



(43) Date de la publication internationale
26 janvier 2017 (26.01.2017)

WIPO | PCT

- (51) Classification internationale des brevets :
G06T 5/00 (2006.01) **G06K 9/00** (2006.01)
G06T 5/50 (2006.01)
- (21) Numéro de la demande internationale :
PCT/EP2016/066409
- (22) Date de dépôt international :
11 juillet 2016 (11.07.2016)
- (25) Langue de dépôt : français
- (26) Langue de publication : français
- (30) Données relatives à la priorité :
1556900 21 juillet 2015 (21.07.2015) FR
- (71) Déposant : **SAFRAN ELECTRONICS & DEFENSE**
[FR/FR]; 18/20 quai du Point du Jour, 92100 Boulogne-
billancourt (FR).
- (72) Inventeurs : **ROUX, Nicolas**; C/o Safran Electronics &
Defense, 18/20 quai du Point du Jour, 92100 Boulogne
Billancourt (FR). **FOUBERT, Philippe**; C/o Safran Elec-

tronics & Defense, 18/20 quai du Point du Jour, 92100
Boulogne Billancourt (FR). **PATRY, Philippe**; C/o Safran
Electronics & Defense, 18/20 quai du Point du Jour, 92100
Boulogne Billancourt (FR). **GUISET, Pierrick**; C/o Safran
Electronics & Defense, 18/20 quai du Point du Jour, 92100
Boulogne Billancourt (FR). **TOUATI, Thierry**; C/o Sa-
fran Electronics & Defense, 18/20 quai du Point du Jour,
92100 Boulogne Billancourt (FR).

(74) Mandataire : **COUDRAY, Pascal**; 5 Place Newquay, BP
70250, 35802 DINARD Cedex (FR).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre
de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM,
AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY,
BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR,
KZ, LA, LC, LK, LR, LS, 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,

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : METHOD FOR DISPLAYING A LASER SPOT

(54) Titre : PROCÉDÉ DE VISUALISATION D'UN SPOT LASER

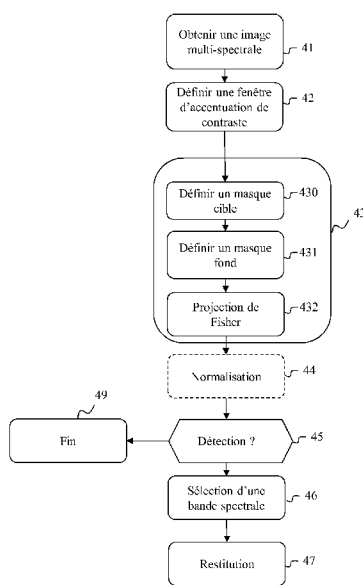


Fig. 4

(57) Abstract : A method for displaying a laser spot included in a multi-spectral image representative of an optical field consisting of pixels comprising a plurality of components, the laser spot being produced by a laser pointer and having a wavelength having values within a range of wavelengths depending on operating temperatures of the laser pointer. The method comprises: obtaining (41) a multi-spectral image in which each component corresponds to a given acquisition time and is representative of a spectral band from a plurality of spectral bands continuously covering a spectral domain comprising said range of wavelengths; applying (43) a contrast accentuation procedure to a sub-portion of the multi-spectral image comprising the laser spot, in order to obtain a sub-portion in which a contrast between the laser spot and a background is improved; and, generating (47) an image allowing the laser spot to be displayed by using information obtained after applying said procedure.

(57) Abrégé : Procédé de visualisation d'un spot laser compris dans une image multi-spectrale représentative d'un champ optique composée de pixels comprenant une pluralité de composantes, le spot laser étant produit par un pointeur laser et ayant une longueur d'onde prenant des valeurs dans une plage de longueurs d'onde dépendant de températures de fonctionnement du pointeur laser. Le procédé comprend: obtenir (41) une image multi-spectrale dans laquelle chaque composante correspond à un même instant d'acquisition et est représentative d'une bande spectrale d'une pluralité de bandes spectrales couvrant de manière continue un domaine spectral comprenant ladite plage de longueurs d'onde; appliquer (43) une procédure d'accentuation de contraste à une sous partie de l'image multi-spectrale comprenant le spot laser pour obtenir une sous partie dans laquelle un contraste entre le spot laser et un fond est amélioré; et, générer (47) une image permettant une visualisation du spot laser en utilisant des informations obtenues suite à l'application de ladite procédure.

- 41 Obtaining a multi-spectral image
42 Defining a contrast accentuation window
430 Defining a target mask
431 Defining a background mask
432 Fischer projection
44 Normalisation
45 Detection?
46 Selection of a spectral band
47 Rendering
49 End



SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN,
TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés (*sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible*) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasién (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).

Publiée :

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

Procédé de visualisation d'un spot laser

L'invention concerne un procédé de visualisation d'un spot laser dans une image multi-spectrale représentative d'une scène, et un dispositif mettant en œuvre ledit
5 procédé.

Il est devenu courant d'utiliser des dispositifs de génération d'un spot laser, ou dispositif laser, tels que par exemple des désignateurs ou des pointeurs laser, pour désigner des objets ou des cibles dans des scènes. Un dispositif laser produit un faisceau laser, de manière continue ou intermittente avec une fréquence prédéfinie,
10 qui, lorsqu'il touche un objet désigné, produit un point lumineux, appelé spot laser, visible dans différentes bandes spectrales. Lesdites bandes spectrales peuvent comprendre des bandes spectrales situées :

- dans le domaine du visible (VIS) comprenant des longueurs d'onde allant de 0,38 à 0,78 micromètres (μm),
- 15 • dans le proche infrarouge (« Near Infra Red (NIR) » en terminologie anglo-saxonne) (0,78 à $1\mu m$)
- dans l'infrarouge à longueurs d'onde courte (« Short-wavelength infrared (SWIR) » en terminologie anglo-saxonne) (1 à $2,5\mu m$)
- dans l'infrarouge à longueurs d'onde moyennes (« Medium-wavelength
20 Infrared (MWIR) » en terminologie anglo-saxonne) ($2,5$ à $5\mu m$)
- dans l'infrarouge à longueurs d'onde longues (« Long-wavelength Infrared (LWIR) » en terminologie anglo-saxonne) (5 à $14\mu m$)

Un spot laser produit par un dispositif laser peut être visualisé par un opérateur à l'œil nu lorsqu'il est situé dans le domaine du visible, ou en utilisant un système de
25 visualisation adapté lorsque le spot laser se situe dans un domaine infrarouge comme par exemple, un système d'observation aéroporté, des jumelles numériques, des lunettes à réalité augmentée ou encore un viseur numérique. Dans ce cas, une image de la scène comprenant le spot laser est alors fourni à l'opérateur par le système de visualisation. Il est connu qu'une bonne visualisation d'un spot laser dépend de
30 conditions d'illumination de la scène observée. C'est ainsi que visualiser un spot laser dans une image pose peu de problèmes dans un environnement faiblement éclairé, comme par exemple, de nuit. Par contre, une telle visualisation peut s'avérer difficile dans un environnement subissant un éclairage moyen à important, comme par exemple de jour ou dans un environnement éclairé par un éclairage artificiel. C'est

ainsi que des jumelles à vision nocturne (JVN) ne sont pas utilisables en journée pour détecter un spot laser. Un spot laser peut aussi être difficilement détectable par des systèmes utilisant une voie VNIR et/ou SWIR non filtrée dans un environnement subissant un éclairage moyen à important.

5 Par ailleurs, bon nombre de dispositifs laser utilisent une diode laser pour générer un faisceau laser. Le faisceau laser est généré avec une longueur d'onde dépendant de caractéristiques de la diode laser. Il est connu que des variations de température de fonctionnement d'une diode laser entraînent une dérive de la longueur d'onde du faisceau laser (et donc du spot laser) produit par la diode laser. Des valeurs
10 classiques de longueur d'onde λ d'un faisceau laser généré par une diode laser sont par exemple « 0,808 μm , » « 0,830 μm », « 0,852 μm » ou « 0,860 μm » à une température de « 20°C ». Ces longueurs d'onde peuvent varier d'une valeur $\Delta\lambda$ par rapport à la longueur d'onde λ selon une loi linéaire en fonction d'une valeur de variation de température ΔT par rapport à la température de fonctionnement de
15 « 20°C ».

$$\Delta\lambda = \alpha \cdot \Delta T$$

où α est une constante allant de « 0,1 nanomètre (nm)/°C » à « 0,5 nm/°C » pour des diodes laser générant des faisceaux laser ayant une longueur d'onde située dans le domaine NIR ou le domaine SWIR.

Or, un dispositif laser comportant une diode laser peut être utilisé dans des
20 conditions de températures très variables allant de « -40°C » à « 70°C », notamment lorsqu'il est installé sur un dispositif aéroporté.

De plus, des vieillissements de la diode laser peuvent provoquer des générations de faisceau laser ne correspondant plus à une seule longueur d'onde mais plutôt à une bande étroite couvrant plusieurs longueurs d'onde.

25 Il devient alors difficile de définir un système de visualisation adapté au spot laser généré par le dispositif laser puisque ce spot laser ne se situe pas dans une bande spectrale bien définie, ni même constante. C'est ainsi que des systèmes de détection de spot laser, par exemple basés sur une voie vidéo non filtrée ou sur une voie vidéo filtrée (telle qu'une voie vidéo VNIR/SWIR), adaptés pour détecter un spot laser dans
30 des conditions de température données, peuvent s'avérer inefficaces pour d'autres conditions de température du fait d'une dérive de la longueur d'onde du spot laser.

Il est souhaitable de pallier ces inconvénients de l'état de la technique.

Il est notamment souhaitable de proposer une méthode et un dispositif permettant une visualisation efficace d'un spot laser dans des conditions d'illumination correspondant à un éclairage moyen à important. Il est de plus souhaitable que la méthode et le dispositif proposés aient une efficacité constante
5 malgré des dérives de longueur d'onde d'un faisceau laser produit par un dispositif laser due à des variations de températures de fonctionnement dudit dispositif laser.

Selon un premier aspect de l'invention, l'invention concerne un procédé de visualisation d'un spot laser compris dans une image multi-spectrale, comprenant une pluralité de composantes et représentative d'un champ optique, le spot laser étant
10 produit par un dispositif laser et ayant une longueur d'onde prenant des valeurs dans une plage de longueurs d'onde dépendant de températures de fonctionnement du dispositif laser. Le procédé comprend : obtenir une image multi-spectrale dans laquelle chaque composante correspond à un même instant d'acquisition et est représentative d'une bande spectrale d'une pluralité de bandes spectrales couvrant de
15 manière continue un domaine spectral comprenant ladite plage de longueurs d'onde; appliquer une procédure d'accentuation de contraste à une première fenêtre correspondant à une sous partie de l'image multi-spectrale comprenant le spot laser, la procédure d'accentuation de contraste comprenant: définir dans la première fenêtre un premier masque adapté pour contenir des pixels de l'image multi-spectrale
20 correspondant au spot laser et un second masque adapté pour contenir des pixels de l'image multi-spectrale ne correspondant pas au spot laser ; et, déterminer un vecteur représentatif d'une direction de projection de Fisher permettant d'accentuer un contraste entre les pixels du premier et du second masque et appliquer une projection selon ledit vecteur à la première fenêtre pour obtenir une deuxième fenêtre; si le spot
25 laser apparaît dans la deuxième fenêtre, sélectionner une première bande spectrale offrant le meilleur contraste entre les pixels du premier et du second masque et former une troisième fenêtre à partir d'une composante de la première fenêtre correspondant à la première bande spectrale sélectionnée ; générer une image permettant une visualisation du spot laser en insérant la troisième fenêtre à une
30 position correspondant à la première fenêtre dans une image réceptrice représentative du champ optique.

