvelles sources rayonnantes comportant chacune un module d'émission.

10 Cette démarche accroît en outre, de manière naturelle, le nombre de sous-ensembles appartenant à la Classe A des modules à parallélisation naturelle en y intégrant les modules participant à l'émission. La puissance émise devient ainsi une caractéristique modulable, puisque fonction proportionnelle au nombre de voies d'émission implémentées.

15 En revanche, une telle démarche ne permet pas en elle-même d'envisager la parallélisation des fonctions de réception.

On s'intéresse ensuite à la figure 3, qui présente le concept d'architecture selon l'invention. Comme l'illustre la figure, le principe d'architecture proposé consiste, en particulier, à intégrer à chacune des sources rayonnantes 31, non seulement les éléments nécessaires pour générer un signal d'émission (circuit émetteur 33, déphaseur 35) mais également les éléments nécessaires pour effectuer la démodulation des signaux captés (circuit récepteur 34), ainsi que les éléments 36, 37 et 38 permettant de numériser les signaux reçus et d'effectuer sous forme numérique les opérations de conditionnement de ces signaux. Par suite, chaque sous-ensemble 31 constitue un ensemble autonome qui intègre l'ensemble des moyens permettant le rayonnement et la capture d'ondes hyperfréquences mais également les moyens pour générer, démoduler et conditionner ces ondes. De la sorte les éléments des classes A et C deviennent prépondérants dans l'architecture radar, tandis que les éléments de la classe B sont en nombre strictement limité, et peuvent être rendus génériques pour une Bande Radar donné. On obtient ainsi une structure radar avantageusement constituée d'une association de sous-ensembles indépendants pouvant être configurés de manière séparée et agencés de

20
25
30
35

façon à réaliser les fonctions opérationnelles désirées.

On s'intéresse ensuite à la figure 4, qui présente un schéma de principe présentant les différents types de sous-ensembles définissant une architecture radar selon l'invention. L'architecture est ici présentée d'une manière partielle, en s'intéressant aux sous-ensembles chargés d'assurer les fonctions relatives à l'émission, à la réception, à la synthèse locale des principaux signaux de synchronisation, à la synthèse de la forme d'onde émise et au traitement du signal radar, objets de l'invention revendiquée ici.

Les sous-ensembles situés en aval de ces sous-ensembles, qui sont en particulier chargés du traitement des données élaborées à partir des signaux reçus (gestion globale du système, extraction, pistage, calculateur de mission, etc...) ne sont ici, pour des raisons de clarté, pas représentés.

L'architecture radar selon l'invention comporte principalement:

- un premier type 41 de sous-ensemble, ou "Building-Block" selon la terminologie anglo-saxonne, consistant en une unité radar élémentaire, ou mini-radar;
- un second type 42 de sous-ensemble consistant en un générateur de signaux destinés à une synchronisation d'ensemble,
- un troisième type 43 de sous-ensemble, consistant en une ou plusieurs machines parallèles de traitement du signal (calculateurs).

Le premier type de sous-ensemble 41, unité radar élémentaire, comporte principalement:

- une face rayonnante 411 comportant N éléments rayonnants montés sur une structure porteuse (substrat),
- N circuits hyperfréquence 412, ou TR modules, comportant chacun un dispositif émetteur à Etat Solide associé à un déphaseur hyperfréquence, ainsi qu'une tête de réception hyperfréquence comportant elle-même un dispositif amplificateur et limiteur à faible bruit,
- N modules récepteurs 413 comportant également un circuit de numérisation du signal vidéo,
- un module 414 de traitement numérique local des signaux reçus, après numérisation. Ce dispositif permet notamment de conditionner les signaux reçus par les différents éléments de la face rayonnante. Par

conditionnement on entend, entre autres opérations, la combinaison avec les amplitudes et les phases voulues, après numérisation, des signaux captés par les éléments rayonnant constituant la face rayonnante, combinaison permettant de constituer un ou plusieurs faisceau primaire de réception dans
5 la ou les direction(s) souhaitée(s).

- un module 415, générateur local de forme d'onde et de synchronisation, dont le rôle est de synthétiser l'ensemble des signaux de synchronisation et signaux analogiques de référence à partir des signaux communs générés par le sous-ensemble unique 42

10 Ce premier sous-ensemble 41 comporte ainsi à lui seul l'ensemble des ressources nécessaires pour émettre et recevoir une onde hyperfréquence sur N voies. Il comporte également les ressources pour traiter les ondes reçues sur l'ensemble des N voies et, entre autres opérations, combiner entre elles les différentes voies pour former différents
15 faisceaux pouvant être pointés dans différentes directions. C'est pourquoi il est défini ici comme une unité radar élémentaire à balayage électronique actif, indépendante, ou mini-radar.

Avantageusement, le fait d'intégrer directement dans ce mini radar une machine parallèle banalisée accroît considérablement la genericité du
20 mini-radar. Cette structure originale constitue une caractéristique essentielle de la structure selon l'invention.

Le deuxième type de sous-ensemble 42, module de synchronisation générale, comporte l'ensemble des moyens permettant de faire fonctionner de manière coordonnée plusieurs sous-ensembles 41, c'est à dire d'associer
25 dans leur fonctionnement plusieurs unités radar élémentaires, de façon à constituer un système radar plus important. A cet effet il comporte des moyens pour synthétiser, d'une part de des signaux de synchronisation de haut niveau, et d'autre part de synthétiser un ou plusieurs oscillateurs locaux de référence. Selon l'invention, ces signaux génériques de référence sont
30 avantageusement identiques pour tous les sous-ensembles auxquels ils sont fournis. Les signaux de synchronisation particuliers, nécessaires au fonctionnement individuel de chacune des unités élémentaires 41, sont quant à eux synthétisés localement au niveau des unités à partir des signaux de synchronisation fournis par le sous-ensemble 42.

Selon l'invention, les signaux de synchronisation générale sont distribués aux différents sous-ensembles par l'intermédiaire de liaisons 421 point à point (électriques, optiques, etc..).

Le troisième type de sous-ensemble 43, module de gestion de données et de traitement numérique global) comporte une ou plusieurs machines parallèles numériques (calculateurs), agencées de façon à pouvoir effectuer l'ensemble des opérations de traitement numérique des signaux délivrés par les unités radar élémentaires 41 ainsi que de façon à pouvoir élaborer et délivrer à ces mêmes unités radar élémentaires les informations, les commandes, nécessaires à chaque unité pour déterminer son mode de fonctionnement propre.

Dans un mode de fonctionnement préféré, les dispositifs 414 de traitement numérique local, localisés au niveau des unités radar élémentaires 41 et le module 43 coopèrent selon le principe général suivant:

Chaque module 414 de traitement numérique local effectue principalement le traitement et l'association des données numérique correspondant au N voie de réception que compte l'unité radar élémentaire auquel il appartient. Cette association a pour objet de combiner les données numériques des différentes voies de réception pour former un nombre donné M de faisceaux pointant différentes directions de l'espace; la formation numérique de faisceaux procédant de techniques connues de l'homme du métier et non développées ici. Ce faisant, on diminue de manière incidente le débit des données produites en sortie de traitement.

Ces données sont ensuite transmises par chaque module 414 au module 43 de traitement global qui recombine les données issues des différentes unités radar élémentaires pour former un ou plusieurs faisceaux globaux représentant le signal globalement reçu par le radar dans une direction donnée. Par suite les données recombinaées formant chaque faisceau global sont traitées séparément par les méthodes classiques de traitement des signaux radars.

Il est à noter que suivant la configuration fonctionnelle retenue la répartition des tâches de traitement numérique des signaux reçus entre les modules de traitements locaux 414 et le module de traitement global 43, peut varier d'une configuration à l'autre de façon à optimiser la charge de calcul

global et par suite le temps de traitement et le nombre d'unités de calcul utilisées.

Selon l'invention, l'architecture de ce troisième type 43 de sous-ensemble est défini de façon à ce que la capacité globale de calcul du sous-ensemble (building block) puisse être modulée par simple ajout ou retrait d'un ou plusieurs nœuds de traitement sans qu'il soit nécessaire de retoucher aux interfaces entre les différents sous-ensembles (building blocks). A cet effet, la mise en oeuvre des différents calculateurs est réalisée de façon à ce qu'une opération contribuant à la réalisation d'une opération plus générale de traitement puisse être effectuée par l'une ou l'autre machine en fonction de la composition exacte du sous-ensemble 43, l'exécution d'une fonction pouvant ainsi avantageusement être répartie sur l'ensemble des machines présentes dans le sous-ensemble pour une configuration donnée.

15 Selon l'invention les données numériques 431 en provenance ou à destination des autres sous-ensembles, sont véhiculées par un bus de communication dédié.

On s'intéresse ensuite à la figure 5.

