



- | | |
|--|--|
| <p>(51) Classification internationale des brevets :
 G01S 5/16 (2006.01) G01S 7/495 (2006.01)
 G01S 3/782 (2006.01) F41G 7/22 (2006.01)</p> <p>(21) Numéro de la demande internationale :
 PCT/FR2016/000152</p> <p>(22) Date de dépôt international :
 27 septembre 2016 (27.09.2016)</p> <p>(25) Langue de dépôt : français</p> <p>(26) Langue de publication : français</p> <p>(30) Données relatives à la priorité :
 1502052 2 octobre 2015 (02.10.2015) FR</p> <p>(71) Déposant : MBDA FRANCE [FR/FR]; 1 avenue Réaumur, 92350 Le Plessis-Robinson (FR).</p> <p>(72) Inventeurs : ROCHER, Hélène; MBDA France, 1 avenue Réaumur, 92350 Le Plessis-Robinson (FR). GAR-RIGUES, Pierre; MBDA France, 1 avenue Réaumur, 92350 Le Plessis-Robinson (FR).</p> <p>(74) Mandataire : HAUER, Bernard; Gevers & Ores, 41 avenue de Friedland, 75008 Paris (FR).</p> | <p>(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, DJ, 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, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, 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.</p> <p>(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, ST, 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).</p> |
|--|--|

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : METHOD AND DEVICE FOR DETERMINING THE DISTANCE BETWEEN AN AIRBORNE RECEIVER AND A STATIONARY GROUND TRANSMITTER

(54) Titre : PROCÉDÉ ET DISPOSITIF POUR DÉTERMINER LA DISTANCE SÉPARANT UN RÉCEPTEUR AÉRIEN ET UN ÉMETTEUR TERRESTRE FIXE

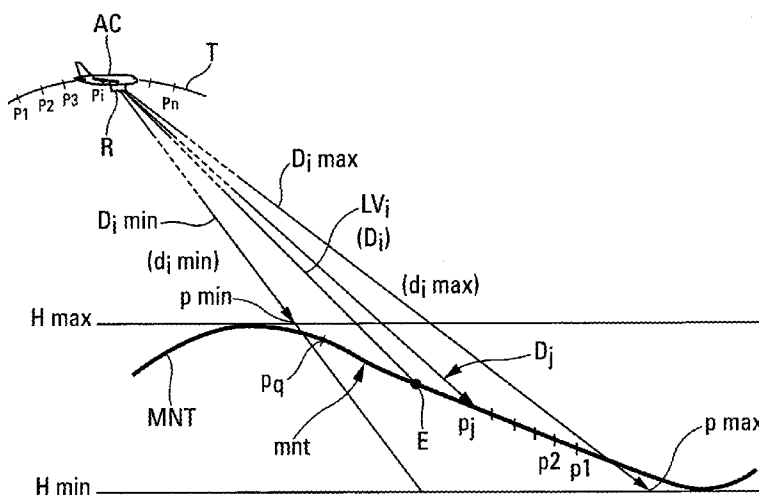


Fig. 1

(57) Abstract : According to the invention, a digital terrain model DTM is implemented in order to determine a range of distance values (dimin - dimax) containing said transmitter E - receiver R distance, and a plurality of theoretical distances are calculated within said range of values, the corresponding azimuth angle and elevation angle being associated with each of said theoretical distances. The azimuth and elevation angles thus calculated are compared with the measurements of the azimuth and elevation angles of the line of sight LVi under which the receiver R observes the transmitter E.

(57) Abrégé :

[Suite sur la page suivante]

**Publiée :**

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

— avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues (règle 48.2.h))

Selon l'invention, on met en œuvre un modèle numérique de terrain MNT pour déterminer une plage de valeurs de distance (dimin - dimax) à l'intérieur de laquelle se trouve ladite distance émetteur E - récepteur R et, à l'intérieur de ladite plage de valeurs, on calcule une pluralité de distances théoriques, à chacune desquelles sont associés l'angle d'azimut et l'angle de hauteur correspondants. Les angles d'azimut et de hauteur ainsi calculés sont comparés aux mesures des angles d'azimut et de hauteur de la ligne de visée LV_i sous laquelle le récepteur R observe l'émetteur E.

Procédé et dispositif pour déterminer la distance séparant un récepteur aérien
et un émetteur terrestre fixe.

La présente invention concerne un procédé et un dispositif pour
5 déterminer la distance séparant un récepteur aérien de position connue et un
émetteur terrestre fixe.

Quoique les applications dudit procédé puissent être diverses, la
présente invention est particulièrement appropriée à être mise en œuvre dans
un détecteur de départ de missile qui est monté à bord d'un aéronef (par
10 exemple un avion ou un autre missile) et dont l'objet est de protéger ledit
aéronef contre un missile d'attaque hostile tiré depuis le sol. Pour ce faire, de
façon connue, un détecteur de départ de missile comporte un imageur
infrarouge (le récepteur aérien) apte à détecter l'émission infrarouge
(l'émetteur terrestre fixe) produite par la flamme du propulseur dudit missile
15 d'attaque et à émettre une alarme à bord dudit aéronef à protéger.

Ci-après, la présente invention sera plus spécialement décrite en se
rapportant à un tel détecteur de départ de missile.