Ledit procédé permet donc d'améliorer la visualisation du spot laser malgré des dérives de la longueur d'onde du spot laser dues à des variations de température et quel que soit les conditions d'éclairage.

Selon un mode de réalisation, une comparaison d'une valeur représentative d'un contraste entre les pixels du premier et du second masque dans la deuxième fenêtre avec un premier seuil, permet de déterminer si le spot laser apparaît dans la deuxième fenêtre.

5 Selon un mode de réalisation, des valeurs représentatives d'un contraste entre les pixels du premier et du second masque dans chaque bande spectrale sont utilisées pour sélectionner la bande spectrale offrant le meilleur contraste entre les pixels du premier et du second masque, lesdites valeurs représentatives d'un contraste comprenant des valeurs de coordonnées dudit vecteur.

10 Selon un mode de réalisation, les valeurs de coordonnées dudit vecteur sont des valeurs de coordonnées normalisées sur une plage de valeur prédéfinie.

 Selon un mode de réalisation, lesdites valeurs représentatives d'un contraste comprennent en outre des valeurs de rapport signal à bruit calculées pour chaque bande spectrale.

15 Selon un mode de réalisation, une valeur de sélection est calculée pour chaque bande spectrale à partir de chaque valeur représentative d'un contraste correspondant à ladite bande spectrale, la première bande spectrale étant sélectionnée en prenant une bande spectrale de la pluralité de bandes spectrale associée à une valeur de sélection la plus élevée parmi les valeurs de sélection calculées.

20 Selon un mode de réalisation, le procédé comprend, sélectionner une seconde bande spectrale, ladite seconde bande spectrale étant associée à une valeur de contraste entre les pixels du premier et du second masque inférieure à un second seuil et former une quatrième fenêtre à partir d'une composante de la première fenêtre correspondant à la seconde bande spectrale sélectionnée, l'image permettant une
25 visualisation du spot laser étant générée en insérant la troisième ou la quatrième fenêtre dans une image réceptrice représentative du champ optique.

 Selon un mode de réalisation, l'image multi-spectrale est générée à partir d'une pluralité d'images représentatives du champ optique ayant un même instant d'acquisition et harmonisées spatialement, chaque image correspondant à une bande
30 spectrale de la pluralité de sous-bandes spectrales.

 Selon un mode de réalisation, au moins deux images de la pluralité d'images correspondent à une même bande spectrale et sont représentatives d'un faisceau lumineux correspondant à ladite bande spectrale polarisé selon une polarisation différente, de sorte que lors de la sélection de la première bande spectrale

offrant le meilleur contraste entre les pixels du premier et du second masque, la polarisation offrant le meilleur contraste entre les pixels du premier et du second masque est aussi sélectionnée.

Selon un mode de réalisation, la procédure d'accentuation de contraste est appliquée à une pluralité de premières fenêtres correspondant à des sous parties différentes de l'image multi-spectrale, au moins une première fenêtre de ladite pluralité comprenant le spot laser et en ce qu'une deuxième fenêtre est sélectionnée suivant un critère prédéfini parmi les secondes fenêtres obtenues lors de chaque application de la procédure d'accentuation de contraste, la seconde fenêtre sélectionnée étant utilisée pour sélectionner la première bande spectrale.

Selon un mode de réalisation, au moins une caractéristique de la première bande spectrale permet de déterminer un type de dispositif laser.

Selon un deuxième aspect de l'invention, l'invention concerne un procédé de visualisation d'un spot laser compris dans des images multi-spectrales acquises avec une fréquence d'images prédéfinie, caractérisé en ce que le procédé comprend : mettre en œuvre le procédé selon le premier aspect pour chaque image multi-spectrale.

Selon un mode de réalisation, une position d'au moins une première fenêtre est définie dans une image multi-spectrale, dite image courante, en fonction d'une position d'une seconde fenêtre dans laquelle apparaît le spot laser dans une image multi-spectrale précédent l'image courante.

Selon un mode de réalisation, une fréquence du spot laser est déterminée sur une pluralité d'images multi-spectrales successives, la fréquence du spot laser étant utilisée pour déterminer le type du dispositif laser.

Selon un mode de réalisation, l'image permettant une visualisation du spot laser est générée en alternant une insertion de la troisième ou la quatrième fenêtre dans une image réceptrice représentative du champ optique avec une fréquence d'alternance prédéfinie inférieure ou égale à la fréquence d'image prédéfinie.

Selon un troisième aspect de l'invention, l'invention concerne un dispositif permettant une visualisation d'un spot laser compris dans une image multi-spectrale, comprenant une pluralité de composantes et représentative d'un champ optique, le spot laser étant produit par un dispositif laser et ayant une longueur d'onde prenant des valeurs dans une plage de longueurs d'onde dépendant de températures de fonctionnement du dispositif laser. Le dispositif comprend : des moyens d'obtention pour obtenir une image multi-spectrale dans laquelle chaque composante correspond à

un même instant d'acquisition et est représentative d'une bande spectrale d'une pluralité de bandes spectrales couvrant de manière continue un domaine spectral comprenant ladite plage de longueurs d'onde; des moyens d'application pour appliquer une procédure d'accentuation de contraste à une première fenêtre
5 correspondant à une sous partie de l'image multi-spectrale comprenant le spot laser, lesdits moyens d'application comprenant: des moyens de définition pour définir dans la première fenêtre un premier masque adapté pour contenir des pixels de l'image multi-spectrale correspondant au spot laser et un second masque adapté pour contenir des pixels de l'image multi-spectrale ne correspondant pas au spot laser ; et, des
10 moyens de détermination pour déterminer un vecteur représentatif d'une direction de projection de Fisher permettant d'accentuer un contraste entre les pixels du premier et du second masque et des moyens pour appliquer une projection selon ledit vecteur à la première fenêtre pour obtenir une deuxième fenêtre; des moyens de sélection pour sélectionner une première bande spectrale offrant le meilleur contraste entre les pixels
15 du premier et du second masque et des moyens pour former une troisième fenêtre à partir d'une composante de la première fenêtre correspondant à la première bande spectrale sélectionnée ; et, des moyens de génération pour générer une image permettant une visualisation du spot laser en insérant la troisième fenêtre à une position correspondant à la première fenêtre dans une image réceptrice représentative
20 du champ optique. Selon un quatrième aspect de l'invention, l'invention concerne un programme d'ordinateur, comprenant des instructions pour mettre en œuvre, par un dispositif, le procédé selon le premier aspect ou le deuxième aspect, lorsque ledit programme est exécuté par un processeur dudit dispositif.

Selon un cinquième aspect de l'invention, l'invention concerne des moyens de
25 stockage, stockant un programme d'ordinateur comprenant des instructions pour mettre en œuvre, par un dispositif, le procédé selon le premier ou le deuxième aspect, lorsque ledit programme est exécuté par un processeur dudit dispositif.

Les caractéristiques de l'invention mentionnées ci-dessus, ainsi que d'autres, apparaîtront plus clairement à la lecture de la description suivante d'un exemple de
30 réalisation, ladite description étant faite en relation avec les dessins joints, parmi lesquels :

- la Fig. 1 illustre schématiquement un exemple de contexte dans lequel l'invention peut être mise en œuvre ;

- la Fig. 2A illustre schématiquement un exemple de dispositif d'acquisition d'images compris dans un système de visualisation ;
- la Fig. 2B illustre schématiquement un exemple d'architecture matérielle d'un module de traitement compris dans un système de visualisation ;
- 5 - la Fig. 3A illustre schématiquement un exemple d'image produite par un capteur d'images du dispositif d'acquisition d'images;
- la Fig. 3B illustre schématiquement un exemple d'ensemble de bandes spectrales couvrant de manière continue un domaine spectral;
- la Fig. 4 illustre schématiquement un procédé de visualisation d'un spot laser
10 dans une image multi-spectrale selon l'invention ;
- la Fig. 5A illustre schématiquement une étape de définition d'une fenêtre d'accentuation de contraste dans une image multi-spectrale ; et,
- la Fig. 5B illustre schématiquement une étape de définition de masques
15 utilisés dans une procédure permettant d'accentuer un contraste entre un spot laser et un fond.

L'invention est décrite par la suite dans un contexte d'un système de visualisation comprenant un boîtier intégrant un dispositif d'acquisition d'images, un module de traitement, un dispositif de visualisation d'images tel qu'un écran et un dispositif laser. L'invention s'applique aussi dans un contexte plus large. L'invention
20 s'applique notamment lorsque le dispositif d'acquisition d'images, le dispositif de visualisation d'images, le module de traitement et le dispositif laser du système de visualisation sont des éléments séparés et distants géographiquement, chaque dispositif pouvant être fixe ou mobile et manipulé par des opérateurs différents. Les opérateurs peuvent collaborer pour désigner et visualiser une cible, ou un opérateur
25 manipulant le dispositif d'acquisition d'images peut pointer ledit dispositif sur un spot laser généré par un dispositif laser manipulé par un autre opérateur avec lequel il ne collabore pas.

La **Fig. 1** illustre schématiquement un exemple de contexte dans lequel l'invention peut être mise en œuvre. Un opérateur (non représenté) observe une scène
30 1 éclairée par un éclairage moyen à important (symbolisée par le soleil 2) à partir d'un système de visualisation 5. Le système de visualisation 5 comprend un dispositif d'acquisition d'images 51, un module de traitement 52 et un dispositif de visualisation d'images 53. Le dispositif d'acquisition d'images 51 est par exemple de type système d'acquisition vidéo et permet d'acquérir une pluralité d'images 3 représentatives d'un

champ optique 7. Le champ optique 7 est étroit, *i.e.* le champ optique possède un angle de 2° à 5°. La pluralité d'images 3 est par exemple acquise avec une fréquence d'images de « 25 » à « 30 » images par secondes. Chaque image 3 fournie par le dispositif d'acquisition d'images 51 est une image multi-spectrale dont nous détaillons des caractéristiques en relation avec la Fig. 3A. Nous détaillons le dispositif d'acquisition d'images 51 en relation avec la Fig. 2A.

Le module de traitement 52 reçoit des images multi-spectrales du dispositif d'acquisition d'images 51 et leur applique un traitement que nous décrivons en relation avec la Fig. 4. Nous détaillons le module de traitement 52 en relation avec la Fig. 2B.

