(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
19 février 2015 (19.02.2015)

WIPO | PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2015/022356 A1

(51) Classification internationale des brevets :
G01S 19/23 (2010.01) *G01R 29/26* (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/EP2014/067315

(22) Date de dépôt international :
13 août 2014 (13.08.2014)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
1301937 14 août 2013 (14.08.2013) FR

(71) Déposant : **SAGEM DEFENSE SECURITE** [FR/FR]; 18/20 Quai du Point du Jour, F-92100 Boulogne-Billancourt (FR).

(72) Inventeurs : **LILBERT, Arnaud**; c/o Sagem Défense Sécurité, 18/20 Quai du Point du Jour, F-92100 Boulogne-Billancourt (FR). **BOUVET, Denis**; c/o Sagem Défense Sécurité, 18/20 Quai du Point du Jour, F-92100 Boulogne-Billancourt (FR). **CHAMINADAS, Francis**; c/o Sagem Défense Sécurité, 18/20 Quai du Point du Jour, F-92100 Boulogne-Billancourt (FR).

(74) Mandataire : **REGIMBEAU**; 20, rue de Chazelles, F-75847 Paris Cedex 17 (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, BN, 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, IR, IS, JP, KE, KG, 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, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, 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, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), européen (AL, 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, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Suite sur la page suivante]

(54) **Title** : METHOD AND DEVICE FOR MEASURING THE RATIO OF THE INTERFERENCE TO NOISE POWERS IN A GNSS RECEIVER

(54) **Titre** : PROCÉDÉ ET DISPOSITIF DE MESURE DU RAPPORT DES PUISSANCES INTERFÉRENCE À BRUIT DANS UN RÉCEPTEUR GNSS

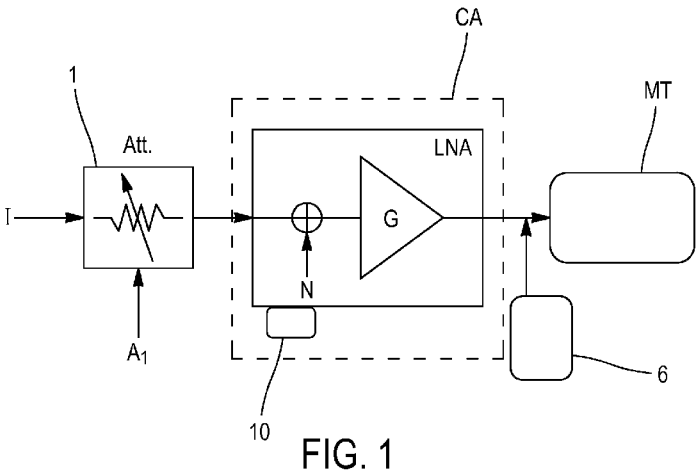

FIG. 1

(57) **Abstract** : The present invention relates to a method of measuring the ratio of the interference to noise powers in a GNSS receiver comprising an amplification chain, according to which: - there is measured a first power downstream of the amplification chain of the receiver, with a first attenuation factor upstream of the amplification chain of the receiver; - there is measured a second power downstream of the amplification chain of the receiver with a second attenuation factor different from the first attenuation factor upstream of the amplification chain of the receiver; - a value of the ratio of the interference to noise powers of the receiver is deduced from the measurement of the first power and from the measurement of the second power.

(57) **Abrégé** :

[Suite sur la page suivante]

WO 2015/022356 A1

Déclarations en vertu de la règle 4.17 :

— *relative à la qualité d'inventeur (règle 4.17.iv))*

Publiée :

— *avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))*

La présente invention concerne un procédé de mesure du rapport des puissances interférence à bruit dans un récepteur GNSS comportant une chaîne d'amplification, selon lequel: - on mesure une première puissance en aval de la chaîne d'amplification du récepteur, avec un premier facteur d'atténuation en amont de la chaîne d'amplification du récepteur; - on mesure une seconde puissance en aval de la chaîne d'amplification du récepteur avec un second facteur d'atténuation différent du premier facteur d'atténuation en amont de la chaîne d'amplification du récepteur; - on déduit de la mesure de la première puissance et de la mesure de la deuxième puissance, une valeur du rapport des puissances interférence à bruit du récepteur.

Procédé et dispositif de mesure du rapport des puissances interférence à bruit dans un récepteur GNSS

DOMAINE DE L'INVENTION

La présente invention concerne le domaine des procédés de mesure du rapport des puissances interférence à bruit d'un récepteur GNSS.

ETAT DE LA TECHNIQUE

Les systèmes de positionnement par satellite mettent en œuvre plusieurs satellites transmettant leurs positions par des signaux radioélectriques à un récepteur. Ce récepteur mesure les distances, dites pseudo-distances, qui le séparent des satellites à partir des temps de propagation du signal radiofréquence émis par chaque satellite. La localisation du récepteur est effectuée par une technique de trilatération et cette localisation est d'autant plus précise que les positions des satellites sont connues avec précision et que les mesures des pseudo-distances faites par le récepteur sont précises. Les positions des satellites sont déterminées à partir d'un réseau de stations sol de poursuite indépendant des récepteurs de positionnement. Elles sont communiquées aux récepteurs de positionnement par les satellites eux-mêmes par les données modulant les signaux émis. Les pseudo-distances sont déduites par les récepteurs à partir des retards apparents présentés par les signaux reçus. Ces signaux sont datés à l'émission par les horloges des satellites, qui sont synchronisées sur le temps système, et à la réception par l'horloge du récepteur. L'horloge du récepteur peut présenter un biais par rapport au temps système. Les distances déduites des temps de propagation ainsi mesurés sont appelées pseudo-distances car elles sont entachées d'une erreur commune pouvant être importante, due au biais de l'horloge du récepteur par rapport au temps système GNSS. Ce biais est éliminé

lors de la résolution du point à condition que les signaux d'au moins quatre satellites soient reçus.

Comme les données des satellites sont transmises par étalement de spectre d'une porteuse radiofréquence, une phase d'acquisition du code d'étalement propre à chaque satellite et de la fréquence porteuse affectée par l'effet Doppler doit être faite au préalable. Elle consiste à trouver la position du code d'étalement et la fréquence d'un signal généré localement permettant de détecter l'énergie du signal satellite à accrocher.

En pratique cette recherche se fait par incrémentation discrète de la position du code et de la fréquence du signal local. Compte tenu de la longueur importante des codes d'étalement et de l'incertitude des fréquences des signaux reçus et du signal de référence du récepteur, le temps d'acquisition peut être long (typiquement plusieurs dizaines de secondes).

On considère qu'une détection est fiable lorsque la probabilité de détection est suffisamment élevée et que le taux de fausse alerte est relativement faible. Comme les signaux reçus par le récepteur sont très faibles (typiquement 20 à 30 dB sous le bruit thermique du récepteur), une détection fiable d'un satellite requiert plusieurs mesures d'énergie à chaque incrémentation du code et de la fréquence. La durée des mesures répétées à chaque incrément est appelée temps d'accumulation. En principe, le temps d'accumulation est fixé afin de garantir une probabilité de détection donnée pour le niveau le plus faible du signal à acquérir.

En présence d'une interférence, qui se traduit concrètement par une augmentation apparente de la densité de bruit, le temps d'accumulation doit être augmenté pour ne pas diminuer la probabilité de détection. Comme généralement, le niveau de l'interférence n'est pas connu, une valeur de temps d'accumulation

doit être fixée a priori, celle-ci correspondant au niveau maximum de l'interférence pour lequel l'acquisition doit être fiable. Cette valeur de temps d'accumulation va donc pénaliser le temps d'accrochage (égal au temps d'accumulation multiplié par le nombre de tests) pour des niveaux d'interférence plus faibles et à plus forte raison en absence d'interférence.

L'optimisation du temps d'accrochage nécessite donc de connaître avec précision le niveau des interférences reçues par le récepteur. Or, le récepteur génère lui-même un bruit thermique. Lorsqu'on mesure la puissance du signal dans le récepteur, on mesure une puissance totale qui est la somme de la puissance du signal utile GNSS S (négligeable), de la puissance du bruit thermique du récepteur N et de la puissance des interférences I.

Les solutions utilisées actuellement, comme par exemple celle décrite dans la demande de brevet EP 2 413 642, déduisent indirectement le rapport de la puissance de l'interférence à la puissance du bruit thermique de la connaissance de la puissance du bruit thermique et de la mesure de la puissance totale reçue en utilisant soit les informations de la commande automatique de gain de la chaîne de réception, soit un détecteur de puissance à caractéristique logarithmique. Or ces mesures indirectes donnent des résultats très imprécis car la puissance du bruit thermique dépend de la température et du facteur de bruit du récepteur qui lui-même dépend de la température et varie d'un récepteur à l'autre. La puissance mesurée par la commande automatique de gain ou par le détecteur de puissance à caractéristique logarithmique dépend du gain du récepteur ainsi que des éléments du canal de réception du récepteur et notamment de l'amplificateur faible bruit et des câbles de liaison. Le gain du récepteur n'est en général pas connu avec précision car il varie avec la température, avec l'installation, et notamment la longueur des câbles de liaison, et sera affecté par des opérations de maintenance et notamment le remplacement de l'amplificateur faible bruit. De plus les

puissances à mesurer étant très faibles, la précision absolue de la mesure est mauvaise.