L'imageur infrarouge d'un détecteur de départ de missile est apte, par
sa ligne de visée, à indiquer la direction dans laquelle se produit l'émission
20 infrarouge du tir du missile d'attaque, mais ne peut fournir la distance
séparant ce dernier de l'aéronef à protéger. Or, les caractéristiques de
sensibilité et de champ dudit imageur infrarouge sont élevées, de sorte que
celui-ci détecte de nombreuses sources infrarouges autres que l'émission
infrarouge du tir du missile d'attaque et qu'il peut en résulter de fausses
25 alarmes. Pour éviter ce dernier inconvénient, un détecteur de départ de
missile doit fonctionner selon des algorithmes complexes aptes à éliminer ces
fausses alarmes, ou à tout le moins à en diminuer le nombre.

Bien entendu, de tels algorithmes complexes nuisent à la rapidité
d'identification d'une vraie alarme, ce qui limite, pour l'aéronef à protéger, le
30 temps de réaction à un tir de missile d'attaque hostile.

La présente invention a notamment pour objet de remédier à ces
inconvénients en permettant à un détecteur de départ de missile de

déterminer rapidement et avec précision la distance le séparant d'une source infrarouge.

Ainsi, grâce à la connaissance de cette distance, le détecteur de départ de missile peut interpréter l'intensité infrarouge apparente (fonction de la distance) qu'il reçoit de ladite source infrarouge et identifier la nature de cette dernière.

À cette fin, selon l'invention, le procédé pour déterminer la distance séparant un récepteur aérien de position connue et un émetteur terrestre fixe est remarquable en ce qu'on réalise les étapes suivantes :

- 10 a) par la mise en œuvre d'un modèle numérique de terrain qui est représentatif du terrain dans lequel se trouve ledit émetteur fixe et qui indique la hauteur maximale et la hauteur minimale de ce terrain, on détermine une valeur de distance maximale et une valeur de distance minimale délimitant une plage de valeurs de distance dans laquelle se trouve la valeur réelle de la distance entre ledit récepteur et ledit émetteur ;
- 15 b) on mesure la valeur de l'angle d'azimut et la valeur de l'angle de hauteur de la ligne de visée sous laquelle ledit récepteur observe ledit émetteur ;
- 20 c) pour chacun d'une pluralité de points de la partie dudit modèle numérique de terrain comprise dans ladite plage de valeurs de distance, on calcule la distance théorique séparant ledit point et ledit récepteur, ainsi que les valeurs de l'angle d'azimut théorique et de l'angle de hauteur théorique de la direction de ladite distance théorique ;
- 25 d) on compare les valeurs mesurées de l'angle d'azimut et de l'angle de hauteur de ladite ligne de visée, obtenues à l'étape b), respectivement avec chacune des valeurs de l'angle d'azimut théorique et de l'angle de hauteur théorique, obtenues à l'étape c) ; et
- 30 e) on considère que ladite distance réelle entre le récepteur et l'émetteur est égale à la distance théorique dudit point du

modèle numérique de terrain dont les valeurs calculées de l'angle d'azimut théorique et de l'angle de hauteur théorique de la direction sont respectivement les plus proches des valeurs mesurées de l'angle d'azimut et de l'angle de hauteur de ladite ligne de visée.

Dans le cas usuel où ledit récepteur aérien est aéroporté et se déplace de façon connue sur une trajectoire connue, on peut effectuer les étapes a) à e) pour une pluralité de points successifs de ladite trajectoire connue afin d'obtenir une évolution en fonction du temps de ladite distance entre ledit récepteur et ledit émetteur.

Toutefois, une telle construction point par point de l'évolution temporelle de la distance entre le récepteur et l'émetteur peut présenter l'inconvénient de comporter des points aberrants dans le cas où, par exception, une mesure de l'angle d'azimut et/ou de l'angle de hauteur serait elle-même aberrante.

Pour éviter un tel inconvénient, dans une variante de mise en œuvre, le procédé conforme à la présente invention pour déterminer en continu la distance séparant un récepteur aérien mobile de façon connue sur une trajectoire connue et un émetteur terrestre fixe, ledit émetteur étant observé par ledit récepteur suivant une ligne de visée de direction variable avec le déplacement dudit récepteur, est remarquable en ce qu'on réalise les opérations suivantes :

a') par la mise en œuvre d'un modèle numérique de terrain qui est représentatif de la partie de terrain dans laquelle se trouve ledit émetteur fixe et qui indique la hauteur maximale et la hauteur minimale de cette partie de terrain, on détermine, pour chacune d'une pluralité de positions successives dudit récepteur aérien le long de sa trajectoire, une valeur de distance maximale et une valeur de distance minimale délimitant une plage de valeurs de distance dans laquelle se trouve la valeur réelle de la distance entre ledit récepteur et ledit émetteur à la position correspondante dudit récepteur aérien ;

- b') à chacune desdites positions successives dudit récepteur aérien, on mesure la valeur de l'angle d'azimut et la valeur de l'angle de hauteur de la direction correspondante de ladite ligne de visée ;
- c') pour chacun d'une pluralité de points de la partie dudit modèle numérique de terrain comprise dans chacune desdites plages de valeurs de distance obtenues à l'étape a'), on calcule la distance théorique séparant ledit point et ledit récepteur, ainsi que les valeurs de l'angle d'azimut théorique et de l'angle de hauteur théorique de la direction de ladite distance théorique ;
- d') on compare les suites des valeurs mesurées d'angle d'azimut et d'angle de hauteur pour ladite ligne de visée, obtenues à l'étape b'), respectivement aux suites de valeurs d'angle d'azimut théorique et d'angle de hauteur théorique obtenues à l'étape c') ;
et
- e') on considère que l'évolution de la distance réelle entre le récepteur et l'émetteur, lorsque ledit récepteur se déplace sur sa trajectoire, est représentée par l'évolution de la distance théorique calculée à l'étape c'), pour laquelle les suites de valeurs d'angle d'azimut théorique et d'angle de hauteur théorique sont respectivement les plus proches des suites de valeurs mesurées d'angle d'azimut et d'angle de hauteur de ladite ligne de visée.