20 Les trois types de sous-ensembles constituant l'architecture selon l'invention permettent avantageusement, à eux seuls, de constituer des structures radar correspondant à des besoins opérationnels variés et ayant à cet effet des caractéristiques fonctionnelles données, en terme de précision angulaire et de porté par exemple. Il convient pour cela comme l'illustre schématiquement la figure 5, d'associer le nombre voulu de structures radar élémentaires (mini-radars) 41 en assemblant notamment les unes avec les autres les faces rayonnantes en les agençant sur une structure mécanique d'accueil 51 de façon à constituer une antenne globale ayant la géométrie voulue. Il convient également d'ajouter généralement un seul sous-ensemble

30 43 destiné à réaliser le traitement global des signaux fournis par les structures radar élémentaires 41, ainsi qu'un seul sous-ensemble 42 destiné à fournir les signaux de synchronisation générale.

Le fonctionnement général d'ensemble nécessite bien entendu que l'architecture selon l'invention soit supportée par un ensemble de liaisons de données numériques symbolisées par l'ensemble des flèches en traits

35

continus 52 et un ensemble de liaisons de synchronisation symbolisées par l'ensemble des flèches en traits discontinus 53. Ces deux ensembles forment la structure d'échange nécessaire à la synchronisation du fonctionnement des différentes unités radar élémentaires 41 et au traitement conjoint des données fournies par ces différentes unités. Cette structure dessert
5 avantageusement tous les sous-ensembles de la même façon.

Cette structure d'échange de données numérique, de signaux analogiques de référence (oscillateurs locaux) et de signaux de synchronisation, peut bien évidemment être mise en œuvre de différentes
10 façons, tant du point de vue de la réalisation technique que du point de vue de l'organisation matérielle des échanges et que du point de vue des protocoles d'échanges mis en œuvre. Les conditions requises à sa conception sont simplement celles liées à la nécessité de conserver à l'architecture selon l'invention un caractère hautement évolutif. En particulier
15 la structure d'échange doit permettre d'intégrer un nombre variable d'unités radar élémentaires et de rendre complètement paramétrable le mode de fonctionnement de chacune de ces unités et de fournir au module 42 les informations nécessaires pour exploiter les données fournies par chacune des unités radar élémentaires 41 en tenant compte de la manière dont est
20 configurée chacune des unités. Un exemple d'une telle structure d'échange, formée principalement par une distribution de données synchrones en topologie étoile, et un système de communication de type "full duplex" point à point, asynchrone, est notamment décrite dans la demande de brevet français déposée par la demanderesse et intitulée "Architecture radar
25 générique", demande publiée le 15/12/2006 sous la référence FR2887096.

Ainsi, l'architecture radar selon l'invention, telle que décrite dans les paragraphes précédents, se présente donc comme une architecture modulaire dans laquelle les éléments caractéristiques que constituent les
30 unités radar élémentaires 41 fonctionnent avec un haut degré d'autonomie les unes par rapport aux autres, ce qui rend le fonctionnement global de l'architecture avantageusement paramétrable. Les équipements radar conçus selon cette architecture sont par nature évolutifs tant au niveau de gamme des fonctionnalités réalisées, que des performances globales
35 atteintes. La modification de performances opérationnelles de l'équipement

peut être aisément modifiée par ajout ou retrait d'une ou plusieurs unités radar élémentaires 41 (typiquement le nombre d'unité 41 peut varier de 1 à quelques centaines), ainsi que par la modification des routines de traitement des données implémentées par les dispositifs de traitement locaux 414
5 implantés dans ces unités, par la modification des paramètres du générateur local de formes d'ondes 415 ou encore par la modification des routines de traitement des données implémentées dans le module de traitement numérique global 43. Cette architecture répond donc bien au problème qui consiste en particulier à concevoir des équipements radar multi-missions
10 évolutifs pouvant à partir d'une configuration donnée évoluer de manière simple vers des configurations variées, en fonction de besoins opérationnels nouveaux.

On s'intéresse à présent aux figures 6 et 7, qui illustrent un premier
15 exemple d'application de l'architecture radar modulaire selon l'invention.

Un avantage important de l'architecture radar selon l'invention consiste dans la grande modularité de l'ensemble. Cette modularité trouve avantageusement son application dans ce premier exemple de mise en œuvre, dans lequel le problème à résoudre consiste à trouver le moyen
20 d'élargir le lobe d'émission du radar.

Parmi toutes les fonctions mises en œuvre par les radars multi-Missions, deux sont toujours présentes :

- la surveillance (veille), qui constitue la fonctionnalité de base d'un radar,
- 25 - la poursuite sur une cible d'intérêt, préalablement détectée.

Le problème connu posé par la nécessité de pouvoir remplir ces deux catégories de missions provient du fait que leur implémentation par un même équipement radar conduit à devoir satisfaire des besoins opposés en matière de largeur de faisceau à l'émission:

- 30 - les performances en matière de surveillance nécessitent la formation d'un faisceau d'émission large permettant de réaliser une veille simultanée sur un groupe (cluster) de faisceaux de réception;
- les performances en matière de poursuite active sur cibles détectées (i. e. "tracking" actif) nécessitent la formation d'un faisceau d'émission étroit
35 de façon à focaliser l'énergie émise sur la cible poursuivie.

Par ailleurs, il est connu que s'il est, techniquement, relativement simple d'élargir un faisceau étroit d'ouverture donnée, il est techniquement difficile de rétrécir un faisceau large. Il est donc nécessaire, pour ne pas subir de pertes de signal inutiles, de disposer d'une antenne d'émission de même
5 taille que l'antenne de réception.

En l'état actuel de l'art, l'utilisation de systèmes radar comportant une antenne active pourvue de TR modules permet, de manière connue, de réaliser une structure capable de former des faisceaux d'émission étroits pointés dans une direction donnée. En revanche en ce qui concerne
10 l'élargissement du faisceau émis, cet élargissement est généralement obtenu, faute de mieux, par modification des phases appliquées par le déphaseur hyper à chaque module d'émission. (on ne peut jouer que sur la phase, pas sur l'amplitude car les émetteurs, pour des raisons de stabilité de phase et de rendement thermique, fonctionnent en saturé). Cette façon de
15 procéder a l'avantage d'être compatible de la structure matérielle des radars actuels. En revanche, elle génère des pertes d'environ un à trois décibels suivant les configurations.

Face à une telle situation de besoins antagonistes, l'utilisation d'un radar dont la structure est conforme à l'architecture selon l'invention, permet
20 de proposer une solution simple et adaptée. Comme l'illustre la figure 6, le problème posé ici peut être avantageusement résolu en mettant en œuvre un mode de fonctionnement dans lequel les unités radar élémentaires sont paramétrées de façon à constituer une antenne 61 divisée en plusieurs zones, deux zones 61 et 62 sur la figure 6, chaque zone formant une sous-
25 antenne d'émission de taille plus faible. A chaque sous-antenne est par ailleurs associée, une fréquence centrale d'émission propre et une bande passante donnée. Dans l'exemple simple de la figure 6 l'antenne globale est divisée en deux sous-antennes, chaque sous-antenne étant respectivement associée aux fréquences centrales d'émission f_{e1} et f_{e2} .

30 Dans cet exemple de réalisation, comme l'illustre la figure 7, les bandes passantes B' des ondes émises ont une largeur sensiblement égale et d'une valeur telle que, compte tenu des valeurs des fréquences f_{e1} et f_{e2} , et de la largeur de la bande passante B des récepteurs des unités radar élémentaires, les ondes émises par chacune des deux sous-antennes ont
35 des bandes passantes disjointes.

Il est ainsi avantageusement possible, sans modification de la structure physique du radar, de disposer de deux d'émission, chacune de taille égale à la moitié de la taille de l'antenne globale et produisant donc un diagramme d'émission avantageusement élargi en gisement par rapport à
5 celui de l'antenne globale. En outre, les signaux émis par les deux sous-antennes, ayant un spectre de fréquence couvert par la bande passante des récepteurs, l'intégralité de l'énergie rayonnée dans une direction de l'espace et réfléchi par une cible est reçue par l'antenne de sorte que la réception du signal s'effectue sans perte bien que le faisceau se trouve élargi à l'émission.
10 Ce concept peut naturellement être étendu à la constitution de plus de deux antennes d'émission et sur les deux axes (azimut et élévation).

De manière plus générale, l'avantage important procuré par la décomposition de l'architecture selon l'invention en une pluralité d'unités radar élémentaires synchronisées à haut niveau par un module de
15 synchronisation générale particulièrement sensible lorsque la configuration recherchée nécessite de pouvoir piloter chacune des sources rayonnantes de manière séparée. L'exemple précédent ne représente qu'une utilisation parmi d'autre de cette caractéristique avantageuse de l'invention.

Dans un même ordre d'idée, il est notamment possible d'envisager
20 tout type d'application pour lequel la capacité de piloter séparément chaque source représente une solution avantageuse au problème posé. Ainsi de même que l'on a vu avec l'exemple précédent que les unités radar élémentaires 41 composant une même antenne peuvent être configurés à l'émission pour former deux antennes à diagramme élargi, il est également
25 avantageusement possible d'associer deux radars conçus suivant l'architecture selon l'invention de façons à ce que les émissions de chacun des radars puisse être reçus par chacune des antennes de façon par exemple à obtenir un gain de réception et donc accroître la portée de l'ensemble.

