

①⑨ RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
—
**INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE**
—
COURBEVOIE
—

①① N° de publication : **3 048 800**

(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

②① N° d'enregistrement national : **16 52068**

⑤① Int Cl⁸ : **G 06 T 11/00** (2017.01), G 06 T 5/50

⑫

BREVET D'INVENTION

B1

⑤④ PROCÉDE DE TRAITEMENT D'IMAGES.

②② Date de dépôt : 11.03.16.

③③ Priorité :

④③ Date de mise à la disposition du public
de la demande : 15.09.17 Bulletin 17/37.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du
brevet d'invention : 06.04.18 Bulletin 18/14.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche :

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑥⑥ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : *BERTIN TECHNOLOGIES Société
par actions simplifiée — FR.*

⑦② Inventeur(s) : SOULIE Emmanuel, ORIOT DE LA
CHAPELLE DAVID et DIAZ DAMIEN.

⑦③ Titulaire(s) : BERTIN TECHNOLOGIES Société par
actions simplifiée.

⑦④ Mandataire(s) : ERNEST GUTMANN - YVES
PLASSERAUD SAS.

FR 3 048 800 - B1



PROCEDE DE TRAITEMENT D'IMAGES

L'invention concerne un procédé de traitement d'images destiné à l'analyse discriminante d'une zone donnée d'espace observée. L'analyse
5 discriminante peut par exemple consister en une détection de menaces.

Sur un terrain d'opérations, il peut être nécessaire de disposer d'outils/dispositifs de détection optique de menaces, aussi bien en journée que durant les périodes de plus faibles luminosités, en particulier pendant la nuit.

10 On connaît des dispositifs comprenant un boîtier logeant deux capteurs d'images dont un premier est apte à couvrir un premier domaine spectral et un second est apte à couvrir un second domaine spectral qui est différent du premier domaine spectral, les premier et second capteurs d'images étant aptes à former des images d'une même zone d'espace
15 donnée, des moyens de traitement aptes à détecter une menace située dans ladite zone à partir des images issues du premier capteur et/ou du second capteur.

L'utilisation de plusieurs capteurs d'images aptes à couvrir des domaines spectraux différents autorise une détection d'un grand nombre de
20 menaces, en particulier des menaces ayant des longueurs d'ondes très différentes. Il est également possible de différencier plusieurs types de menaces, selon qu'elles sont détectées par le premier capteur et/ou par le second capteur.

Toutefois, les moyens de traitement implémentés dans ce type de
25 dispositif ne permettent pas une utilisation dans des conditions de faibles luminosités telles qu'on les rencontre la nuit, de sorte que les informations affichées par les capteurs ne s'avèrent la plupart du temps pas assez pertinentes pour un observateur.

La présente invention a notamment pour but d'éviter ces
30 inconvénients d'une façon simple, efficace et économique.

A cet effet, elle propose un procédé de traitement d'images à l'aide

- d'un dispositif comprenant au moins un boîtier comprenant au moins un premier capteur d'images apte à couvrir un premier domaine spectral et au moins un second capteur d'images apte à couvrir un second domaine spectral, différent du premier domaine spectral, les premier et second
- 5 capteurs étant aptes à former des images d'une même zone d'espace, le premier capteur étant apte à couvrir un domaine spectral appartenant à la gamme des longueurs d'onde du spectre visible, le procédé consistant à :
- a) acquérir une première image I_1 de ladite zone d'espace donnée à l'aide du premier capteur d'images,
 - 10 b) acquérir une seconde image I_2 de ladite zone d'espace donnée à l'aide du second capteur d'images,
 - c) réaliser une décomposition de la première image I_1 de manière à obtenir au moins une image de luminance I_{1L} ,
 - d) à obtenir une image I_f résultant de la fusion numérique de l'image de luminance I_{1L} et de la seconde image I_2 ,
 - 15 e) à ajouter une information de couleur à l'image de fusion I_f ou lors de l'étape d) de fusion.

Au contraire des procédés de traitement d'images de la technique antérieure, l'invention propose d'analyser la quantité d'information de

20 chacune des première image I_1 obtenue dans le domaine visible et seconde image I_2 , obtenue par exemple dans le domaine infrarouge, et de les fusionner numériquement dans une nouvelle image de fusion I_f et d'ajouter une information de couleur. De cette manière, l'image finale obtenue permet de restituer à un utilisateur une image comprenant des

25 informations en couleurs plus facilement interprétables par un œil humain du fait de sa forte sensibilité aux longueurs d'ondes visibles.

Selon une autre caractéristique, le procédé consiste préalablement à l'étape c), à réaliser une adaptation des dimensions de celle de la première image I_1 et de la seconde image I_2 présentant la plus faible résolution aux

30 dimensions de l'autre de la première image et de la seconde image.