On remarquera que, contrairement à la plupart des procédés de mesure de distance, comme exemple la triangulation, la précision de la détermination de la distance émetteur-récepteur est indépendante de la vitesse de déplacement du récepteur, cette précision étant aussi bonne pour une faible vitesse que pour une vitesse élevée de ce dernier.

La présente invention concerne de plus un dispositif de détection infrarouge :

- qui est monté à bord d'un aéronef muni d'un dispositif de positionnement permettant de connaître la position dudit aéronef à chaque instant, et

- qui comporte un détecteur infrarouge apte à détecter une émission infrarouge terrestre, ainsi que des moyens de mesure indiquant la direction de la ligne de visée sous laquelle ledit détecteur infrarouge observe ladite émission infrarouge,
- 5 ce dispositif de détection infrarouge étant remarquable :
 - en ce que lesdits moyens de mesure délivrent des valeurs d'angle d'azimut et d'angle de hauteur pour la direction de ladite ligne de visée ; et
 - en ce que ledit dispositif de détection comporte de plus :
 - un modèle numérique de terrain qui est représentatif du terrain
10 dans lequel se trouve ladite émission infrarouge terrestre et qui indique la hauteur maximale et la hauteur minimale dudit terrain ; et
 - des moyens de calcul configurés :
 - pour calculer une valeur de distance minimale et une
15 valeur de distance maximale entre lesquelles se trouve la valeur réelle de la distance séparant ledit détecteur infrarouge de ladite émission infrarouge terrestre ;
 - pour calculer une pluralité de distances théoriques intermédiaires comprises entre ladite valeur de distance
20 minimale et ladite valeur de distance maximale ;
 - pour calculer pour chacune desdites distances théoriques intermédiaires, l'angle d'azimut et l'angle de hauteur de la direction correspondante ; et
 - pour comparer les valeurs calculées de l'angle d'azimut et
25 de l'angle de hauteur de chacune desdites distances théoriques intermédiaires avec les valeurs mesurées de l'angle d'azimut et de l'angle de hauteur de la direction de ladite ligne de visée.
- 30 Dans un mode de réalisation du dispositif de détection infrarouge conforme à la présente invention, lesdits moyens de calcul sont configurés pour attribuer à chaque instant, à la distance séparant le détecteur infrarouge

de ladite émission infrarouge terrestre, la valeur de la distance théorique intermédiaire dont les valeurs calculées de l'angle d'azimut et de l'angle de hauteur sont respectivement les plus proches des valeurs mesurées de l'angle d'azimut et de l'angle de hauteur de la direction de ladite ligne de visée.

En variante, lesdits moyens de calcul sont configurés pour assimiler l'évolution temporelle de la distance séparant le détecteur infrarouge de ladite infrarouge terrestre à une évolution temporelle de distance théorique intermédiaire pour laquelle des suites de valeurs calculées d'angle d'azimut théorique et d'angle de hauteur théorique sont respectivement les plus proches des suites de valeurs mesurées d'angle d'azimut et d'angle de hauteur de ladite ligne de visée.

On comprendra aisément que la présente invention concerne de plus un dispositif de détection de départ de missile comportant les particularités du dispositif de détection infrarouge décrit ci-dessus, ainsi qu'un aéronef, notamment un missile, comportant un tel dispositif de détection de départ de missile.

Les figures du dessin annexé feront bien comprendre comment l'invention peut être réalisée. Sur ces figures, des références identiques désignent des éléments semblables.

La figure 1 est un schéma illustrant le fondement de la présente invention.

La figure 2 illustre l'angle d'azimut et l'angle de hauteur de la ligne de visée d'un récepteur.

Les figures 3A et 3B sont des diagrammes temporels représentant respectivement les évolutions d'angles d'azimut et d'angles de hauteur en fonction de positions successives du récepteur.

La figure 4 est le schéma synoptique du dispositif de détection conforme à la présente invention.

Sur la figure 1, on a représenté schématiquement un aéronef AC décrivant une trajectoire T et portant un récepteur infrarouge R. À chaque instant t_i (avec $i = 0, 1, 2, 3, \dots, n$ entier), la position P_i de l'aéronef AC (et donc

celle du récepteur infrarouge R) est connue avec une précision ΔP dans un système d'axes X (latitude), Y (longitude) et Z (altitude), comme cela est illustré par la figure 2.

L'aéronef AC survole un terrain représenté par un modèle numérique
5 de terrain MNT, de précision ΔMNT , indiquant l'altitude minimale H_{min} et l'altitude maximale H_{max} dudit terrain. Sur celui-ci se trouve un émetteur infrarouge E observé par le récepteur infrarouge R selon la ligne de visée LV_i , lorsque l'aéronef AC est en position P_i . Comme l'illustre la figure 2, la direction Di de la ligne de visée LV_i peut être définie par son angle de hauteur h_{Di} et
10 par son angle d'azimut az_{Di} , avec une précision ΔD .

Du fait de l'incertitude ΔP sur la précision de la position de l'aéronef AC, de l'incertitude ΔMNT sur la précision du modèle numérique de terrain MNT et de l'incertitude ΔD sur la précision de la direction Di de la ligne de visée LV_i , cette dernière direction Di ne peut être connue que comme
15 comprise entre une direction maximale $Dimax$ et une direction minimale $Dimin$.