30 Dans un même ordre d'idée également une application avantageuse de l'architecture selon l'invention consiste à utiliser cette architecture pour réaliser un radar à balayage électronique actif utilisant une antenne fixe à quatre panneaux rayonnants, telle que celle illustrée par la figure 8. Une telle antenne permet par exemple d'obtenir un temps de rafraîchissement du
35 balayage incompatible d'un système tournant classique (ordre de grandeur :

0,1s au lieu de 1s)

Dans cet exemple de réalisation l'architecture selon l'invention s'avère particulièrement avantageuse en ce qu'elle permet de réaliser une antenne dont les panneaux adjacents, 81 et 82 par exemple, émettent des ondes de fréquences Fe_1 et Fe_2 différentes, de sorte que la réception effectuée par chacun des deux panneaux considérés, n'est pas affectée par le signal émis par une des faces adjacentes et cela en utilisant une unique unité 42 pour les quatre faces. Ainsi comme l'illustre la figure en configurant et en assemblant les unités radar élémentaires 41 qui composent le radar de façon appropriée, il est possible de réaliser un radar capable de pointer toutes les directions de l'espace autour de lui sans disposer d'une antenne tournante. Ainsi, dans l'exemple de la figure 8, les unités radar élémentaires sont réparties en quatre panneaux 81 à 84 mis dos à dos de façon à former une antenne de forme parallélépipédique, les panneaux 81 et 83 d'une part et 82 et 84 d'autre part forment deux groupes de panneaux opposés (A et C d'une part, B et D d'autre part), la fréquence d'émission étant la même (respectivement Fe_1 et Fe_2) pour les deux panneaux d'un même groupe.

On s'intéresse ensuite aux figures 9 et 10 qui illustrent un deuxième exemple d'application de l'architecture radar modulaire selon l'invention. Cet exemple illustre comment l'architecture selon l'invention permet avantageusement de réaliser, de manière simple, un équipement radar capable de réaliser des fonctions de reconnaissance, d'identification, de cibles détectées et non coopératives (fonction "NCTR" ou "Non Coopérative Target Recognition" selon la dénomination anglo-saxonne). La caractéristique avantageuse mise en avant par cette application consiste dans la possibilité offerte de pouvoir définir la forme d'onde appliquée à chacune des unités 41 constituant l'antenne radar indépendamment d'une unité à l'autre.

La réalisation de la fonction NCTR suppose que le radar utilisé soit capable d'émettre et de recevoir une onde modulée sur une très large bande. On parle ainsi, sachant que la résolution est fonction directe de la bande du signal émis, de très haute résolution ou "WHR" selon l'acronyme de la dénomination anglo-saxonne "Very High Resolution". L'excursion en fréquence du signal radar atteint alors des valeurs de l'ordre de 250 à 300

MHz (résolution de 0.50 m), à comparer aux modes de résolution classique de 1 à 10 MHz (15 à 150 m) ou au mode VHR de 50 MHz (3 m) pour l'analyse de raid.

Dans ce type de mode de fonctionnement, l'approximation "bande étroite" classique ne fonctionne plus dès que l'antenne dépasse une taille sensiblement supérieure à un mètre. Il y a donc nécessité de compenser les retards de propagation dans l'antenne. Ces retards sont principalement fonction de la position du capteur considéré et du dépointage du faisceau d'antenne formé. Ainsi, par exemple, pour une antenne de 5 mètres de diamètre, le rattrapage en périphérie par rapport au centre de l'antenne peut atteindre une valeur maximale de +/- 5 ns.

Dans une structure radar classique, cette compensation n'est pas facile et souvent, une compensation spécifique pour chaque source constituant l'antenne est impossible par conception. En revanche, pour un radar bâti sur une architecture selon l'invention, cette opération de correction peut être avantageusement implémentée simplement aussi bien à la réception qu'à l'émission.

En ce qui concerne la compensation des retards affectant les ondes reçues, l'architecture radar selon l'invention prévoit un dispositif de réception et de numérisation sur chaque voie de réception de chaque unité radar élémentaire. De sorte que, la compensation peut avantageusement être effectuée sous forme d'une simple opération de correction numérique du signal reçu sur chaque voie. La correction peut ainsi être réalisée en numérique de façon simple et précise.

En ce qui concerne l'onde émise, on peut avantageusement procéder de la façon illustrée par les figures 9 et 10.

Selon l'invention, l'impulsion hyperfréquence émise, est synthétisée en modulant l'oscillateur local OL_1 fourni par le module de synchronisation général 42, par un signal FI constitué par un oscillateur local OL_2 en fréquence intermédiaire lui-même modulé une rampe linéaire R de fréquence en fréquence, d'excursion en fréquence variant entre $-\Delta f$ et $+\Delta f$ sur un intervalle de temps égal à Δt . On applique ainsi, par exemple une rampe de fréquence s'étendant sur une plage de 300 MHz (-150 MHz à +150 MHz) durant un intervalle de temps égal à 30 μs correspondant à la durée de l'impulsion émise.

En fonctionnement nominal, la synthèse du signal R est réalisée de la même façon pour toutes les unités radar élémentaires 41, de façon à ce que la fréquence de la rampe de modulation R soit nulle au milieu de la durée de l'impulsion émise conformément à la courbe 101 de la figure 10.

5 En revanche dans un mode de fonctionnement WHR, la synthèse du signal R est réalisée de manière différente pour chaque unité 41; de sorte que pour certaines unités 41, le passage du signal R par une fréquence nulle se produit pour un instant antérieur ou postérieur à l'instant t_0 correspondant au milieu de l'impulsion RF émise. Pour ce faire l'excursion en fréquence du
10 signal R n'est plus centré sur une fréquence nulle, mais décalé d'un écart de fréquence δf positif ou négatif, conformément à la courbe 102 de la figure 10. Cet écart fréquentiel δf se traduit au niveau de l'onde hyperfréquence émise par le décalage temporel δt correspondant, cet écart temporel étant mesuré par rapport à un signal de synchronisation général des émissions envoyé de
15 manière identique à toutes les unités 41.

Ainsi pour un instant T_0 donné, référencé par rapport au signal de synchronisation général les impulsions hyperfréquence émise par une unité radar élémentaire donnée peuvent apparaître à l'heure, en avance ou encore en retard. Par suite l'architecture selon l'invention permet donc
20 avantageusement de générer séparément pour chaque élément rayonnant, un retard, variable à l'émission entre -5 ns à $+5$ ns dans l'exemple de la figure 9, permettant de compenser les variations de temps de propagation apparaissant entre les différentes sources rayonnantes en fonction de leurs positions sur l'antenne.

25 Les problèmes liés à la mise en œuvre de la fonction WHR sont donc ainsi naturellement résolus par l'utilisation de l'architecture selon l'invention.

Outre les deux types d'application décrits précédemment, qui sont naturellement nullement limitatif de la portée revendiquée pour l'invention, on
30 peut encore citer les applications entrant dans le champ des radars multifaisceaux, à formation de faisceaux par le calcul (FFC) par exemple, pour lesquels la possibilité, offerte par l'architecture selon l'invention, de configurer chaque élément rayonnant séparément des autres de réaliser des équipements aux performances en matière d'antibrouillage tout à fait
35 avantageuses. Il est ainsi possible de constituer des groupes de sources

rayonnantes pour former des faisceaux pointés dans différentes directions et de réaliser l'antibrouillage d'un faisceau formé au moyen du signal reçu par les autres faisceaux. Cette possibilité est par ailleurs renforcée par le fait que le traitement des signaux reçus par les différentes voies peut être réalisé de
5 manière répartie par les modules locaux 414 de traitement numérique et le module 43 de traitement global, la répartition étant elle-même paramétrable.

Dans un même contexte multifaisceaux, quoique plus modestement, l'architecture selon l'invention permet également de réaliser des fonctions
10 d'affinage des mesures angulaires, de type écartométrie monopulse.

REVENDEICATIONS

1. Architecture radar modulaire caractérisée en ce qu'elle comporte une pluralité d'unités radar élémentaires identiques mis en parallèle, chaque unité comportant elle-même:

- 5 - une surface rayonnante standard comportant N éléments rayonnants, apte à rayonner et à capter des ondes hyperfréquence,
 - des moyens d'émission et de détection hyperfréquence, pour générer et transmettre aux éléments rayonnants une onde hyperfréquence de forme et de puissance données ainsi que pour amplifier les ondes hyperfréquence captées par les éléments rayonnants,
 - 10 - des moyens de réception pour effectuer la transposition en bande vidéo des ondes hyperfréquence captées et la numérisation des signaux vidéos obtenus,
 - des moyens de traitement numérique, pour effectuer le conditionnement des signaux numériques fournis par les moyens de
 - 15 réception;
 - des moyens de synthèse des signaux hyperfréquence associés à un générateur de formes d'ondes piloté numériquement.
- les moyens de synthèse des signaux hyperfréquence, les moyens d'émission et les moyens de réception étant constitués chacun de N
- 20 dispositifs indépendants agencés pour former, avec les N éléments rayonnants, N voies indépendantes; les moyens de traitement et les moyens de synchronisation étant communs à l'ensemble des voies.