EXPOSE DE L'INVENTION

Un but de l'invention est de réaliser une mesure directe du rapport des puissances interférence à bruit en s'affranchissant de la connaissance a priori du bruit thermique du récepteur et des incertitudes du gain en amont du système de mesure et ce quasiment en temps réel.

Un autre but de l'invention est d'optimiser l'utilisation des différentes bandes de fréquence du récepteur par la connaissance de leur niveau d'interférence et d'optimiser le temps d'accrochage du récepteur en fonction du rapport des puissances interférence à bruit.

A cet effet, l'invention propose un procédé de mesure du rapport des puissances interférence à bruit d'un récepteur GNSS comportant une chaîne d'amplification, selon lequel :

- on mesure une première puissance en aval de la chaîne d'amplification du récepteur, avec un premier facteur d'atténuation en amont de la chaîne d'amplification du récepteur ;
- on mesure une seconde puissance en aval de la chaîne d'amplification du récepteur avec un second facteur d'atténuation différent du premier facteur d'atténuation en amont de la chaîne d'amplification du récepteur ;
- on déduit de la mesure de la première puissance et de la mesure de la deuxième puissance, une valeur du rapport des puissances interférence à bruit du récepteur.

L'invention est avantageusement complétée par les caractéristiques suivantes, prises individuellement ou en l'une quelconque de leurs combinaisons techniquement possibles :

- on réalise la mesure de la seconde puissance avec un troisième facteur d'atténuation en aval de la chaîne d'amplification du récepteur, la mesure de la seconde puissance étant réalisée en aval du troisième facteur d'atténuation ;
- - le procédé comprend en outre les étapes selon lesquelles :
    - -on mesure une troisième puissance avec un quatrième facteur d'atténuation supérieur au premier facteur d'atténuation en amont de la chaîne d'amplification du récepteur ;
    - - on mesure une quatrième puissance avec le quatrième facteur d'atténuation en amont de la chaîne d'amplification du récepteur et avec le troisième facteur d'atténuation en aval de la chaîne d'amplification du récepteur ;
- - l'une au moins des puissances est mesurée après numérisation ;
- - l'une au moins des puissances est mesurée en analogique par un détecteur de puissance à caractéristique logarithmique ;
- - on réalise au moins une des mesures de puissance après corrélation avec un module de traitement GNSS ;
- le procédé de mesure du rapport des puissances interférence à bruit comprend en outre une étape selon laquelle on ajuste le temps d'accumulation pour l'accrochage du signal recherché par le récepteur en fonction de la valeur du rapport des puissances interférence à bruit ;
- - on mesure une valeur du rapport des puissances interférence à bruit pour chacune des bandes de fréquence du récepteur;
- - on optimise l'utilisation des différentes bandes de fréquence de récepteur en fonction des valeurs de rapport des puissances interférence à bruit de chacune des bandes de fréquence ;

- - on mesure une valeur du rapport des puissances interférence à bruit pour chacune des antennes du récepteur ;
- - on optimise l'utilisation des antennes de récepteur en fonction des valeurs de rapport des puissances interférence à bruit de chacune des antennes ;
- - on mesure une valeur du rapport des puissances interférence à bruit pour chacune des constellations disponibles et on bascule le récepteur sur la constellation qui subit le moins d'interférence ;
- - on mesure le rapport des puissances interférence à bruit pour les différents formes d'onde des signaux reçus et on sélectionne le signal avec la forme d'onde la moins touchée par les interférences reçues ;
- - on impose à la commande automatique de gain une constante de temps très supérieure à la durée des mesures de puissances ;
- - le gain déterminé par la commande automatique de gain est figé pendant les mesures de puissances.

L'invention propose également un dispositif de mesure du rapport des puissances interférence à bruit dans un récepteur GNSS comportant notamment une chaîne d'amplification, caractérisé en ce qu'il comprend un système de mesure de puissance positionné en aval de la chaîne d'amplification du récepteur GNSS et au moins un atténuateur positionné en amont de la chaîne d'amplification du récepteur GNSS.

L'invention est avantageusement complétée par les caractéristiques suivantes, prises individuellement ou en l'une quelconque de leurs combinaisons techniquement possibles :

- le dispositif comprend en outre un second atténuateur positionné en aval de la chaîne d'amplification du récepteur et en ce que le système de mesure de puissance est positionné en aval du second atténuateur ;

- un ou plusieurs des atténuateurs sont des multiplexeurs ;
- la chaîne d'amplification comporte un amplificateur faible bruit, et un ou plusieurs des multiplexeurs sont commandés par une modulation superposée à la tension d'alimentation de l'amplificateur faible bruit.

DESCRIPTION DES FIGURES

D'autres objectifs, caractéristiques et avantages sortiront de la description détaillée qui suit en référence aux dessins donnés à titre illustratif et non limitatif parmi lesquels :

- la figure 1, illustre un exemple de dispositif selon une première variante de l'invention ;

- la figure 2, illustre un exemple de procédé selon l'invention mis en œuvre par un dispositif selon la première variante de l'invention ;

- la figure 3 représente le rapport de la première puissance sur la deuxième puissance en fonction du rapport des puissances interférence à bruit pour différentes valeurs du premier facteur d'atténuation pour un dispositif selon la première variante de l'invention ;

- la figure 4, illustre un exemple de dispositif selon une seconde variante de l'invention ;

- la figure 5 représente le rapport de la première puissance sur la deuxième puissance en fonction du rapport des puissances interférence à bruit pour différentes valeurs du premier et du second facteurs d'atténuation pour un dispositif selon la seconde variante de l'invention ;

- la figure 6, illustre un exemple de procédé selon l'invention mis en œuvre par un dispositif selon la seconde variante de l'invention ;

- la figure 7 représente l'écart-type de l'erreur d'estimation du rapport des puissances interférence à bruit en fonction de la valeur du rapport des puissances interférence à bruit d'un récepteur GNSS, pour une bande d'interférence de

18MHz, avec un temps de mesure de 50ms, et pour différentes valeurs du premier facteur d'atténuation ;

- la figure 8 représente l'écart-type du rapport des puissances interférence à bruit en fonction de la valeur du rapport des puissances interférence à bruit d'un récepteur GNSS, pour une bande d'interférence de 100kHz, avec un temps de mesure de 50ms et pour différentes valeurs du premier facteur d'atténuation ;

- la figure 9 illustre un exemple de procédé selon l'invention mis en œuvre par un dispositif selon la seconde variante de l'invention ;

- la figure 10, représente l'écart-type du rapport des puissances interférence à bruit en fonction de la valeur du rapport des puissances interférence à bruit d'un récepteur GNSS, pour une bande d'interférence de 100kHz, avec un temps de mesure de 50ms, pour différentes valeurs du premier facteur d'atténuation et sans facteur d'atténuation supplémentaire pour les valeurs de rapport d'interférence à bruit I/N inférieures à 0 dB et avec un facteur d'atténuation supplémentaire As de 0.1 pour les valeurs de rapport d'interférence à bruit I/N supérieures à 0 dB ;

- la figure 11, illustre un exemple de dispositif selon une troisième variante de l'invention ;

- la figure 12, illustre un exemple de dispositif selon une quatrième variante de l'invention.

Sur les figures 2, 6 et 9, on a représenté en partie haute le facteur d'atténuation en amont de la chaîne d'amplification, en partie intermédiaire le facteur d'atténuation en aval de la chaîne d'amplification et en partie basse le séquencement des mesures de puissance.

DESCRIPTION DETAILLEE D'UN OU PLUSIEURS MODES DE REALISATION

En référence à la figure 1, un récepteur GNSS comporte un module de traitement GNSS MT notamment adapté pour mesurer des temps de propagation

de signaux GNSS et déterminer les pseudo-distances à partir des retards apparents présentés par les signaux émis par les satellites. Le récepteur GNSS comporte en outre une chaîne d'amplification et de filtrage CA comportant notamment un amplificateur faible bruit LNA. La chaîne d'amplification du récepteur présente un gain G. Le signal reçu par le récepteur contient des interférences ayant une puissance d'interférence I. Par ailleurs, le récepteur génère un bruit thermique ayant une puissance de bruit thermique N.

Un dispositif comporte un système de mesure de puissance 6 positionné en aval de la chaîne d'amplification CA du récepteur GNSS et plus précisément en aval de l'amplificateur faible bruit LNA du récepteur GNSS. Le dispositif comporte en outre un atténuateur 1 présentant un premier facteur d'atténuation A1, positionné en amont de l'amplificateur faible bruit LNA du récepteur GNSS.

En référence à la figure 2, un tel dispositif s'utilise par exemple de la manière suivante :

- le système de mesure de puissance 6 mesure une première puissance P1 en aval de la chaîne d'amplification CA du récepteur, en réglant l'atténuateur 1 sur une première valeur du facteur d'atténuation A1,
- le système de mesure de puissance 6 mesure une seconde puissance P2 en aval de la chaîne d'amplification CA du récepteur en réglant l'atténuateur 1 sur une seconde valeur du facteur d'atténuation A1' (dans l'exemple de la figure 2, le second facteur d'atténuation A1' est neutre et sa valeur est égale à l'unité) ;
- on déduit de la mesure de la première puissance P1 et de la mesure de la deuxième puissance P2, une valeur du rapport des puissances interférence à bruit I/N du récepteur.