Par suite, la distance réelle entre le récepteur R et l'émetteur E est comprise entre une distance minimale $Dimin$, correspondant à la distance séparant le récepteur R et le point p_{min} d'intersection entre la direction $Dimin$
20 et l'altitude maximale H_{max} , et une distance maximale $Dimax$, correspondant à la distance séparant le récepteur R et le point p_{max} d'intersection entre la direction $Dimax$ et l'altitude minimale H_{min} . La distance réelle entre le récepteur R à la position P_i et l'émetteur E est donc comprise entre $Dimin$ et $Dimax$, qui déterminent une plage de valeurs de distance ΔD .

25 Ainsi, conformément à la présente invention, on commence par déterminer, de la façon décrite ci-dessus, la plage de valeurs de distance ΔD dans laquelle se trouve la valeur réelle de la distance entre le récepteur R à la position P_i et l'émetteur E.

Puis, à l'aide des instruments de bord de l'aéronef AC, on mesure la valeur $azDi$ de l'angle d'azimut et la valeur hDi de l'angle de hauteur de la ligne de visée LVi du récepteur R.

Par ailleurs, pour chacun d'une pluralité de points P_j (avec $j = 2, 3, \dots, j, \dots, q$ entier) de la partie mnt du modèle numérique MNT comprise dans ladite plage de valeurs de distance ΔD , on calcule la distance théorique d_j séparant ce point p_j du récepteur R, ainsi que les valeurs az_j de l'angle d'azimut théorique et h_j de l'angle de hauteur théorique de la direction D_j de ladite distance théorique d_j . Après quoi, on compare les valeurs mesurées $azDi$ et hDi de l'angle d'azimut et de l'angle de hauteur de la ligne de visée LVi , respectivement avec des valeurs calculées az_j et h_j de l'angle d'azimut théorique et de l'angle de hauteur théorique pour chacune des directions D_j .

Pour la position P_i de l'aéronef AC sur sa trajectoire T, on peut considérer, à la suite de cette comparaison, que la distance réelle entre le récepteur R et l'émetteur E est égale à celle des distances théoriques d_j dont la direction D_j présente des valeurs az_j de l'angle d'azimut théorique et h_j de l'angle de hauteur théorique respectivement les plus proches des valeurs mesurées $azDi$ et hDi de l'angle d'azimut et de l'angle de hauteur de la ligne de visée LVi .

Bien entendu, ce qui a été décrit ci-dessus pour la position P_i de l'aéronef AC, peut être répété pour chaque position $P_1, P_2, \dots, P_n$ de celui-ci. On obtient donc une série de valeurs estimées de la distance émetteur E – récepteur R au fur et à mesure du déplacement de l'aéronef AC sur sa trajectoire T.

Un tel processus pouvant être sujet à des imprécisions de mesure, une variante préférée du procédé conforme à la présente invention consiste en ce que, comme l'illustrent les figures 3A et 3B :

a') à l'aide du modèle numérique de terrain MNT, on détermine, pour chacune d'une pluralité de positions P_i successives (aux instants $t_0, t_1, \dots, t_n$) du récepteur R, une valeur de distance maximale $Dimax$ et une valeur de distance minimale $Dimin$, avec les angles d'azimuts $azdimax$ et $azdimin$ et les angles de

hauteur h_{dimax} et h_{dimin} correspondants, délimitant une plage de valeurs de distance dans laquelle se trouve la valeur réelle de la distance entre le récepteur R et l'émetteur E à la position P_i du récepteur R ;

5 b') à chacune des positions successives P_i du récepteur R, on mesure la valeur de l'angle d'azimut az_{Di} et la valeur de l'angle de hauteur h_{Di} de la direction correspondante de la ligne de visée LVi ;

10 c') pour chacun d'une pluralité de points p_j de la partie mnt du modèle numérique de terrain MNT comprise dans chacune des plages de valeurs de distances obtenues à l'étape a'), on calcule la distance théorique d_j séparant ledit point p_j et le récepteur R, ainsi que les valeurs de l'angle d'azimut théorique az_{jth} et de l'angle de hauteur théorique h_{jth} de la direction D_j de la distance théorique d_j ;

15

20 d') on compare les suites des valeurs mesurées d'angle d'azimut az_{Di} et d'angle de hauteur h_{Di} , obtenues à l'étape b'), respectivement aux suites de valeurs d'angle d'azimut théorique az_{jth} et d'angle de hauteur théorique h_{jth} obtenues à l'étape c') ;
et

25 e') on estime que l'évolution de la distance réelle entre le récepteur R et l'émetteur E, lorsque l'aéronef AC se déplace sur sa trajectoire, est représentée par l'évolution de la distance théorique d_j , calculée à l'étape c'), pour laquelle les suites de valeurs d'angle d'azimut théorique az_{jth} et d'angle de hauteur théorique h_{jth} sont respectivement les plus proches des suites de valeurs mesurées d'angle d'azimut az_{Di} et d'angle de hauteur h_{Di} de la ligne de visée LVi .

30 Sur la figure 4, on a représenté schématiquement un dispositif de détection infrarouge conforme à la présente invention, qui est monté à bord de l'aéronef AC et qui comporte le récepteur R, ici sous la forme d'un détecteur infrarouge apte à détecter une émission infrarouge terrestre, formée ici par

l'émetteur E. L'aéronef AC comporte un dispositif de positionnement PO lui permettant de connaître sa position à chaque instant et le dispositif de détection infrarouge comporte des moyens de mesure MLV indiquant la direction de la ligne de visée LV sous laquelle le détecteur infrarouge R observe l'émission infrarouge terrestre E, cette direction étant définie par l'angle d'azimut et l'angle de hauteur de la ligne de visée.