Pour chaque image multi-spectrale, le module de traitement 52 produit au moins une image permettant la visualisation d'un spot laser 8, dite image de restitution, dans laquelle le spot laser 8 est clairement identifiable et fournit cette image au dispositif de visualisation d'images 53 qui l'affiche. Le dispositif de visualisation d'images 53 est par exemple un écran ou un œilleton du système de visualisation 5.

Dans l'exemple de la Fig. 1, un dispositif laser 4 est fixé sur le système de visualisation 5. Ce dispositif laser 4 comprend une diode laser générant un faisceau laser 6 ayant par exemple une longueur d'onde λ égale à « 0,860 μm » à une température de « 20°C ». Cette longueur d'onde varie d'une valeur $\Delta\lambda$ selon une loi linéaire en fonction d'une valeur de variation ΔT de la température de fonctionnement de la diode laser par rapport à la température de « 20°C ».

$$\Delta\lambda = \alpha \cdot \Delta T$$

où α est une constante égale « 0,3 nm/°C ». Par exemple à « 0°C » la longueur d'onde $\lambda = 0,854 \mu\text{m}$.

. Le dispositif laser 4 permet à un opérateur manipulant le système de visualisation 5 de désigner une cible à l'aide du spot laser 8 produit lorsque le faisceau laser 6 rencontre un objet (par exemple, ici un bosquet).

La **Fig. 2A** illustre schématiquement un exemple de dispositif d'acquisition d'images compris dans un système de visualisation.

Le dispositif d'acquisition d'images 51 reçoit un faisceau lumineux 519 qu'il redirige vers un capteur d'images 517 pour créer une pluralité d'images multi-spectrales 3. Pour ce faire le dispositif d'acquisition d'images 51 comprend une lentille primaire 512, un diaphragme de champ 518, une lentille secondaire 513, une matrice de filtres 514, une matrice de mini lentilles 516 et le capteur d'images 517.

La lentille primaire 512, le diaphragme de champ 518, la lentille secondaire 513, la matrice de filtres 514, la matrice de mini lentilles 516, et le capteur d'images 517 sont perpendiculaires à un axe optique 511. L'ensemble lentille primaire 512, diaphragme 518, lentille secondaire 513 génère un faisceau lumineux collimaté à partir du faisceau lumineux 519, le faisceau collimaté étant représentatif du champ optique 7 ayant un angle faible de l'ordre de 5° . Le faisceau lumineux collimaté est reçu par la matrice de filtres 514. La matrice de filtres 514 est composée d'une pluralité de filtres décomposant le faisceau lumineux 519 en une pluralité de bandes spectrales. Par exemple, la matrice de filtres 514 comprend « 16 » filtres aptes à décomposer le faisceau lumineux en « 16 » bandes spectrales. Fournir un faisceau lumineux collimaté représentatif d'un champ optique ayant un angle faible permet d'obtenir une matrice de filtres composée de filtres très sélectifs en bandes spectrales et ayant un fort taux de rejection hors bande. Nous décrivons les « 16 » bandes spectrales par la suite en relation avec la Fig. 3B. Une pluralité de sous faisceaux lumineux 515 est alors générée en sortie de la matrice de filtres 514 correspondant chacun à une des bandes spectrales de la pluralité de bandes spectrales. Dans l'exemple décrit en relation avec la Fig. 2A, « 16 » sous faisceaux lumineux sont générées. Chaque sous faisceau lumineux de la pluralité de sous faisceaux lumineux 515 est ensuite dirigé vers une zone du capteur d'images 517 par une mini lentille de la matrice de mini lentilles 516. La matrice de mini lentilles 516 comporte donc autant de mini lentilles que de bandes spectrales générées par la matrice de filtres 514 (*i.e.* « 16 » mini lentilles). Le capteur d'images 517 est par exemple un capteur CCD (« Charge-Coupled Device » en terminologie anglo-saxonne, dispositif à transfert de charge) ou un capteur CMOS (« Complementarity metal-oxide-semiconductor », en terminologie anglo-saxonne, semi-conducteur métal-oxyde complémentaire) comprenant une matrice de photosites aptes à transformer des photons lumineux incidents en un signal électrique. Un échantillonnage du signal électrique à la fréquence d'images du dispositif d'acquisition d'images 51 permet de former un pixel pour chaque photosite. Dans un mode de réalisation le capteur d'images 517 est une matrice carrée de $(4 \times 500) \times (4 \times 500)$ photosites aptes à produire des images comprenant $(4 \times 500) \times (4 \times 500)$ pixels. Chaque image produite par le dispositif d'acquisition d'images 51 est fournie au module de traitement 52.

Dans un mode de réalisation, la matrice de filtres 514 comprend aux moins deux filtres identiques. Dans ce mode de réalisation, un polariseur différent est positionné

devant chaque filtre identique, de sorte que chaque filtre identique produit un sous faisceau lumineux représentatif d'une même bande spectrale mais ayant une polarisation différente. L'utilisation de polariseur permet de mieux détecter des spots laser ayant été émis avec une certaine polarisation.

5 La **Fig. 2B** illustre schématiquement un exemple d'architecture matérielle d'un module de traitement compris dans un système de visualisation.

Selon l'exemple d'architecture matérielle représenté à la Fig. 2B, le module de traitement 52 comprend alors, reliés par un bus de communication 520 : un processeur ou CPU (« Central Processing Unit » en anglais) 521 ; une mémoire vive RAM
10 (« Random Access Memory » en anglais) 522 ; une mémoire morte ROM (« Read Only Memory » en anglais) 523 ; une unité de stockage telle qu'un disque dur ou un lecteur de support de stockage, tel qu'un lecteur de cartes SD (« Secure Digital » en anglais) 524 ; au moins une interface de communication 525 permettant au module de traitement de communiquer avec le dispositif d'acquisition d'images 51 et/ou le
15 dispositif de visualisation d'images 53.

Dans un mode de réalisation dans lequel le dispositif d'acquisition d'images 51, le module de traitement 52 et dispositif de visualisation 53 sont séparés et distants, le dispositif d'acquisition d'images 51 et le dispositif de visualisation 53 comprennent aussi une interface de communication pouvant communiquer avec l'interface de
20 communication 525 par l'intermédiaire d'un réseau tel qu'un réseau sans fils.

Le processeur 521 est capable d'exécuter des instructions chargées dans la RAM 522 à partir de la ROM 523, d'une mémoire externe (non représentée), d'un support de stockage (tel qu'une carte SD), ou d'un réseau de communication. Lorsque le module de traitement 52 est mis sous tension, le processeur 521 est capable de lire de
25 la RAM 522 des instructions et de les exécuter. Ces instructions forment un programme d'ordinateur causant la mise en œuvre, par le processeur 521, de tout ou partie du procédé décrit ci-après en relation avec les Figs. 4, 5A et 5B.

Le procédé décrit ci-après en relation avec les Figs. 4, 5A et 5B peut être implémenté sous forme logicielle par exécution d'un ensemble d'instructions par une
30 machine programmable, par exemple un DSP (« Digital Signal Processor » en anglais), un microcontrôleur ou un GPU (processeur graphique, « Graphics Processing Unit » en terminologie anglo-saxonne), ou être implémenté sous forme matérielle par une machine ou un composant dédié, par exemple un FPGA (« Field-Programmable

Gate Array » en anglais) ou un ASIC (« Application-Specific Integrated Circuit » en anglais).

On note que dans un mode de réalisation le module de traitement 52 fonctionne à la fréquence d'images du dispositif d'acquisition d'images 51. Le module de traitement 52 traite donc chaque image multi-spectrale produite par le dispositif d'acquisition d'images 51.

La **Fig. 3A** illustre schématiquement un exemple d'image produite par un capteur d'images 517 du dispositif d'acquisition d'images 51.

L'image décrite en relation avec la Fig. 3A est une image telle qu'elle est obtenue en sortie du dispositif d'acquisition d'images 51. Dans un mode de réalisation, cette image prend la forme d'une matrice d'images 31 à 36. Chaque image résulte d'une focalisation sur le capteur d'images 517 par une mini lentille de la matrice de mini lentilles 516 d'un sous faisceau lumineux de la pluralité de sous faisceaux lumineux 515 fournie par la matrice de filtres 514. Dans un mode de réalisation, chaque image 31 à 36 correspond à une bande spectrale de la pluralité de bandes spectrales et est représentative du champ optique 7. En fonction de la longueur d'onde du faisceau laser 6, le spot laser 8 est généralement visible dans une à trois bandes spectrales contiguës de la pluralité de bandes spectrales (une apparition du spot laser 8 dans plus de trois bandes spectrales est toutefois possible). Le spot laser 8 apparaît donc généralement dans une à trois images 31 à 36. Dans l'exemple décrit en relation avec la Fig. 3A, le spot laser 8 est visible dans l'image 31 et l'image 36, les images 31 et 36 représentant des bandes spectrales contiguës. Par contre, le spot laser 8 est peu visible voire invisible dans les images 32, 33, 34 et 35.

Dans l'exemple de la Fig. 3A, pour simplifier la représentation, la matrice d'images est composée de « 6 » images contiguës. Dans l'exemple où la pluralité de bandes spectrales comprend « 16 » bandes spectrales et où le capteur d'images 517 comprend $(4 \times 500) \times (4 \times 500)$ photosites, la matrice d'images comprend 4 colonnes de 4 images de taille 500×500 pixels.

On note que, dès qu'il reçoit une image en provenance du dispositif d'acquisition d'images 51, le module de traitement 52 transforme cette image en une image multi-spectrale 3. Pour ce faire, le module de traitement 52 met en correspondance chaque pixel situé à une même position spatiale dans chaque image, afin d'obtenir une image multi-spectrale 3 ayant la taille d'une image et dans

laquelle chaque pixel possède un nombre de composantes égal au nombre de bandes spectrales de la pluralité de bandes spectrales. Chaque composante de chaque pixel correspond donc à une valeur dudit pixel dans une bande spectrale.

On suppose ici que les imagerie 31 à 36 de la matrice d'imagerie sont harmonisées spatialement, *i.e.* les imagerie sont recalées entre elles de manière à ce que tous les pixels situés à une même position spatiale dans les imagerie 31 à 36 correspondent à une même position spatiale dans la scène 1.

De plus, on note que chaque composante d'un pixel de l'image multi-spectrale 3 correspond à un même instant temporel puisque toutes les imagerie ayant fourni une composante ont été acquises par le même capteur d'images 517 au même instant.

Obtenir une image multi-spectrale 3 dans laquelle chaque composante de pixel correspond à un même instant temporel permet de ne pas avoir à gérer des variations de luminosité dans la scène entre les composantes (*i.e.* les bandes spectrales). De plus, une acquisition de l'ensemble des imagerie 31 à 36 de la matrice d'imagerie par un même capteur à un même instant temporel permet d'obtenir des imagerie sur lesquelles un même gain spectro-spatial a été appliqué, de garantir un taux de remplissage des pixels associés au spot laser 8 et de garantir un contraste entre les pixels associés au spot laser 8 et des pixels correspondant au fond (*i.e.* pixel n'appartenant pas au spot laser 8) par exemple de l'ordre de 15dB.