Le calcul du rapport des puissances interférence à bruit I/N du récepteur est par

exemple réalisé par le module de traitement GNSS MT.

En référence à la figure 3, le module de traitement GNSS MT calcule une valeur R du rapport de la première puissance P1 sur la deuxième puissance P2.

$$R = \frac{P1}{P2} = \frac{G.(A_1 I + N)}{G.(I + N)} = \frac{I/N . A_1 + 1}{I/N + 1}$$

Le module de traitement GNSS MT en déduit une valeur du rapport des puissances interférence à bruit I/N du récepteur :

$$\frac{I}{N} = \frac{R-1}{A_1 - R}$$

La valeur du rapport des puissances interférence à bruit I/N ainsi estimée est indépendante du gain G du récepteur en amont du système de mesure de puissance 6.

Les première et seconde puissances P1 et P2 sont par exemple mesurées après numérisation et accumulation du carré du module des échantillons ou en analogique par un détecteur de puissance à caractéristique logarithmique.

Dans le cas de l'utilisation d'un détecteur de puissance à caractéristique logarithmique, la précision de la mesure du rapport R de la première puissance P1 sur la deuxième puissance P2 est améliorée si le rapport R de la première puissance P1 sur la deuxième puissance P2 est réduit.

A cet effet, et en référence à la figure 4, le dispositif de mesure du rapport des puissances interférence à bruit dans un récepteur GNSS comprend en outre un second atténuateur 2, présentant un troisième facteur d'atténuation A2, positionné en aval de l'amplificateur faible bruit LNA. Le système de mesure de puissance 6 est positionné en aval du second atténuateur 2. En référence à la figure 5, la

valeur du troisième facteur d'atténuation A2 est optimisée de façon à obtenir une variation quasi symétrique du rapport des puissances interférence à bruit I/N par rapport au rapport R de la première puissance sur la deuxième puissance autour de zéro.

En référence à la figure 6, le système de mesure de puissance 6 réalise la mesure de la seconde puissance P2 avec un second atténuateur 2, 2b, présentant un troisième facteur d'atténuation A2, positionné en aval de la chaîne d'amplification CA du récepteur, la mesure de la seconde puissance P2 étant réalisée en aval du second atténuateur 2.

Les mesures de puissance P1 et P2 s'effectuant sur des signaux aléatoires, ces mesures sont affectées par une erreur pouvant être quantifiée par son écart-type.

En référence à la figure 7, on observe que, dans le cas d'une interférence à bande large, typiquement supérieure à 2 MHz, même pour un premier facteur d'atténuation A1 élevé, l'écart-type de l'erreur d'estimation de la mesure du rapport d'interférence à bruit I/N reste faible. Typiquement, pour une bande d'interférence de 18 MHz, pour un premier facteur d'atténuation de 0,5, l'écart-type de l'erreur d'estimation est inférieur à 0,2 dB pour des valeurs de rapport d'interférence à bruit I/N allant de -12 dB à 15 dB.

En référence à la figure 8, on observe en revanche que, dans le cas d'une interférence à bande étroite, typiquement inférieure à 100 kHz, l'écart-type de l'erreur d'estimation de la mesure du rapport d'interférence à bruit I/N augmente rapidement avec le premier facteur d'atténuation A1. Typiquement, pour une bande d'interférence de 100 kHz, il faut choisir un facteur d'atténuation inférieur à 0,1 pour garder un écart-type de l'erreur d'estimation inférieur à 0,2dB pour des valeurs de rapport d'interférence à bruit I/N allant de -14 dB à 12 dB.

Dans le cas d'une interférence à bande étroite, typiquement 100 kHz, il est préférable de choisir un premier facteur d'atténuation A1 relativement faible typiquement de 0,1, afin de limiter l'écart-type de l'erreur d'estimation de la mesure à une valeur raisonnable typiquement limitée à 0,2dB pour des valeurs de rapport d'interférence à bruit I/N allant de -14 dB à 12 dB. Afin d'obtenir des valeurs de rapport des puissances interférence à bruit I/N suffisamment élevées, typiquement supérieur à 10 dB, malgré un faible premier facteur d'atténuation A1, on réalise deux mesures de rapport des puissances interférence à bruit successives pour deux valeurs distinctes du premier facteur d'atténuation A1.

En référence à la figure 9, après avoir mesuré une première puissance P1 et une seconde puissance P2 et déduit du rapport entre la mesure de la première puissance P1 et la mesure de la deuxième puissance P2, une première valeur du rapport des puissances interférence à bruit I/N1 comme décrit plus haut, le système de mesure de puissance 6 réalise en outre les mesures suivantes

- Mesure d'une troisième puissance P1s avec un quatrième facteur d'atténuation A1*As supérieur au premier facteur d'atténuation A1 en amont de la chaîne d'amplification CA du récepteur ;
- Mesure d'une quatrième puissance P2s avec le cinquième facteur d'atténuation As en amont de la chaîne d'amplification CA du récepteur et avec le troisième facteur d'atténuation A2 en aval de la chaîne d'amplification (CA) du récepteur.

Le module de traitement GNSS MT déduit du rapport entre la mesure de la troisième puissance P1s et la mesure de la quatrième P2s puissance, une seconde valeur du rapport des puissances interférence à bruit I/N2.

Si le récepteur GNSS comporte une commande automatique de gain 10 qui pilote des éléments de la chaîne d'amplification du récepteur situés en amont du

système de mesure de puissance 6, alors, pour que les mesures de puissance ne soient pas faussées par la commande automatique de gain 10 du récepteur, on fige, le temps des mesures des puissances P1, P2, P1s, P2s, le gain déterminé par la commande automatique de gain 10. Alternativement, on impose à la commande automatique de gain d'avoir une constante de temps très supérieure à la durée de la mesure.

En référence à la figure 10, on observe une diminution significative de l'écart-type de l'erreur d'estimation du rapport des puissances interférence à bruit I/N en mesurant un premier rapport des puissances interférence à bruit I/N1 sans facteur d'atténuation supplémentaire As et un second rapport des puissances interférence à bruit I/N2 avec un facteur d'atténuation supplémentaire As de 0,1. Pour des valeurs de rapport d'interférence à bruit I/N inférieures à 0 dB, on utilise la première estimation du rapport des puissances interférence à bruit I/N_1. Pour des valeurs de rapport d'interférence à bruit I/N supérieures à 0 dB, on utilise la seconde estimation du rapport des puissances interférence à bruit I/N_2. Typiquement pour un premier facteur d'atténuation A1 de 0,2, on obtient un écart-type de l'erreur d'estimation inférieur à 0,4 dB pour des valeurs de rapport d'interférence à bruit I/N allant de -15 dB à 20 dB. Comparativement, et en référence à la figure 8, pour une même plage de valeurs de rapport d'interférence à bruit I/N, et pour un même premier facteur d'atténuation A1, on obtient un écart-type de l'erreur d'estimation qui monte au-dessus de 2 dB en réalisant une seule mesure du rapport d'interférence à bruit I/N.

En référence à la figure 11, les atténuateurs 1b et 2b peuvent être des multiplexeurs utilisant des signaux rectangulaires ayant des rapports cycliques respectivement Rc1 et Rc2. Les facteurs d'atténuation A1 et A2 correspondent alors directement aux rapports cycliques Rc1 et Rc2 des multiplexeurs 1b et 2b qui sont commandés par un séquenceur 8 couplé au système de mesure de

puissance 6.

En référence à la figure 12, le second atténuateur 2b peut être intégré dans un module récepteur MR contenant également le module de traitement GNSS MT, le système de mesure de puissance 6 et le séquenceur 8. Dans cette configuration, le second atténuateur 2b est en parallèle du module de traitement GNSS MT et ne perturbe plus celui-ci lors de la mesure du rapport des puissances interférence à bruit I/N. Le premier multiplexeur 1b et la chaîne d'amplification CA sont intégrés dans un module d'amplification MA. Une liaison coaxiale 7 relie le module d'amplification MA au module récepteur MR.

Le second multiplexeur 2b est directement relié au séquenceur 8 tandis que le premier multiplexeur 1b est relié au séquenceur par la liaison coaxiale 7. Le séquenceur 8 transmet au premier multiplexeur 1b une commande de rapport cyclique RC1 par modulation de la tension d'alimentation de l'amplificateur faible bruit LNA véhiculée par la liaison coaxiale 7. L'amplificateur faible bruit LNA comporte un régulateur de tension d'alimentation LNAR qui détecte cette modulation et fournit, après remise en forme, le signal de commande de rapport cyclique RC1 au premier multiplexeur 1b.

L'expression de la densité de bruit après la corrélation effectuée par le module de traitement GNSS MT montre que même avec une connaissance parfaite du rapport des puissances interférence à bruit I/N, il existe une incertitude liée à la nature de l'interférence et notamment au facteur d'étalement Q de l'interférence.