Cette étape de déformation vise encore à effectuer des opérations

d'agrandissement, de rotation, de décalage et de correction des aberrations géométriques sur l'image présentant la plus faible résolution.

Préalablement à l'étape c), le procédé consiste également à faire correspondre la dynamique de la première image avec la dynamique de la
5 seconde image.

Cette adaptation de dynamique vise essentiellement à rendre comparables les première et seconde images ainsi qu'à permettre une extraction d'un maximum d'information des images lors des étapes subséquentes.

10 Selon une autre caractéristique du procédé, l'étape de fusion numérique consiste à :

- i. réaliser des décompositions, notées respectivement F_n^{1L} et F_n^2 , en fréquences spatiales successives n de l'image de luminance I_{1L} , et de la seconde image I_2 ,
- 15 ii. effectuer un calcul d'énergie dans au moins certaines zones des images F_n^{1L} , F_n^2 chacune associée à une composante fréquentielle n,
- iii. calculer une image de pondération P_n^{1L} , P_n^2 , pour chacune des images F_n^{1L} , F_n^2 associées à une composante fréquentielle n,
20 à partir de l'analyse locale réalisée à l'étape précédente,
- iv. pour chaque image F_n^{1L} , F_n^2 associée à une composante fréquentielle effectuer le calcul suivant :

$$F'_n(x, y) = P_n^{1L}(x, y) \cdot F_n^{1L}(x, y) + P_n^2(x, y) \cdot F_n^2(x, y)$$
- v. effectuer une recombinaison de toutes les images F'_n associées chacune à une composante fréquentielle n de
25 manière à obtenir une image fusionnée I_f de toutes les fréquences spatiales.

Selon l'invention, la fusion numérique de l'image de luminance I_{1L} , et de la seconde image I_2 se base sur une analyse fréquentielle et des contrastes des images comme le fait l'œil humain.

Dans une réalisation particulière du procédé, la décomposition en fréquences spatiales consiste à appliquer successivement un filtre de moyenne ou passe-bas à chacune de l'image de luminance I_{1L} et de la seconde image I_2 , selon la formule suivante :

$$F_n^{1L \text{ ou } 2} = G_n = G_{n-1} * S$$

5

$$\text{où } G_1 = I_e * S$$

S désigne un filtre passe-bas

I_e désigne l'image d'entrée I_{1L} ou I_2

En pratique, l'image $F_n^{1L \text{ ou } 2}$ contenant la fréquence la plus élevée est représenté par $F_1^{1L \text{ ou } 2}$ et celle contenant la fréquence la plus faible est représentée par $F_h^{1L \text{ ou } 2}$ où h représente le nombre d'opérations de convolution appliquées à l'image d'entrée I_e .

10

Egalement dans une réalisation pratique de l'invention, l'étape ii) consiste à calculer l'énergie selon la formulation suivante :

$$E_n^{1L \text{ ou } 2}(x, y) = \text{Var} \left(F_n^{1L \text{ ou } 2} \left(\left[x - \frac{k_x}{2}, x + \frac{k_x}{2} \right], \left[y - \frac{k_y}{2}, y + \frac{k_y}{2} \right] \right) \right)$$

où k_x et k_y représentent les dimensions d'une fenêtre d'analyse.

15

Cette énergie est calculée comme une variance locale dans une fenêtre de dimension $k_x \times k_y$.

Les images de pondération P_n^1 , P_n^2 peuvent être obtenues de la manière suivante :

$$P_n^{1L}(x, y) = \frac{\Delta E_n^{\max}(x, y) + \Delta E_n(x, y)}{2 \cdot \Delta E_n^{\max}}$$

$$P_n^2(x, y) = \frac{\Delta E_n^{\max}(x, y) - \Delta E_n(x, y)}{2 \cdot \Delta E_n^{\max}}$$

Où : $\Delta E_n(x, y) = E_n^{1L}(x, y) - E_n^2(x, y)$ et $\Delta E_n^{\max} = \max(\Delta E_n(x, y))$,

20

$$P_n^{1 \text{ ou } 2}(x, y) \in [0, 1]$$

Les opérateurs de pondération ainsi définis permettent de favoriser l'information provenant de la première image du spectre visible ou de la seconde image infrarouge, en fonction de leur pertinence. Si l'énergie est

équivalente dans les deux images F_n^{1L} et F_n^2 , l'opérateur de pondération représentera à part équivalent l'une et l'autre des images ce qui ne sera pas le cas si les énergies s'avèrent différentes.

5 Finalement, l'étape de recombinaison consiste à réaliser le calcul suivant :

$$I_f = \sum_{n=1}^h F'_n$$

où h représente le nombre de composantes fréquentielles.

Lorsque la couleur présente un aspect critique de discrimination/identification pour l'observateur, il peut être préférable de ne pas modifier la colorimétrie de l'image finale affichée dans un oculaire
10 d'observation.