Dans un mode de réalisation, au moins deux imagerie contiguës de la matrice d'imagerie ont une intersection non vide. Dans ce cas, pour éviter toute incohérence, chaque pixel d'une imagerie appartenant à une intersection entre au moins deux imagerie est ignoré lors de la création de l'image multi-spectrale 3.

Dans le mode de réalisation où au moins deux filtres de la matrice de filtres 514 sont identiques et précédés de polariseurs différents, au moins deux imagerie correspondent à la même bande spectrale mais représentent des polarisations différentes du même sous faisceau lumineux. Chaque pixel de l'image multi-spectrale possède alors au moins deux composantes correspondant à la même bande spectrale mais représentant des polarisations différentes.

La **Fig. 3B** illustre schématiquement un exemple d'ensemble de bandes spectrales couvrant de manière continue un domaine spectral.

Une particularité des bandes spectrales utilisées dans l'invention est qu'elles couvrent de manière continue un domaine spectral. Le domaine spectral se situe, par exemple, dans le domaine du proche infrarouge (NIR). Comme nous l'avons vu plus

haut, la longueur d'onde du spot laser 8 dépend d'une température de fonctionnement du dispositif laser 4. La longueur d'onde du dispositif laser 4 prend donc des valeurs dans une plage de longueurs d'ondes dépendant de températures de fonctionnement prévues pour le dispositif laser 4. Le domaine spectral comprend donc ladite plage de
5 longueurs d'onde dans laquelle peut se situer le spot laser 8. Chaque bande spectrale correspond à une des bandes spectrales fournies par la matrice de filtres 514. Selon l'exemple décrit plus haut, le domaine spectral est donc décomposé en 16 bandes spectrales B1 à B16. Les bandes spectrales sont de largeurs variables. La largeur de chaque bande spectrale peut par exemple être adaptée en fonction de parties du
10 domaine spectral dans laquelle de la précision est souhaitée. Une bande spectrale étroite peut par exemple être définie dans une partie du domaine spectral où le spot laser est attendu.

Dans un mode de réalisation, les bandes spectrales sont de largeurs égales.

Dans un mode de réalisation, le domaine spectral se situe entre « $0,7 \mu\text{m}$ » et
15 « $1,1 \mu\text{m}$ », dans ce cas la largeur des bandes spectrales est de « 25 nm », ou entre « $0,72 \mu\text{m}$ » et « $0,88 \mu\text{m}$ » ; dans ce cas la largeur des bandes spectrales est de « 10 nm », ou entre « $0,78 \mu\text{m}$ » et « $0,94 \mu\text{m}$ » ; dans ce cas la largeur des bandes spectrales est de « 10 nm ».

Dans un mode de réalisation le domaine spectral se situe entre « $0,8 \mu\text{m}$ » et
20 « $1,55 \mu\text{m}$ », dans ce cas la largeur des bandes spectrales est de « 25 nm » et dispositif d'acquisition d'images 51 est adapté pour fournir « 25 » bandes spectrales.

Dans un mode de réalisation, au moins deux sous-bandes spectrales de la pluralité de sous-bandes spectrales ont une intersection non vide.

La **Fig. 4** illustre schématiquement un procédé de visualisation d'un spot laser
25 dans une image multi-spectrale selon l'invention.

Un objectif du procédé décrit en relation avec la Fig. 4, est de fournir à un opérateur regardant le dispositif de visualisation d'images 53, une image dans laquelle des pixels correspondant au spot laser 8 se distinguent clairement par rapport à un fond de l'image, le fond dans une image étant considéré ici comme tout pixel de ladite
30 image ne correspondant pas au spot laser 8. Pour ce faire, ledit procédé est basé sur une procédure d'accentuation de contraste.

Dans une étape 41, le module de traitement 52 obtient une image multi-spectrale 3 du dispositif d'acquisition d'images 51.

Dans une étape 42, le module de traitement 52 définit une fenêtre d'accentuation de contraste 300 correspondant à une sous partie de l'image multi-spectrale 3 comprenant le spot laser 8. La fenêtre d'accentuation de contraste 300 est utilisée pour accentuer localement, dans l'image multi-spectrale 3, un contraste entre les pixels de l'image multi-spectrale 3 correspondant au spot laser 8 et les pixels de l'image multi-spectrale 3 correspondant au fond. La Fig. 5A illustre schématiquement une étape de définition d'une fenêtre d'accentuation de contraste dans une image multi-spectrale. La Fig. 5A représente l'image multi-spectrale 3 dans laquelle est positionnée la fenêtre d'accentuation de contraste 300. La fenêtre d'accentuation de contraste 300 est positionnée de telle sorte qu'elle comprenne le spot laser 8. Dans un mode de réalisation, un opérateur positionne la fenêtre d'accentuation de contraste 300 de manière à ce que cette fenêtre comprenne le spot laser 8. De plus, l'opérateur fixe la forme et la taille de la fenêtre d'accentuation de contraste 300 en fonction, par exemple, d'un contexte dans lequel se situe le spot laser 8. Un exemple de critère permettant de fixer la forme et la taille de la fenêtre d'accentuation de contraste 300 est par exemple que, en dehors du spot laser 8, la fenêtre d'accentuation de contraste 300 soit la plus homogène possible. Dans un mode de réalisation, l'opérateur définit une fenêtre d'accentuation de contraste 300 carré de cent pixels de côté. Lors de l'étape 42, des coordonnées de la fenêtre d'accentuation de contraste 300 dans l'image multi-spectrale 3, telles que les coordonnées du pixel en haut à gauche de ladite fenêtre, et la taille de la dite fenêtre sont sauvegardées en mémoire par le module de traitement 52.

Dans une étape 43, le module de traitement applique une procédure d'accentuation de contraste comprenant des étapes 430, 431 et 432.

Lors de l'étape 430, le module de traitement 52 définit un masque de pixels adapté pour contenir les pixels de l'image multi-spectrale 3 correspondant au spot laser 8, appelé masque cible T . Connaissant des caractéristiques du dispositif laser 4, il est possible de connaître la taille du spot laser 8 dans l'image multi-spectrale 3. De cette manière, il est possible d'adapter la forme et/ou la taille du masque cible T à la forme et la taille du spot laser 8. Dans un mode de réalisation, le masque cible T est carré et la taille du masque cible T dépend de la taille du spot laser 8. Dans un mode de réalisation, trois masques cibles T sont à la disposition du module de traitement 52, un masque carré de trois pixels de côté, un masque carré de cinq pixels de côté et un masque carré de sept pixels de côté. Le module de traitement 52 choisit alors le

masque cible T le plus petit pouvant contenir intégralement le spot laser 8, la taille du spot laser 8 étant un paramètre donné par l'opérateur.

Lors de l'étape 431, le module de traitement 52 définit un masque de pixels correspondant au fond dans la fenêtre 300 (*i.e.* un masque de pixels ne correspondant pas au spot laser 8), appelé masque fond B . Dans un mode de réalisation, le masque fond B est un masque complémentaire du masque cible T , *i.e.* tous les pixels de la fenêtre d'accentuation de contraste 300 qui n'appartiennent pas au masque cible T appartiennent au masque fond B .

Dans un mode de réalisation, une zone G correspondant à une bande de quelques pixels autour du masque cible T sépare le masque cible T du masque fond B . La zone G permet d'éviter de prendre en compte, lors d'une accentuation de contraste, des pixels mal définis, *i.e.* des pixels ne pouvant pas être clairement définis comme appartenant au spot laser 8 ou au fond. Le masque fond B correspond donc à tous les pixels de la fenêtre 300 n'appartenant ni au masque cible T , ni à la zone G . La **Fig. 5B** illustre schématiquement une étape de définition de masques cible T et fond B utilisées dans une procédure permettant d'accentuer un contraste entre un spot laser et un fond. Un masque cible T rectangulaire est placé en haut à gauche de la fenêtre d'accentuation de contraste 300. Le masque cible T est entouré d'une zone G . Un masque fond B correspond à tous les pixels de la fenêtre d'accentuation de contraste 300 n'appartenant ni au masque cible T , ni à la zone G .

Lors de l'étape 432, le module de traitement 52 applique une projection de Fisher aux pixels de la fenêtre d'accentuation de contraste 300. Un procédé d'application d'une projection de Fisher décrit dans l'article « *some practical issues in anomaly detection and exploitation of regions of interest in hyperspectral images* » de *F. Goudail et al., applied optics, Vols. 45, No. 21, pp. 5223-5236*, est utilisé. Le procédé d'application d'une projection de Fisher permet d'accentuer le contraste entre les pixels appartenant au masque cible T et les pixels appartenant au masque fond B . Ce procédé consiste à projeter chaque pixel de la fenêtre d'accentuation de contraste 300 sur une direction optimale d'un espace multidimensionnel où chaque dimension correspond à des valeurs d'intensité dans une bande spectrale de l'image multi-spectrale 3. Dans l'exemple décrit plus haut dans lequel chaque pixel de l'image multi-spectrale 3 comprend « 16 » valeurs d'intensité (*i.e.* une valeur d'intensité par bande spectrale), l'espace multidimensionnel est un espace à « 16 » dimensions. On suppose ici que les valeurs dans chaque bande spectrale de chaque pixel correspondant

au masque T (respectivement au masque fond B), sont des variables aléatoires, spatialement non corrélées, et ayant une densité de probabilité Gaussienne de moyenne m_T (respectivement m_B) et de matrice de covariance Γ . L'article précité mentionne des procédés d'estimation de la moyenne m_T (respectivement m_B) et de la matrice de covariance Γ .

La direction optimale de projection, représentée par un vecteur u , peut être déterminée à partir de la matrice de covariance Γ selon la formule suivante :

$$u = \Gamma^{-1}(m^T - m^B)$$

où m^T (respectivement m^B) est un pixel moyen représentatif des pixels correspondant au masque T (respectivement au masque B).

$$m^T = \{m_1^T, m_2^T, \dots, m_K^T\}$$

$$m^B = \{m_1^B, m_2^B, \dots, m_K^B\}$$

où m_k^T (respectivement m_k^B), avec $k \in [1; K]$, est une valeur d'intensité du pixel moyen m^T (respectivement m^B) dans une bande spectrale k , et K est le nombre de sous-bandes spectrales dans la pluralité de bandes spectrales (ici $K=16$).

$$m_k^T = \frac{1}{N_k^T} \sum_{i \in T} p_k^T(i)$$

$$m_k^B = \frac{1}{N_k^B} \sum_{i \in B} p_k^B(i)$$

où $p_k^T(i)$ (respectivement $p_k^B(i)$) est une valeur d'intensité dans une bande spectrale k d'un i ème pixel $p^T(i)$ correspondant au masque cible T (respectivement au masque fond B), et N_k^T est un nombre de pixels correspondant au masque cible T (respectivement au masque fond B).