On a en sortie du corrélateur :

$$N_{0equ} = \frac{I}{Q.F_b} + N_{0th}$$

Avec N_{0equ} densité de puissance de bruit équivalente

N_{0th} densité de puissance du bruit thermique

Q facteur d'étalement de l'interférence

F_b fréquence de la bribe du code d'étalement

Cette incertitude peut être importante notamment dans le cas d'une interférence sinusoïdale où le facteur d'étalement Q peut être bien inférieur à sa valeur nominale compte tenu de la discontinuité spectrale des codes d'étalement de durée courte, comme par exemple dans le cas du code C/A du système GPS.

Cette incertitude peut être levée si les mesures de puissance P1, P2 sont faites après corrélation. On mesure alors les densités de puissance de bruit équivalent suivantes :

$$N_{0e1} = \frac{A_1.I}{Q.F_b} + N_{0th} \text{ ;}$$

$$N_{0e2} = \frac{I}{Q.F_b} + N_{0th} \text{ ;}$$

Avec N_{0e1} densité de puissance de bruit équivalent après corrélation avec un facteur d'atténuation A1

N_{0e2} densité de puissance de bruit équivalent après corrélation sans atténuation.

Les calculs effectués sur les puissances mesurées en sortie corrélateurs donneront une estimation de I/(NQ).

Le système de mesure de puissance 6 réalise donc les mesures de puissance après corrélation et le module de traitement GNSS MT calcule un rapport des puissances interférence à bruit après corrélation I/NQ. Le calcul de la puissance de

l'interférence après corrélation est effectué d'une manière semblable au calcul de la puissance du signal par les canaux de traitement GNSS.

Avantageusement, le module de traitement GNSS MT ajuste le temps d'accumulation du récepteur en fonction de la valeur du rapport des puissances interférence à bruit I/N et du type d'interférence. Cette étape d'optimisation du temps d'accumulation peut être réalisée préalablement au démarrage du récepteur ou en temps réel pendant le fonctionnement du récepteur et par exemple lors du déplacement du récepteur.

Dans une première variante, le système de mesure de puissance 6 est précédé par un bloc de corrélation adapté pour réaliser une corrélation semblable à celle effectuée par les canaux de traitement GNSS sur les signaux satellites. Ce bloc reçoit en entrée le signal reçu par l'antenne du récepteur numérisé et le corrèle avec un signal dont la forme d'onde est similaire aux signaux traités par le récepteur GNSS et dont le code d'étalement est choisi pour être préférentiellement orthogonal aux codes utilisés par les satellites afin de ne pas être perturbé par l'énergie des signaux des satellites.

Dans une seconde variante, le système de mesure de puissance 6 du dispositif est intégré aux canaux de traitement GNSS chargés d'accrocher les satellites.

Dans une bande de fréquence de réception du récepteur, on mesure avantageusement le rapport des puissances interférence à bruit I/NQ pour les différents formes d'onde des signaux reçus et on sélectionne le signal avec la forme d'onde la moins touchée par les interférences reçues.

Dans le cas d'un récepteur multi-bandes, on optimise avantageusement l'utilisation des différentes bandes de fréquence de récepteur en fonction de la

valeur du rapport des puissances interférence à bruit I/N de chacune des bandes de fréquence. A cet effet, Le module de traitement GNSS MT mesure une valeur du rapport des puissances interférence à bruit I/N pour chacune des bandes de fréquence du récepteur, sélectionne la bande de fréquence pour laquelle le niveau d'interférence est le plus faible et lance l'acquisition ou la réquisition sur cette bande de fréquence.

Dans le cas d'un récepteur GNSS multiconstellation, on optimise avantageusement l'utilisation des différentes constellations en fonction de la valeur du rapport des puissances interférence à bruit I/N de chacune des constellations. A cet effet, le module de traitement GNSS MT mesure une valeur du rapport des puissances interférence à bruit I/N pour chacune des constellations disponibles (par exemple GPS, Galileo) et on bascule le récepteur sur la constellation qui subit le moins d'interférence.

Dans le cas d'un récepteur GNSS multiantenne, on optimise avantageusement l'utilisation des différentes antennes en fonction de la valeur du rapport des puissances interférence à bruit I/N de chacune des constellations. A cet effet, le module de traitement GNSS MT mesure une valeur du rapport des puissances interférence à bruit I/N pour chacune des antennes de réceptions du récepteur et bascule le récepteur sur la ou les antennes qui captent le moins d'interférence.

REVENDICATIONS

1. Procédé de mesure du rapport des puissances interférence à bruit (I/N) d'un récepteur GNSS comportant une chaîne d'amplification (CA), selon lequel :
   - on mesure une première puissance (P1) en aval de la chaîne d'amplification (CA) du récepteur, avec un premier facteur d'atténuation (A1) en amont de la chaîne d'amplification (CA) du récepteur ;
   - on mesure une seconde puissance (P2) en aval de la chaîne d'amplification (CA) du récepteur avec un second facteur d'atténuation (A1') différent du premier facteur d'atténuation (A1) en amont de la chaîne d'amplification (CA) du récepteur ;
   - on déduit de la mesure de la première puissance (P1) et de la mesure de la deuxième puissance (P2), une valeur du rapport des puissances interférence à bruit (I/N) du récepteur.

2. Procédé de mesure du rapport des puissances interférence à bruit (I/N) selon la revendication précédente, caractérisé en ce que le second facteur d'atténuation (A1') est neutre.

3. Procédé de mesure du rapport des puissances interférence à bruit (I/N) selon la revendication précédente, caractérisé en ce qu'on réalise la mesure de la seconde puissance (P2) avec un troisième facteur d'atténuation (A2) en aval de la chaîne d'amplification (CA) du récepteur, la mesure de la seconde puissance (P2) étant réalisée en aval du troisième facteur d'atténuation (A2).

4. Procédé de mesure du rapport des puissances interférence à bruit (I/N) selon la revendication précédente caractérisé en ce qu'il comprend en outre les étapes selon lesquelles :
   - on mesure une troisième puissance (P1s) avec un quatrième facteur

d'atténuation (A1s) supérieur au premier facteur d'atténuation (A1) en amont de la chaîne d'amplification (CA) du récepteur ;

- on mesure une quatrième puissance (P2s) avec le quatrième facteur d'atténuation (A1s) en amont de la chaîne d'amplification (CA) du récepteur et avec le troisième facteur d'atténuation (A2) en aval de la chaîne d'amplification (CA) du récepteur.

5. Procédé de mesure du rapport des puissances interférence à bruit (I/N) selon l'une des revendications précédentes caractérisé en ce que l'une au moins des puissances (P1, P2, P1s, P2s) est mesurée après numérisation.

6. Procédé de mesure du rapport des puissances interférence à bruit (I/N) selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que l'une au moins une des puissances (P1, P2, P1s, P2s) est mesurée en analogique par un détecteur de puissance à caractéristique logarithmique.

7. Procédé de mesure du rapport des puissances interférence à bruit (I/NQ) selon l'une des revendications précédentes dans lequel on réalise au moins une des mesures de puissance (P1, P2, P1s, P2s) après corrélation par un module de traitement GNSS.

8. Procédé de mesure du rapport des puissances interférence à bruit (I/N ou I/NQ) selon l'une des revendications précédentes, comprenant en outre une étape selon laquelle on ajuste le temps d'accumulation du récepteur en fonction de la valeur du rapport des puissances interférence à bruit (I/N ou I/NQ).

9. Procédé de mesure du rapport des puissances interférence à bruit (I/N) selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que :

- on mesure une valeur du rapport des puissances interférence à bruit (I/N)

pour chacune des bandes de fréquence du récepteur;

- on optimise l'utilisation des différentes bandes de fréquence de récepteur en fonction des valeurs de rapport des puissances interférence à bruit (I/N) de chacune des bandes de fréquence.

10. Procédé de mesure du rapport des puissances interférence à bruit (I/NQ) selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que on mesure le rapport des puissances interférence à bruit (I/NQ) pour les différents formes d'onde des signaux reçus et on sélectionne le signal avec la forme d'onde la moins touchée par les interférences reçues.

11. Procédé de mesure du rapport des puissances interférence à bruit (I/N ou I/NQ) d'un récepteur GNSS comportant une commande automatique de gain (10) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel on impose à la commande automatique de gain (10) une constante de temps très supérieure à la durée des mesures de puissances (P1, P2, P1s, P2s).

12. Procédé de mesure du rapport des puissances interférence à bruit (I/N ou I/NQ) selon la revendication précédente, dans lequel le gain déterminé par la commande automatique de gain (10) est figé pendant les mesures de puissances (P1, P2, P1s, P2s).

13. Dispositif de mesure du rapport des puissances interférence à bruit (I/N ou I/NQ) dans un récepteur GNSS comportant notamment une chaîne d'amplification (CA), caractérisé en ce qu'il comprend un système de mesure de puissance (6) positionné en aval de la chaîne d'amplification (CA) du récepteur GNSS et au moins un atténuateur (1, 1b) positionné en amont de la chaîne d'amplification (CA) du récepteur GNSS.