A cette fin, l'étape c) consiste ainsi, de préférence, à réaliser une décomposition de la première image I_1 en une image de luminance I_{1L} et deux images de chrominance I_{1Cb} , et I_{1Cr} . L'étape e) consiste alors à recombinaison ou resynchroniser l'image de fusion I_f avec les images de
15 chrominance I_{1Cb} , et I_{1Cr} .

Dans une réalisation pratique, le premier capteur est apte à couvrir un domaine spectral appartenant à l'intervalle compris entre 0,4 et 1,1 μm .

Selon une autre caractéristique de l'invention, le second capteur est apte à couvrir un second domaine spectral appartenant à la gamme des
20 longueurs d'onde infrarouge.

Le second capteur peut être apte à couvrir un domaine spectral appartenant à l'intervalle compris entre 7,5 et 14 μm .

D'autres avantages et caractéristiques de l'invention apparaîtront à la lecture de la description suivante faite à titre d'exemple non limitatif et en
25 référence aux dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1 est un organigramme des principales étapes de traitement effectuées avec le procédé selon l'invention ;
- la figure 2 est un organigramme des principales étapes de traitement

effectuées sur lors de l'étape de fusion numérique.

On se réfère tout d'abord à la figure 1 qui représente le principe d'acquisition et de traitement d'images selon l'invention. Le procédé de traitement d'images selon l'invention est destiné à être mis en œuvre dans
5 un dispositif comportant un boîtier logeant aux moins deux capteurs d'images aptes à couvrir des domaines spectraux différents.

A titre d'exemple, le boîtier comporte ainsi un premier capteur d'images couvrant un domaine spectral compris entre 0,4 et 1,1 μm situé dans le domaine visible, et un second capteur apte à couvrir un second
10 d'images couvrant un domaine spectral compris entre 7,5 et 14 μm situé dans le domaine infra-rouge. Les deux capteurs sont agencés dans le boîtier de manière à être aptes à former des images d'une même zone d'espace.

Le procédé 10 selon l'invention consiste à acquérir une première
15 image I_1 en 12 d'une zone donnée d'espace à l'aide du premier capteur et à acquérir une seconde image I_2 en 14 de la même zone d'espace à l'aide du second capteur.

Dans un premier temps, la seconde image I_2 subit un recalage sur la première image I_1 en 16. Ce choix résulte essentiellement des dimensions
20 des capteurs utilisés. Généralement, les capteurs infra-rouge, tels que le second capteur, présentent une résolution plus faible que les capteurs du domaine visible tels que le premier capteur. Par exemple, le premier capteur peut avoir une résolution d'image de 1280 par 1024 pixels sur 10 bits et le second capteur peut avoir une résolution d'image de 640 par 480
25 pixels sur 14 bits. Ainsi, le recalage consiste essentiellement à adapter la résolution de la seconde image obtenue avec le second capteur de manière à ce qu'elle corresponde à la résolution de la première image obtenue avec le premier capteur de manière à conserver intacte la résolution du premier capteur le mieux défini.

30 Cette étape de recalage consiste également à réaliser une déformation complète de l'image de manière à prendre en compte

l'agrandissement à réaliser, la rotation, le décalage et les aberrations géométriques. Pour effectuer le recalage, il est possible d'utiliser des informations *a priori* telles que le positionnement quasi parallèles des axes optiques des systèmes optiques des premier et second capteurs. Il est de plus possible de faire l'hypothèse que les corrections à apporter à la seconde image I_2 sont minimales.

Dans une autre étape 18 qui peut être réalisée immédiatement après l'acquisition de la première image I_1 , on réalise une décomposition de la première image I_1 en une image de luminance I_{1L} et deux images de chrominance I_{1Cb} , et I_{1Cr} .

Dans une étape subséquente 20, le procédé consiste à effectuer une adaptation de la dynamique de l'image I_{1L} avec la seconde image I_2 . Comme cela a été évoqué précédemment, les première et seconde images ne sont pas acquises avec une même dynamique, 10 bits par exemple pour la première image et 14 bits pour la seconde image. Il est donc important de ramener les première et seconde images sur une même échelle qui permette d'obtenir des informations sur chacune des première et seconde images pouvant être comparées. En pratique, l'adaptation de la dynamique permet d'adapter la dynamique des images de luminance I_{1L} et des deux images de chrominance I_{1Cb} , I_{1Cr} avec la seconde image I_2 .

Dans une étape ultérieure 22, on réalise la fusion de l'image de luminance I_{1Cb} avec la seconde image I_2 , ce qui permet d'obtenir l'image I_f .

Enfin, dans une ou deux dernières étapes 24 on ajoute une information de couleur à l'image de fusion I_f de manière à obtenir en 30 une image finale fusionnée comportant une information de couleur.