La projection selon le vecteur u est la projection de Fisher et revient à rechercher une corrélation maximale entre des variations de valeurs d'intensité présentes dans les bandes spectrales de la pluralité de bandes spectrales.

Chaque pixel $p(i)$ de la fenêtre d'accentuation de contraste 300 est projeté selon la projection de Fisher :

$$f(i) = u^T \cdot p(i)$$

où $f(i)$ est un pixel d'une fenêtre de projection de Fisher F correspondant à un résultat d'une application de la projection de Fisher sur la fenêtre d'accentuation de contraste 300. La fenêtre de projection de Fisher F est de forme et de taille identique à la fenêtre d'accentuation de contraste 300.

Suite à la mise en œuvre de l'étape 432, le module de traitement 52 a obtenu le vecteur u représentant la direction de projection optimale et la fenêtre de projection de Fisher F .

Dans une étape 45, le module de traitement 52 détermine si un spot laser apparaît dans la fenêtre de projection de Fisher F . Pour ce faire, le module de traitement 52 calcule une valeur représentative du contraste entre les pixels du masque cible T et les pixels du masque fond B dans la fenêtre de projection de Fisher F . Une valeur représentative du contraste entre les pixels du masque cible T et les pixels du masque fond B dans la fenêtre de projection de Fisher F peut-être calculée sous forme d'un rapport signal à bruit de la manière suivante :

$$C = \sqrt{\frac{(m^T - m^B)^2}{(\sigma^B)^2}}$$

où σ^B est un écart type des valeurs d'intensité des pixels correspondant au masque B dans la fenêtre de projection de Fisher F , et m^T (respectivement m^B) est une moyenne des valeurs d'intensité des pixels du masque cible T (respectivement du masque fond B). Le module de traitement 52 compare ensuite le rapport signal à bruit C à un rapport signal à bruit seuil C_s . Le rapport signal à bruit seuil C_s peut être fixé par exemple de sorte à garantir un contraste entre les pixels associés au spot laser 8 et des pixels correspondant au fond de l'ordre de 15dB. Lorsque $C < C_s$ le module de traitement détermine qu'aucun spot laser n'apparaît dans la fenêtre de projection de Fisher F . Dans ce cas le module de traitement 52 met en œuvre une étape 49 au cours de laquelle le module de traitement met fin au procédé de visualisation d'un spot laser pour la fenêtre d'accentuation de contraste 300 définie lors de l'étape 42.

Lorsque $C \geq C_s$ le module de traitement détermine qu'un spot laser apparaît dans la fenêtre de projection de Fisher F . Dans ce cas le module de traitement met en œuvre une étape 46.

Lors de l'étape 46, le module de traitement sélectionne une bande spectrale, dite meilleure bande spectrale, offrant le meilleur contraste entre les pixels du masque cible T et les pixels du masque fond B en utilisant au moins un résultat de la procédure d'accentuation de contraste mise en œuvre lors de l'étape 43. La procédure d'accentuation de contraste a permis d'obtenir le vecteur u représentant la direction de projection optimale. Le vecteur u possède autant de dimensions que de composantes de l'image multi-spectrale. Dans le mode de réalisation où l'image multi-spectrale possède « 16 » composantes, le vecteur u est un vecteur à « 16 » dimensions. Lorsque

chaque composante correspond à une bande spectrale différente, chaque dimension du vecteur u correspond à une desdites bandes spectrales. Chaque dimension du vecteur u est associée à une valeur de coordonnées. Lorsqu'une valeur de coordonnées est très supérieure aux autres valeurs de coordonnées, on peut considérer que la bande spectrale associée à la dimension du vecteur u correspondante est celle qui offre le
5 meilleure contraste entre les pixels du masque cible T et les pixels du masque fond B . Dans certains cas plusieurs valeurs de coordonnées sont égales et supérieures aux autres valeurs de coordonnées. Dans ce cas, une quelconque des bandes spectrales associée aux dimensions du vecteur u correspondante donne un bon contraste entre les
10 pixels du masque cible T et les pixels du masque fond B . Dans un mode de réalisation, le module de traitement 52 sélectionne la bande spectrale associée à la valeur de coordonnée du vecteur u la plus élevée. Lorsque plusieurs valeurs de coordonnées sont égales et supérieures aux autres valeurs de coordonnées, le module de traitement 52 sélectionne aléatoirement une bande spectrale correspondant à l'une des valeurs de
15 coordonnées du vecteur u supérieure aux autres valeurs de coordonnées. La bande spectrale ainsi sélectionnée devient la meilleure bande spectrale.

Dans une étape 47, le module de traitement 52 génère une image de restitution comprenant le spot laser 8 et destinée à être affichée par le dispositif de visualisation d'images 53.

20 Pour ce faire, le module de traitement 52 forme une fenêtre mono-spectrale (*i.e.* fenêtre où chaque pixel possède une composante) en extrayant de la fenêtre d'accentuation de contraste 300, la composante correspondant à la meilleure bande spectrale sélectionnée lors de l'étape 46. La fenêtre mono-spectrale est ensuite insérée dans une image réceptrice représentative de la scène 1 à une position correspondant à
25 la position de la fenêtre d'accentuation de contraste 300.

Dans un mode de réalisation, l'image réceptrice est une imagerie de la matrice d'images. L'imagerie choisie peut par exemple être une imagerie dans laquelle le spot laser 8 n'apparaît pas ou peu telle que par exemple les images 32, 33, 34 ou 35, ou dans une imagerie dans laquelle le contraste entre les pixels du spot laser 8 et les
30 pixels du fond est important.

Dans un mode de réalisation, le module de traitement 52 reconstruit une image réceptrice à partir d'un sous-ensemble de bandes spectrales de la pluralité de bandes spectrales.

Dans un mode de réalisation, l'image réceptrice est fournie par un autre dispositif d'acquisition d'images fournissant par exemple des images représentatives du domaine du visible ou par un dispositif d'acquisition d'images thermiques, les images fournies par l'autre dispositif d'acquisition d'images ou par le dispositif d'acquisition d'images thermiques étant représentatives du champ optique 7.

L'image de restitution est ensuite affichée à un opérateur par l'intermédiaire du dispositif de visualisation d'images 53.

Dans un mode de réalisation, lors d'une étape 44, le module de traitement 52 normalise le vecteur u de manière à obtenir un vecteur normalisé u_n ayant des valeurs de coordonnées situées sur une même plage de valeurs, par exemple, entre zéro et un. Le vecteur normalisé u_n est ensuite utilisé lors de l'étape 45 pour sélectionner la meilleure bande spectrale. L'utilisation de valeurs de coordonnées normalisées permet une comparaison plus efficace desdites valeurs de coordonnées et ainsi de déterminer plus rigoureusement la valeur de coordonnées la plus élevée.

Dans un mode de réalisation, le module de traitement calcule une valeur représentative d'un contraste entre les pixels du masque cible T et les pixels du masque fond B pour chaque composante de la fenêtre d'accentuation de contraste 300 sous forme d'un rapport signal à bruit C_k :

$$C_k = \sqrt{\frac{(m_k^T - m_k^B)^2}{(\sigma_k^B)^2}}$$

où σ_k^B est un écart type des valeurs d'intensité des pixels correspondant au masque B dans la sous-bande spectrale k .

Dans ce mode de réalisation, lors de l'étape 46, le module de traitement 52 sélectionne la meilleure bande spectrale sur la base des coordonnées du vecteur normalisé u_n et des valeurs C_k calculées. Dans un mode de réalisation, le module de traitement calcule pour chaque bande spectrale une valeur, dite valeur de sélection, correspondant à une combinaison linéaire entre la valeur de coordonnées du vecteur normalisé u_n et la valeur C_k associées à ladite bande spectrale. Dans un mode de réalisation, la valeur de sélection pour une bande spectrale correspond à un résultat d'une pondération de la valeur de coordonnées du vecteur normalisé u_n associée à ladite bande spectrale par la valeur C_k associée à ladite bande spectrale.

Dans un mode de réalisation, lors de l'étape 46, le module de traitement 52 sélectionne une seconde bande spectrale dans laquelle le spot laser 8 n'apparaît pas ou peu. Cette seconde bande spectrale est par exemple une bande spectrale pour laquelle

la valeur représentative du contraste C_k associée à ladite bande spectrale est inférieure à un second rapport signal à bruit seuil C'_s . Le second rapport signal à bruit seuil C'_s peut être fixé par exemple de sorte à garantir un contraste entre les pixels associés au spot laser 8 et des pixels correspondant au fond inférieur à « 2dB ». Dans un mode
5 de réalisation, la seconde bande spectrale est une bande spectrale de la pluralité de bandes spectrales pour laquelle $C_k < C'_s$ la plus proche possible de la meilleure bande spectrale. Dans ce mode de réalisation, lors de l'étape 47 le module de traitement 52 forme une seconde fenêtre mono-spectrale en extrayant de la fenêtre d'accentuation de contraste 300, la composante correspondant à la seconde bande spectrale. Le module
10 de traitement 52 sélectionne ensuite quelle fenêtre mono-spectrale insérer dans l'image réceptrice. Par exemple, pour chaque image multi-spectrale, le module de traitement 52 fournit une image réceptrice comprenant la première ou la seconde fenêtre mono-spectrale de manière à ce que le dispositif de visualisation d'images 53 affiche alternativement une image réceptrice comprenant la première ou la seconde
15 fenêtre mono-spectrale avec une fréquence prédéfinie inférieure ou égale à la fréquence d'image du dispositif d'acquisition d'images. Par exemple, le module de traitement fournit une image réceptrice comprenant une première fenêtre mono-spectrale pendant une seconde puis une image réceptrice comprenant une seconde fenêtre mono-spectrale pendant une seconde, et ainsi de suite. En affichant
20 alternativement les deux fenêtres mono-spectrales, on permet à un opérateur de mieux identifier le spot laser 8 et d'avoir une meilleure compréhension de la scène dans laquelle apparaît le spot laser 8, et notamment de différencier le spot laser 8 de reflets spéculaires locaux dans ladite scène.

Dans un mode de réalisation, dit mode automatique, ce n'est pas un opérateur
25 qui définit la position de la fenêtre d'accentuation de contraste 300 et la position du masque cible T . Plusieurs positions de la fenêtre d'accentuation de contraste 300 sont testées successivement dans l'image multi-spectrale 3 par le module de traitement 52. Par exemple, la fenêtre d'accentuation de contraste 300 est déplacée dans l'image multi-composante 3 de sorte que chaque pixel de l'image multi-spectrale 3 apparaisse
30 au moins une fois dans la fenêtre d'accentuation de contraste 300. Pour chaque position de la fenêtre d'accentuation de contraste 300 testée, le module de traitement met en œuvre la procédure d'accentuation de contraste décrite en relation avec l'étape 43. Dans ce cas, lors de l'étape 430, le masque cible T est défini automatiquement de manière à ce qu'il soit positionné au centre de la fenêtre d'accentuation de contraste

300. Suite à la mise en œuvre de la procédure d'accentuation de contraste, le module de traitement 52 sélectionne une des fenêtres de projection de Fisher F obtenues et applique l'étape 45 en utilisant les résultats de la projection de Fisher correspondant à la fenêtre de projection de Fisher F sélectionnée. Par exemple, le module de traitement
5 52 sélectionne la fenêtre de projection de Fisher F affichant le plus fort contraste entre les pixels correspondant au masque cible T et les pixels correspondant au masque fond B . Dans ce cas on considère que la fenêtre de projection de Fisher F affichant le plus fort contraste entre les pixels correspondant au masque cible T et les pixels correspondant au masque fond B est parmi toutes les fenêtres de projection de
10 Fisher F , celle qui permet d'obtenir la meilleure image de restitution possible. Les étapes 46 et 47 sont appliquées par la suite.