2. Architecture selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'elle

25 comporte en outre:

- un sous-ensemble chargé de la synchronisation générale de la structure, fournissant à chaque sous-ensemble un jeu de signaux de référence identique,
 - un sous-ensemble de traitement numérique global chargé de
 - 30 réaliser le traitement des signaux conditionnés fournis par chacune des unités radar élémentaires,
- Les différents sous-ensembles étant reliés entre eux par une structure appropriée d'échange de données et de signaux.

3. Application de l'architecture selon l'une de revendications 1 ou 2 à la réalisation d'un radar à faisceau d'émission élargi, caractérisée en ce que les N unités radar élémentaires (41) sont configurées pour que les N/2 unités radar (41) formant une moitié de l'antenne globale émettent sur une bande de fréquences B_1 autour d'une fréquence f_{e1} et que les N/2 unités radar (41) formant l'autre moitié émettent sur une bande de fréquences B_2 autour d'une fréquence f_{e2} , les N unités radar élémentaires étant configurées pour couvrir à la réception une bande de fréquence couvrant B_1 et B_2 .

5
10

4. Application de l'architecture selon l'une de revendications 1 ou 2 à la réalisation d'un radar à antenne fixe, caractérisée en ce que, les N unités radar élémentaires (41) étant disposées sur quatre panneaux (81, 82, 83 et 84) mis dos à dos de façon à former une antenne de forme parallélépipédique, ces unités radar élémentaires (41) sont configurées de façon à ce que les unités situées sur un panneau (81) émettent et reçoivent sur un bande de fréquences différente de celles sur lesquelles émettent les source situées sur les panneaux adjacents (82 et 84).

15
20

5. Application de l'architecture selon l'une de revendications 1 ou 2 à la réalisation d'un radar capable de réaliser des fonctions de type NCTR, caractérisée en ce chacune des N unités radar élémentaires (41) est configurée de façon à compenser les retards de propagation dans l'antenne, la compensation étant réalisée par un décalage δf relatif de la plage d'excursion en fréquence Δf du signal modulant linéairement l'onde hyperfréquence émise, décalage fonction de la position de l'unité radar élémentaire (41) dans l'antenne et du dépointage du faisceau global formé.