14. Dispositif de mesure du rapport des puissances interférence à bruit (I/N ou

I/NQ) dans un récepteur GNSS selon la revendication précédente, caractérisé en ce qu'il comprend en outre un second atténuateur (2, 2b) positionné en aval de la chaîne d'amplification (CA) du récepteur et en ce que le système de mesure de puissance (6) est positionné en aval du second atténuateur (2, 2b).

15. Dispositif de mesure du rapport des puissances interférence à bruit (I/N ou I/NQ) dans un récepteur GNSS dont la chaîne d'amplification (CA) comporte un amplificateur faible bruit (LNA), selon l'une des revendications 13 ou 14, caractérisé en ce que un ou plusieurs des atténuateurs (1b, 2b) sont commandés par modulation d'une tension d'alimentation de l'amplificateur faible bruit (LNA).

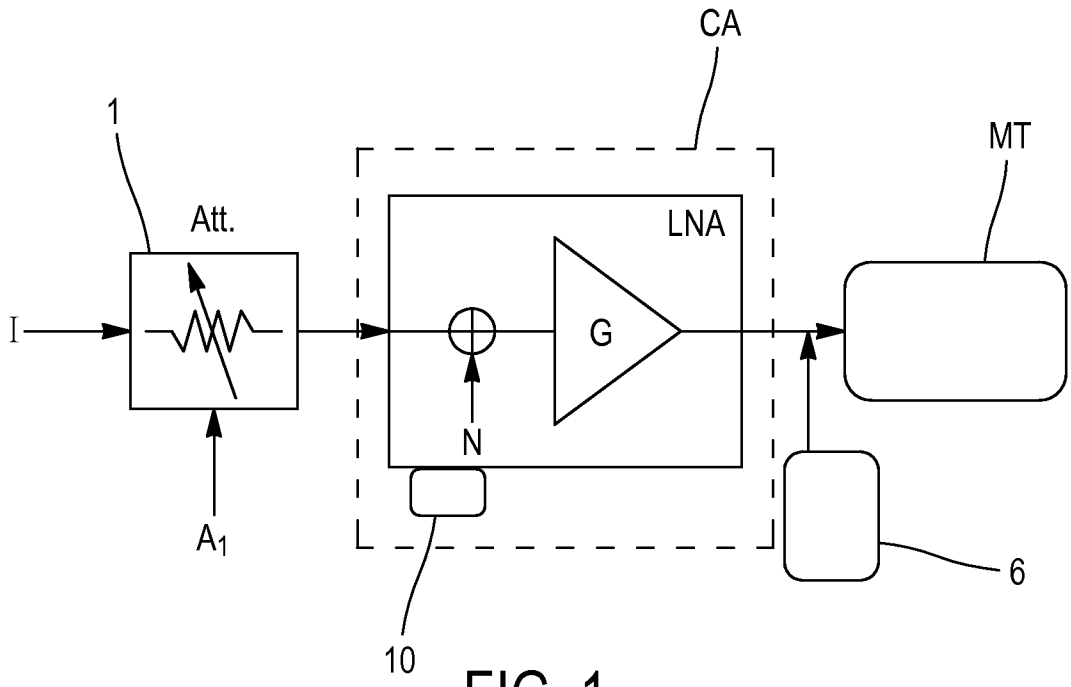

FIG. 1

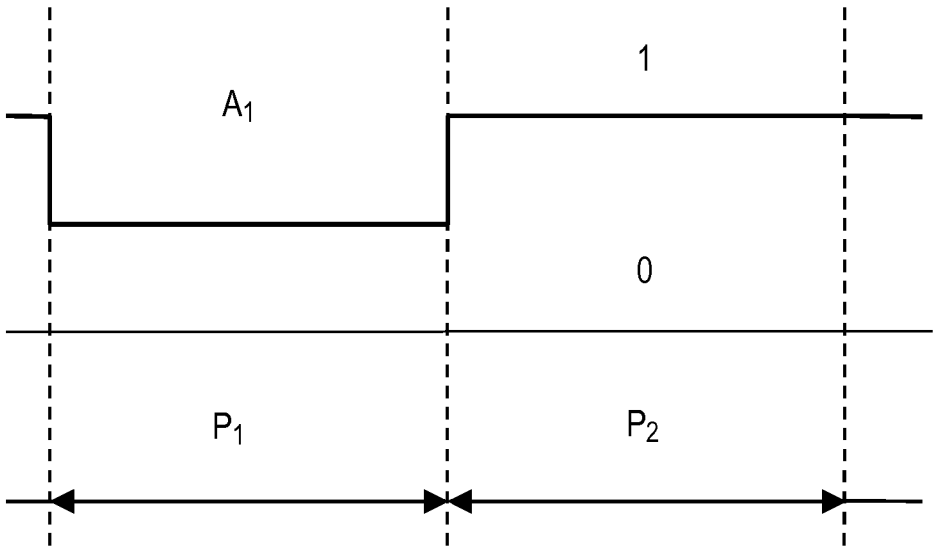

FIG. 2

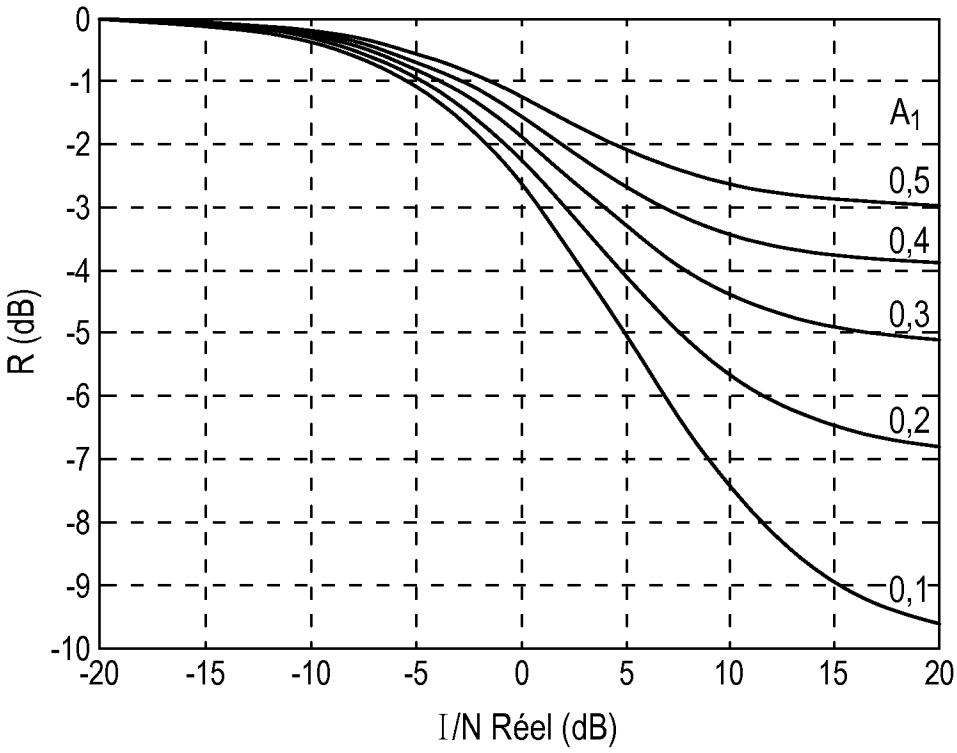
0
-1
-2
-3
-4
-5
-6
-7
-8
-9
-10
R (dB)
-20
-15
-10
-5
0
5
10
15
20
I/N Réel (dB)
A1
0,5
0,4
0,3
0,2
0,1

FIG. 3

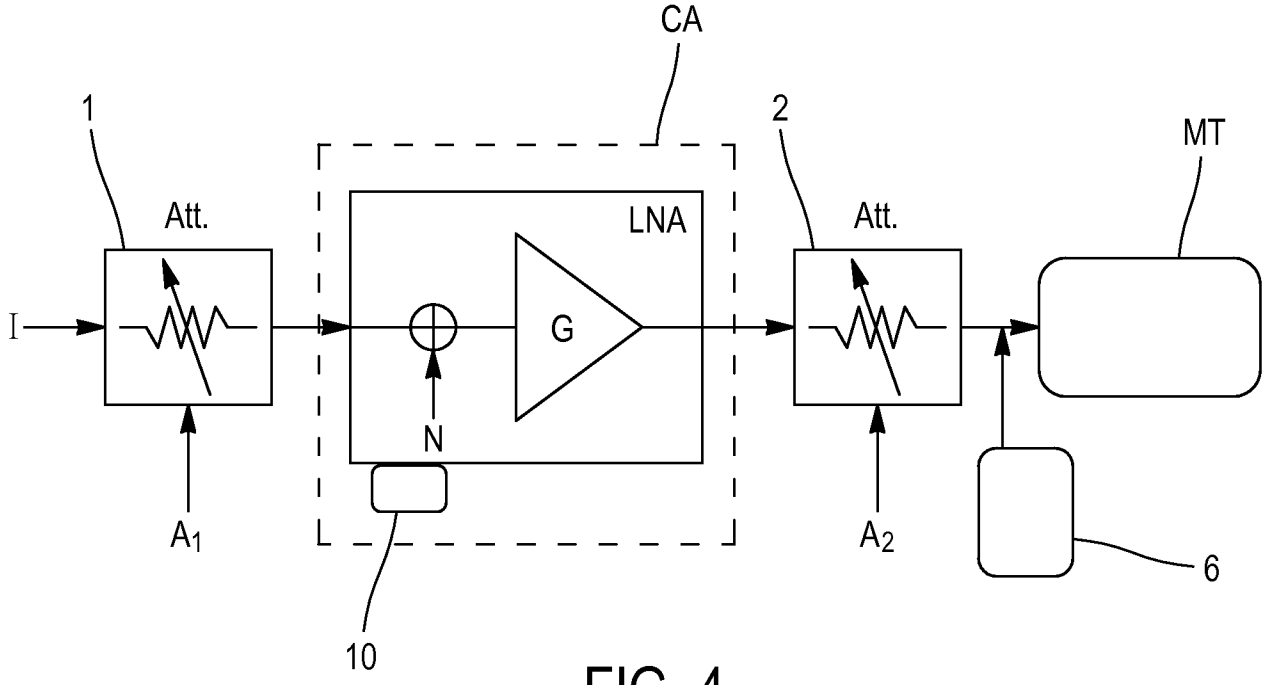
CA
1
2
MT
Att.
LNA
Att.
I
G
N
A1
A2
L
10
6