Dans un mode de réalisation du mode automatique, le module de traitement tire profit des corrélations temporelles entre les images multi-spectrales successives pour définir des positions de la fenêtre d'accentuation de contraste 300 où rechercher le
15 spot laser 8. Dans ce mode de réalisation, les différentes positions de la fenêtre d'accentuation de contraste 300 testées par le module de traitement 52 dans une image multi-spectrale se situent au voisinage de la position de la fenêtre de projection de Fisher F affichant le plus fort contraste entre les pixels correspondant au masque cible
T et les pixels correspondant au masque fond B dans l'image multi-spectrale
20 précédente. Dans un mode de réalisation, le module de traitement 52 ne teste qu'une position de la fenêtre d'accentuation de contraste 300 dans une image-multi-spectrale correspondant à la position de la fenêtre de projection de Fisher F affichant le plus fort contraste entre les pixels correspondant au masque cible T et les pixels correspondant
au masque fond B dans l'image multi-spectrale précédente.

Dans un mode de réalisation, suite à l'identification de la meilleure bande spectrale, le module de traitement 52 détermine le type du dispositif laser 4 ayant produit le spot laser 8. Pour ce faire, le module de traitement 52 possède en mémoire un ensemble de bandes spectrales, chacune associée à un type de dispositif laser connu. En comparant, les caractéristiques de la meilleure bande spectrale aux
25 caractéristiques des bandes spectrales dudit ensemble, le module de traitement 52 peut déterminer le type du dispositif laser 4. Dans ce mode de réalisation, lorsque le spot laser 8 est un spot laser intermittent, le module de traitement détermine la fréquence du spot laser 8 sur plusieurs images multi-spectrales successives. On suppose ici que
30 la fréquence d'images du dispositif d'acquisition d'images 51 est suffisamment

supérieure à la fréquence du spot laser 8 pour capter chaque apparition du spot laser 8. Dans ce cas, le module de traitement stocke aussi en mémoire des informations représentatives de fréquences de spot laser de types de dispositifs laser connus. Le module de traitement peut ainsi déterminer plus finement le type du dispositif laser 4 en utilisant les caractéristiques de la meilleure bande spectrale et la fréquence du spot laser 8.

REVENDICATIONS

1) Procédé de visualisation d'un spot laser (8) compris dans une image multi-spectrale (3), comprenant une pluralité de composantes et représentative d'un champ optique (7), le spot laser (8) étant produit par un dispositif laser (4) et ayant une longueur d'onde prenant des valeurs dans une plage de longueurs d'onde dépendant de températures de fonctionnement du dispositif laser (4), caractérisé en ce que le procédé comprend :

obtenir (41) une image multi-spectrale (3) dans laquelle chaque composante correspond à un même instant d'acquisition et est représentative d'une bande spectrale d'une pluralité de bandes spectrales couvrant de manière continue un domaine spectral comprenant ladite plage de longueurs d'onde;

appliquer (43) une procédure d'accentuation de contraste à une première fenêtre (300) correspondant à une sous partie de l'image multi-spectrale (3) comprenant le spot laser (8), la procédure d'accentuation de contraste comprenant :

définir (430, 431) dans la première fenêtre (300) un premier masque adapté pour contenir des pixels de l'image multi-spectrale correspondant au spot laser (8) et un second masque adapté pour contenir des pixels de l'image multi-spectrale ne correspondant pas au spot laser (8) ; et,

déterminer (432) un vecteur représentatif d'une direction de projection de Fisher permettant d'accentuer un contraste entre les pixels du premier et du second masque et appliquer une projection selon ledit vecteur à la première fenêtre (300) pour obtenir une deuxième fenêtre;

si le spot laser (8) apparaît dans la deuxième fenêtre, sélectionner (46) une première bande spectrale offrant le meilleur contraste entre les pixels du premier et du second masque en utilisant au moins un résultat de la procédure d'accentuation de contraste et former une troisième fenêtre à partir d'une composante de la première fenêtre correspondant à la première bande spectrale sélectionnée ;

générer (47) une image permettant une visualisation du spot laser (8) en insérant la troisième fenêtre à une position correspondant à la première fenêtre dans une image réceptrice représentative du champ optique (7).

2) Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'une comparaison d'une valeur représentative d'un contraste entre les pixels du premier et du second masque

dans la deuxième fenêtre avec un premier seuil permet de déterminer si le spot laser (8) apparaît dans la deuxième fenêtre.

5 3) Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que des valeurs représentatives d'un contraste entre les pixels du premier et du second masque dans chaque bande spectrale sont utilisées pour sélectionner la bande spectrale offrant le meilleur contraste entre les pixels du premier et du second masque, lesdites valeurs représentatives d'un contraste comprenant des valeurs de coordonnées dudit vecteur.

10 4) Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que les valeurs de coordonnées dudit vecteur sont des valeurs de coordonnées normalisées sur une plage de valeurs prédéfinie.

15 5) Procédé selon la revendication 3 ou 4, caractérisé en ce que lesdites valeurs représentatives d'un contraste comprennent en outre des valeurs de rapport signal à bruit calculées pour chaque bande spectrale.

20 6) Procédé selon la revendication 3, 4 ou 5, caractérisé en ce que, une valeur de sélection est calculée pour chaque bande spectrale à partir de chaque valeur représentative d'un contraste correspondant à ladite bande spectrale, la première bande spectrale étant sélectionnée en prenant une bande spectrale de la pluralité de bandes spectrales associée à une valeur de sélection la plus élevée parmi les valeurs de sélection calculées.

25 7) Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le procédé comprend, sélectionner une seconde bande spectrale, ladite seconde bande spectrale étant associée à une valeur de contraste entre les pixels du premier et du second masque inférieure à un second seuil et former une quatrième fenêtre à partir d'une composante de la première fenêtre correspondant à la seconde
30 bande spectrale sélectionnée, l'image permettant une visualisation du spot laser (8) étant générée en insérant la troisième ou la quatrième fenêtre dans une image réceptrice représentative du champ optique (7).

8) Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'image multi-spectrale est générée à partir d'une pluralité d'images représentatives du champ optique (7) ayant un même instant d'acquisition et harmonisées spatialement, chaque image correspondant à une bande spectrale de la pluralité de sous-bandes spectrales.

9) Procédé selon la revendication 8, caractérisé en ce que au moins deux images de la pluralité d'images correspondent à une même bande spectrale et sont représentatives d'un faisceau lumineux correspondant à ladite bande spectrale polarisé selon une polarisation différente, de sorte que lors de la sélection de la première bande spectrale offrant le meilleur contraste entre les pixels du premier et du second masque, la polarisation offrant le meilleur contraste entre les pixels du premier et du second masque est aussi sélectionnée.

10) Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que la procédure d'accentuation de contraste est appliquée à une pluralité de premières fenêtres (300) correspondant à des sous parties différentes de l'image multi-spectrale (3), au moins une première fenêtre (300) de ladite pluralité comprenant le spot laser (8) et en ce qu'une deuxième fenêtre est sélectionnée suivant un critère prédéfini parmi les secondes fenêtres obtenues lors de chaque application de la procédure d'accentuation de contraste, la seconde fenêtre sélectionnée étant utilisée pour sélectionner la première bande spectrale.

11) Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que des caractéristiques de la première bande spectrale permettent de déterminer un type de dispositif laser (4).

12) Procédé de visualisation d'un spot laser (8) compris dans des images multi-spectrales acquises avec une fréquence d'images prédéfinie, caractérisé en ce que le procédé comprend :

mettre en œuvre le procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 11 pour chaque image multi-spectrale.

13) Procédé selon la revendication 10, caractérisé en ce qu'une position d'au moins une première fenêtre est définie dans une image multi-spectrale, dite image courante, en fonction d'une position d'une seconde fenêtre dans laquelle apparaît le spot laser (8) dans une image multi-spectrale précédent l'image courante.

5

14) Procédé selon la revendication 12 ou 13 lorsque le procédé selon la revendication 10 est mis en œuvre, caractérisé en ce que, une fréquence du spot laser (8) est déterminée sur une pluralité d'images multi-spectrales successives, la fréquence du spot laser (8) étant utilisée pour déterminer le type du dispositif laser (4).

10

15) Procédé selon la revendication 12, 13 ou 14 lorsque le procédé selon l'une quelconque des revendications 7 à 11 est mis en œuvre, caractérisé en ce que l'image permettant une visualisation du spot laser (8) est générée en alternant une insertion de la troisième ou la quatrième fenêtre dans une image réceptrice représentative du champ optique (7) avec une fréquence d'alternance prédéfinie inférieure ou égale à la fréquence d'image prédéfinie.

15

16) Dispositif (52) permettant une visualisation d'un spot laser (8) compris dans une image multi-spectrale (3), comprenant une pluralité de composantes et représentative d'un champ optique (7), le spot laser (8) étant produit par un dispositif laser (4) et ayant une longueur d'onde prenant des valeurs dans une plage de longueurs d'onde dépendant de températures de fonctionnement du dispositif laser (4), caractérisé en ce que le dispositif comprend :

20

des moyens (41) d'obtention pour obtenir une image multi-spectrale (3) dans laquelle chaque composante correspond à un même instant d'acquisition et est représentative d'une bande spectrale d'une pluralité de bandes spectrales couvrant de manière continue un domaine spectral comprenant ladite plage de longueurs d'onde;

25

des moyens (43) d'application pour appliquer une procédure d'accentuation de contraste à une première fenêtre (300) correspondant à une sous partie de l'image multi-spectrale (3) comprenant le spot laser (8), lesdits moyens d'application comprenant:

30

des moyens (430, 431) de définition pour définir dans la première fenêtre (300) un premier masque adapté pour contenir des pixels de l'image multi-spectrale

correspondant au spot laser (8) et un second masque adapté pour contenir des pixels de l'image multi-spectrale ne correspondant pas au spot laser (8) ; et,

des moyens (432) de détermination pour déterminer un vecteur représentatif d'une direction de projection de Fisher permettant d'accentuer un contraste entre les pixels du premier et du second masque et des moyens pour appliquer une projection
5 selon ledit vecteur à la première fenêtre (300) pour obtenir une deuxième fenêtre;

des moyens (46) de sélection pour sélectionner une première bande spectrale offrant le meilleur contraste entre les pixels du premier et du second masque utilisant au moins un résultat de la procédure d'accentuation de contraste et des moyens pour
10 former une troisième fenêtre à partir d'une composante de la première fenêtre correspondant à la première bande spectrale sélectionnée ; et,

des moyens de génération pour générer (47) une image permettant une visualisation du spot laser (8) en insérant la troisième fenêtre à une position correspondant à la première fenêtre dans une image réceptrice représentative du
15 champ optique (7).