L'étape de fusion 22 proprement dite sera maintenant décrite en détails en référence à la figure 2.

Pour pouvoir appréhender le contenu de chacune des images de luminance I_{1L} et de la seconde image I_2 de manière locale, c'est-à-dire au niveau du pixel analysé, on effectue une décomposition en fréquence

spatiales. Ainsi, la décomposition en fréquences spatiales est effectuée pour l'image de luminance I_{1L} , et la seconde image I_2 . Il est ici fait référence aux images I_{1L} et I_2 qui sont les images obtenues après recalage et adaptation de la dynamique.

5 De manière générale, pour obtenir la première fréquence spatiale F1 (la fréquence la plus élevée), on filtre tout d'abord l'image par convolution avec un filtre K de moyenne ou « passe-bas » qui peut prendre la forme d'une simple moyenne locale dans une fenêtre de m par m pixels, soit la forme d'une gaussienne qui pondère alors les pixels de cette même fenêtre
10 de calcul par des coefficients décrivant une gaussienne. On obtient ainsi une image G_1 « filtrée » sous-entendu « filtrée passe-bas » :

$$G_1 = I_e * S$$

Cette image filtrée est soustraite de l'image d'origine. On obtient alors une image F1 ne contenant que des hautes fréquences :

$$F_1 = I_e - G_1 = I_e - (I_e * S)$$

La seconde fréquence spatiale F_2 est obtenue en reproduisant le
15 schéma précédent mais en utilisant comme image d'entrée, l'image filtrée précédente F_1 . Cette image filtrée est donc de nouveau filtrée avec le même filtre passe-bas que précédemment et on obtient par différence une image F_2 :

$$F_2 = G_1 - G_2 = G_1 - (G_1 * S)$$

Par récurrence, on obtient

20 $G_{n+1} = (G_n * S)$ et $F_{n+1} = G_n - (G_n * S)$

La dernière fréquence h sera représentée par la dernière convolution et représentera également le niveau moyen local de l'image :

$$F_h = G_h = G_{h-1} * S$$

Ainsi, on notera $F_n^{1L} = G_{n-1} * S$ avec $G_1 = I_{1L} * S$ et $F_n^2 = G_{n-1} * S$ avec
 $G_1 = I_2 * S$.

25 Dans une seconde étape de traitement, on effectue un calcul d'énergie dans au moins certaines zones des images de chacune des composantes fréquentielles F_n^{1L} et F_n^2 . On choisit ici d'effectuer une analyse

compatible avec un traitement temps réel permettant une restitution instantanée d'une information à un observateur. Pour cela, on effectue une analyse par comparaison des énergies de chacune des images F_n^{1L} et F_n^2 . Cette analyse consiste à calculer la variance locale dans une fenêtre de dimensions $k_x \times k_y$ centrée sur le pixel analysé ce qui donne :

$$E_n^{1L}(x, y) = \text{Var} \left(F_n^{1L} \left(\left[x - \frac{k_x}{2}, x + \frac{k_x}{2} \right], \left[y - \frac{k_y}{2}, y + \frac{k_y}{2} \right] \right) \right)$$

et,

$$E_n^2(x, y) = \text{Var} \left(F_n^2 \left(\left[x - \frac{k_x}{2}, x + \frac{k_x}{2} \right], \left[y - \frac{k_y}{2}, y + \frac{k_y}{2} \right] \right) \right)$$

Dans une étape ultérieure, le procédé consiste à calculer une image de pondération P_n^{1L} , P_n^2 , pour chacune des images F_n^{1L} , F_n^2 associées à une composante fréquentielle n , à partir de l'analyse locale d'énergie réalisée à l'étape précédente. Pour cela, on réalise la différence de ces énergies :

$$\Delta E_n(x, y) = E_n^{\text{BNL}}(x, y) - E_n^{\text{IR}}(x, y)$$

Puis, on en calcule le maximum :

$$\Delta E_n^{\text{max}} = \max(\Delta E_n(x, y))$$

On calcule ensuite une image de pondération pour chaque composante fréquentielle, ces pondérations étant telles que :

$$P_n^{1L}(x, y) = \frac{\Delta E_n^{\text{max}} + \Delta E_n(x, y)}{2 \cdot \Delta E_n^{\text{max}}}$$

$$P_n^2(x, y) = \frac{\Delta E_n^{\text{max}} - \Delta E_n(x, y)}{2 \cdot \Delta E_n^{\text{max}}}$$

avec $P_n(x, y) \in [0, 1]$

Les images de pondération pour chaque fréquence spatiale $P_n^{1L}(x, y)$ et $P_n^2(x, y)$ sont ensuite appliquées aux images respectives F_n^{1L} et F_n^2 et enfin sommé selon la formule suivante :

$$F'_n(x, y) = P_n^{1L}(x, y) \cdot F_n^{1L}(x, y) + P_n^2(x, y) \cdot F_n^2(x, y)$$

L'image synthétique $F'_n(x, y)$ pour la fréquence spatiale n se rapproche ainsi, du fait de la pondération appliquée, de l'image F_n^{1L} ou F_n^2 qui contient le plus d'information.