FIG. 4

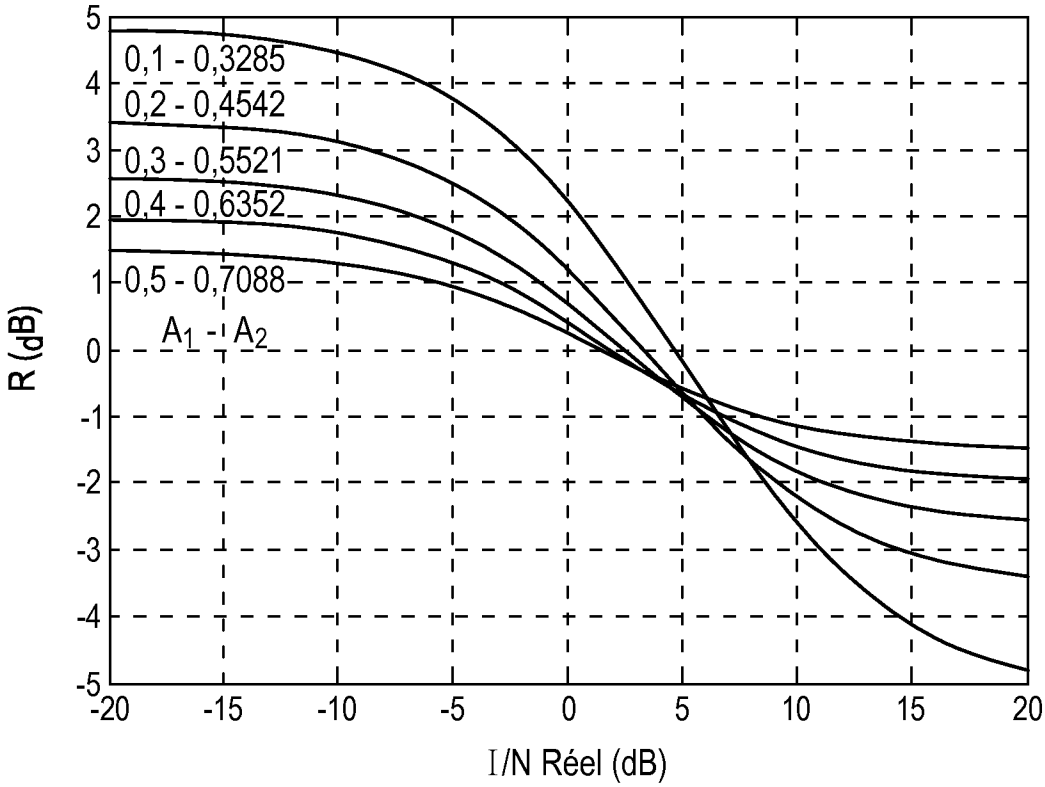
0,1 - 0,3285
0,2 - 0,4542
0,3 - 0,5521
0,4 - 0,6352
0,5 - 0,7088
A1 - A2
R (dB)
I/N Réel (dB)
5
4
3
2
1
0
-1
-2
-3
-4
-5
-20
-15
-10
-5
0
5
10
15
20

FIG. 5

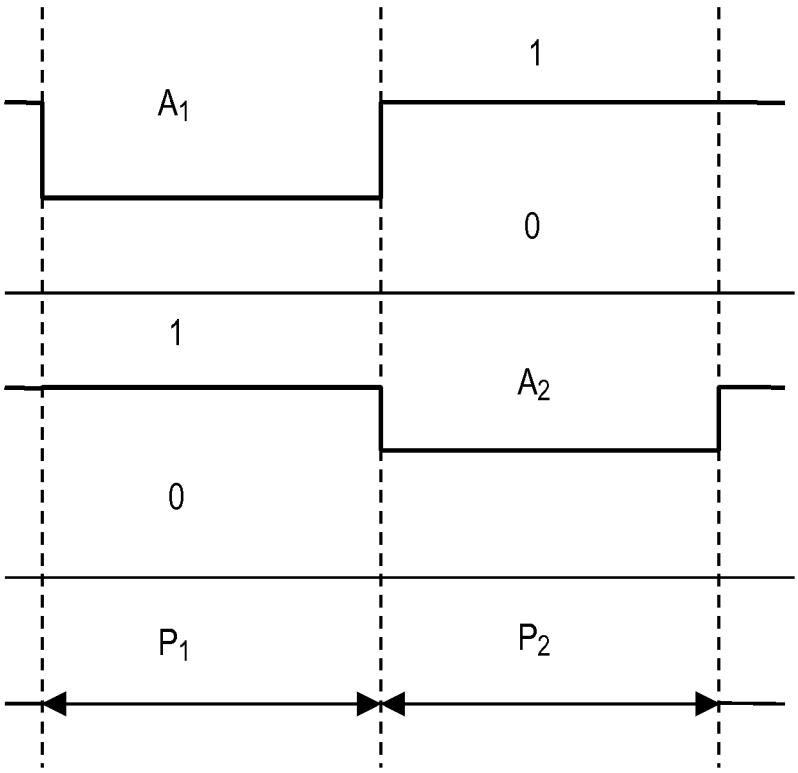
A1
1
0
1
A2
0
P1
P2

FIG. 6

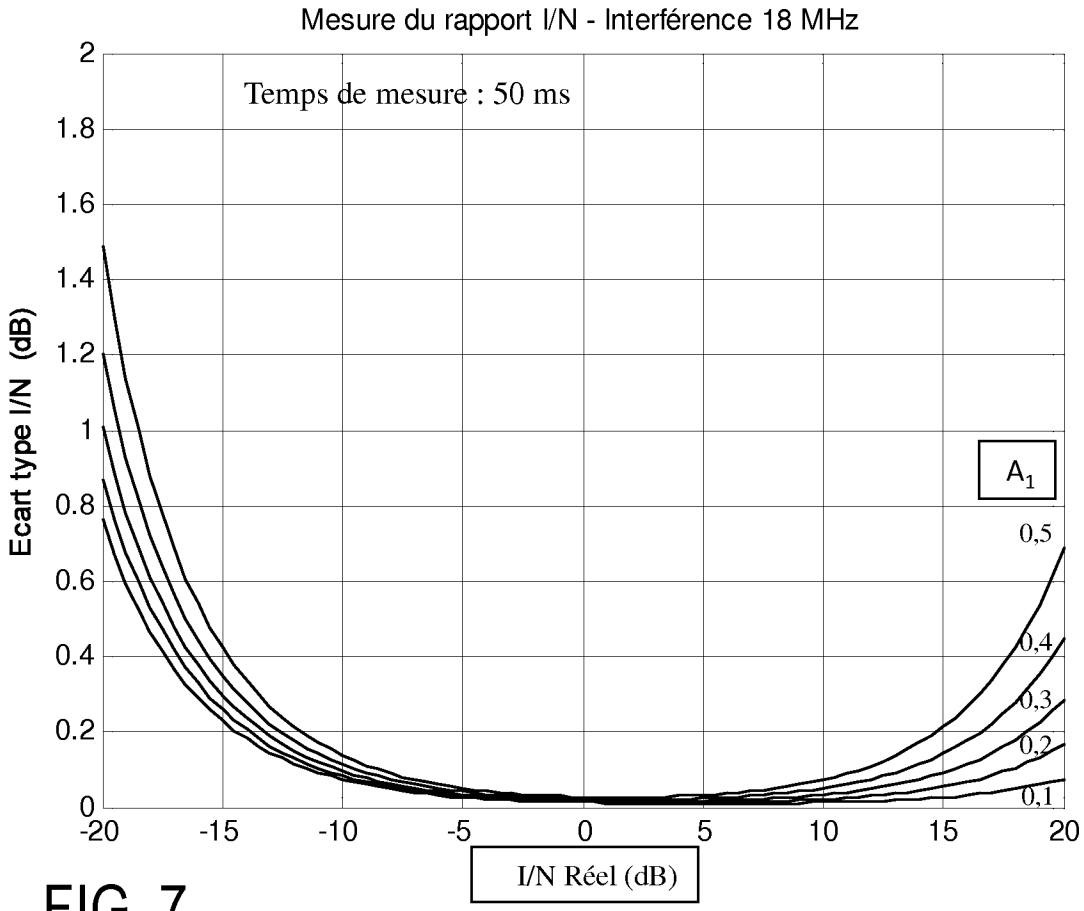
Mesure du rapport I/N - Interférence 18 MHz
Temps de mesure : 50 ms
Ecart type I/N (dB)
I/N Réel (dB)
A1
0,5
0,4
0,3
0,2
0,1
2
1.8
1.6
1.4
1.2
1
0.8
0.6
0.4
0.2
0
-20
-15
-10
-5
0
5
10
15
20