17) Programme d'ordinateur, caractérisé en ce qu'il comprend des instructions pour mettre en œuvre, par un dispositif (52), le procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 11 ou 12 à 15, lorsque ledit programme est exécuté par un
20 processeur (521) dudit dispositif (52).

18) Moyens de stockage, caractérisés en ce qu'ils stockent un programme d'ordinateur comprenant des instructions pour mettre en œuvre, par un dispositif (52), le procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 11 ou 12 à 15, lorsque ledit
25 programme est exécuté par un processeur (521) dudit dispositif (52).

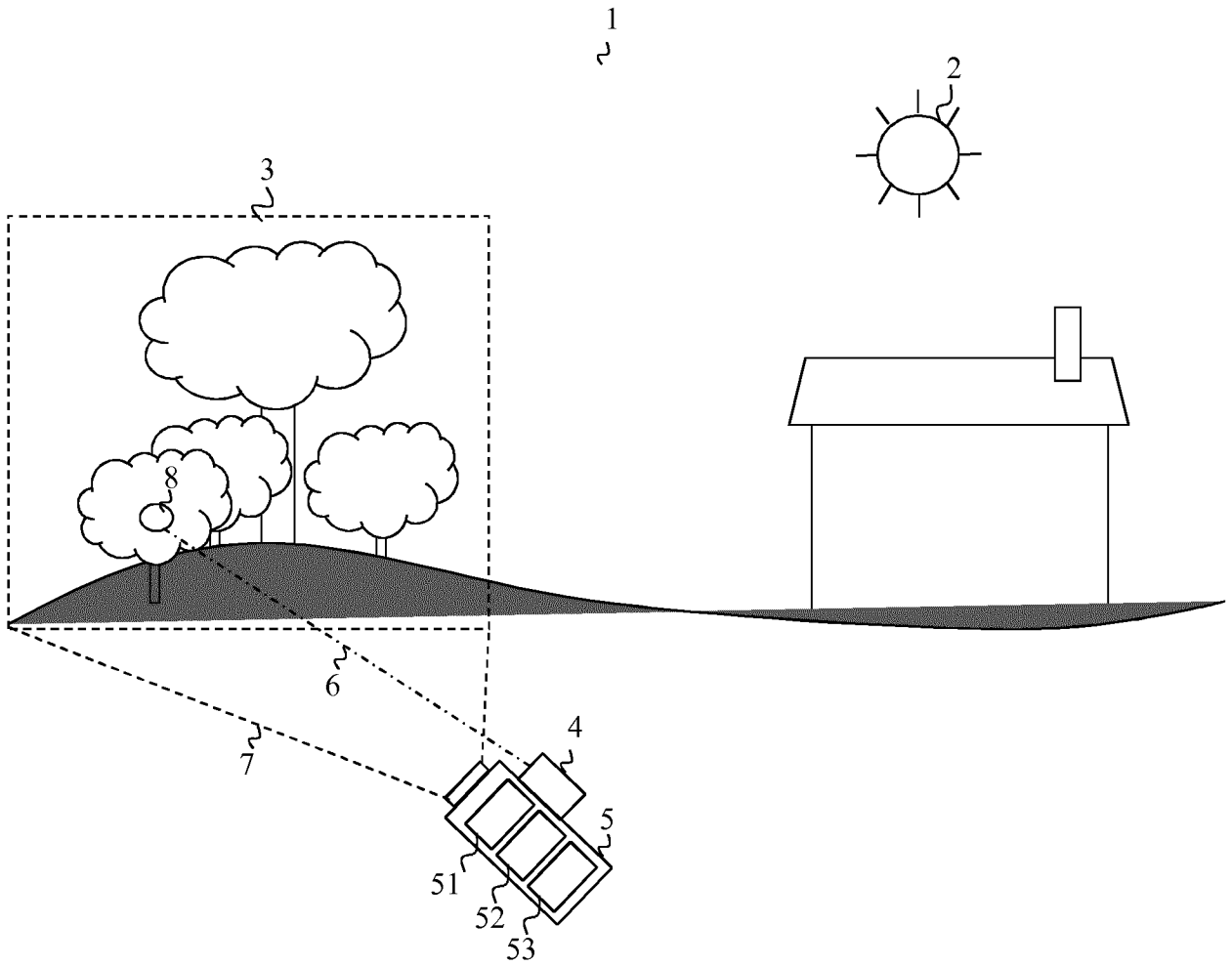


Fig. 1

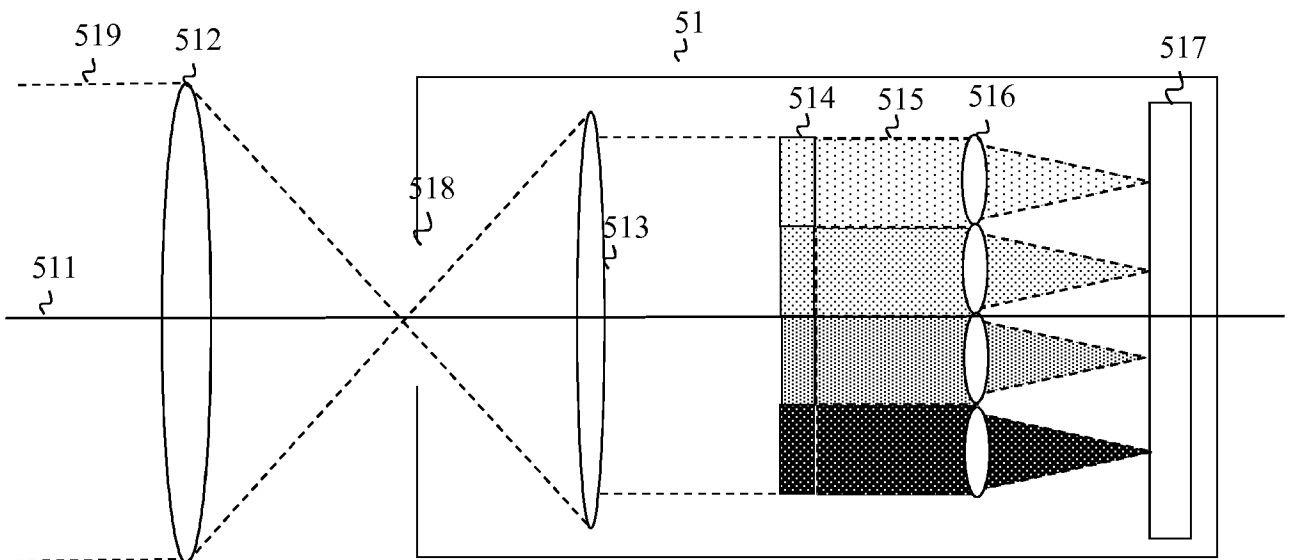


Fig. 2A

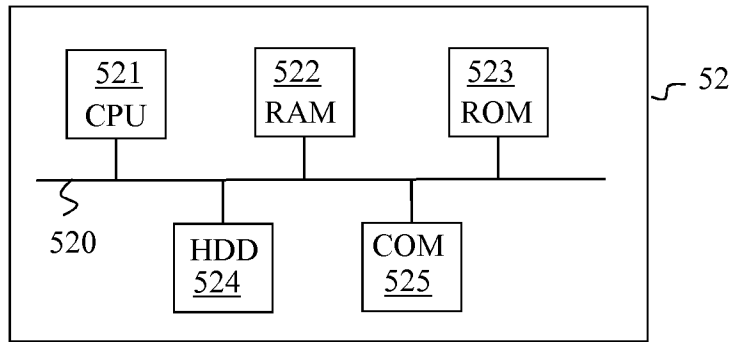


Fig. 2B

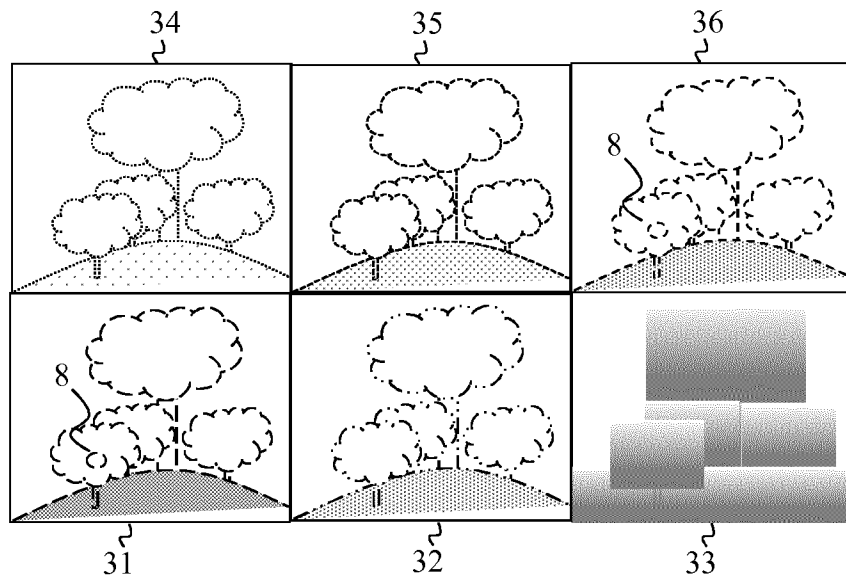


Fig. 3A

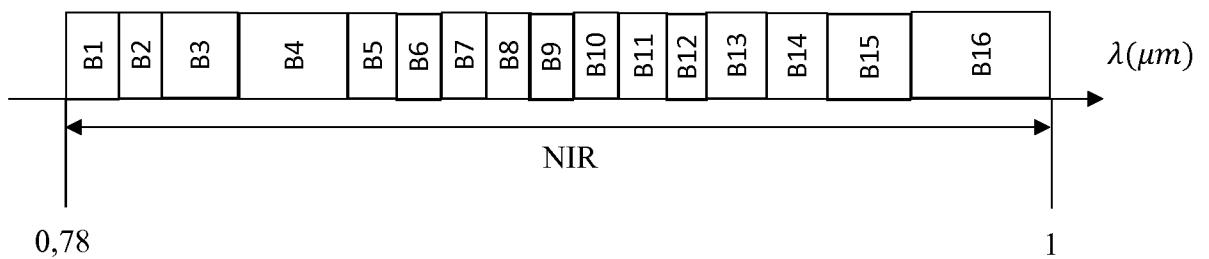


Fig. 3B

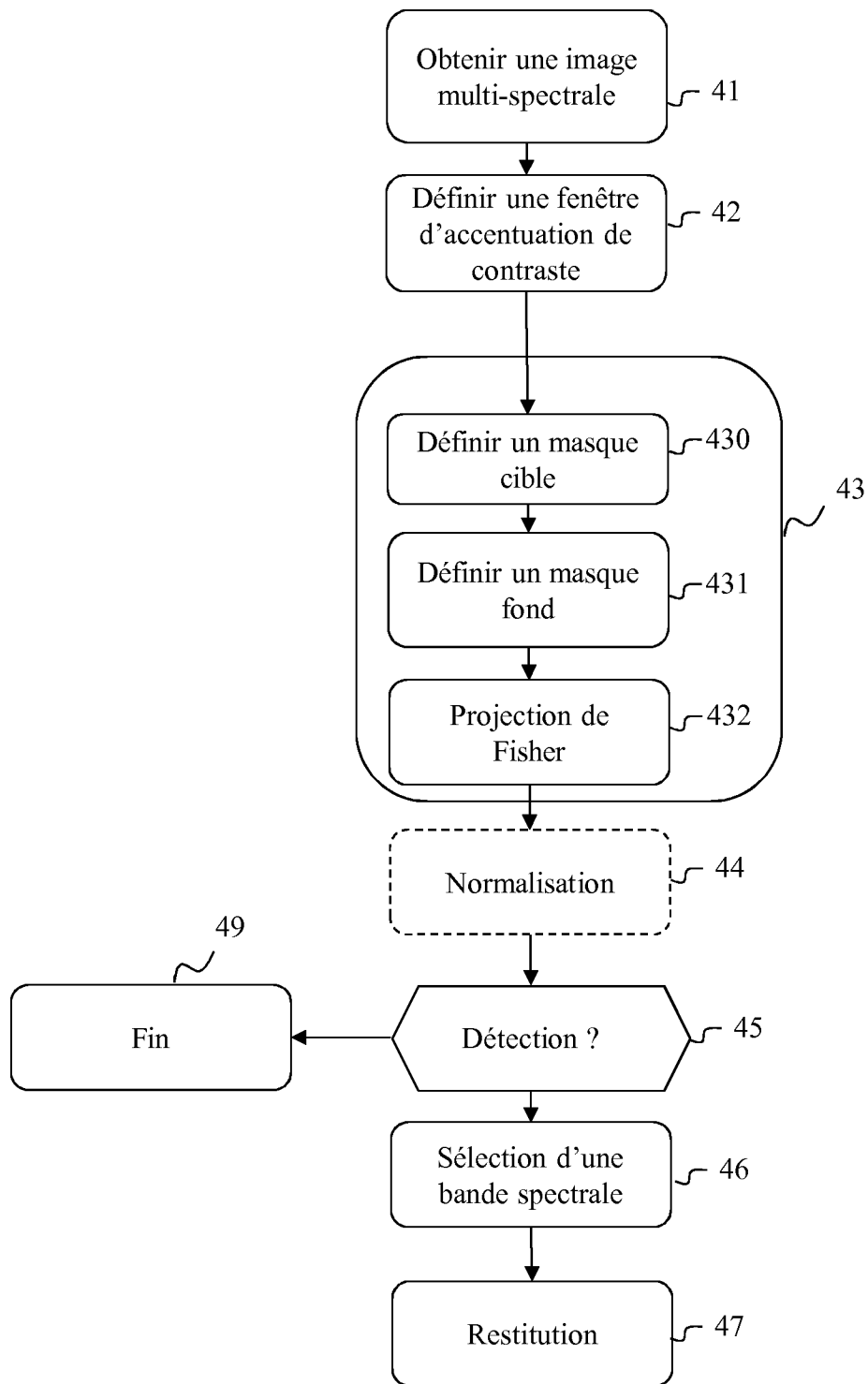


Fig. 4

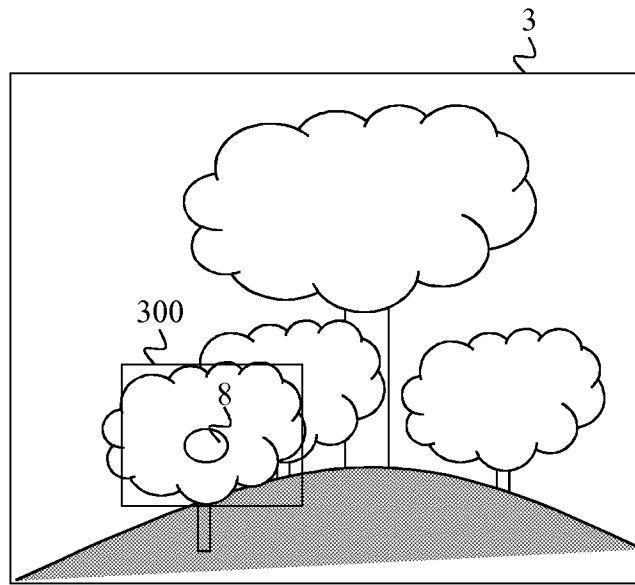


Fig. 5A

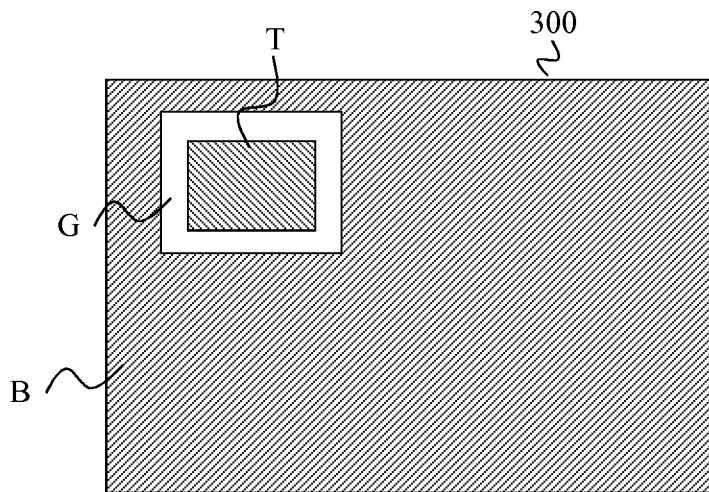


Fig. 5B

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2016/066409

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. G06T5/00 G06T5/50 G06K9/00
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)
G06T 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 practicable, search terms used)
EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	GOUDAIL F ET AL: "SOME PRACTICAL ISSUES IN ANOMALY DETECTION AND EXPLOITATION OF REGIONS OF INTEREST IN HYPERSPECTRAL IMAGES", APPLIED OPTICS, OPTICAL SOCIETY OF AMERICA, WASHINGTON, DC; US, vol. 45, no. 21, 20 July 2006 (2006-07-20), pages 5223-5236, XP001245429, ISSN: 0003-6935, DOI: 10.1364/AO.45.005223 cited in the application	1-6, 8-14, 16-18
Y	abstract; figures 12-14 sections: 2. Description of teh Hyperspectral Imager; 6. Contrast Enhancement in Regions of Interest; 7. Conclusions ----- -/--	7,15

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

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

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

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

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

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search 27 September 2016	Date of mailing of the international search report 24/10/2016
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 Rimassa, Simone

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2016/066409

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 2 560 129 A1 (RAYTHEON CO [US]) 20 February 2013 (2013-02-20) abstract paragraph [0002]	1,16-18
Y	----- WO 2012/128862 A2 (RAYTHEON CO [US]; JONAS MATTHEW [US]; SESSLER TODD E [US]; MCGEE JOHN) 27 September 2012 (2012-09-27) abstract page 13, line 12 - line 14	7,15
A	----- FR 2 982 393 A1 (SAGEM DEFENSE SECURITE [FR]) 10 May 2013 (2013-05-10) abstract	1-18
A	----- FR 3 013 878 A1 (SAGEM DEFENSE SECURITE [FR]) 29 May 2015 (2015-05-29) abstract -----	1-18

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No PCT/EP2016/066409

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date	