Le dispositif de détection infrarouge de la figure 4 comporte de plus des moyens de calcul CP, reliés au dispositif de positionnement PO et aux moyens de mesure MLV, ainsi qu'un modèle numérique de terrain MNT représentatif du terrain dans lequel se trouve l'émission infrarouge E et indiquant la hauteur maximale et la hauteur minimale de ce terrain, ledit modèle numérique de terrain étant également relié auxdits moyens de calcul CP.

À partir des informations qu'ils reçoivent du dispositif de positionnement PO, du modèle numérique de terrain MNT et des moyens de mesure MLV, les moyens de calcul CP sont configurés, conformément à la présente invention :

- pour calculer une valeur de distance minimale et une valeur de distance maximale entre lesquelles se trouve la valeur réelle de la distance séparant ledit détecteur infrarouge de ladite émission infrarouge terrestre ;
- pour calculer une pluralité de distances théoriques intermédiaires comprises entre ladite valeur de distance minimale et ladite valeur de distance maximale ;
- pour calculer pour chacune desdites distances théoriques intermédiaires, l'angle d'azimut et l'angle de hauteur de la direction correspondante ; et
- pour comparer les valeurs calculées de l'angle d'azimut et l'angle de hauteur de chacune desdites distances théoriques intermédiaires avec les valeurs mesurées de l'angle d'azimut et de l'angle de hauteur de la direction de ladite ligne de visée.

Comme mentionné ci-dessus, lesdits moyens de calcul CP peuvent être configurés, pour délivrer à leur sortie S :

- des informations attribuant, à chaque instant, à la distance séparant le détecteur infrarouge de ladite émission infrarouge terrestre, la valeur de la distance théorique intermédiaire dont les valeurs calculées de l'angle d'azimut et de l'angle de hauteur sont les plus proches des valeurs mesurées de l'angle d'azimut et de l'angle de hauteur de la direction de ladite ligne de visée ; ou bien
- des informations assimilant l'évolution temporelle de la distance séparant le détecteur infrarouge de ladite infrarouge terrestre à une évolution temporelle de distance théorique intermédiaire pour laquelle des suites de valeurs calculées d'angle d'azimut théorique et d'angle de hauteur théorique sont respectivement les plus proches des suites de valeurs mesurées d'angle d'azimut et d'angle de hauteur de ladite ligne de visée.

De ce qui précède, il ressort que le dispositif de détection infrarouge de la figure 4 trouve une application évidente à la détection de départ de missile.

REVENDICATIONS

1. Procédé pour déterminer en continu la distance séparant un
5 récepteur aérien (R) mobile de façon connue sur une trajectoire connue (T) et
un émetteur terrestre fixe (E), ledit émetteur étant observé par ledit récepteur
suivant une ligne de visée (LVi) de direction variable avec le déplacement
dudit récepteur,
caractérisé en ce qu'on réalise les opérations suivantes :
- 10 a') par la mise en œuvre d'un modèle numérique de terrain (MNT) qui est
représentatif du terrain dans lequel se trouve ledit émetteur fixe (E) et
qui indique la hauteur maximale (Hmax) et la hauteur minimale (Hmin)
de ce terrain, on détermine, pour chacune d'une pluralité de positions
successives dudit récepteur aérien (R) le long de sa trajectoire (T), une
15 valeur de distance maximale (dimax) et une valeur de distance
minimale (dimin) délimitant une plage de valeurs de distance dans
laquelle se trouve la valeur réelle de la distance entre ledit récepteur et
ledit émetteur à la position correspondante dudit récepteur aérien ;
- 20 b') à chacune desdites positions successives dudit récepteur aérien, on
mesure la valeur de l'angle d'azimut (azDi) et la valeur de l'angle de
hauteur (hDi) de la direction correspondante de ladite ligne de
visée (LVi) ;
- 25 c') pour chacun d'une pluralité de points (pj) de la partie (mnt) dudit
modèle numérique de terrain (MNT) comprise dans chacune desdites
des plages de valeurs de distance obtenues à l'étape a'), on calcule la
distance théorique séparant ledit point et ledit récepteur, ainsi que les
valeurs de l'angle d'azimut théorique et de l'angle de hauteur théorique
de la direction de ladite distance théorique ;
- 30 d') on compare les suites des valeurs mesurées d'angle d'azimut et
d'angle de hauteur, obtenues à l'étape b'), respectivement aux suites
de valeurs d'angle d'azimut théorique et d'angle de hauteur théorique
obtenues à l'étape c') ; et

e') on considère que l'évolution de la distance réelle entre le récepteur et l'émetteur, lorsque ledit récepteur (R) se déplace sur sa trajectoire (T), est représentée par l'évolution de la distance théorique calculée à l'étape c'), pour laquelle les suites de valeurs d'angle d'azimut théorique et d'angle de hauteur théorique sont respectivement les plus proches des suites de valeurs mesurées d'angle d'azimut et d'angle de hauteur de ladite ligne de visée.