La recombinaison des fréquences spatiales est le processus inverse de l'étape 1. On commence donc par la fréquence h la plus basse, c'est-à-dire la dernière issue de la décomposition décrite précédemment, ce qui donne :

$$G'_h = F'_h$$

5 Puis on recombine avec les fréquences spatiales précédentes :

$$G'_{h-1} = F'_{h-1} + G'_h$$

Si I_f est le résultat de la recombinaison alors :

$$I_f = G_0 = \sum_{n=1}^h F'_n$$

où h représente le nombre de composantes fréquentielles.

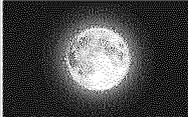
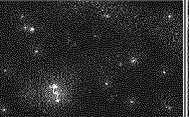
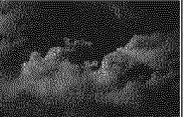
Après l'obtention de l'image de fusion I_f , le procédé consiste à ajouter une information de couleur à l'image de fusion I_f .

10 Ainsi, le procédé consiste à d'utiliser la couleur du premier capteur. Pour cela l'ajout de l'information de couleur s'effectue en sommant ou resynchronisant l'image de fusion I_f avec les images de chrominance I_{1c_b} , et I_{1c_r} dont les dynamiques ont été adaptées comme évoqués précédemment.

15 En pratique, on comprend que ce type d'ajout d'information couleur s'avéra de moins en moins pertinent au fur et à mesure que le niveau de luminosité de la zone observé diminue. En effet, l'information de couleur provenant des images de chrominance sera au fur et à mesure de plus en plus réduite.

20 Il est rappelé que les niveaux de nuit sont depuis longtemps standardisés selon le tableau suivant qui est rappelé à titre informatif et est bien connu de l'état de la technique.

25

Niveau de Nuit	1	2	3	4	5
Source de Lumière					
	Pleine lune	Demi-lune	Lune partielle	Ciel clair étoilé	Ciel couvert
Valeurs (mlux)	1000 ⇔ 40	40 ⇔ 10	10 ⇔ 2	2 ⇔ 0.7	0.7 ⇔ 0

Les unités indiquées dans le tableau ci-dessus sont en lux qui est unité dérivé du système international, tel que $1 \text{ lux} = 1 \text{ cd} \cdot \text{sr} \cdot \text{m}^{-2}$. Ce tableau indique les valeurs de niveau de nuit en fonction de l'éclairement lumineux, un type de ciel étant associé à chaque niveau de nuit.

REVENDEICATIONS

1. Procédé (10) de traitement d'images à l'aide d'un dispositif
5 comprenant au moins un boîtier comprenant au moins un premier capteur
d'images apte à couvrir un premier domaine spectral et au moins un
second capteur d'images apte à couvrir un second domaine spectral,
différent du premier domaine spectral, les premier et second capteurs étant
aptes à former des images d'une même zone d'espace, le premier capteur
10 étant apte à couvrir un domaine spectral appartenant à la gamme des
longueurs d'onde du spectre visible le procédé consistant à :
 - a) acquérir (12) une première image I_1 de ladite zone d'espace donnée à
l'aide du premier capteur d'images,
 - b) acquérir (14) une seconde image I_2 de ladite zone d'espace donnée à
15 l'aide du second capteur d'images,
 - c) réaliser une décomposition de la première image I_1 de manière à
obtenir au moins une image de luminance I_{1L} ,
 - d) à obtenir une image I_f résultant de la fusion numérique (22) de l'image
de luminance I_{1L} et de la seconde image I_2 ,
 - 20 e) à ajouter une information de couleur à l'image de fusion I_f .
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il consiste,
préalablement à l'étape c), à réaliser une adaptation (16) des dimensions
de celle de la première image I_1 et de la seconde image I_2 présentant la
plus faible résolution aux dimensions de l'autre de la première image et de
25 la seconde image.
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce qu'il
consiste, préalablement à l'étape c), à faire correspondre la dynamique (20)
de la première image I_1 avec la dynamique de la seconde image I_2 .
4. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que
30 la fusion numérique consiste à :

- 5
- 10
- 15
- i. réaliser des décompositions, notées respectivement F_n^{1L} et F_n^2 , en fréquences spatiales successives n de l'image de luminance I_{1L} , et de la seconde image I_2 ,
 - ii. effectuer un calcul d'énergie dans au moins certaines zones des images F_n^{1L} , F_n^2 chacune associée à une composante fréquentielle n ,
 - iii. calculer une image de pondération P_n^{1L} , P_n^2 , pour chacune des images F_n^{1L} , F_n^2 associées à une composante fréquentielle n , à partir de l'analyse locale réalisée à l'étape précédente,
 - iv. pour chaque image F_n^{1L} , F_n^2 associée à une composante fréquentielle effectuer le calcul suivant :

$$F'_n(x, y) = P_n^{1L}(x, y) \cdot F_n^{1L}(x, y) + P_n^2(x, y) \cdot F_n^2(x, y)$$
 - v. effectuer une recombinaison de toutes les images F'_n associées chacune à une composante fréquentielle n de manière à obtenir une image fusionnée I_f de toutes les fréquences spatiales.