25
30

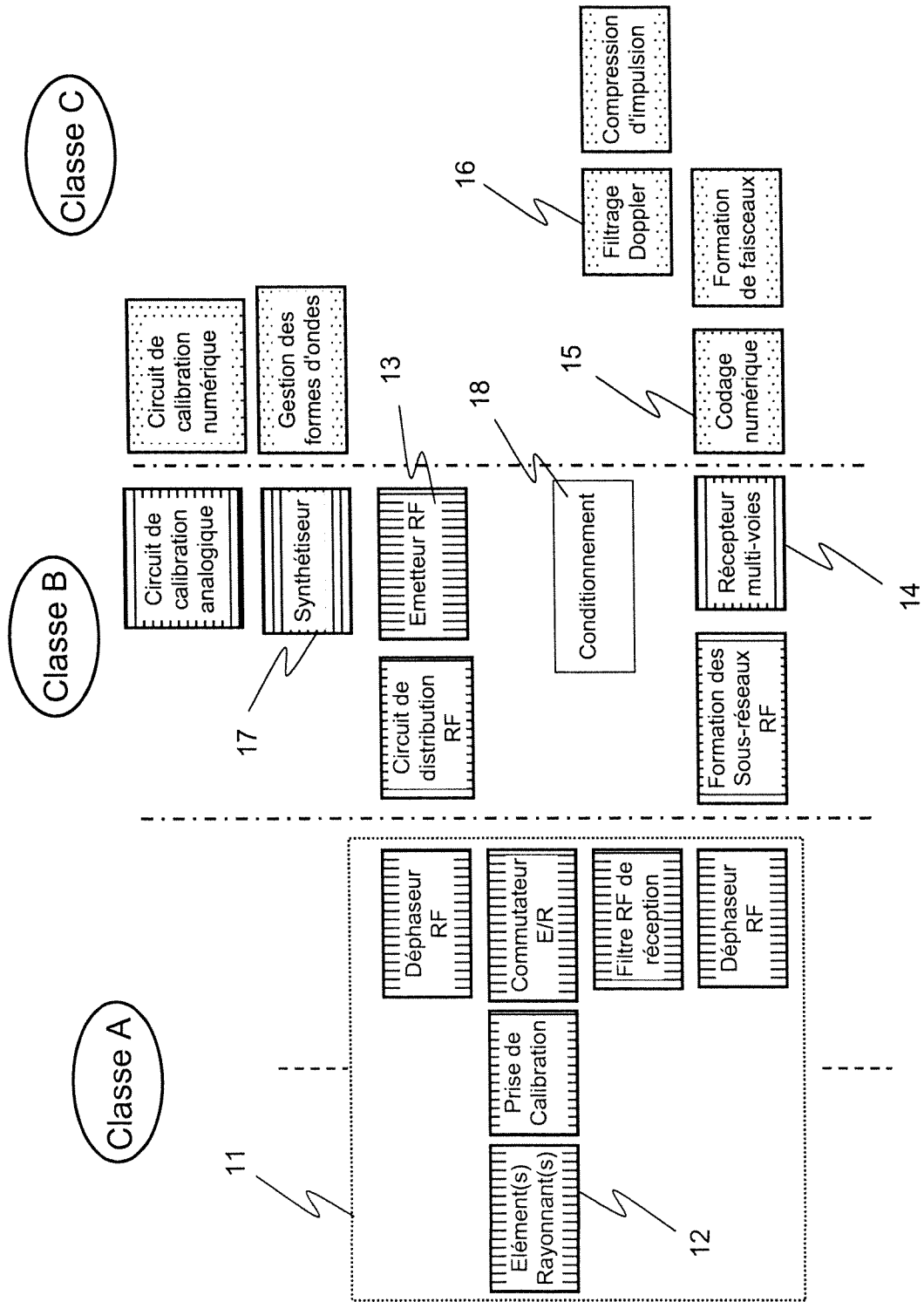


Fig. 1

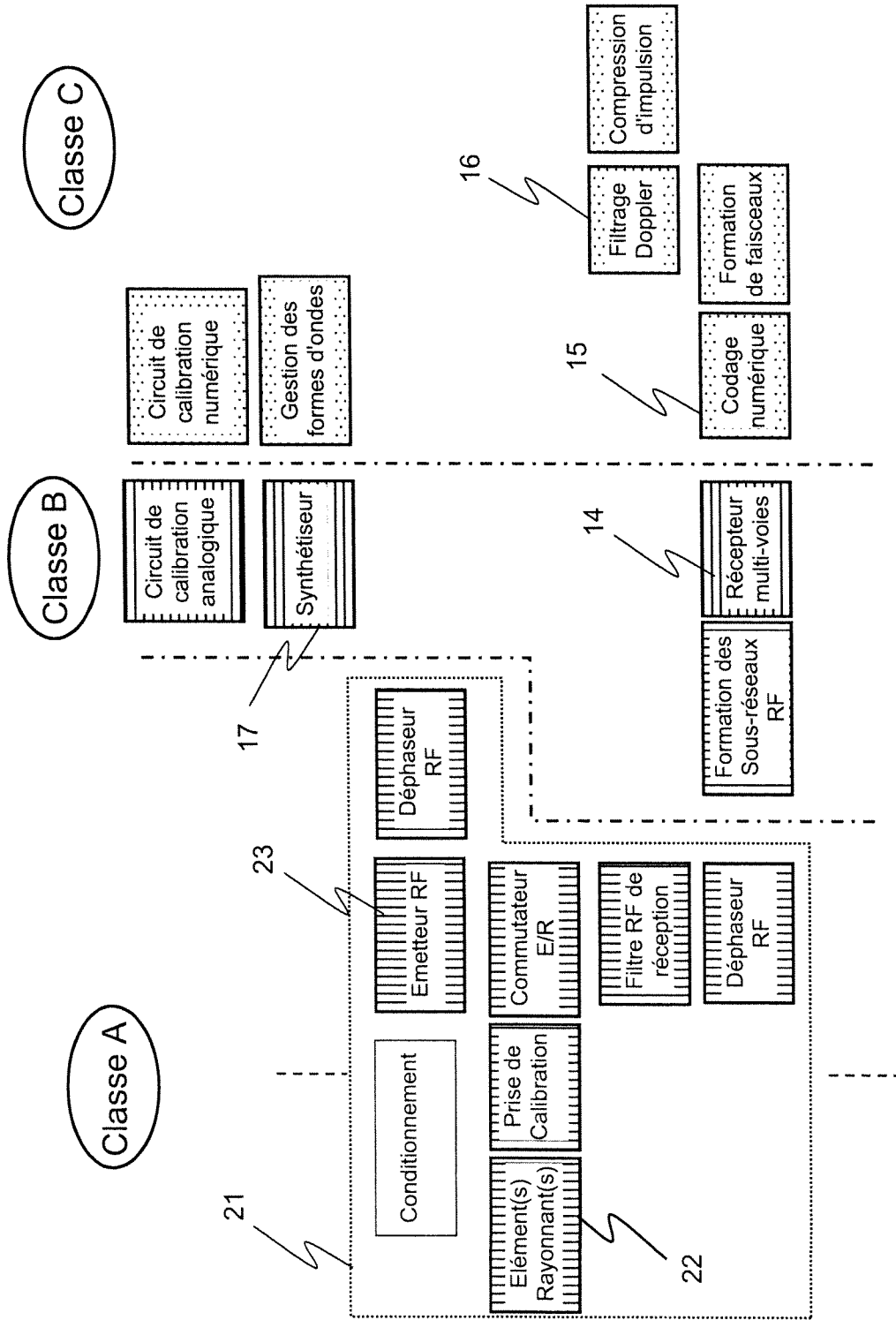


Fig. 2

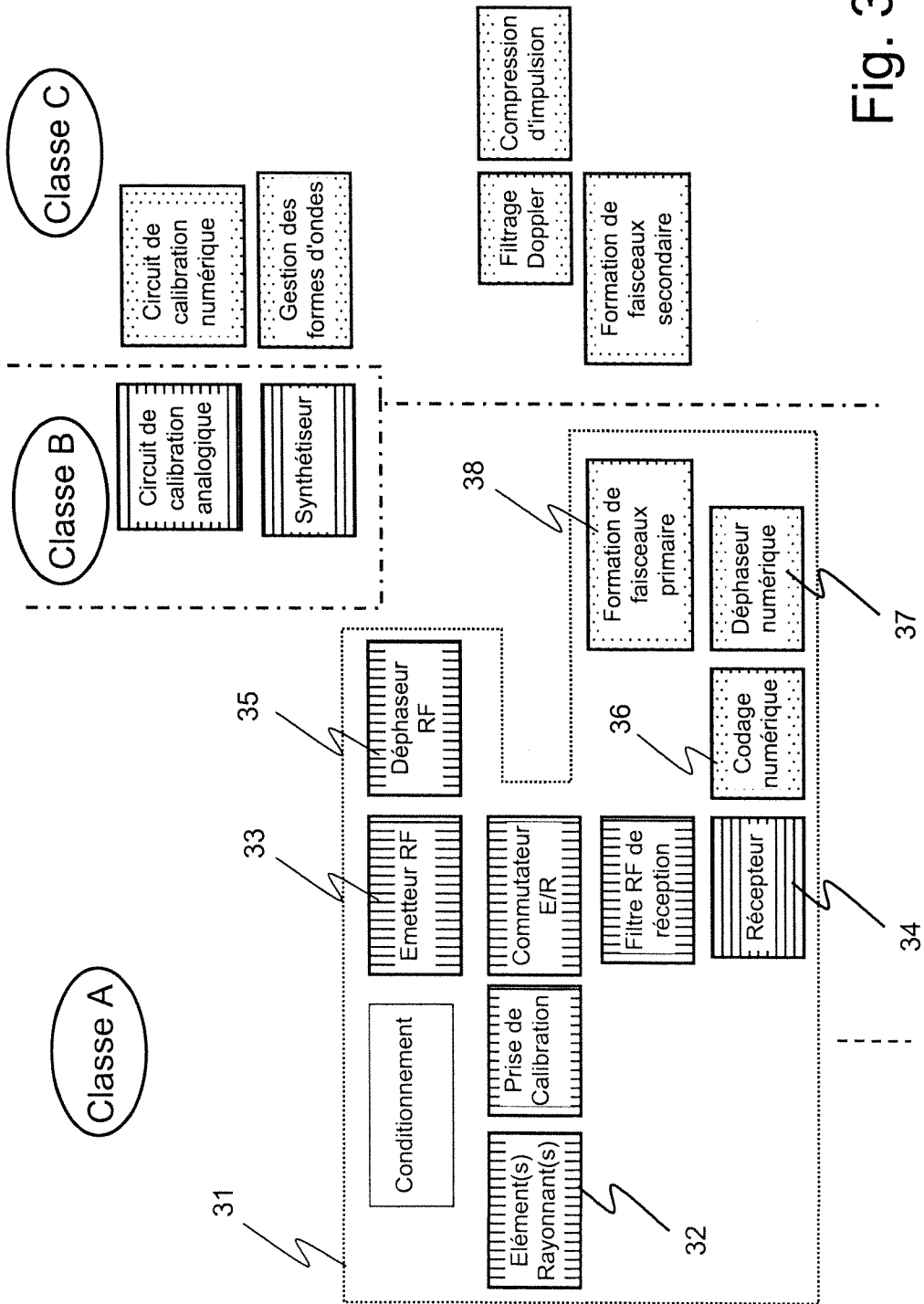


Fig. 3

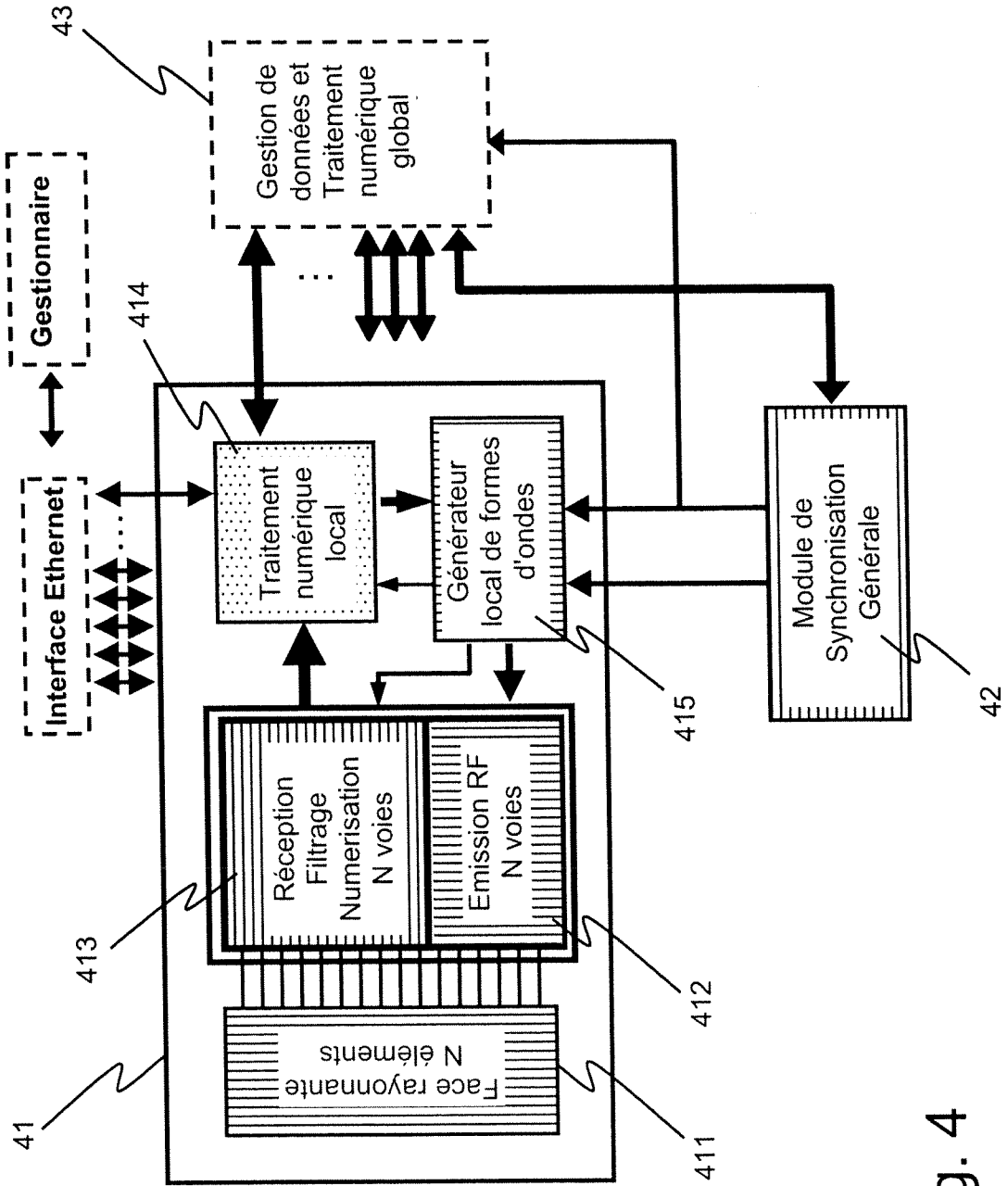


Fig. 4

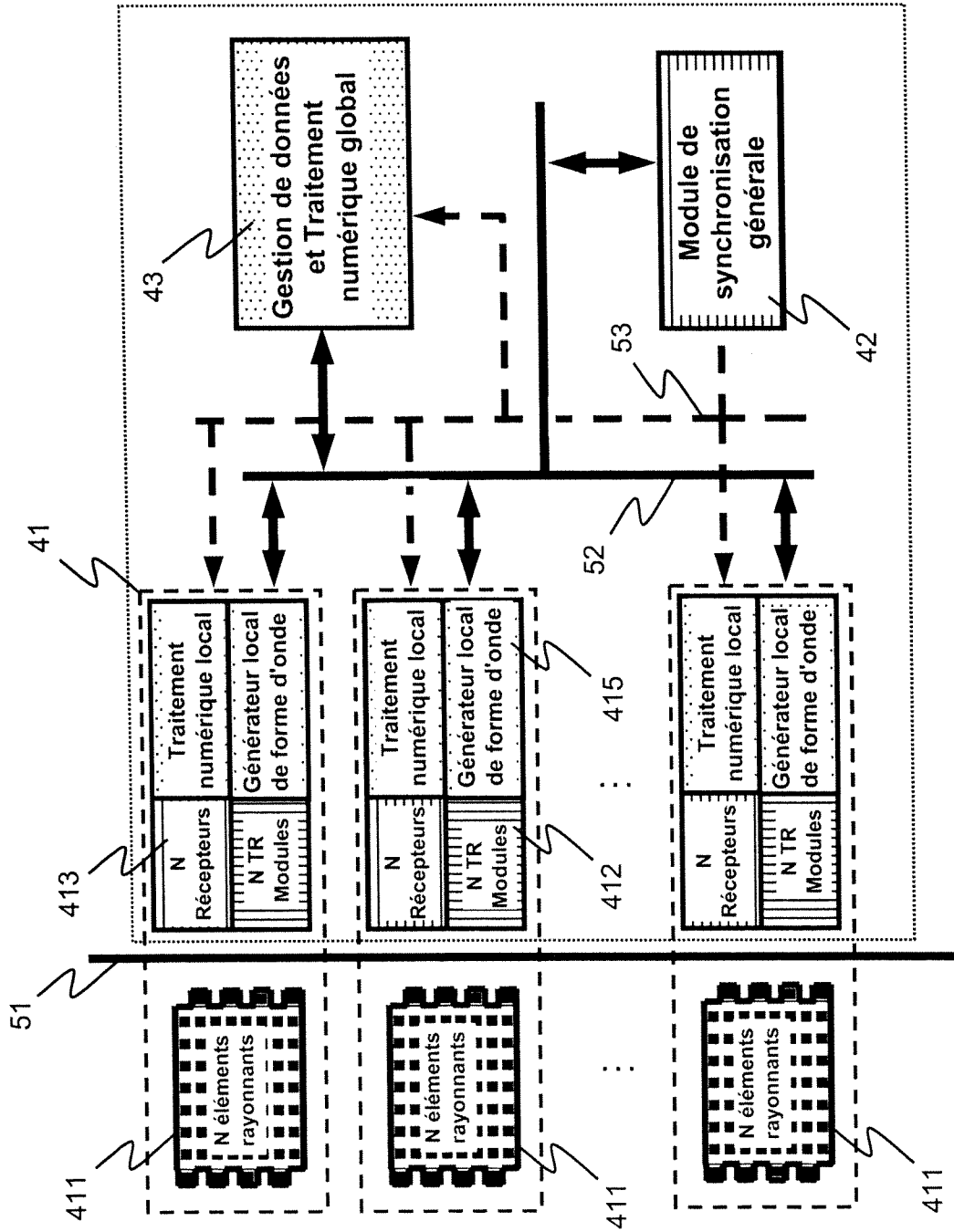


Fig. 5

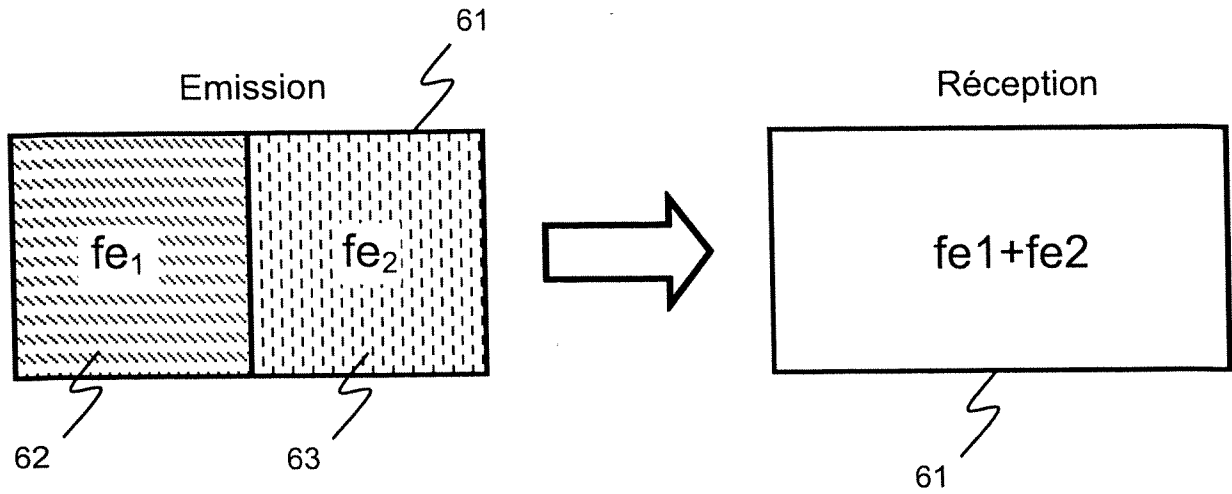


Fig. 6

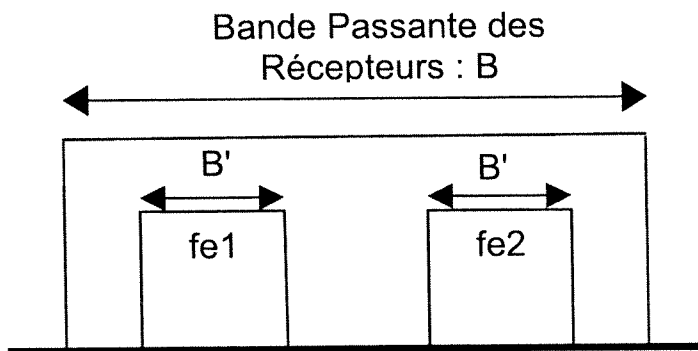


Fig. 7

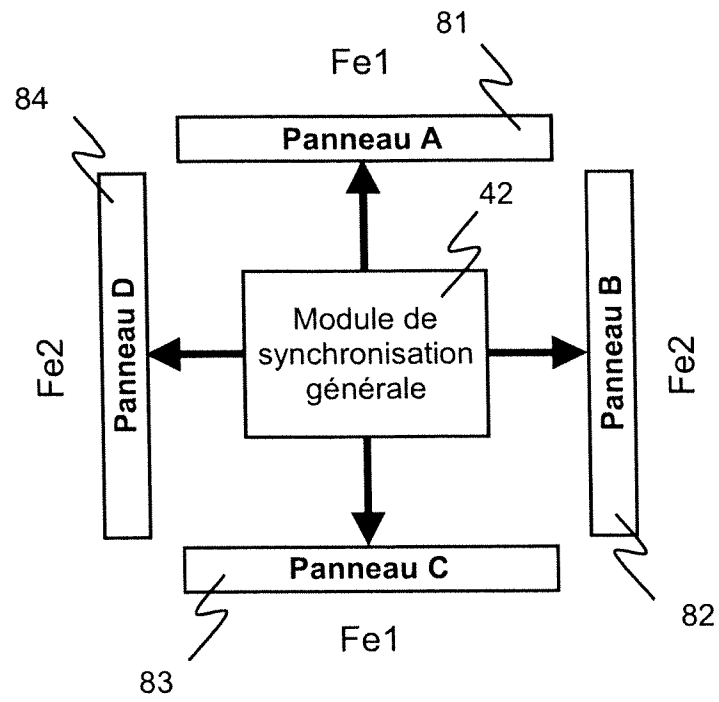


Fig. 8

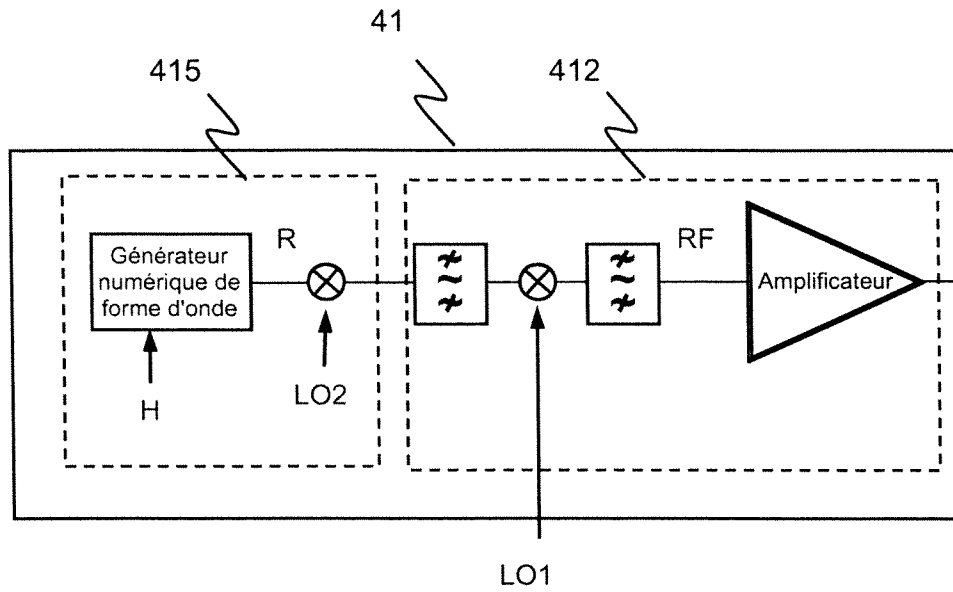


Fig. 9

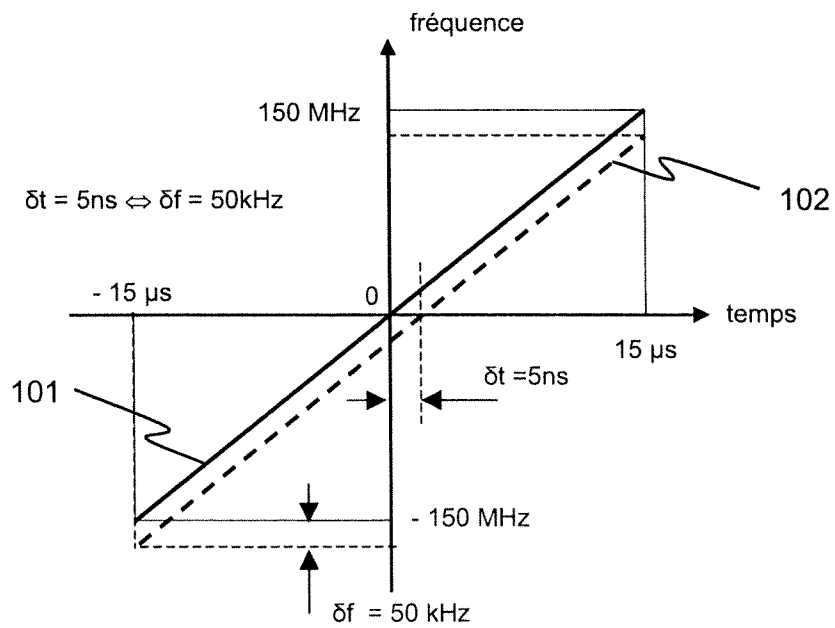


Fig. 10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2008/060068

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER INV. G01S7/03 G01S13/44				
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 H01Q				
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, INSPEC, COMPENDEX				
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT				
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.		
X	HUIZING A G: "Wideband vs. multiband trade-offs for a scalable multifunction RF system" 2005 IEEE INTERNATIONAL RADAR CONFERENCE RECORD (IEEE CAT. NO.05CH37628) IEEE PISCATAWAY, NJ, USA, 2005, pages 155-160, XP002473426 ISBN: 0-7803-8881-X abstract	1,2		
Y	paragraphs [0002], [0003]; figures 1-4	4		
Y	WO 2006/120665 A (ELTA SYSTEMS LTD [IL]; GRIZIM JEHEZKEL [IL]; LOMES ALEXANDER [IL]; WAG) 16 November 2006 (2006-11-16) page 5, line 9 - page 6, line 16; figures 2,4 ----- -/--	4		
<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%; border: none;"><input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C.</td> <td style="width: 50%; border: none;"><input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.</td> </tr> </table>			<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C.	<input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C.	<input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.			
* Special categories of cited documents :				
<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%; border: none;"> *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 </td> <td style="width: 50%; border: none;"> *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 </td> </tr> </table>			*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
