

(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
13 septembre 2007 (13.09.2007)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2007/101816 A1

(51) Classification internationale des brevets :
G06K 9/00 (2006.01) **G01S 7/48** (2006.01)
G01S 17/74 (2006.01)

Gérard [FR/FR]; 26 rue Adrien Tessier, F-94320 Thiais (FR).

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/EP2007/051957

(74) Mandataires : **HENRIOT, Marie-Pierre** etc.; Marks & Clerk France, Conseils en Propriété Industrielle, 31-33 Avenue Aristide Briand, F-94117 Arcueil (FR).

(22) Date de dépôt international : 1 mars 2007 (01.03.2007)

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, 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, 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, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
06 02117 9 mars 2006 (09.03.2006) 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

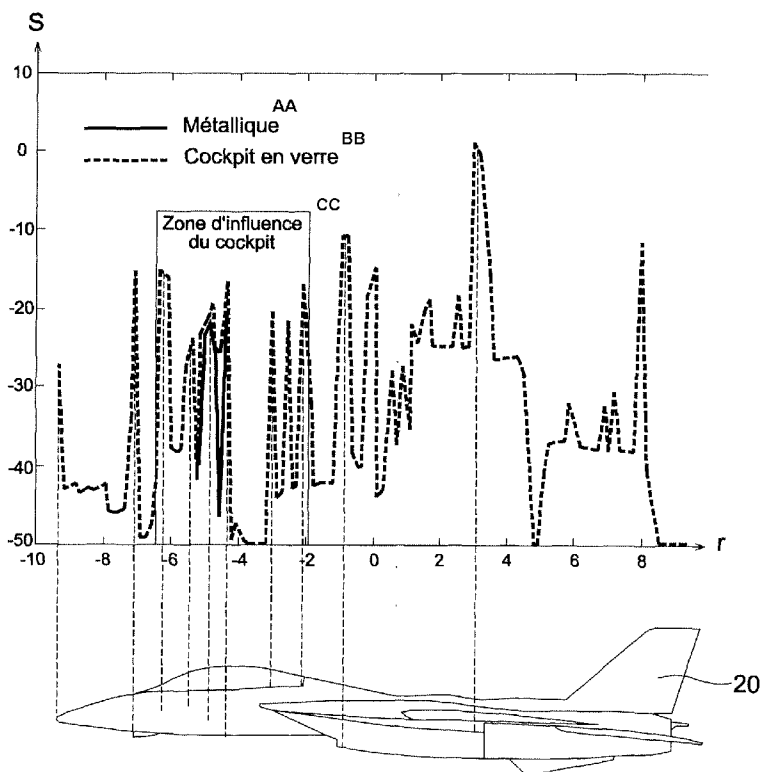
(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH,

(75) Inventeur/Déposant (pour US seulement) : **BERGINC**,

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: METHOD FOR IDENTIFYING BY LASER PROFILOMETRY

(54) Titre : PROCEDE D'IDENTIFICATION PAR PROFILOMETRIE LASER



AA... metallic
BB... glass cockpit
CC... cockpit influence zone

(57) Abstract: The invention concerns a method for identifying an object by profilometry including a step of acquiring a profilometric signature of the object and a step of comparing a signature of the object representing the acquired signature with signatures of a database. The profilometric signature of the object is obtained by pointing on the object a pulsed laser beam of length L1, said length L1 being at least 10 times shorter than the length R1, of the object considered along the pointing axis of the laser.

(57) Abrégé : L'invention concerne un procédé d'identification d'un objet par profilométrie qui comprend une étape d'acquisition d'une signature profilométrique de l'objet et une étape de comparaison d'une signature de l'objet représentative de la signature acquise, avec des signatures d'une base de données. La signature profilométrique de l'objet est obtenue par pointage sur l'objet d'un faisceau laser à impulsions de longueur L1, cette longueur L1 étant au moins 10 fois plus courte que la longueur R1, de l'objet considérée selon l'axe de pointage du laser.

WO 2007/101816 A1



GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

Publiée :

— avec rapport de recherche internationale

PROCÉDE D'IDENTIFICATION PAR PROFILOMETRIE LASER

Le domaine de l'invention est celui de l'identification non coopérative d'un objet à trois dimensions, par profilométrie. On entend par profilométrie la détermination du profil d'une signature électromagnétique sur un axe capteur-objet en fonction du paramètre distance, pour une largeur
5 d'impulsion donnée de l'onde électromagnétique incidente ; la signature est issue de la rétro diffusion de l'onde électromagnétique par l'objet.

Il est connu d'identifier la signature profilométrique d'un objet 3D, tel qu'un aéronef, lorsqu'il s'agit d'une signature radar.

10 L'identification consiste à acquérir la signature de l'objet 3D à identifier et à la comparer à des signatures répertoriées dans une base de données.

Une signature profilométrique radar est généralement formée de pics très intenses mais peu nombreux. Une telle signature n'est alors pas
15 suffisamment précise pour permettre de discriminer un objet d'un autre qui présente un profil voisin.

Le but de l'invention est de pallier ces inconvénients afin d'obtenir une identification plus pertinente.

20 Plus précisément l'invention a pour objet un procédé d'identification d'un objet par profilométrie qui comprend une étape d'acquisition d'une signature profilométrique de l'objet et une étape de comparaison d'une signature de l'objet représentative de la signature acquise, avec les signatures d'une base de données. Il est principalement caractérisé en ce
25 que la signature profilométrique de l'objet est obtenue par pointage sur l'objet d'un faisceau laser à impulsions de longueur L_i , cette longueur L_i étant au moins 10 fois plus courte que la longueur R_u de l'objet considérée selon l'axe de pointage du laser.

30 Selon une caractéristique de l'invention, le faisceau laser ayant un axe de pointage déterminé en fonction d'un angle de site et d'un angle de gisement, et l'objet présentant dans l'axe du faisceau laser, une dimension longitudinale, la signature acquise est :

- une signature 3D établie en fonction de la dimension longitudinale de l'objet, d'un angle de gisement et d'un angle de site, ou
- une signature 2D établie en fonction de la dimension longitudinale et d'un angle de gisement avec un angle de site déterminé, ou d'un
- 5 angle de site avec un angle de gisement déterminé, ou
- une signature 1D établie en fonction de la dimension longitudinale de l'objet avec un angle de gisement et un angle de site déterminés.

10 Selon une autre caractéristique de l'invention, la signature profilométrique comprend pour chaque dimension, une composante cohérente représentative de la réflexion du faisceau laser sur l'objet et une composante incohérente représentative de la diffusion du faisceau laser sur l'objet.

15 De préférence, il comprend une étape de filtrage de la signature acquise, tel qu'un filtrage de type Shepp-Logan, la signature filtrée obtenue étant représentative de la signature acquise.

Avantageusement, la signature filtrée comportant des pics principaux, il comprend une étape pour déterminer les pics principaux de la signature

20 filtrée, la signature à pics principaux obtenue étant représentative de la signature acquise.

De préférence, il comprend une étape consistant à exprimer chaque signature de la base de données en fonction de ses moments centrés d'ordre 1 à k_{Max} , k_{max} étant prédéterminé par exemple

25 normalisant chaque signature par rapport à son pic maximum, calculant les moments centrés d'ordre 1 à k_{Max} de chaque signature. La signature à comparer peut être la signature acquise.

Selon une caractéristique de l'invention, l'étape de comparaison comprend une étape de calcul du barycentre de la signature représentative

30 de la signature acquise et éventuellement une étape de calcul du barycentre de chaque signature de la base de données.

Selon une autre caractéristique de l'invention, l'étape de comparaison comprend une étape de reconstruction tomographique basée sur une rétroprojection filtrée de la signature acquise.

Avantageusement, l'objet présentant dans l'axe du faisceau laser une dimension longitudinale, l'impulsion du laser présente une longueur de l'ordre de 100 fois inférieure à la dimension longitudinale de l'objet.

Par exemple, l'objet présentant dans l'axe du faisceau laser une dimension longitudinale, cette dimension longitudinale est comprise entre 10 m et 40 m.

De préférence, l'objet présentant dans une direction perpendiculaire à l'axe du faisceau laser une dimension transverse maximale, le faisceau laser a une ouverture apte à contenir cette dimension maximale.

La durée des impulsions du laser est par exemple de l'ordre de 1 ns ; la longueur d'onde du laser est par exemple sensiblement égale à 1.55 μm .

L'objet est mono dimensionnel ou bidimensionnel ou tridimensionnel.

L'invention concerne également un procédé de constitution d'une base de données de signatures profilométriques d'objets, caractérisé en ce que pour chaque objet, la signature profilométrique est obtenue par simulation numérique du pointage sur l'objet d'un faisceau laser à impulsions de très courtes durées.