5. Procédé selon la revendication 4, caractérisé en ce que la décomposition en fréquences spatiales consiste à appliquer successivement un filtre de moyenne ou passe-bas à chacune de l'image de luminance I_{1L} et de la seconde image I_2 , selon la formule suivante :

$$F_n^{1L \text{ ou } 2} = G_n = G_{n-1} * S$$

20

$$\text{où } G_1 = I_e * S$$

S désigne un filtre passe-bas

I_e désigne l'image d'entrée I_{1L} ou I_2

6. Procédé selon la revendication 4 ou 5, caractérisé en ce que l'étape ii) consiste à calculer l'énergie selon la formulation suivante :

$$E_n^{1L \text{ ou } 2}(x, y) = \text{Var} \left(F_n^{1L \text{ ou } 2} \left(\left[x - \frac{k_x}{2}, x + \frac{k_x}{2} \right], \left[y - \frac{k_y}{2}, y + \frac{k_y}{2} \right] \right) \right)$$

25

où k_x et k_y représentent les dimensions d'une fenêtre d'analyse.

7. Procédé selon la revendication 6, caractérisé en ce que les images de pondération P_n^1 , P_n^2 sont obtenues de la manière suivante :

$$P_n^{1L}(x, y) = \frac{\Delta E_n^{\max}(x, y) + \Delta E_n(x, y)}{2 \cdot \Delta E_n^{\max}}$$

$$P_n^2(x, y) = \frac{\Delta E_n^{\max}(x, y) - \Delta E_n(x, y)}{2 \cdot \Delta E_n^{\max}}$$

Où : $\Delta E_n(x, y) = E_n^{1L}(x, y) - E_n^2(x, y)$ et $\Delta E_n^{\max} = \max(\Delta E_n(x, y))$

8. Procédé selon l'une des revendications 4 à 7, caractérisé en ce que l'étape de recombinaison consiste à réaliser le calcul suivant :

$$I_f = \sum_{n=1}^h F'_n$$

où h représente le nombre de composantes fréquentielles.

9. Procédé selon l'une des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que l'étape c) consiste à réaliser une décomposition de la première image I_1 en une image de luminance I_{1L} et deux images de chrominance I_{1Cb} , et I_{1Cr} .

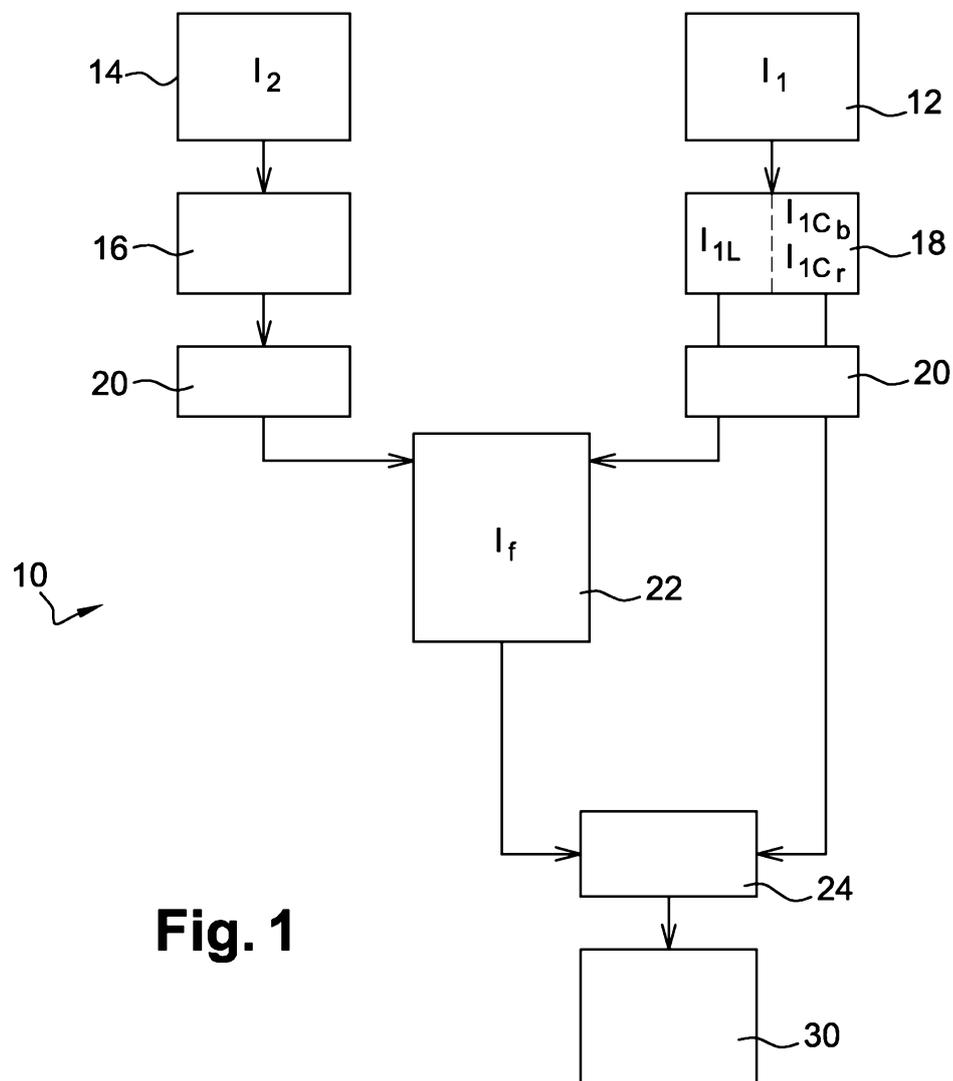
10. Procédé selon la revendication 9, caractérisé en ce que l'étape e) consiste à sommer l'image de fusion I_f avec les images de chrominance I_{1Cb} , et I_{1Cr} .

11. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le premier capteur est apte à couvrir un domaine spectral appartenant à l'intervalle compris entre 0,4 et 1,1 μm .

12. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le second capteur est apte à couvrir un second domaine spectral appartenant à la gamme des longueurs d'onde infrarouge.

13. Procédé selon la revendication 12, caractérisé en ce que le second capteur est apte à couvrir un domaine spectral appartenant à l'intervalle compris entre 7,5 et 14 μm .

1/2

**Fig. 1**

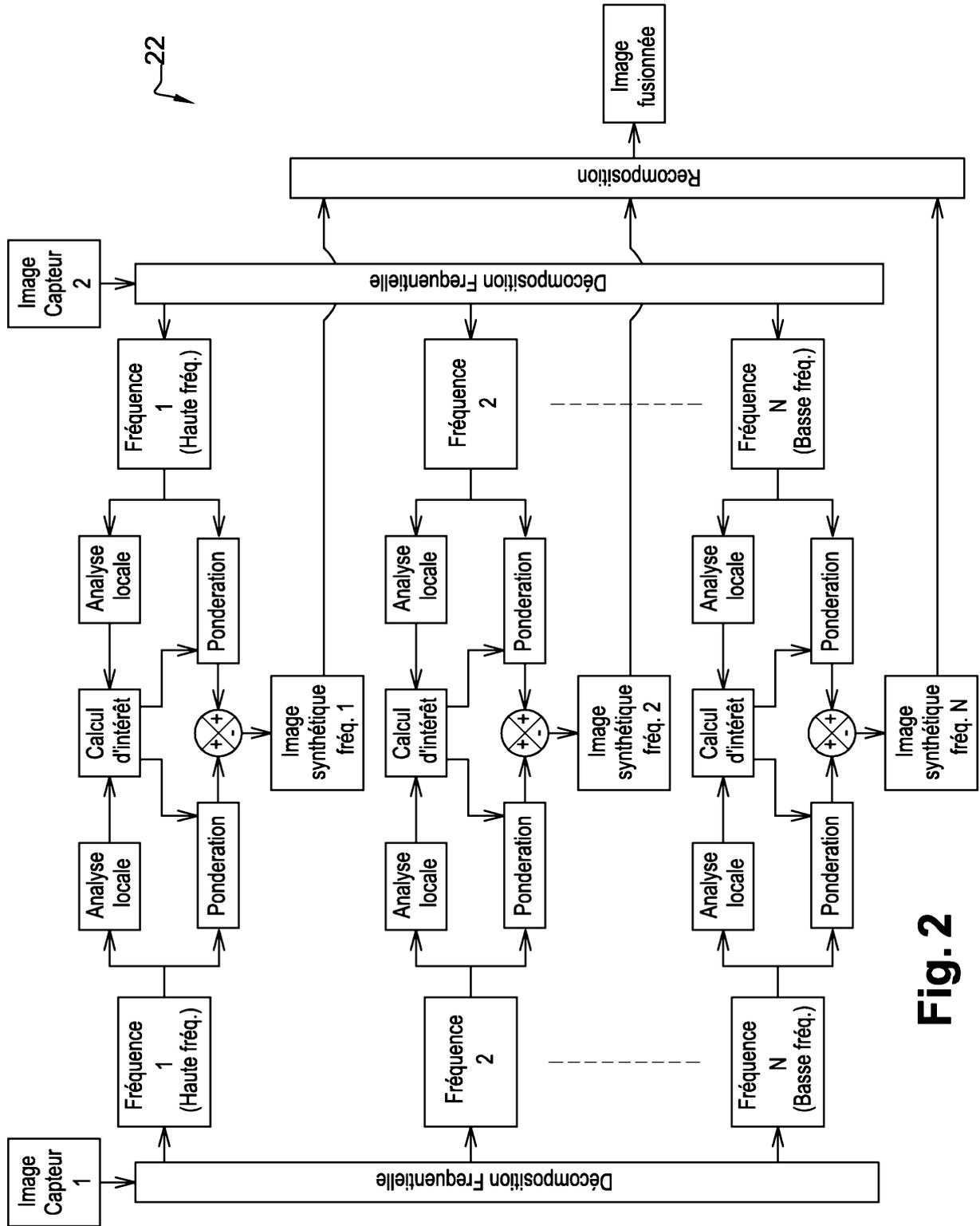


Fig. 2

RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-17 et R.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveau) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.

Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

CONDITIONS D'ÉTABLISSEMENT DU PRÉSENT RAPPORT DE RECHERCHE

- Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.
- Le demandeur a maintenu les revendications.
- Le demandeur a modifié les revendications.
- Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.
- Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.
- Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

DOCUMENTS CITÉS DANS LE PRÉSENT RAPPORT DE RECHERCHE

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

- Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.
- Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.
- Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.
- Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION

CATALAN R G ET AL: "Fusion of Multispectral and Panchromatic Images Using Improved IHS and PCA Mergers Based on Wavelet Decomposition", IEEE TRANSACTIONS ON GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING, IEEE SERVICE CENTER, PISCATAWAY, NJ, US, vol. 42, no. 6, 1 juin 2004 (2004-06-01), pages 1291-1299, XP011113847, ISSN: 0196-2892, DOI: 10.1109/TGRS.2004.825593