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	Date of mailing of the international search report			
7 janvier 2009	14/01/2009			
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 Mercier, Francois			

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2008/060068

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 1 698 909 A (THALES SA [FR]) 6 September 2006 (2006-09-06) paragraphs [0019] - [0041]; figures 1-3	1,2
X	US 5 764 187 A (RUDISH RONALD M [US] ET AL) 9 June 1998 (1998-06-09) column 7, line 24 - column 9, line 46; figures 11,13,13a	1,2
A	EP 0 407 243 A (THOMSON CSF [FR]) 9 January 1991 (1991-01-09) abstract	1,2
A	FR 2 887 096 A (THALES SA [FR]) 15 December 2006 (2006-12-15) cited in the application the whole document	1
A	US 5 412 414 A (AST HARRY C [US] ET AL) 2 May 1995 (1995-05-02) abstract; figures 1A,1B,4,5,7	1,2
A	US 2005/046607 A1 (VOLMAN ALLA [US]) 3 March 2005 (2005-03-03) abstract; figures 2,6-12 paragraphs [0057] - [0062], [0070]	5
A	WO 2007/052247 A (BEAM NETWORKS LTD [IL]; MILANO ALBERTO [IL]) 10 May 2007 (2007-05-10) page 11, line 20 - page 13, line 21; figures 4,5,6a	5
A	WO 2004/005961 A (BAE SYSTEMS PLC [GB]; KINGHORN ANTHONY MILES [GB]) 15 January 2004 (2004-01-15) page 1, line 1 - line 31 page 5, line 21 - page 8, line 22	5
A	FRENCH A: "Improved High Range Resolution Profiling of Aircraft using Stepped-Frequency Waveforms with an S-Band Phased Array Radar" RADAR, 2006 IEEE CONFERENCE ON APRIL 2006, PISCATAWAY, NJ, USA, IEEE, 1 April 2006 (2006-04-01), pages 69-75, XP010918337 ISBN: 978-0-7803-9496-4 abstract page 72, right-hand column, line 2 - line 10	5
-/--		

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2008/060068

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	<p>BELCHER M L ET AL: "Modulation error in active-aperture phased-array radar systems" RADAR 92. INTERNATIONAL CONFERENCE BRIGHTON, UK, LONDON, UK, IEE, UK, 1 January 1992 (1992-01-01), pages 9-12, XP006514752 ISBN: 978-0-85296-553-5 abstract</p>	5
A	<p>BELCHER M L ET AL: "Wideband waveform distortion and compensation techniques" PROCEEDINGS OF THE NATIONAL TELESYSTEMS CONFERENCE. ATLANTA, MARCH 26 19910326; 19910326 - 19910327 NEW YORK, IEEE, US, vol. -, 26 March 1991 (1991-03-26), pages 117-120, XP010047013 ISBN: 978-0-7803-0062-0 abstract; figure 1</p>	5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2008/060068