Selon une caractéristique de l'invention, la signature profilométrique comprend pour chaque dimension, une composante cohérente représentative de la réflexion du faisceau laser sur l'objet et une composante incohérente représentative de la diffusion du faisceau laser sur l'objet.

Chaque signature de la base de données est de préférence calculée de la manière suivante :

- représentation numérique de l'objet,
- facettisation, c'est-à-dire découpage de la représentation en facettes triangulaires, chaque triangle étant défini en fonction de sa position dans l'objet, son orientation, sa taille, son indice optique, sa rugosité,
- calcul de la signature à partir des facettes.

Il comprend avantageusement une étape consistant à exprimer chaque signature de la base de données en fonction de ses moments centrés d'ordre 1 à k_{Max} , k_{max} étant prédéterminé.

Plus précisément, l'étape précédente comprend les étapes consistant à :

normaliser chaque signature par rapport à son pic maximum,
calculer les moments centrés d'ordre 1 à k_{Max} de chaque signature,
et éventuellement à :

- 5 construire une matrice normalisée F des signatures de tous les objets,
 construire une matrice de confusion des signatures de la base de
données entre elles.

La matrice de confusion peut être construite en fonction d'un
paramètre représentatif du bruit.

- 10 Selon une caractéristique de l'invention, la base de données est
répartie en au moins deux sous-bases de données à partir de la matrice de
confusion.

Comme indiqué précédemment, chaque signature est filtrée par
exemple selon un filtrage de type Shepp-Logan.

Les signatures peuvent être des signatures 1D, ou 2D ou 3D.

- 15 Les exemples d'application numérique sont les mêmes que pour le
procédé d'identification.

Les objets peuvent être mono dimensionnels ou bidimensionnels ou
tridimensionnels.

- 20 D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront
à la lecture de la description détaillée qui suit, faite à titre d'exemple non
limitatif et en référence aux dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1a représente schématiquement un exemple de pointage
d'un faisceau laser à impulsions sur un objet, en l'occurrence un avion, et la
25 figure 1b, la signature 1D acquise,

 la figure 2 illustre schématiquement la signature 1D obtenue avec
une résolution spatiale étroite et large,

 la figure 3 représente schématiquement un exemple de signature
2D avant et après un filtrage de type Shepp-Logan,

- 30 la figure 4 représente schématiquement la signature 2D filtrée de
la figure 3 dans laquelle on a déterminé 5 pics principaux,

 la figure 5a représente schématiquement un exemple de matrice
de signature laser en distance et sa représentation dans le plan de l'image
projetée, la figure 5b, les projections d'un point (x_i, y_i) obtenues sur trois

rayons et la position des composantes correspondantes dans les lignes de la matrice de SELd,

la figure 6 représente schématiquement un exemple de reconstruction tomographique d'un aéronef par une rétroprojection projetée
5 filtrée.

D'une figure à l'autre, les mêmes éléments sont repérés par les mêmes références.

Selon l'invention les signatures profilométriques sont obtenues par
10 pointage sur l'objet d'un faisceau laser à impulsions de courtes durées. La durée T des impulsions est liée à leur longueur L_i par la formule :

$$L_i = c T/2, \text{ c étant la vitesse de la lumière.}$$

Choisir une impulsion de courte durée signifie que l'on choisit une longueur L_i très inférieure à la profondeur de l'objet aussi désignée
15 dimension longitudinale R_u de l'objet. Cela signifie que l'objet est temporellement résolu. Cette dimension R_u est considérée dans la direction de l'axe 15 du faisceau laser, représenté figure 1a.

En utilisant par exemple une impulsion d'environ 1 nanoseconde (on a alors $L_i = 15 \text{ cm}$), on obtient un balayage de l'objet par tranches de 15
20 cm d'épaisseur selon la dimension R_u de l'objet. Une tranche est repérée par la distance r_i ; r_i varie de 1 à R_u , par pas de L_i et on a N_r tranches avec $N_r = R_u / L_i$. Un tel balayage est suffisant pour établir la signature d'un aéronef d'environ 15 m de long ou plus (on a $R_u = 15 \text{ m}$). Chaque impulsion laser est ainsi intégrée sur toute la cible, c'est-à-dire l'impulsion « court » sur l'objet
25 sur sa longueur R_u , ici sur 15 mètres donc pendant plus de 100 ns. Elle est rétrodiffusée et rétroréfléchie par les différentes structures de l'objet ce qui revient à couper l'objet en tranches de 15 centimètres pour une durée d'impulsion laser d'une nanoseconde. Un détecteur de cette rétrodiffusion et rétroréflexion donne une signature profilométrique comprenant l'ensemble
30 des points brillants ou échos de l'objet pouvant être espacés tous les quinze centimètres. En effet, la signature S comporte alors environ une centaine de points, un point $p(r_i)$ représentant la signature d'une tranche r_i . On a :

$$S = \sum_{i=1}^{N_r} p(r_i)$$

Les impulsions suivantes permettent de réaliser une post-intégration et ainsi d'augmenter le rapport signal/bruit de la signature.

On utilise par un exemple un laser dont la longueur d'onde est sensiblement égale à 1.55 μm , cette longueur d'onde permettant notamment
5 d'assurer une sécurité oculaire, ou plus généralement une longueur d'onde de la bande I c'est-à-dire comprise entre 0,8 μm et 2,5 μm .

On donne figure 1a un exemple de pointage d'un faisceau laser à impulsions 10 sur un avion 20, et la signature obtenue figure 1b.

La signature profilométrique $p(r_i)$ comprend une composante
10 cohérente représentative de la réflexion du faisceau laser sur l'objet et une composante incohérente représentative de la diffusion du faisceau laser sur l'objet. Pour obtenir cette composante incohérente, on choisit une longueur d'onde du même ordre de grandeur que la taille de rugosité de la surface. Ceci permet notamment d'obtenir pour un angle d'illumination donné, une
15 signature stable dans le temps c'est-à-dire stable d'une impulsion à l'autre, ce qui permet de réaliser la post-intégration.

La signature S d'un objet est mono-dimensionnelle (1D), bi-dimensionnelle (2D) ou tri-dimensionnelle (3D). Une signature 3D est établie en fonction de la dimension longitudinale de l'objet, d'un angle de gisement
20 et d'un angle de site, une signature 2D en fonction de cette dimension longitudinale et d'un angle de gisement avec un angle de site déterminé, ou d'un angle de site avec un angle de gisement déterminé, et une signature 1D en fonction de la dimension longitudinale de l'objet avec un angle de gisement et un angle de site déterminés. On désigne par angle d'observation
25 l'angle ayant une composante en gisement et une composante en site. Dans la suite on considère des signatures 3D.

Par ailleurs le faisceau laser a une ouverture permettant de couvrir l'objet dans ses dimensions transverses. Dans la mesure où la distance entre l'objet et le détecteur varie, l'ouverture varie également de manière à
30 s'ajuster aux dimensions transverses de l'objet pour obtenir la meilleure efficacité du détecteur.

Dans la suite, on prend comme exemple d'objets, des aéronefs.

On considère dans un premier temps l'étape de création de la base de données des signatures profilométriques de N_c objets. Chaque
35 signature de la base de données est calculée de la manière suivante.

Le calcul comprend une première étape de représentation numérique 3D précise de l'objet obtenue par exemple par un logiciel de CAO (« Conception assistée par Ordinateur »). Le degré de finesse de la représentation est lié aux dimensions des détails représentés de la structure ; par exemple sur un aéronef, le degré de finesse est inférieur ou égal au centimètre.

La deuxième étape dite de facettisation consiste à découper la représentation 3D en facettes triangulaires planes. Une cible détaillée comprend typiquement de 40 000 à 200 000 facettes. Chaque facette triangulaire est définie en fonction de sa position dans l'objet, son orientation, sa taille, et ses caractéristiques de surface telles que son indice optique, sa rugosité, sa permittivité effective. La rugosité est définie par une densité de probabilité des hauteurs et une fonction dite d'auto-corrélation des hauteurs. Cette fonction d'auto-corrélation va déterminer la pseudo-périodicité de la rugosité de surface. Les triangles sont quelconques, isocèles ou équilatéraux.