Oguz Gungor ET AL: "A STATISTICAL APPROACH TO MULTIREOLUTION IMAGE FUSION", , 23 octobre 2005 (2005-10-23), XP055321793, Extrait de l'Internet: URL:https://engineering.purdue.edu/~jshan/publications/2005/Pecora_2005_Fusion.pdf [extrait le 2016-11-22]

Firouz Abdullah Al-Wassai ET AL: "The Statistical methods of Pixel-Based Image Fusion Techniques", , 1 août 2011 (2011-08-01), XP055321860, Extrait de l'Internet: URL:<https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1108/1108.3250.pdf> [extrait le 2016-11-22]

GHASSEMIAN H: "Multi-sensor image fusion using multirate filter banks", PROCEEDINGS 2001 INTERNATIONAL CONFERENCE ON IMAGE PROCESSING. ICIP 2001 - THESSALONIKI, GREECE, OCT. 7 - 10, 2001; [INTERNATIONAL CONFERENCE ON IMAGE PROCESSING], INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS, NEW YORK, NY, vol. 1, 7 octobre 2001 (2001-10-07), pages 846-849, XP010564992, DOI: 10.1109/ICIP.2001.959178 ISBN: 978-0-7803-6725-8

US 2009/169102 A1 (ZHANG CHAO [US] ET AL)
2 juillet 2009 (2009-07-02)

YAN-MEI CHAI ET AL: "Self-adaptive image fusion based on multi-resolution decomposition using wavelet packet analysis", MACHINE LEARNING AND CYBERNETICS, 2004. PROCEEDINGS OF 2004 INTERNATIONAL CONFERENCE ON SHANGHAI, CHINA AUG. 26-29, 2004, PISCATAWAY, NJ, USA, IEEE, PISCATAWAY, NJ, USA, vol. 7, 26 août 2004 (2004-08-26), pages 4049-4053, XP010763158, DOI: 10.1109/ICMLC.2004.1384547 ISBN: 978-0-7803-8403-3

ARASH GOLIBAGH MAHYARI ET AL: "Panchromatic and Multispectral Image Fusion Based on Maximization of Both Spectral and Spatial Similarities", IEEE TRANSACTIONS ON GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING, IEEE SERVICE CENTER, PISCATAWAY, NJ, US, vol. 49, no. 6, 1 juin 2011 (2011-06-01), pages 1976-1985, XP011323301, ISSN: 0196-2892, DOI: 10.1109/TGRS.2010.2103944

2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN TECHNOLOGIQUE GENERAL

NEANT

**2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN
TECHNOLOGIQUE GENERAL**

**3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND
DE LA VALIDITE DES PRIORITES**

NEANT