2. Dispositif de détection infrarouge,

- qui est monté à bord d'un aéronef (AC) muni d'un dispositif de positionnement (PO) permettant de connaître la position dudit aéronef à chaque instant ; et

- qui comporte un détecteur infrarouge (R) apte à détecter une émission infrarouge terrestre (E), ainsi que des moyens de mesure (MLV) indiquant la direction de la ligne de visée (LVi) sous laquelle ledit détecteur infrarouge (R) observe ladite émission infrarouge (E),
caractérisé :

- en ce que lesdits moyens de mesure (MLV) délivrent des valeurs d'angle d'azimut et d'angle de hauteur pour la direction de ladite ligne de visée (LVi) ;
- en ce que ledit dispositif de détection comporte de plus :

• un modèle numérique de terrain (MNT) qui est représentatif du terrain dans lequel se trouve ladite émission infrarouge terrestre (E) et qui indique la hauteur maximale et la hauteur minimale dudit terrain ; et

• des moyens de calcul (CP) configurés :
○ pour calculer une valeur de distance minimale et une valeur de distance maximale entre lesquelles se trouve la valeur réelle de la distance séparant ledit détecteur infrarouge de ladite émission infrarouge terrestre ;

○ pour calculer une pluralité de distances théoriques intermédiaires comprises entre ladite valeur de distance minimale et ladite valeur de distance maximale ;

- pour calculer pour chacune desdites distances théoriques intermédiaires, l'angle d'azimut et l'angle de hauteur de la direction correspondante ; et
 - pour comparer les valeurs calculées de l'angle d'azimut et l'angle de hauteur de chacune desdites distances théoriques intermédiaires avec les valeurs mesurées de l'angle d'azimut et de l'angle de hauteur de la direction de ladite ligne de visée (LVi) ;
- 5
- en ce que lesdits moyens de calcul (CP) sont configurés pour attribuer, à
- 10
- chaque instant, à la distance séparant le détecteur infrarouge de ladite émission infrarouge terrestre, la valeur de la distance théorique intermédiaire dont les valeurs calculées de l'angle d'azimut et de l'angle de hauteur sont les plus proches des valeurs mesurées de l'angle d'azimut et de l'angle de hauteur de la direction de ladite ligne de visée (LVi) ; et
- 15
- en ce que lesdits moyens de calcul (CP) sont configurés pour assimiler l'évolution temporelle de la distance séparant le détecteur infrarouge de ladite infrarouge terrestre à une évolution temporelle de distance théorique intermédiaire pour laquelle des suites de valeurs calculées d'angle d'azimut théorique et d'angle de hauteur théorique sont respectivement les plus
- 20
- proches des suites de valeurs mesurées d'angle d'azimut et d'angle de hauteur de ladite ligne de visée (LVi).

3. Dispositif de détection de départ de missile,
caractérisé en ce qu'il comporte les particularités du dispositif de détection infrarouge spécifié sous la revendication 2.

- 25
4. Aéronef,
caractérisé en ce qu'il est équipé du détecteur de départ de missile spécifié sous la revendication 3.