EP 2560129	A1	20-02-2013	EP 2560129 A1	20-02-2013
			US 2013044963 A1	21-02-2013

WO 2012128862	A2	27-09-2012	US 2012241614 A1	27-09-2012
			WO 2012128862 A2	27-09-2012

FR 2982393	A1	10-05-2013	EP 2776976 A1	17-09-2014
			FR 2982393 A1	10-05-2013
			FR 2982394 A1	10-05-2013
			US 2014321753 A1	30-10-2014
			WO 2013068503 A1	16-05-2013

FR 3013878	A1	29-05-2015	CA 2931845 A1	04-06-2015
			EP 3074920 A1	05-10-2016
			FR 3013878 A1	29-05-2015
			WO 2015078934 A1	04-06-2015

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2016/066409

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. G06T5/00 G06T5/50 G06K9/00 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) G06T 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		
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	GOUDAIL F ET AL: "SOME PRACTICAL ISSUES IN ANOMALY DETECTION AND EXPLOITATION OF REGIONS OF INTEREST IN HYPERSPECTRAL IMAGES", APPLIED OPTICS, OPTICAL SOCIETY OF AMERICA, WASHINGTON, DC; US, vol. 45, no. 21, 20 juillet 2006 (2006-07-20), pages 5223-5236, XP001245429, ISSN: 0003-6935, DOI: 10.1364/AO.45.005223 cité dans la demande	1-6, 8-14, 16-18
Y	abrégé; figures 12-14 sections: 2. Description of teh Hyperspectral Imager; 6. Contrast Enhancement in Regions of Interest; 7. Conclusions ----- -/--	7,15
<input checked="" type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents		
<input checked="" type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe		
* Catégories spéciales de documents cités:		
"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée) "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée	"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier "&" document qui fait partie de la même famille de brevets	
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée 27 septembre 2016		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale 24/10/2016
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 Rimassa, Simone

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	EP 2 560 129 A1 (RAYTHEON CO [US]) 20 février 2013 (2013-02-20) abrégé alinéa [0002] -----	1,16-18
Y	WO 2012/128862 A2 (RAYTHEON CO [US]; JONAS MATTHEW [US]; SESSLER TODD E [US]; MCGEE JOHN) 27 septembre 2012 (2012-09-27) abrégé page 13, ligne 12 - ligne 14 -----	7,15
A	FR 2 982 393 A1 (SAGEM DEFENSE SECURITE [FR]) 10 mai 2013 (2013-05-10) abrégé -----	1-18
A	FR 3 013 878 A1 (SAGEM DEFENSE SECURITE [FR]) 29 mai 2015 (2015-05-29) abrégé -----	1-18

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/EP2016/066409

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 2560129	A1	20-02-2013	EP 2560129 A1	20-02-2013
			US 2013044963 A1	21-02-2013

WO 2012128862	A2	27-09-2012	US 2012241614 A1	27-09-2012
			WO 2012128862 A2	27-09-2012

FR 2982393	A1	10-05-2013	EP 2776976 A1	17-09-2014
			FR 2982393 A1	10-05-2013
			FR 2982394 A1	10-05-2013
			US 2014321753 A1	30-10-2014
			WO 2013068503 A1	16-05-2013

FR 3013878	A1	29-05-2015	CA 2931845 A1	04-06-2015
			EP 3074920 A1	05-10-2016
			FR 3013878 A1	29-05-2015
			WO 2015078934 A1	04-06-2015