La troisième étape consiste à modéliser l'interaction du faisceau laser polarisé avec l'objet découpé en facettes, par simulation numérique de la rétro-diffusion et rétro-réflexion électromagnétiques du faisceau laser sur la structure éclairée. Le calcul de l'interaction électromagnétique est effectué facette par facette ; lorsqu'il est nécessaire de reconstituer la courbure de l'objet à partir de facettes planes, on utilise un algorithme de reconstruction de la courbure de l'objet basé sur l'utilisation des normales aux sommets des facettes. Au cours de cette troisième étape, le calcul électromagnétique est effectué en prenant en compte le profil temporel de l'impulsion laser. La signature globale de la cible pour une largeur d'impulsion donnée est obtenue en sommant l'ensemble des contributions des facettes éclairées par le faisceau laser, à la rétro-diffusion et rétro-réflexion de l'onde laser incidente polarisée sur l'objet tri-dimensionnel. L'ensemble des facettes contribuant à la signature laser pour un profil temporel donné du faisceau peut être assimilé à une tranche de l'objet.

La résolution spatiale de la signature est liée au profil de l'impulsion laser : plus la largeur de sa réponse impulsionnelle est étroite, plus le nombre de points brillants (aussi désignés contributeurs) est important. On a illustré figure 2, le nombre de points brillants obtenus avec

une résolution spatiale étroite (trait plein) et large (trait en pointillé) : le double pic 30 de la signature S peut être distingué avec une résolution spatiale étroite mais pas avec une résolution large.

Les signatures ainsi obtenues sont stockées dans la base de données en vue de leur comparaison avec la signature réelle de l'objet à identifier. Elles sont alors soumises à un traitement visant à diminuer le nombre de signatures à comparer. Ce traitement réalisé en appliquant un algorithme des moments centrés, est basé sur un calcul des moments centrés de la signature à l'ordre k.

Il comprend une 1^{ère} étape de normalisation de chacune des signatures pour les N_c objets et pour les N_a angles d'observation, la normalisation s'effectue par rapport au pic maximum de la signature considérée. La signature normalisée $\bar{S}$ pour les N_r tranches r_i d'un objet O observé sous un angle d'observation θ déterminé est désignée :

$$\bar{S}(O, \theta) = \sum_{i=1}^{N_r} \bar{p}(r_i, O, \theta).$$

L'étape suivante consiste à calculer pour chacune de ces signatures les moments centrés μ_k d'ordre k, k variant entre 1 et $k_{\max}$; on a typiquement $k_{\max} = 10$.

$$\mu_k = \sum_{i=1}^{N_r} (r_i - \eta_r)^k \left[\frac{\bar{p}_m(r_i)}{\sum_{i=1}^{N_r} \bar{p}_m(r_i)} \right], r_i \in [0, R_u] \text{ où } R_u \text{ est la dimension}$$

spatiale maximale de la cible, comme indiqué plus haut.

$$\eta_r = \sum_{i=1}^{N_r} r_i \left[\frac{\bar{p}_m(r_i)}{\sum_{i=1}^{N_r} \bar{p}_m(r_i)} \right]$$

L'amplitude des moments peut augmenter exponentiellement quand on augmente l'ordre k du calcul, c'est pourquoi on travaille dans un domaine spatial : $r_i = [0, 1]$ plutôt que $[0, R_u]$. La résolution spatiale Δr s'exprime alors

par : $\Delta r = \frac{1}{N_r - 1}$ ce qui implique $|r_i - \eta_r| < 1$. L'amplitude des moments centrés décroît exponentiellement ce qui peut être moins sensible au bruit et aux erreurs de quantifications.

5 Nous définissons un vecteur $\mathbf{f}$ par :

$$\mathbf{f} = [f_1, f_2, \dots, f_{k_{\max}}]^T = [\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_{k_{\max}}]^T$$

Pour l'ensemble des N_c objets et pour les N_a angles d'observation, on exprime la base de données des signatures sous la forme d'une matrice F dite base d'entraînement de la façon suivante :

$$F = \begin{bmatrix} f_{11} & f_{12} & \dots & f_{1Q} \\ f_{21} & f_{22} & \dots & f_{2Q} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ f_{k_{\max} 1} & f_{k_{\max} 2} & \dots & f_{k_{\max} Q} \end{bmatrix}$$

où $Q = N_a \cdot N_c$

15 La dimension de la matrice est $k_{\max} \times Q$.

Par définition, les moments centrés d'ordre 1 sont égaux à zéro.

L'amplitude des moments centrés et donc des vecteurs colonnes de la matrice F décroît rapidement quand on augmente la valeur de l'ordre k . Cependant les moments centrés devraient avoir le même poids dans l'espace euclidien pour augmenter l'efficacité de classement ; c'est pourquoi on effectue une transformation des éléments de F de façon à leur donner le même poids dans l'espace Euclidien quels que soient l'ordre p du moment ; ceci permet d'améliorer la précision de la classification. Nous avons ainsi transformé les éléments de la matrice F en valeurs comprises entre zéro et l'unité.

25 On obtient ainsi la matrice normalisée suivante :

$$\bar{F} = \begin{bmatrix} \bar{f}_{11} & \bar{f}_{12} & \cdots & \bar{f}_{1Q} \\ \bar{f}_{21} & \bar{f}_{22} & \cdots & \bar{f}_{2Q} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \bar{f}_{k_{\max} 1} & \bar{f}_{k_{\max} 2} & \cdots & \bar{f}_{k_{\max} Q} \end{bmatrix}$$

où $\bar{f}_{ij} = \frac{f_{ij} - f_{i \min}}{f_{i \max} - f_{i \min}}$ avec $\begin{cases} i = 1, 2, \dots, k_{\max} \\ j = 1, 2, \dots, Q \end{cases}$

5

où $\begin{cases} f_{i \min} = \min(f_{ij}), j = 1, 2, \dots, Q \text{ pour un } i \text{ donné} \\ f_{i \max} = \max(f_{ij}), j = 1, 2, \dots, Q \text{ pour un } i \text{ donné} \end{cases}$

10 Les calculs sont globalement simples à effectuer et leur temps d'exécution n'est pas un facteur limitant. Pour la première ligne, les coefficients sont égaux à zéro.

On utilise ensuite une méthode du type PCA (Principal Component Analysis) transformant les vecteurs colonnes de la matrice :

$$\bar{F}$$

15 en vecteurs x_n , $n=1, 2, \dots, Q$ où $Q=Nc.Na$. On normalise ensuite ces vecteurs x_n . La transformation PCA exprime les données d'identification dans une base de vecteurs x_n permettant d'éliminer la redondance d'information nécessaire à l'identification.

20 Afin de démontrer la technique proposée, on l'applique à une situation d'identification par impulsion courte laser ; on calcule alors les matrices de confusion des signatures entre elles, pour différents objets, pour une valeur d'observation, et pour différentes valeurs σ d'écart types de bruits gaussiens. Pour chaque signature de la base de données, on effectue une corrélation entre cette signature et toutes les autres signatures de la

25 base de données ayant subi le même calcul des moments centrés que la base d'entraînement. Pour cela, on peut utiliser un « classifieur » de Bayes

ou une corrélation par seuillage. Les éléments de la matrice de confusion sont déterminés par le rapport entre le nombre d'identifications correctes et le nombre de tests effectués, chaque signature de la base de données étant comparée aux autres signatures de la base de données. Les éléments de la

5 matrice de confusion sont exprimés en pourcentage. Le rejet correspond au cas où aucune signature n'a été identifiée pour un cas test donné.

On obtient par exemple les matrices de confusion suivantes pour une base de données de 6 vecteurs, un vecteur correspondant à un objet observé sous un angle d'observation déterminé. Dans cet exemple, les

10 objets sont les aéronefs : Su-33, Mirage, F-14, F-15, F-16, F-18.

Ce premier exemple de matrice de confusion est obtenu avec $\sigma = 0,063$; il y a 3,3 % de rejets en moyenne.

15

	Su-33	Mirage	F-14	F-15	F-16	F-18	Rejets
Su-33	98,76%	0,00%	0,56%	0,00%	0,00%	0,66%	1,97%
Mirage	0,00%	100%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	1,97%
F-14	0,33%	0,00%	99,33%	0,00%	0,00%	0,33%	1,64%
F-15	0,00%	0,00%	0,00%	100%	0,00%	0,00%	0,65%
F-16	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	100%	0,00%	13,29%
F-18	0,10%	0,00%	0,65%	0,00%	0,00%	99,23%	0,43%

20

Le deuxième exemple de matrice de confusion est obtenu avec $\sigma = 0,19$; il y a 15,89 % de rejets en moyenne.