FIG. 7

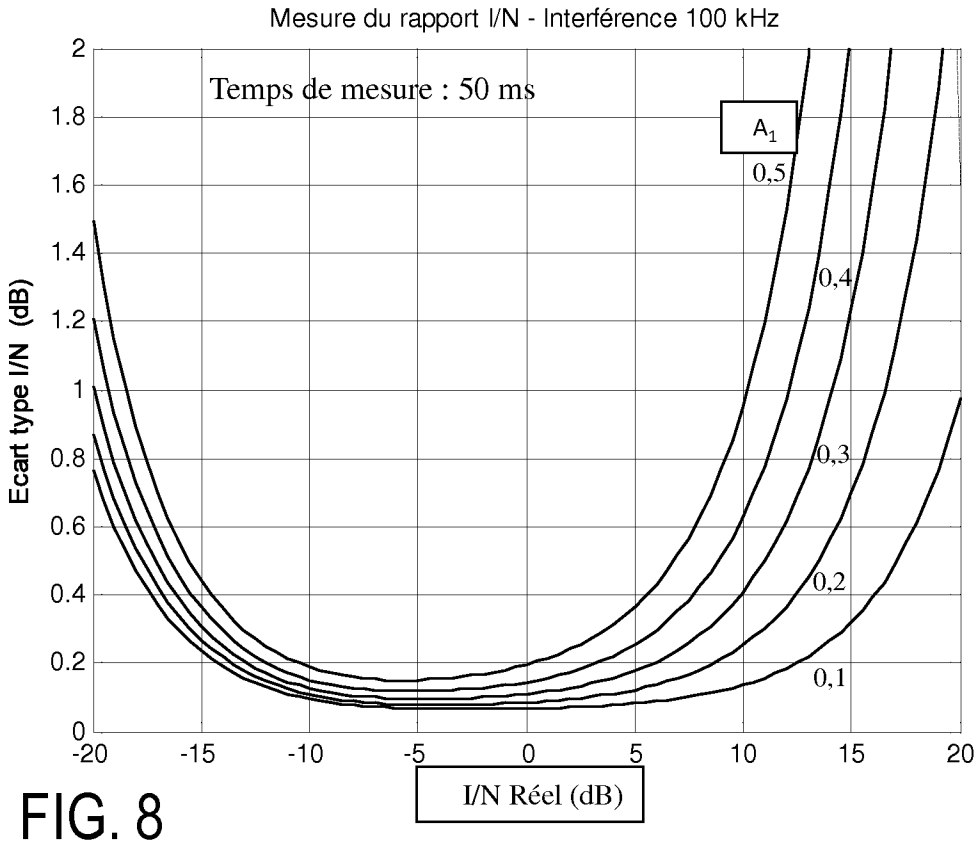
Mesure du rapport I/N - Interférence 100 kHz
Temps de mesure : 50 ms
Ecart type I/N (dB)
I/N Réel (dB)
A1
0,5
0,4
0,3
0,2
0,1
2
1.8
1.6
1.4
1.2
1
0.8
0.6
0.4
0.2
0
-20
-15
-10
-5
0
5
10
15
20

FIG. 8

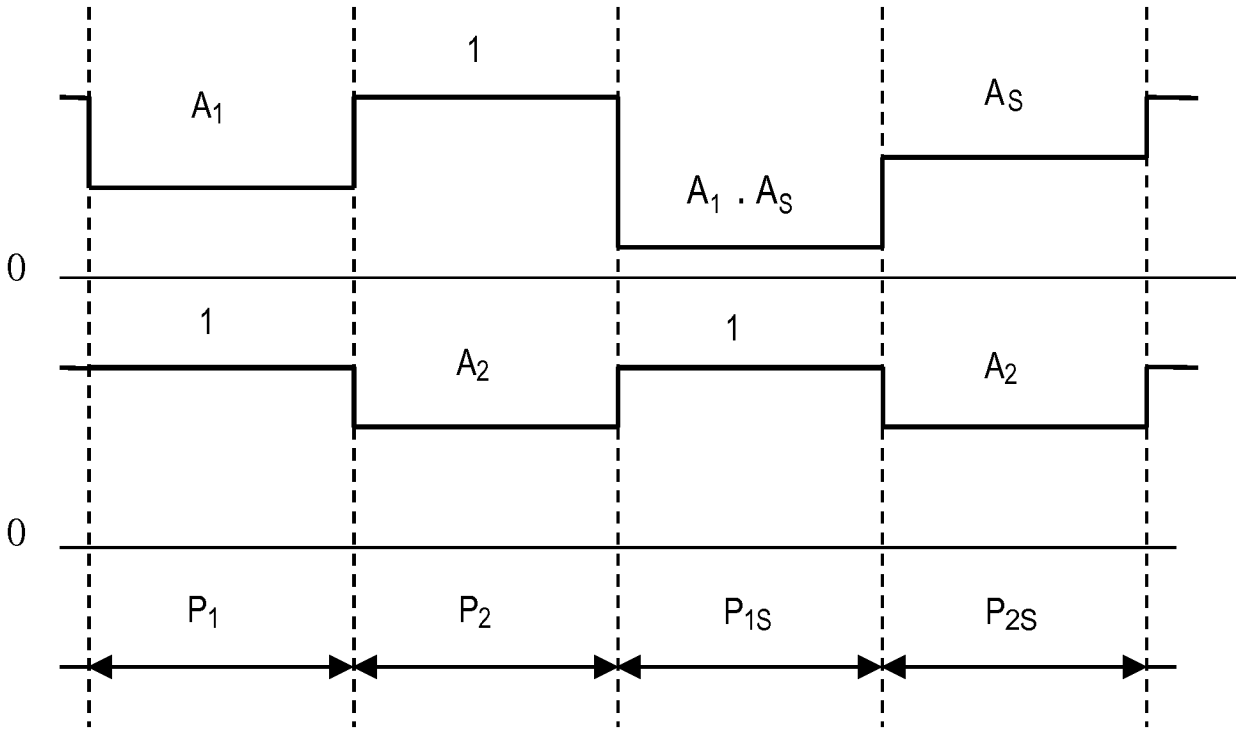
1
A1
AS
A1 . AS
0
1
A2
1
A2
0
P1
P2
P1S
P2S