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

see supplemental sheet

1. As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- No protest accompanied the payment of additional search fees.

EP2008/060068 - ISR

The International Searching Authority has determined that this international application contains multiple (groups of) inventions, as follows:

1. Claims: 1-4

Modular radar architecture comprising digital T/R modules and accessory devices

2. Claim: 5

Implementation of an NCTR function with compensation of elementary propagation delays in the antenna, propagation being achieved by a relative shift of the frequency deviation range of the signal that modulates the emitted wave linearly. The shift is dependent on the position of the elementary unit in the antenna and on the required mispointing.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2008/060068

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date	
WO 2006120665	A	16-11-2006	AU 2005331678 A1	16-11-2006
			CA 2608128 A1	16-11-2006
			DE 112005003573 T5	27-03-2008
			JP 2008541085 T	20-11-2008
			US 2008191927 A1	14-08-2008
EP 1698909	A	06-09-2006	FR 2882855 A1	08-09-2006
			US 2006197699 A1	07-09-2006
US 5764187	A	09-06-1998	EP 0904610 A2	31-03-1999
			JP 2001502152 T	13-02-2001
			WO 9832188 A2	23-07-1998
			US 5943010 A	24-08-1999
EP 0407243	A	09-01-1991	DE 69012238 D1	13-10-1994
			DE 69012238 T2	13-04-1995
			FR 2649544 A1	11-01-1991
			JP 3108902 A	09-05-1991
			US 5034752 A	23-07-1991
FR 2887096	A	15-12-2006	NONE	
US 5412414	A	02-05-1995	BE 1010979 A4	02-03-1999
			CA 1339283 C	12-08-1997
			DE 3911373 A1	06-11-1997
			FR 2730861 A1	23-08-1996
			GB 2300076 A	23-10-1996
			JP 2629057 B2	09-07-1997
			JP 8226962 A	03-09-1996
US 2005046607	A1	03-03-2005	NONE	
WO 2007052247	A	10-05-2007	EP 1955435 A2	13-08-2008
			US 2008278369 A1	13-11-2008
WO 2004005961	A	15-01-2004	AT 350674 T	15-01-2007
			AU 2003236923 A1	23-01-2004
			DE 60310941 T2	11-10-2007
			EP 1521978 A1	13-04-2005
			ES 2275097 T3	01-06-2007
			US 2006061505 A1	23-03-2006