	Su-33	Mirage	F-14	F-15	F-16	F-18	Rejets
Su-33	93,95%	0,00%	0,71%	0,00%	0,00%	5,32%	9,89%
Mirage	0,00%	97,91%	0,00%	1,44%	0,64%	0,00%	10,76%
F-14	0,99%	0,00%	88,44%	0,00%	0,00%	10,56%	13,40%
F-15	0,00%	0,00%	0,00%	100%	0,00%	0,00%	11,20%
F-16	0,00%	13,99%	0,00%	0,00%	86,00%	0,00%	36,26%
F-18	1,93%	0,00%	13,82%	0,00%	0,00%	84,24%	13,84%

25

Le troisième exemple de matrice de confusion est obtenu avec $\sigma = 0,38$; il y a 34,99 % de rejets en moyenne.

	Su-33	Mirage	F-14	F-15	F-16	F-18	Rejets
Su-33	85,16%	0,00%	3,26%	0,00%	0,00%	11,57%	19,78%
Mirage	0,00%	77,94%	0,00%	5,68%	16,37%	0,00%	53,40%
F-14	6,52%	0,00%	61,74%	0,00%	0,00%	31,73%	28,35%
F-15	0,00%	0,00%	0,00%	99,85%	0,14%	0,00%	28,57%
F-16	0,00%	42,28%	0,00%	2,84%	54,87%	0,00%	52,74%
F-18	3,45%	0,00%	26,48%	0,00%	0,00%	70,06%	26,92%

5

L'algorithme des moments est donc très performant en l'absence de bruit ou avec un bruit faible (par exemple dans le cadre d'une identification d'un aéronef à haute altitude où le bruit dû à la turbulence est faible) et présente l'avantage de s'affranchir des problèmes de recalage des signatures et de la mesure absolue puisqu'on a une normalisation systématique des signatures. Il constitue un excellent moyen de discriminer les grandes classes d'objets. Des objets de taille et de complexité différentes sont parfaitement discriminés. Ainsi une confusion peut se produire entre avions de même type quand on augmente le bruit (petits chasseurs du type F-16 ou Mirage 2000, chasseurs-bombardiers de grande taille du type F-14, F-18, Su-33) ; typiquement, on tend à confondre le F-16 avec le Mirage 2000, le F-14 avec un Sukhoï (dans une moindre mesure du fait de la richesse de la signature de ces avions de grande taille) mais jamais avec un avion de type complètement différent. On ne confond jamais un Sukhoï avec un avion du type Mirage-2000 ou du type F-16 ni un F-14 avec un Mirage ou un F-16 comme le montrent les différentes matrices de confusion.

Dans le cadre d'une identification à faible bruit à haute altitude par exemple, l'algorithme des moments peut être utilisé seul. Quand on augmente le bruit, une confusion se produit uniquement entre avions de même type.

Dans le cadre d'une identification plus difficile à réaliser, par exemple en limite de portée de l'instrument ou avec un fort bruit de turbulence, on utilise cet algorithme pour diminuer le nombre de signatures à

30

comparer en répartissant la base de données d'origine, en sous-bases d'objets de même type c'est-à-dire ayant par exemple une dimension longitudinale comparable. Chaque sous-base regroupe les objets pouvant être confondus, c'est-à-dire dont le coefficient de confusion dans la matrice
5 de confusion est supérieur à un seuil déterminé. On fixe par exemple ce seuil à 0.5 %. Ainsi on déterminera dans l'exemple choisi deux classes d'objets.

Avant d'être réparties dans une sous-base, les signatures sont de préférence filtrées de manière à privilégier les pics principaux.

Tout d'abord, on utilise par exemple un filtrage de type Shepp-
10 Logan qui permet de faire ressortir les points brillants par rapport au fond continu de la signature. On donne figure 3 un exemple de signature profilométrique 2D, avant et après filtrage Shepp-Logan. L'abscisse correspond à la dimension longitudinale de l'avion, l'ordonnée à l'angle d'observation pour un plan de site à 0 degré.

15 Puis on détermine les pics principaux en appliquant la règle suivante : sont conservés les n pics les plus intenses séparés d'au moins deux fois la résolution spatiale de la signature, ce critère étant utilisé pour s'affranchir autant que possible des problèmes de phasage et de dédoublement artificiel des points brillants. La figure 4 donne la signature 2D
20 de la figure 3 obtenue après application de cette règle : elle présente cinq points brillants par ordonnée.

On considère à présent l'étape de comparaison de la signature d'un objet a priori inconnu, avec celles de la base de données.

25 La signature à identifier est acquise comme indiqué précédemment, par pointage sur l'objet d'un faisceau laser à impulsions courtes et en effectuant le calcul électromagnétique tel que décrit pour la création de la base de données.

La signature acquise est de préférence filtrée par un filtrage de
30 type Shepp-Logan ; puis on détermine les pics principaux de la signature filtrée.

On détermine alors la sous-base de données qui va être utilisée pour comparer et identifier la signature acquise. Pour chaque signature acquise x_u , on détermine par corrélation du vecteur x_n le plus proche la
35 classe à laquelle appartient l'objet possédant la signature x_n , chaque vecteur

x_u ayant subi le même calcul des moments centrés que la base d'entraînement. Pour cela, on peut utiliser un « classifieur » de Bayes ou une corrélation par seuillage. Eventuellement, toute la base de données va être utilisée.

5 La signature est alors comparée aux signatures de la base de données (ou sous-base de données) exprimées sous la même forme. Il y a plusieurs modes de comparaison.

 Selon un premier mode, on calcule la position barycentrique des pics principaux des signatures de la base de données et de la signature à
10 identifier ; on les compare en les recalant en position (par corrélation). Cette méthode est notamment utilisée lorsque l'angle d'observation est quasiment constant pendant les mesures. Il n'y a pas de changement de positionnement des pics principaux entre les différentes mesures et il est alors intéressant d'intégrer différentes mesures afin d'obtenir un rapport
15 signal à bruit important. Pour un laser de cadence 10 hertz, il est alors possible d'intégrer 10 mesures par seconde. Le gain est alors de $\sqrt{10}$.

 Selon un deuxième mode, la signature est ensuite comparée directement à celles de la base de données filtrée. Cette méthode est notamment utilisée lorsque l'angle d'observation est variable. Le porteur fait
20 alors une trajectoire dite en hippodrome pour acquérir les signatures sur un secteur angulaire restreint, par exemple un secteur angulaire d'environ une dizaine de degrés. On compare directement par corrélation la signature filtrée bi-dimensionnelle (établie en fonction de l'angle d'observation et de la distance longitudinale de l'objet) de l'objet mesuré avec celles des objets
25 stockés dans les bases de données.

 Selon un troisième mode, on utilise une technique de reconstruction tomographique d'un objet par rétroprojection filtrée. On compare par corrélation visuelle ou numérique la reconstruction de l'objet à identifier avec les reconstructions des objets de la base de données. Cette
30 méthode est notamment utilisée lorsque l'angle devient important, par exemple au-delà de 20 °.

 La rétroprojection directe est une représentation dans le plan cartésien (x,y) des informations contenues dans la matrice de signature laser en distance appelée SELd en coordonnées polaires (r,θ) comme illustré
35 figure 5a. La matrice SELd est définie comme un tableau de points dont

l'élément ij représente la valeur de la signature laser en fonction de l'angle d'observation et de la distance longitudinale d'observation de la cible.

La valeur de la SELd projetée au point $(r_{i \text{ projeté}}, \theta_{i \text{ projeté}})$ où

$$r_{i \text{ projeté}} = x_i \cos \theta_i + y_i \sin \theta_i,$$

est obtenue par interpolation linéaire.

L'image $g(x, y)$ reconstruite par rétroprojection directe s'écrit :

$$g(x, y) = \int_{\text{secteur angulaire}} \text{SELd}(x \cos \theta + y \sin \theta) d\theta$$

Chaque point du plan de coordonnées (x_i, y_i) est projeté sur chaque rayon θ_i (ligne de la matrice de SELd pour un angle d'observation déterminé). La contribution totale à ce point est la moyenne de l'ensemble des projections du secteur angulaire concerné. On a représenté sur la figure 5b les projections d'un point (x_i, y_i) obtenues sur trois rayons et la position des composantes correspondantes dans les lignes de la matrice de SELd.

Lorsque l'image pour une cible réelle apparaît très bruitée par la méthode de reconstruction même et par les perturbations extérieures telles que les turbulences atmosphériques, on applique alors un filtre aux valeurs de SELd obtenues avant d'effectuer la rétroprojection.

La reconstruction de la projection filtrée consiste à multiplier les valeurs du filtre par la transformée de Fourier des valeurs de la SEL projetée et à prendre ensuite la transformée de Fourier inverse du résultat obtenu. D'après le théorème de convolution, un résultat équivalent est obtenu en convoluant les valeurs de SELd avec l'équivalent spatial réel de la fonction rampe. Symboliquement, on peut écrire :

$$\text{SELdfiltrée} = \mathcal{F}_1^{-1} [|f| w(f) \mathcal{F}_1 (\text{SELdbrute})]$$

$\mathcal{F}_1$ représente la transformée de Fourier mono-dimensionnelle
 $w(f)$ est une fonction de fenêtrage définissant le filtre $|f| w(f)$.