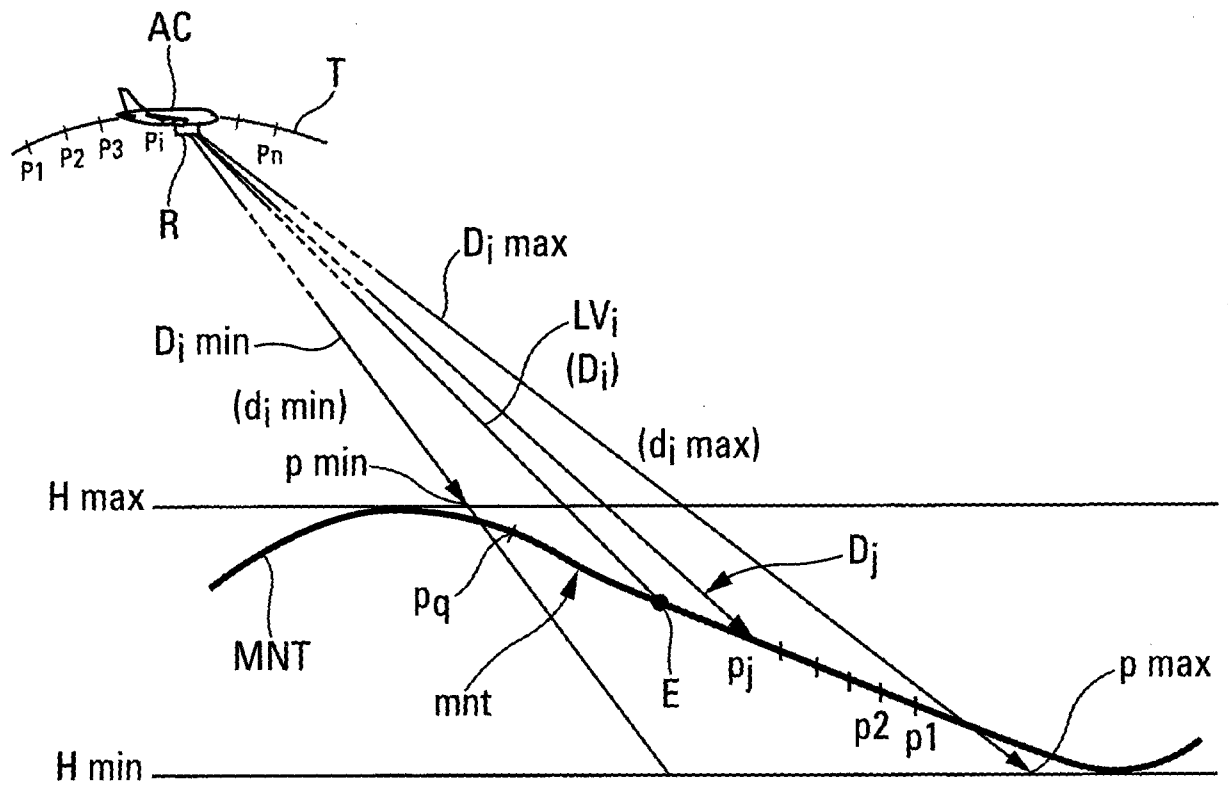


Fig. 1

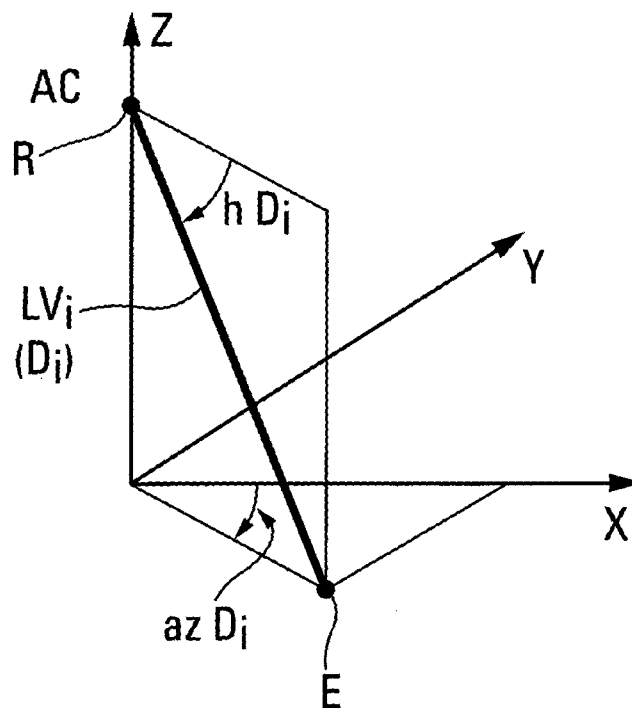


Fig. 2

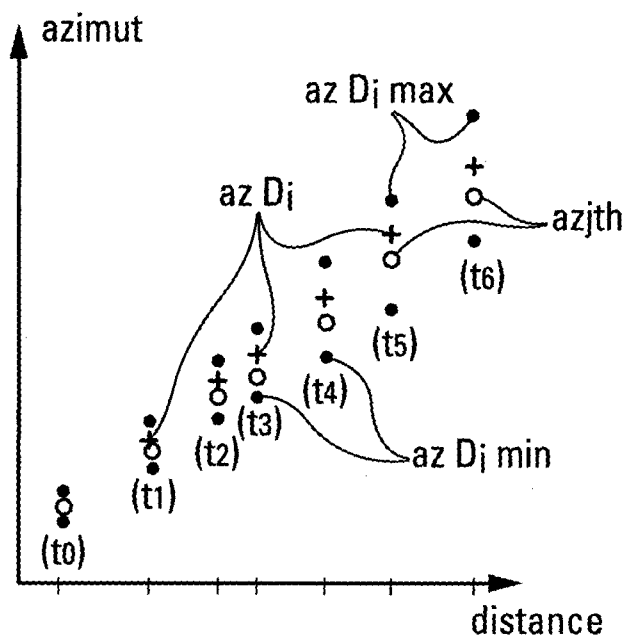


Fig. 3A

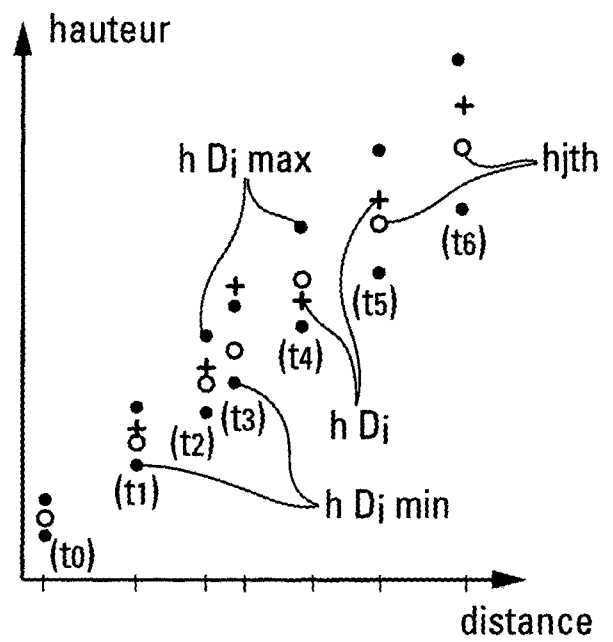


Fig. 3B

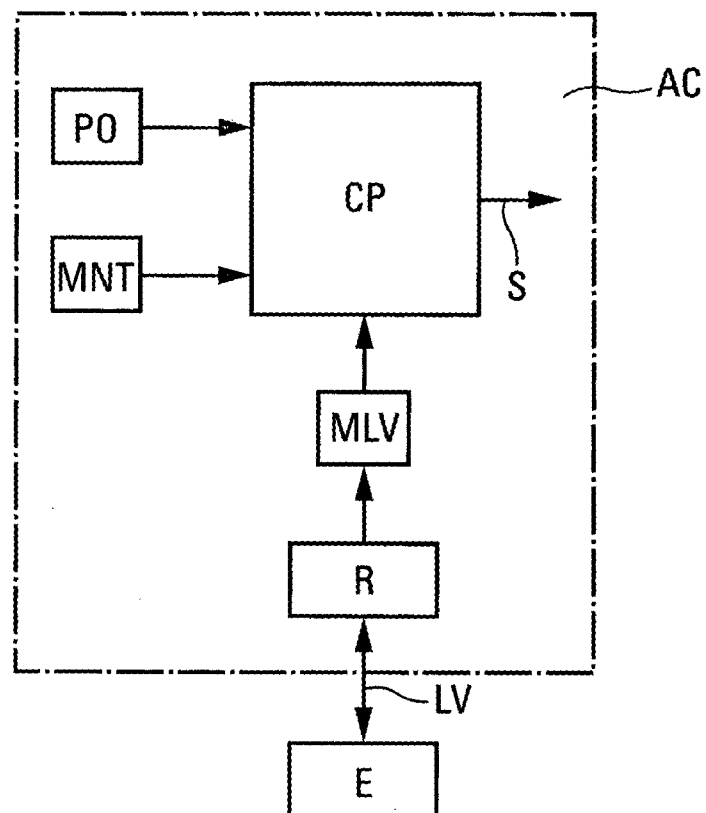


Fig. 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/FR2016/000152

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. G01S5/16 G01S3/782 G01S7/495 F41G7/22
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