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2008/060068

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
 INV. G01S7/03 G01S13/44

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 H01Q

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, INSPEC, COMPENDEX

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	HUIZING A G: "Wideband vs. multiband trade-offs for a scalable multifunction RF system" 2005 IEEE INTERNATIONAL RADAR CONFERENCE RECORD (IEEE CAT. NO.05CH37628) IEEE PISCATAWAY, NJ, USA, 2005, pages 155-160, XP002473426 ISBN: 0-7803-8881-X abrégé	1,2
Y	alinéas [0002], [0003]; figures 1-4 -----	4
Y	WO 2006/120665 A (ELTA SYSTEMS LTD [IL]; GRIZIM JEHEZKEL [IL]; LOMES ALEXANDER [IL]; WAG) 16 novembre 2006 (2006-11-16) page 5, ligne 9 - page 6, ligne 16; figures 2,4 ----- -/--	4

 Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

 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

7 janvier 2009

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

14/01/2009

 Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale
 Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Mercier, Francois

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°
PCT/EP2008/060068

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	EP 1 698 909 A (THALES SA [FR]) 6 septembre 2006 (2006-09-06) alinéas [0019] - [0041]; figures 1-3	1,2
X	US 5 764 187 A (RUDISH RONALD M [US] ET AL) 9 juin 1998 (1998-06-09) colonne 7, ligne 24 - colonne 9, ligne 46; figures 11,13,13a	1,2
A	EP 0 407 243 A (THOMSON CSF [FR]) 9 janvier 1991 (1991-01-09) abrégé	1,2
A	FR 2 887 096 A (THALES SA [FR]) 15 décembre 2006 (2006-12-15) cité dans la demande le document en entier	1
A	US 5 412 414 A (AST HARRY C [US] ET AL) 2 mai 1995 (1995-05-02) abrégé; figures 1A,1B,4,5,7	1,2
A	US 2005/046607 A1 (VOLMAN ALLA [US]) 3 mars 2005 (2005-03-03) abrégé; figures 2,6-12 alinéas [0057] - [0062], [0070]	5
A	WO 2007/052247 A (BEAM NETWORKS LTD [IL]; MILANO ALBERTO [IL]) 10 mai 2007 (2007-05-10) page 11, ligne 20 - page 13, ligne 21; figures 4,5,6a	5
A	WO 2004/005961 A (BAE SYSTEMS PLC [GB]; KINGHORN ANTHONY MILES [GB]) 15 janvier 2004 (2004-01-15) page 1, ligne 1 - ligne 31 page 5, ligne 21 - page 8, ligne 22	5
A	FRENCH A: "Improved High Range Resolution Profiling of Aircraft using Stepped-Frequency Waveforms with an S-Band Phased Array Radar" RADAR, 2006 IEEE CONFERENCE ON APRIL 2006, PISCATAWAY, NJ, USA, IEEE, 1 avril 2006 (2006-04-01), pages 69-75, XP010918337 ISBN: 978-0-7803-9496-4 abrégé page 72, colonne de droite, ligne 2 - ligne 10	5

-/--

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2008/060068

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	<p>BELCHER M L ET AL: "Modulation error in active-aperture phased-array radar systems" RADAR 92. INTERNATIONAL CONFERENCE BRIGHTON, UK, LONDON, UK, IEE, UK, 1 janvier 1992 (1992-01-01), pages 9-12, XP006514752 ISBN: 978-0-85296-553-5 abrégé</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	5
A	<p>BELCHER M L ET AL: "Wideband waveform distortion and compensation techniques" PROCEEDINGS OF THE NATIONAL TELESYSTEMS CONFERENCE. ATLANTA, MARCH 26 19910326; 19910326 - 19910327 NEW YORK, IEEE, US, vol. -, 26 mars 1991 (1991-03-26), pages 117-120, XP010047013 ISBN: 978-0-7803-0062-0 abrégé; figure 1</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	5

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°
PCT/EP2008/060068

Cadre n° II Observations – lorsqu'il a été estimé que certaines revendications ne pouvaient pas faire l'objet d'une recherche (suite du point 2 de la première feuille)

Le rapport de recherche internationale n'a pas été établi en ce qui concerne certaines revendications conformément à l'article 17.2)a) pour les raisons suivantes :

1. Les revendications n^{os} se rapportent à un objet à l'égard duquel l'administration chargée de la recherche internationale n'est pas tenue de procéder à la recherche, à savoir :

2. Les revendications n^{os} parce qu'elles se rapportent à des parties de la demande internationale qui ne remplissent pas suffisamment les conditions prescrites pour qu'une recherche significative puisse être effectuée, en particulier :

3. Les revendications n^{os} parce qu'elles sont des revendications dépendantes et ne sont pas rédigées conformément aux dispositions de la deuxième et de la troisième phrases de la règle 6.4.a).

Cadre n° III Observations – lorsqu'il y a absence d'unité de l'invention (suite du point 3 de la première feuille)

L'administration chargée de la recherche internationale a trouvé plusieurs inventions dans la demande internationale, à savoir:

voir feuille supplémentaire

1. Comme toutes les taxes additionnelles exigées ont été payées dans les délais par le déposant, le présent rapport de recherche internationale porte sur toutes les revendications pouvant faire l'objet d'une recherche.
2. Comme toutes les revendications qui se prêtent à la recherche ont pu faire l'objet de cette recherche sans effort particulier justifiant des taxes additionnelles, l'administration chargée de la recherche internationale n'a sollicité le paiement d'aucunes taxes de cette nature.
3. Comme une partie seulement des taxes additionnelles demandées a été payée dans les délais par le déposant, le présent rapport de recherche internationale ne porte que sur les revendications pour lesquelles les taxes ont été payées, à savoir les revendications n^{os}.
4. Aucune taxes additionnelles demandées n'ont été payées dans les délais par le déposant. En conséquence, le présent rapport de recherche internationale ne porte que sur l'invention mentionnée en premier lieu dans les revendications; elle est couverte par les revendications n^{os}.

- Remarque quant à la réserve**
- Les taxes additionnelles étaient accompagnées d'une réserve de la part du déposant et, le cas échéant, du paiement de la taxe de réserve.
 - Les taxes additionnelles étaient accompagnées d'une réserve de la part du déposant mais la taxe de réserve n'a pas été payée dans le délai prescrit dans l'invitation.
 - Le paiement des taxes additionnelles n'était assorti d'aucune réserve.

SUITE DES RENSEIGNEMENTS INDICUES SUR PCT/ISA/ 210

L'administration chargée de la recherche internationale a trouvé plusieurs (groupes d') inventions dans la demande internationale, à savoir:

1. revendications: 1-4

Architecture radar modulaire comportant des T/R modules numériques et dispositifs annexes.

2. revendication: revendication 5

réalisation d'une fonction NCTR avec compensation des retards élémentaires de propagation dans l'antenne, la propagation étant réalisée par un décalage relatif de la plage d'escursion en fréquence du signal modulant linéairement l'onde emise. Le décalage est fonction de la position de l'unité élémentaire dans l'antenne et du dépointage demandé.

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/EP2008/060068

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 2006120665	A	16-11-2006	AU 2005331678 A1	16-11-2006
			CA 2608128 A1	16-11-2006
			DE 112005003573 T5	27-03-2008
			JP 2008541085 T	20-11-2008
			US 2008191927 A1	14-08-2008
EP 1698909	A	06-09-2006	FR 2882855 A1	08-09-2006
			US 2006197699 A1	07-09-2006
US 5764187	A	09-06-1998	EP 0904610 A2	31-03-1999
			JP 2001502152 T	13-02-2001
			WO 9832188 A2	23-07-1998
			US 5943010 A	24-08-1999
EP 0407243	A	09-01-1991	DE 69012238 D1	13-10-1994
			DE 69012238 T2	13-04-1995
			FR 2649544 A1	11-01-1991
			JP 3108902 A	09-05-1991
			US 5034752 A	23-07-1991
FR 2887096	A	15-12-2006	AUCUN	
US 5412414	A	02-05-1995	BE 1010979 A4	02-03-1999
			CA 1339283 C	12-08-1997
			DE 3911373 A1	06-11-1997
			FR 2730861 A1	23-08-1996
			GB 2300076 A	23-10-1996
			JP 2629057 B2	09-07-1997
			JP 8226962 A	03-09-1996
US 2005046607	A1	03-03-2005	AUCUN	
WO 2007052247	A	10-05-2007	EP 1955435 A2	13-08-2008
			US 2008278369 A1	13-11-2008
WO 2004005961	A	15-01-2004	AT 350674 T	15-01-2007
			AU 2003236923 A1	23-01-2004
			DE 60310941 T2	11-10-2007
			EP 1521978 A1	13-04-2005
			ES 2275097 T3	01-06-2007
			US 2006061505 A1	23-03-2006