Le théorème de convolution montre qu'un résultat équivalent est obtenu en calculant :

$$\text{SELdfiltrée} = \{ \mathcal{F}_1^{-1} [|f| w(f)] \} \bullet (\text{SELdbrute})$$

Le symbole " $\bullet$ " représente le produit de convolution.

5

$\{ \mathcal{F}_1^{-1} [|f| w(f)] \}$ est la fonction de convolution caractéristique de la fonction de fenêtrage w .

On peut utiliser différents filtres.

Le filtre choisi dépend de la signature à traiter. Pour les signatures
 10 peu bruitées, le filtre Shepp-Logan est préféré au filtre Ram-Lak. Le filtre
 passe-bas Hamming généralisé est utilisé quand le bruit est significatif, son
 coefficient α pouvant être optimisé en fonction du niveau de bruit. En
 présence d'un bruit plus important, le filtre stochastique permet d'obtenir de
 bons résultats en choisissant une forte valeur du rapport signal/bruit (ou
 15 « SNR » acronyme de l'expression anglo-saxonne Signal to Noise Ratio).

On a représenté figure 6 un exemple de reconstruction
 tomographique d'un aéronef par une rétroprojection projetée filtrée avec un
 filtrage du type Shepp-Logan

On a pris des exemples d'objets 3D. L'invention s'applique
 20 également à des objets à 2 dimensions tels que des cellules biologiques,
 voire à des objets à 1 dimension.

25

REVENDICATIONS

- 5 1. Procédé d'identification d'un objet par profilométrie qui comprend une
étape d'acquisition d'une signature profilométrique de l'objet et une étape de
comparaison d'une signature de l'objet représentative de la signature
acquise, avec des signatures d'une base de données, caractérisé en ce que
la signature profilométrique de l'objet est obtenue par pointage sur l'objet
10 d'un faisceau laser à impulsions de longueur L_i , cette longueur L_i étant au
moins 10 fois plus courte que la longueur R_u de l'objet considérée selon l'axe
de pointage du laser, en ce que pour chaque impulsion, la signature est
obtenue par intégration sur la longueur R_u et en ce qu'ainsi la signature
comporte R_u/L_i points.
- 15 2. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce que le
faisceau laser ayant un axe de pointage déterminé en fonction d'un angle de
site et d'un angle de gisement, et l'objet présentant dans l'axe du faisceau
laser, une dimension longitudinale, la signature acquise est :
- 20 - une signature 3D établie en fonction de la dimension longitudinale
de l'objet, d'un angle de gisement et d'un angle de site, ou
- une signature 2D établie en fonction de la dimension longitudinale
et d'un angle de gisement avec un angle de site déterminé, ou d'un
angle de site avec un angle de gisement déterminé, ou
- 25 - une signature 1D établie en fonction de la dimension longitudinale
de l'objet avec un angle de gisement et un angle de site
déterminés.
- 30 3. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce que la
signature profilométrique comprend pour chaque dimension, une
composante cohérente représentative de la réflexion du faisceau laser
polarisé sur l'objet et une composante incohérente représentative de la
diffusion du faisceau laser polarisé sur l'objet.
- 35 4. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes,
caractérisé en ce qu'il comprend une étape de filtrage de la signature

acquise, la signature filtrée obtenue étant représentative de la signature acquise.

5 5. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce que le filtrage est un filtrage de type Shepp-Logan.

10 6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 4 ou 5, caractérisé en ce que la signature filtrée comportant des pics principaux, il comprend une étape pour déterminer les pics principaux de la signature filtrée, la signature à pics principaux obtenue étant représentative de la signature acquise.

15 7. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend une étape consistant à exprimer chaque signature de la base de données en fonction de ses moments centrés d'ordre 1 à k_{Max} , k_{max} étant prédéterminé.

20 8. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce que l'étape précédente comprend les étapes consistant à :
normaliser chaque signature par rapport à son pic maximum,
calculer les moments centrés d'ordre 1 à k_{Max} de chaque signature.

9. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que la signature à comparer est la signature acquise.

25 10. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que l'étape de comparaison comprend une étape de calcul du barycentre de la signature représentative de la signature acquise.

30 11. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce que l'étape de comparaison comprend une étape de calcul du barycentre de chaque signature de la base de données.

35 12. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que l'étape de comparaison comprend une étape de reconstruction tomographique basée sur une rétroprojection filtrée de la signature acquise.

13. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'objet présentant dans l'axe du faisceau laser, une dimension longitudinale, l'impulsion du laser présente une longueur de l'ordre
5 de 100 fois inférieure à la dimension longitudinale de l'objet.

14. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'objet présentant dans l'axe du faisceau laser, une dimension longitudinale, cette dimension longitudinale est comprise entre 10
10 m et 40 m.

15. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'objet présentant dans une direction perpendiculaire à l'axe du faisceau laser, une dimension transverse maximale qui varie en
15 fonction de la variation de la distance entre l'objet et le détecteur, le faisceau laser a une ouverture apte à contenir cette dimension maximale variable.

16. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que la durée des impulsions du laser est de l'ordre de 1ns.
20

17. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le laser a une longueur d'onde comprise entre 0,8 μm et 2,5 μm , notamment sensiblement égale à 1.55 μm .

25 18. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'objet est mono dimensionnel ou bidimensionnel ou tridimensionnel.

19. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'objet est un aéronef.
30

20. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le faisceau laser est pointé à partir d'un aéronef.

21. Procédé de constitution d'une base de données de signatures profilométriques d'objets, caractérisé en ce que pour chaque objet, la signature profilométrique est obtenue par simulation numérique du pointage sur l'objet d'un faisceau laser à impulsions de longueur L_i , cette longueur L_i étant au moins 10 fois plus courte que la longueur R_u de l'objet considérée selon l'axe de pointage du laser, en ce que pour chaque impulsion, la signature est obtenue par intégration sur la longueur R_u et en ce qu'ainsi la signature comporte R_u/L_i points.
22. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce que la signature profilométrique comprend pour chaque dimension, une composante cohérente représentative de la réflexion du faisceau laser sur l'objet et une composante incohérente représentative de la diffusion du faisceau laser sur l'objet.
23. Procédé selon l'une quelconque des revendications 21 à 22, caractérisé en ce que chaque signature de la base de données est calculée de la manière suivante :
- représentation numérique de l'objet,
 - facettisation, c'est-à-dire découpage de la représentation en facettes triangulaires,
 - calcul électromagnétique de la signature à partir des facettes, le calcul étant établi en fonction des équations de Maxwell.
24. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce que chaque triangle est défini en fonction de sa position dans l'objet, son orientation, sa taille, son indice optique et sa rugosité.
25. Procédé selon l'une quelconque des revendications 21 à 24, caractérisé en ce qu'il comprend une étape consistant à exprimer chaque signature de la base de données en fonction de ses moments centrés d'ordre 1 à k_{Max} , k_{max} étant prédéterminé.
26. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce que l'étape précédente comprend les étapes consistant à :

normaliser chaque signature par rapport à son pic maximum,
calculer les moments centrés d'ordre 1 à k_{Max} de chaque signature.

27. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce qu'il
5 comprend les étapes consistant à :

construire une matrice normalisée F des signatures de tous les objets,
construire une matrice de confusion des signatures de la base de
données entre elles.

10 28. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce que la
matrice de confusion est construite en fonction d'un paramètre représentatif
du bruit.

29. Procédé selon l'une quelconque des revendications 27 ou 28, caractérisé
15 en ce que la base de donnée est répartie en au moins deux sous-bases de
données à partir de la matrice de confusion.

30. Procédé selon l'une quelconque des revendications 21 à 29, caractérisé
en ce que chaque signature est filtrée par un filtrage de type Shepp-Logan.

20

31. Procédé selon l'une quelconque des revendications 21 à 30, caractérisé
en ce que le faisceau laser ayant un axe de pointage déterminé en fonction
d'un angle de site et d'un angle de gisement, et l'objet présentant dans l'axe
du faisceau laser, une dimension longitudinale, la signature acquise est :

- 25
- une signature 3D établie en fonction de la dimension longitudinale
de l'objet, d'un angle de gisement et d'un angle de site, ou
 - une signature 2D établie en fonction de la dimension longitudinale
et d'un angle de gisement avec un angle de site déterminé, ou d'un
angle de site avec un angle de gisement déterminé, ou
 - 30 - une signature 1D établie en fonction de la dimension longitudinale
de l'objet avec un angle de gisement et un angle de site
déterminés.

32. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce que l'objet
35 présentant dans l'axe du faisceau laser, une dimension longitudinale,

l'impulsion du laser présente une longueur de l'ordre de 100 fois inférieure à la dimension longitudinale de l'objet.

33. Procédé selon l'une quelconque des 21 à 32, caractérisé en ce que le
5 laser a une longueur d'onde comprise entre 0,8 μm et 2,5 μm , notamment sensiblement égale à 1.55 μm .

34. Procédé selon l'une quelconque des revendications 21 à 33, caractérisé
en ce que l'objet est mono dimensionnel ou bidimensionnel ou
10 tridimensionnel.

1/5

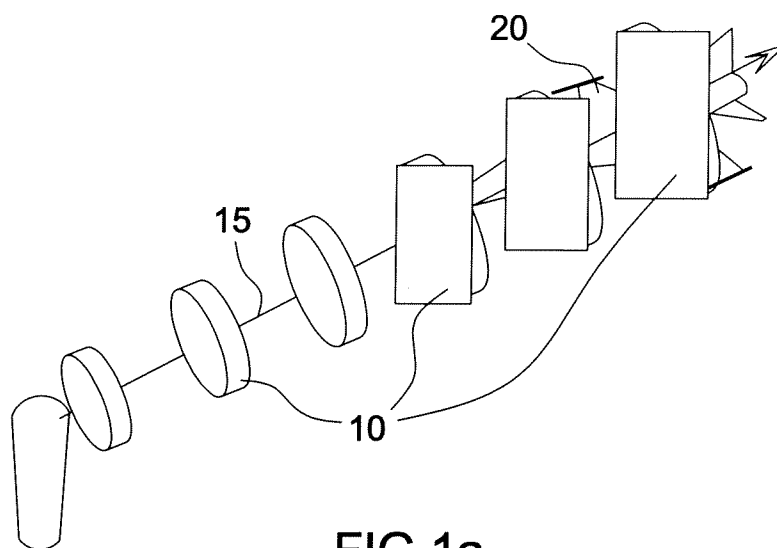


FIG. 1a

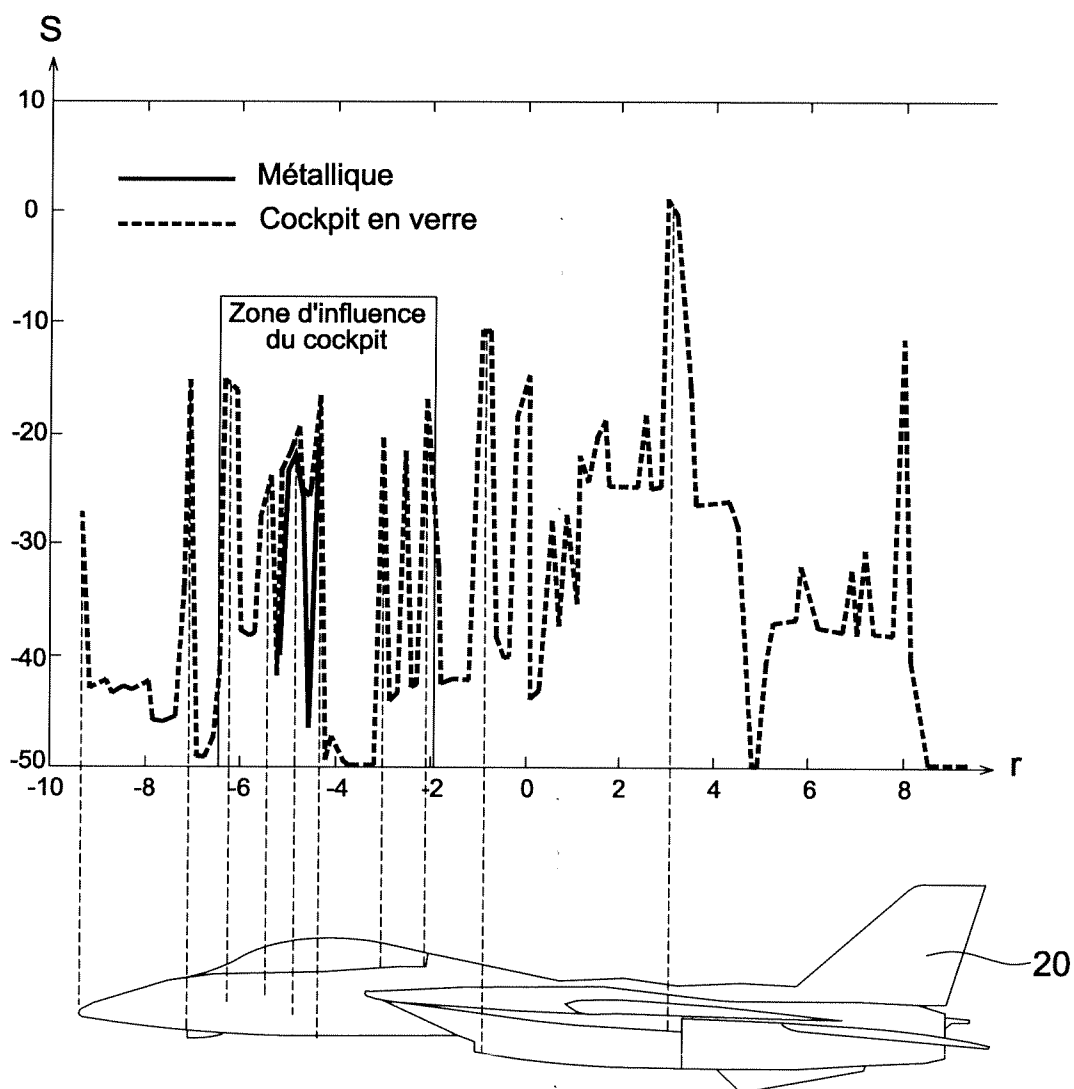


FIG. 1b

2/5

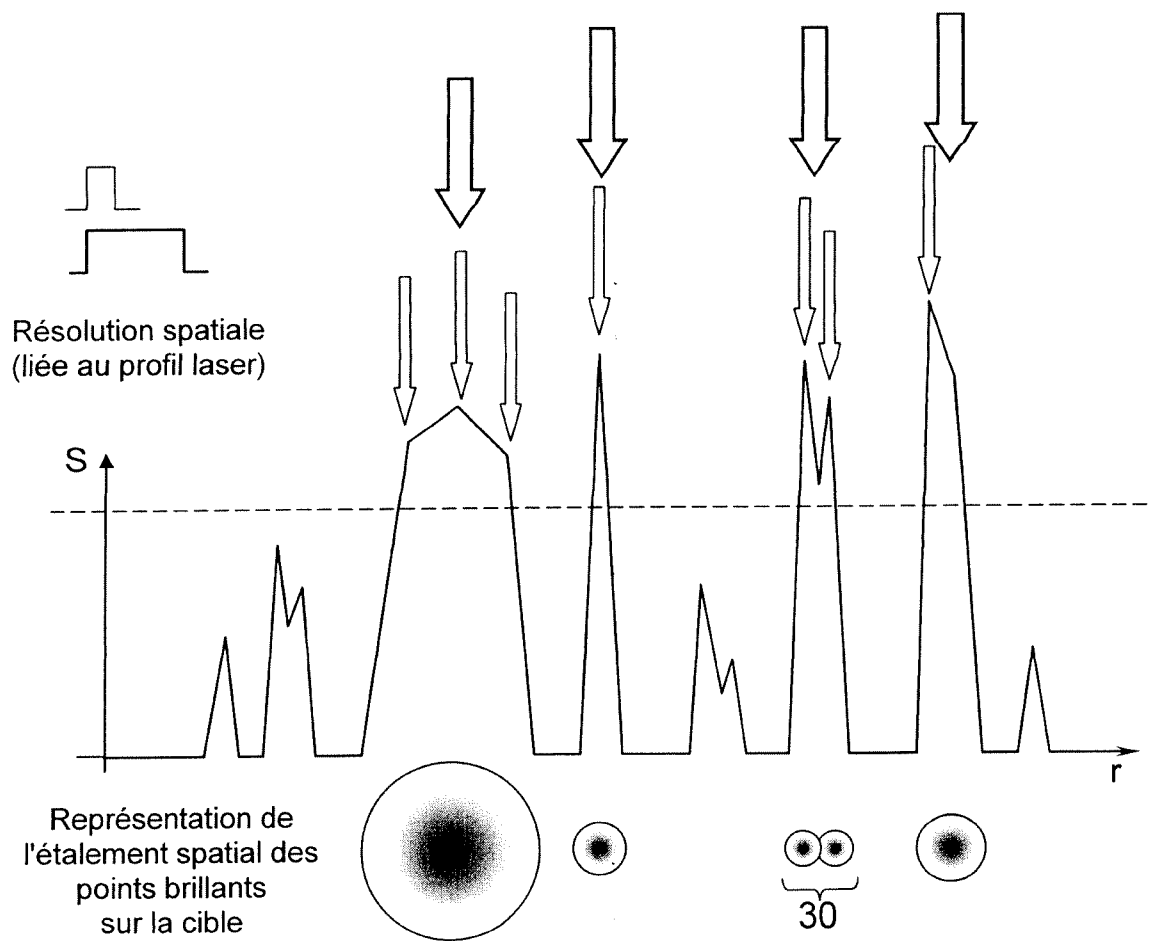


FIG.2

3/5

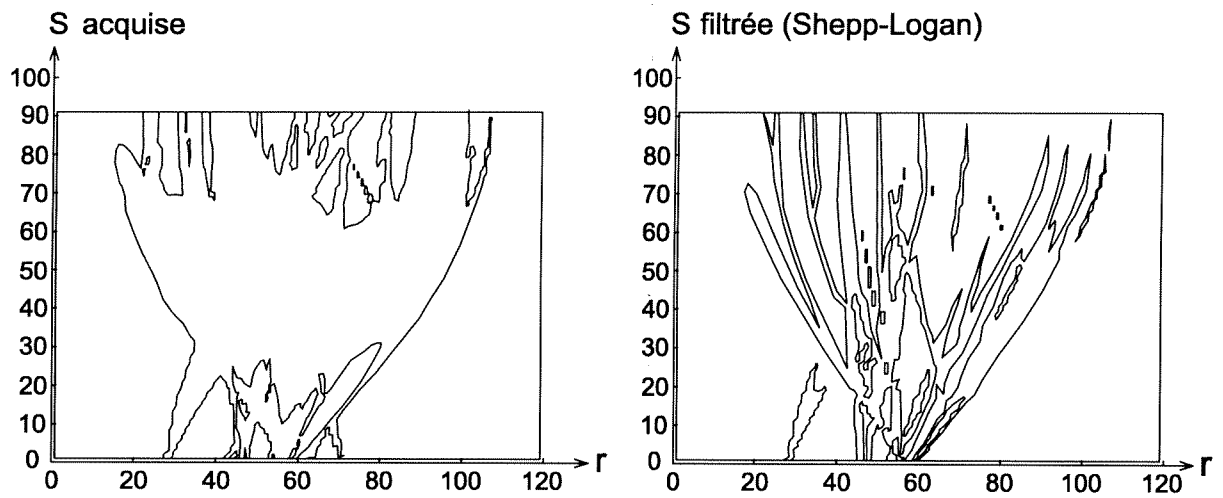


FIG.3

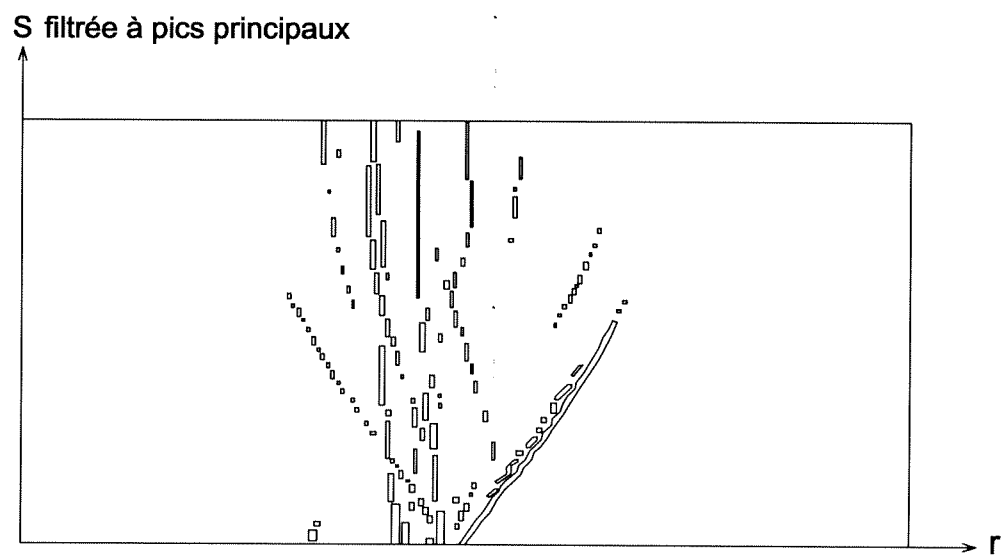
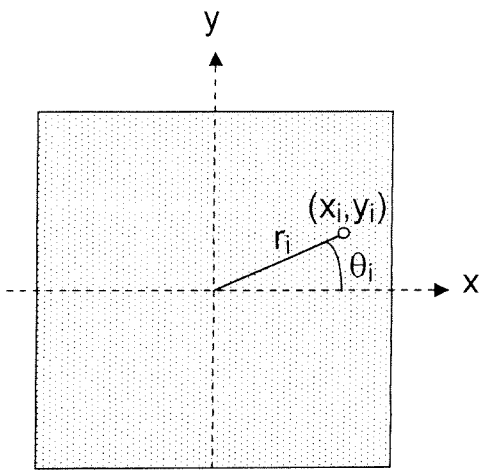
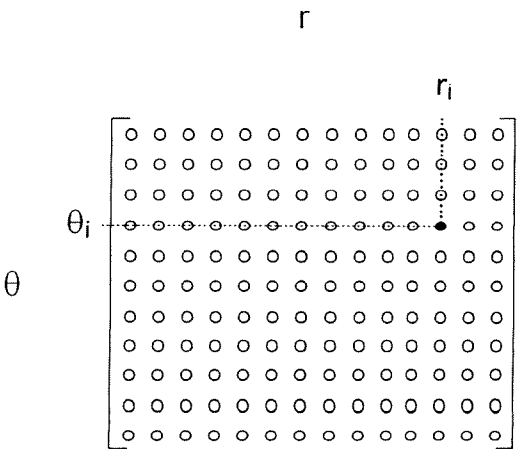


FIG.4



Plan de l'image rétroprojetée



Matrice de SELd

FIG.5a

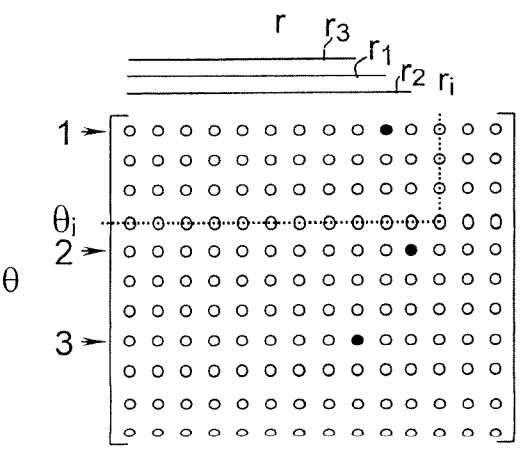
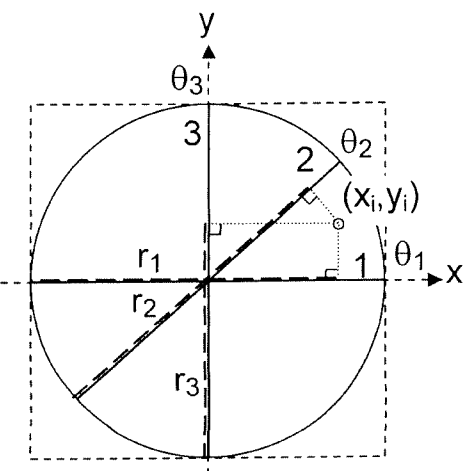