FIG. 9

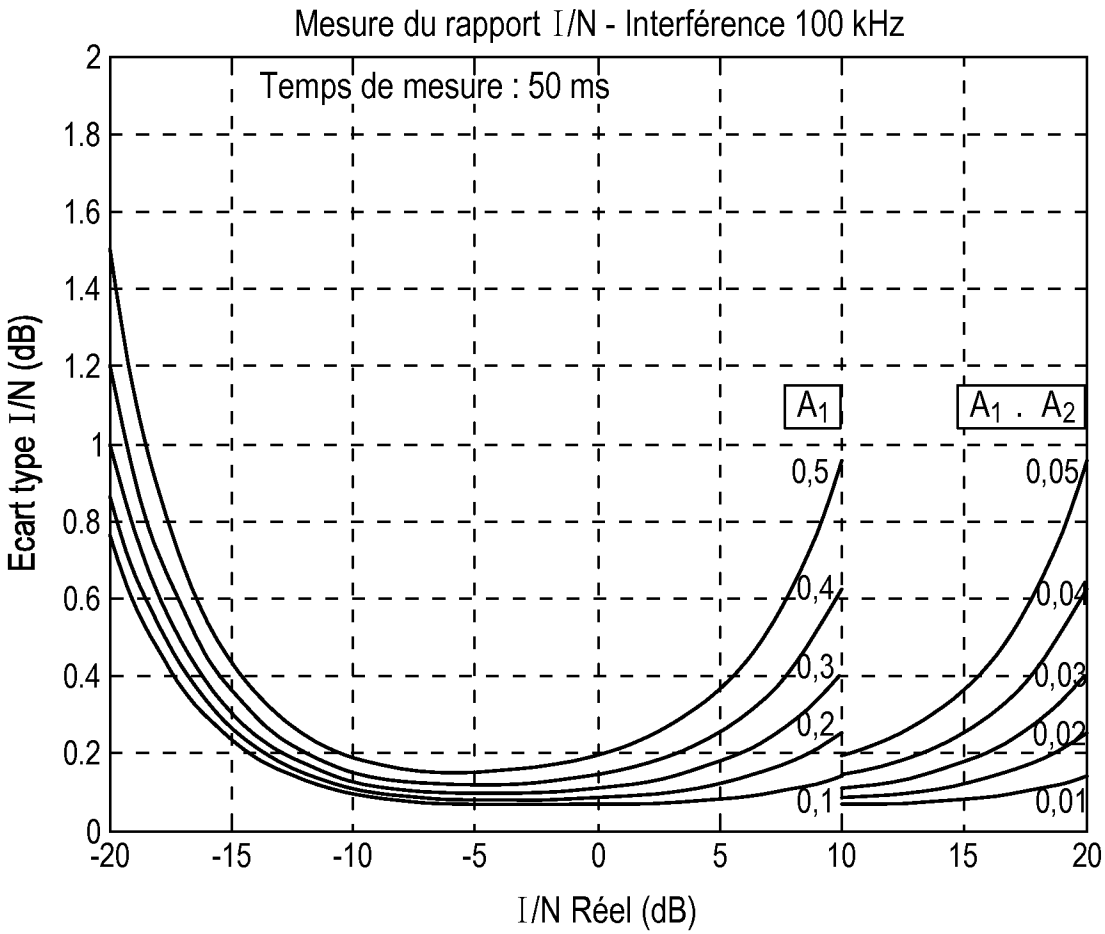
Mesure du rapport I/N - Interférence 100 kHz
Temps de mesure : 50 ms
Ecart type I/N (dB)
I/N Réel (dB)
A1
A1 . A2
0,5
0,4
0,3
0,2
0,1
0,05
0,04
0,03
0,02
0,01
2
1.8
1.6
1.4
1.2
1
0.8
0.6
0.4
0.2
0
-20
-15
-10
-5
0
5
10
15
20

FIG. 10

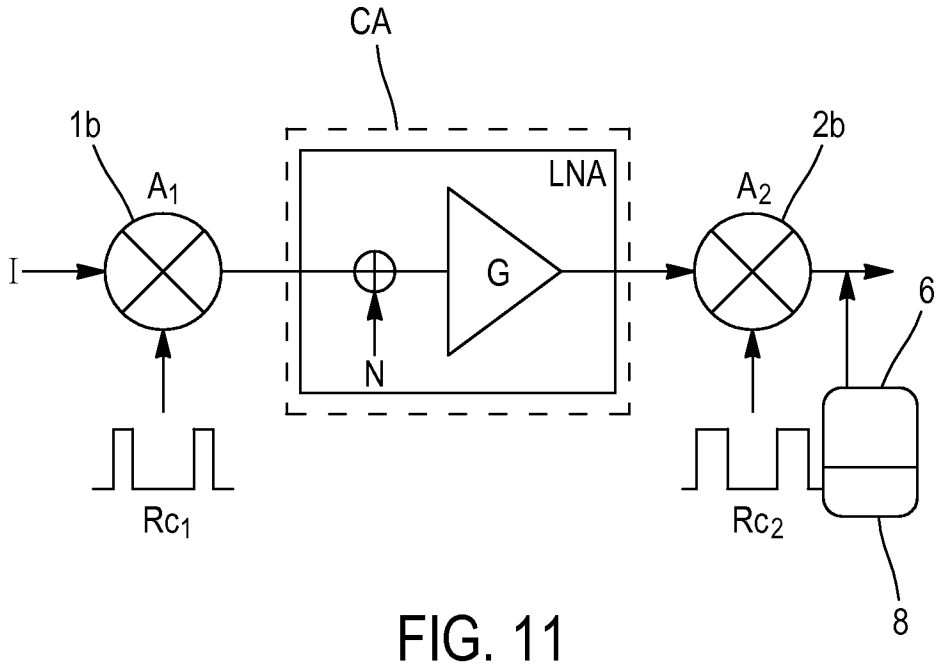
CA
1b
A1
LNA
2b
A2
I
G
6
N
Rc1
Rc2
8

FIG. 11

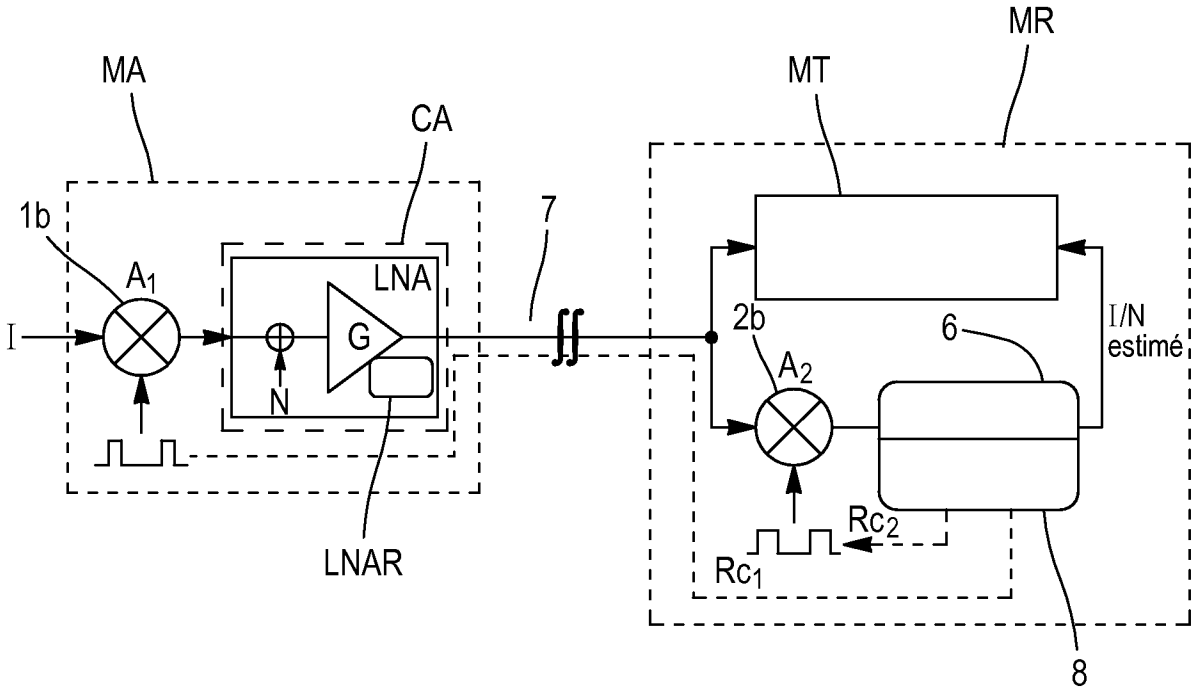
MR
MA
MT
CA
1b
7
A1
LNA
I
G
2b
6
I/N
estimé
N
A2
LNAR
Rc2
Rc1
8

FIG. 12

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2014/067315

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. G01S19/23 G01R29/26
ADD.

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 G01R

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 practicable, 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.
A	EP 2 413 642 A1 (COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE [FR]) 1 February 2012 (2012-02-01) abstract paragraphs [0017], [0075] page 6	1-15
A	EP 2 555 016 A1 (THALES SA [FR]) 6 February 2013 (2013-02-06) abstract paragraphs [0015], [0064]	1-15

☐ 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 application or patent 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
8 September 2014	15/09/2014

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

1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/EP2014/067315

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 2413642 A1	01-02-2012	EP 2413642 A1	01-02-2012
		FR 2963194 A1	27-01-2012
		US 2012021757 A1	26-01-2012
EP 2555016 A1	06-02-2013	AR 087465 A1	26-03-2014
		BR 102012019145 A2	06-08-2013
		CN 102914778 A	06-02-2013
		EP 2555016 A1	06-02-2013
		FR 2978835 A1	08-02-2013
		JP 2013036995 A	21-02-2013
		RU 2012131232 A	27-01-2014
		US 2013034124 A1	07-02-2013

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°
PCT/EP2014/067315

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
INV. G01S19/23 G01R29/26
ADD.

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 G01R

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
A	EP 2 413 642 A1 (COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE [FR]) 1 février 2012 (2012-02-01) abrégé alinéas [0017], [0075] page 6	1-15
A	EP 2 555 016 A1 (THALES SA [FR]) 6 février 2013 (2013-02-06) abrégé alinéas [0015], [0064]	1-15

☐ 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	Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale
8 septembre 2014	15/09/2014

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	Van den Bosch, I

1

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°
PCT/EP2014/067315

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 2413642 A1	01-02-2012	EP 2413642 A1	01-02-2012
		FR 2963194 A1	27-01-2012
		US 2012021757 A1	26-01-2012
EP 2555016 A1	06-02-2013	AR 087465 A1	26-03-2014
		BR 102012019145 A2	06-08-2013
		CN 102914778 A	06-02-2013
		EP 2555016 A1	06-02-2013
		FR 2978835 A1	08-02-2013
		JP 2013036995 A	21-02-2013
		RU 2012131232 A	27-01-2014
		US 2013034124 A1	07-02-2013