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, INSPEC, COMPENDEX

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2011/309983 A1 (HOLZER TYLER [US] ET AL) 22 December 2011 (2011-12-22) abstract; claims 1-3; figures 1-7 paragraphs [0004], [0017], [0026] - [0029] -----	1-4
A	US 7 107 179 B2 (MALCHI TOMER [IL] ET AL) 12 September 2006 (2006-09-12) abstract; figures 4c,5,6a -----	1-4
A	US 4 954 837 A (BAIRD CHARLES A [US] ET AL) 4 September 1990 (1990-09-04) abstract; claim 5; figures 1-7 column 7, line 26 - column 8, line 11 ----- -/-	1-4



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

9 December 2016

Date of mailing of the international search report

26/01/2017

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/FR2016/000152

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2008/074639 A1 (DONOGHUE PATRICK J [US] ET AL) 27 March 2008 (2008-03-27) abstract; claim 1; figures 1,6 paragraphs [0015], [0-24] -----	1-4
A	US 2013/120192 A1 (LARSON CLAYTON J [US]) 16 May 2013 (2013-05-16) abstract; figures 1-3 paragraphs [0002], [0007] - [0021], [0040] - [0046], [0062] -----	1-4
A	FR 3 017 480 A1 (THALES SA [FR]) 14 August 2015 (2015-08-14) abstract; figure 1 page 11, line 9 - page 12, line 16 -----	1-4
A	US 2008/191926 A1 (BENAYAHU YAIR [IL] ET AL) 14 August 2008 (2008-08-14) abstract; claim 1; figure 1 -----	1-4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/FR2016/000152

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2011309983	A1	22-12-2011	NONE
US 7107179	B2	12-09-2006	AT 407343 T 15-09-2008 EP 1599771 A2 30-11-2005 ES 2312971 T3 01-03-2009 IL 170442 A 15-04-2010 US 2005273254 A1 08-12-2005 WO 2004079400 A2 16-09-2004
US 4954837	A	04-09-1990	NONE
US 2008074639	A1	27-03-2008	NONE
US 2013120192	A1	16-05-2013	NONE
FR 3017480	A1	14-08-2015	CA 2938227 A1 13-08-2015 EP 3103062 A1 14-12-2016 FR 3017480 A1 14-08-2015 US 2016335504 A1 17-11-2016 WO 2015118075 A1 13-08-2015
US 2008191926	A1	14-08-2008	EP 1811315 A2 25-07-2007 US 2008191926 A1 14-08-2008

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2016/000152

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. G01S5/16 G01S3/782 G01S7/495 F41G7/22 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		
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, 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
A	US 2011/309983 A1 (HOLZER TYLER [US] ET AL) 22 décembre 2011 (2011-12-22) abrégé; revendications 1-3; figures 1-7 alinéas [0004], [0017], [0026] - [0029] -----	1-4
A	US 7 107 179 B2 (MALCHI TOMER [IL] ET AL) 12 septembre 2006 (2006-09-12) abrégé; figures 4c,5,6a -----	1-4
A	US 4 954 837 A (BAIRD CHARLES A [US] ET AL) 4 septembre 1990 (1990-09-04) abrégé; revendication 5; figures 1-7 colonne 7, ligne 26 - colonne 8, ligne 11 -----	1-4
A	US 2008/074639 A1 (DONOGHUE PATRICK J [US] ET AL) 27 mars 2008 (2008-03-27) abrégé; revendication 1; figures 1,6 alinéas [0015], [0-24] ----- -/-	1-4
☒ 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 9 décembre 2016	Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale 26/01/2017	
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	

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	US 2013/120192 A1 (LARSON CLAYTON J [US]) 16 mai 2013 (2013-05-16) abrégé; figures 1-3 alinéas [0002], [0007] - [0021], [0040] - [0046], [0062] -----	1-4
A	FR 3 017 480 A1 (THALES SA [FR]) 14 août 2015 (2015-08-14) abrégé; figure 1 page 11, ligne 9 - page 12, ligne 16 -----	1-4
A	US 2008/191926 A1 (BENAYAHU YAIR [IL] ET AL) 14 août 2008 (2008-08-14) abrégé; revendication 1; figure 1 -----	1-4

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2016/000152

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2011309983	A1	22-12-2011	AUCUN
US 7107179	B2	12-09-2006	AT 407343 T 15-09-2008 EP 1599771 A2 30-11-2005 ES 2312971 T3 01-03-2009 IL 170442 A 15-04-2010 US 2005273254 A1 08-12-2005 WO 2004079400 A2 16-09-2004
US 4954837	A	04-09-1990	AUCUN
US 2008074639	A1	27-03-2008	AUCUN
US 2013120192	A1	16-05-2013	AUCUN
FR 3017480	A1	14-08-2015	CA 2938227 A1 13-08-2015 EP 3103062 A1 14-12-2016 FR 3017480 A1 14-08-2015 US 2016335504 A1 17-11-2016 WO 2015118075 A1 13-08-2015
US 2008191926	A1	14-08-2008	EP 1811315 A2 25-07-2007 US 2008191926 A1 14-08-2008