FIG.5b

5/5

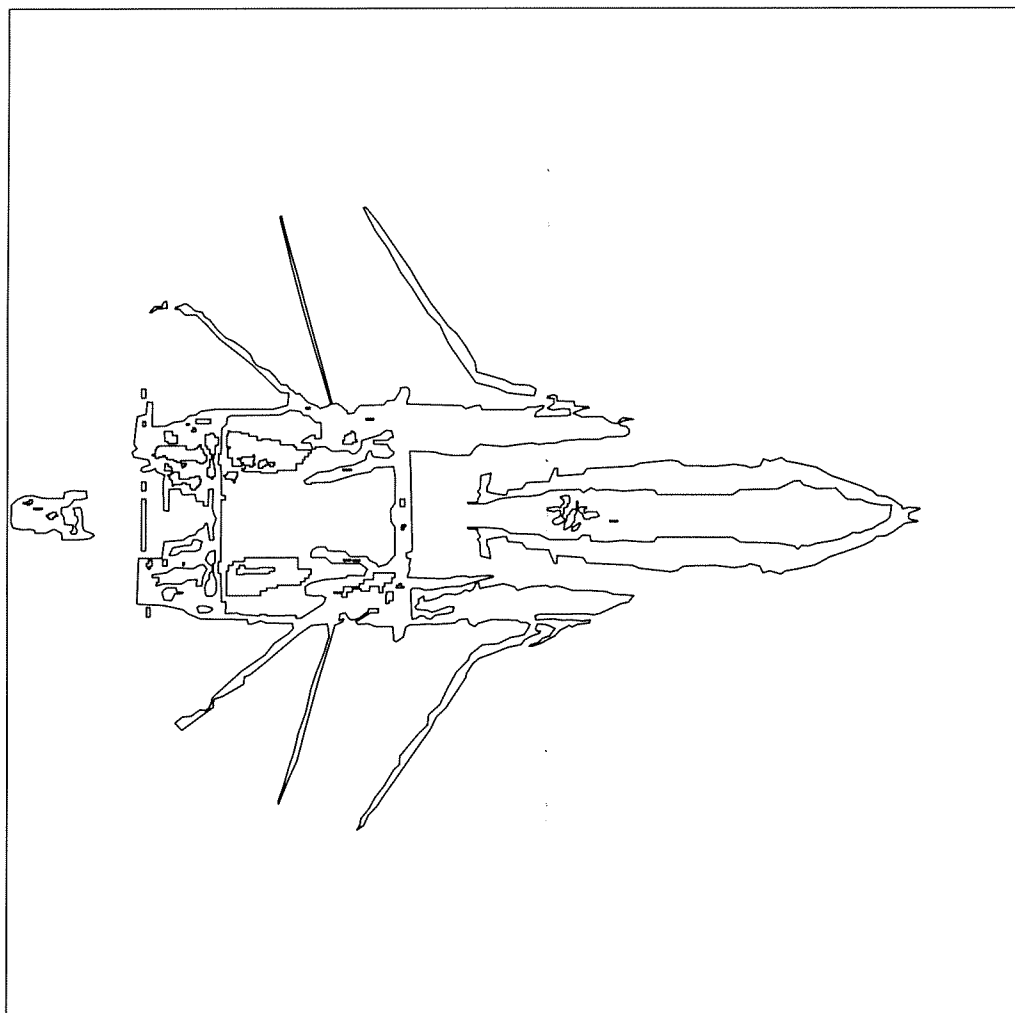


FIG.6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2007/051957

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. G06K9/00 G01S17/74 G01S7/48

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 G06K

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

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

EPO-Internal, WPI Data, INSPEC, IBM-TDB, COMPENDEX

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 4 380 391 A (BUSER RUDOLPH G ET AL) 19 April 1983 (1983-04-19)	1,2,6-9, 13-17, 21,25, 26,31-34
Y	abstract column 1, line 38 - line 66 figure 3 column 3, last line , paragraph 1 - column 4 column 4, line 26 - line 43 ----- -/--	3,4,19, 20,22-24

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

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

T later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

X document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

Y document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

G document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

10 May 2007

Date of mailing of the international search report

23/05/2007

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Turina, Andreas

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2007/051957

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DATABASE INSPEC [Online] THE INSTITUTION OF ELECTRICAL ENGINEERS, STEVENAGE, GB; 20 August 2000 (2000-08-20), STEINVALL O: "Effects of target shape and reflection on laser radar cross sections" XP002404789 Database accession no. 6704584 abstract -& STEINVALL O: "Effects of target shape and reflection on laser radar cross sections" APPLIED OPTICS OPT. SOC. AMERICA, vol. 39, no. 24, 20 August 2000 (2000-08-20), pages 4381-4391, XP002412739 USA ISSN: 0003-6935 page 4381, column 2, paragraph 1	1,21
Y	ESTEP J ET AL: "Ladar signature simulation" PROCEEDINGS OF THE SPIE - THE INTERNATIONAL SOCIETY FOR OPTICAL ENGINEERING USA, vol. 1700, 1992, pages 119-130, XP002404790 ISSN: 0277-786X page 123, paragraphs 2,3	3,22-24
Y	DE 32 25 474 A1 (MESSERSCHMITT BOELKOW BLOHM [DE]) 19 January 1984 (1984-01-19) abstract page 6, paragraph 3 & AUTOMATIC OBJECT RECOGNITION II 22-24 APRIL 1992 ORLANDO, FL, USA, vol. 1700, 22 April 1992 (1992-04-22), pages 119-130, Proceedings of the SPIE - The International Society for Optical Engineering USA ISSN: 0277-786X	4
Y	GB 2 320 316 A (BRITISH AEROSPACE [GB]) 17 June 1998 (1998-06-17) page 1, paragraph 2	19,20

-/--

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2007/051957

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DANIELS D ED - INSTITUTION OF ELECTRICAL ENGINEERS: "Applications of impulse radar technology" RADAR '97. EDINBURGH, OCT. 14 - 16, 1997, IEE CONFERENCE PUBLICATION, LONDON : IEE, GB, vol. NO. 449, 14 October 1997 (1997-10-14), pages 667-672, XP006508854 ISBN: 0-85296-698-9 page 671, last paragraph - page 672, paragraph 1 figure 6 -----	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2007/051957

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 4380391	A	19-04-1983	NONE	
DE 3225474	A1	19-01-1984	NONE	
GB 2320316	A	17-06-1998	EP 0849612 A2 JP 10307195 A	24-06-1998 17-11-1998

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2007/051957

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE

INV. G06K9/00 G01S17/74 G01S7/48

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 G06K

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, IBM-TDB, 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	US 4 380 391 A (BUSER RUDOLPH G ET AL) 19 avril 1983 (1983-04-19)	1, 2, 6-9, 13-17, 21, 25, 26, 31-34
Y	abrégé colonne 1, ligne 38 - ligne 66 figure 3 colonne 3, dernière ligne, alinéa 1 - colonne 4 colonne 4, ligne 26 - ligne 43 ----- -/--	3, 4, 19, 20, 22-24

☒ 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

10 mai 2007

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

23/05/2007

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, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Turina, Andreas

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	DATABASE INSPEC [Online] THE INSTITUTION OF ELECTRICAL ENGINEERS, STEVENAGE, GB; 20 août 2000 (2000-08-20), STEINVALL O: "Effects of target shape and reflection on laser radar cross sections" XP002404789 Database accession no. 6704584 abrégé -& STEINVALL O: "Effects of target shape and reflection on laser radar cross sections" APPLIED OPTICS OPT. SOC. AMERICA, vol. 39, no. 24, 20 août 2000 (2000-08-20), pages 4381-4391, XP002412739 USA ISSN: 0003-6935 page 4381, colonne 2, alinéa 1	1,21
Y	ESTEP J ET AL: "Ladar signature simulation" PROCEEDINGS OF THE SPIE - THE INTERNATIONAL SOCIETY FOR OPTICAL ENGINEERING USA, vol. 1700, 1992, pages 119-130, XP002404790 ISSN: 0277-786X page 123, alinéas 2,3	3,22-24
Y	DE 32 25 474 A1 (MESSERSCHMITT BOELKOW BLOHM [DE]) 19 janvier 1984 (1984-01-19) abrégé page 6, alinéa 3 & AUTOMATIC OBJECT RECOGNITION II 22-24 APRIL 1992 ORLANDO, FL, USA, vol. 1700, 22 avril 1992 (1992-04-22), pages 119-130, Proceedings of the SPIE - The International Society for Optical Engineering USA ISSN: 0277-786X	4
Y	GB 2 320 316 A (BRITISH AEROSPACE [GB]) 17 juin 1998 (1998-06-17) page 1, alinéa 2	19,20

-/--

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2007/051957

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	DANIELS D ED - INSTITUTION OF ELECTRICAL ENGINEERS: "Applications of impulse radar technology" RADAR '97. EDINBURGH, OCT. 14 - 16, 1997, IEE CONFERENCE PUBLICATION, LONDON : IEE, GB, vol. NO. 449, 14 octobre 1997 (1997-10-14), pages 667-672, XP006508854 ISBN: 0-85296-698-9 page 671, dernier alinéa - page 672, alinéa 1 figure 6 -----	

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/EP2007/051957

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 4380391	A	19-04-1983	AUCUN	
DE 3225474	A1	19-01-1984	AUCUN	
GB 2320316	A	17-06-1998	EP 0849612 A2	24-06-1998
			JP 10307195 A	17-11-1998