

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

①1 N° de publication : **2 979 457**

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

②1 N° d'enregistrement national : **12 53334**

⑤1 Int Cl⁸ : **G 08 B 25/10 (2013.01), G 08 B 17/12, A 62 C 3/02,
G 06 T 5/00**

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 11.04.12.

③0 Priorité : 26.08.11 FR 1157565.

④3 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 01.03.13 Bulletin 13/09.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule*

⑥0 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

⑦1 Demandeur(s) : NOVELTIS Société par actions simpli-
fiée — FR.

⑦2 Inventeur(s) : BRU RICHARD.

⑦3 Titulaire(s) : NOVELTIS Société par actions simplifiée.

⑦4 Mandataire(s) : DELHAYE GUY.

⑤4 DISPOSITIF PERMETTANT DE DETECTER DE MANIERE PRECOCE LE DEPART DE FEUX DE FORET.

⑤7 L'invention concerne un dispositif permettant de dé-
tecter de manière précoce le départ de feux de forêt.

Ce dispositif comprend :

- une unité d'acquisition sur un serveur de données ob-
tenues à partir de capteurs d'un système de satellites géos-
tationnaires,

- une unité d'acquisition de cartes d'occupation des sols,

- un indicateur spatial,

- un indicateur bi-temporel,

- et une unité de traitement informatique hébergée dans
le susdit serveur et qui, en fonction des informations com-
muniées en entrée, est reprogrammée pour fournir, à
l'aide des deux dispositifs de localisation de feu dérivés, de
l'indicateur spatial et de l'indicateur bi-temporel, une nou-
velle information permettant de détecter et de localiser des
départs de feux.

FR 2 979 457 - A1



**DISPOSITIF PERMETTANT DE DÉTECTER DE MANIÈRE PRÉCOCE LE
DÉPART DE FEUX DE FORÊT.**

5 DOMAINE D'APPLICATION DE L'INVENTION

La présente invention a trait au domaine de la lutte contre les incendies de forêt et concerne plus particulièrement une installation exploitant notamment des données acquises par des capteurs d'un système de satellites géostationnaires, afin de combattre efficacement les feux de forêts en détectant de manière le plus précoce possible les départs de feux.

DESCRIPTION DE L'ART ANTERIEUR

Les feux de végétation comme les incendies de forêts sont des sinistres qui se déclarent dans une formation végétale, qui peut être de type forestière (forêts de feuillus, de conifères ou mixtes) ou subforestière (maquis, garrigues ou landes). L'emploi du terme "feux de forêts" désigne, le plus souvent, les feux de forêts, de landes, de maquis ou de garrigues ayant brûlé au moins un hectare d'un seul tenant et n'intègre pas les autres feux de l'espace rural et périurbain, c'est-à-dire, les feux de massifs de moins d'un hectare, les feux de boisements linéaires, les feux d'herbes, les feux agricoles, de dépôts d'ordures et autres.

Un feu de forêt, conditionné par la topographie, les caractéristiques de la végétation et les conditions climatiques (vent, taux d'humidité de l'air, précipitations récentes ou non...), prend différentes formes.

Il existe ainsi les feux de sol qui brûlent la matière organique contenue dans la litière, l'humus ou les tourbières avec une vitesse de propagation faible mais qui restent assez destructeurs car en attaquant les systèmes souterrains, ils peuvent couvrir en profondeur rendant difficile leur extinction complète.

Les feux de surface, quant à eux, brûlent les strates basses de la végétation, c'est-à-dire la partie supérieure de la litière, la strate herbacée et la strate arbustive avec une propagation plus rapide si les conditions (vent, relief) sont favorables à la propagation.

Enfin, les feux de cimes qui brûlent la partie supérieure des arbres et forment une couronne de feu en libérant des quantités importantes d'énergie et avec une vitesse de propagation très élevée donc très difficiles à contrôler notamment par vent fort.

Les composantes du milieu naturel et les activités humaines favorisent également plus ou moins l'éclosion et la propagation des feux de forêts.

Aussi, les pouvoirs publics de nombreux pays (l'Indonésie, les États-Unis ou encore l'Australie) disposant, comme la France, d'importantes zones boisées régulièrement soumises à des incendies pouvant prendre des proportions gigantesques, mènent de plus en plus une politique de prévention active qui s'articule autour de la lutte contre l'incendie, de la gestion de la forêt mais aussi de l'espace entre la forêt et les urbanisations et de l'information du public et des usagers de la forêt.

La lutte contre les incendies de forêts fait notamment intervenir les pompiers en nécessitant d'importants moyens matériels et humains. Le succès de ces opérations de lutte repose sur les capacités d'intervention très rapide sur un départ de feux tout en supposant une coordination continue de ces moyens matériels et humains pour un suivi tout au long de la gestion de l'incendie.

Cependant, la localisation d'un départ de feux est difficile car le guetteur (ou la personne qui donne l'alerte) n'a pas toujours une vision directe de la base du feu car il ne décèle souvent que la fumée qui se dégage d'un point qui peut être très éloigné de sa source par suite des effets combinés du relief et du vent. Il est

alors nécessaire d'aller effectuer une reconnaissance sur place, souvent en véhicule terrestre conduisant inéluctablement à des retards d'intervention et à des erreurs d'itinéraires préjudiciables.

5 Aussi, pour lutter efficacement contre les incendies de feux de forêt, il est important de détecter rapidement les départs de feux pour mobiliser rapidement sur les lieux les moyens matériels et humains d'intervention des secours.

10 Il en résulte que les feux de forêt ont pris une importance considérable car ils sont toujours très difficiles à détecter et encore plus à combattre en raison du manque de nombreuses informations sur la localisation immédiate de nouveaux départs de feux.

15 Dans la lutte contre les incendies, il existe à ce jour relativement peu de technologies opérationnelles servant à la détection précoce des départs de feux dans des zones éloignées des habitations.

 En effet, mises à part les alertes émises par la population, les techniques les plus employées opérationnellement sont :

- la surveillance par des guetteurs installés en haut de tours de guet ;
- la surveillance par des survols réguliers (aéronefs,...) de zones où le risque est estimé comme étant particulièrement élevé ;
- la surveillance et la détection automatique de fumées à l'horizon par des caméras et des logiciels de reconnaissance de fumée.

30 Ce dernier système qui a vu le jour récemment en France comporte un dispositif de caméras qui, implanté dans les tours qui servaient précédemment pour le guet, a pour objet de transmettre des informations (vidéos) directement au poste de commandement. Il permet une
35 localisation précise d'un départ de feu lorsque deux tours les plus proches le détectent, mais avec un peu moins de

précision lorsque seulement une tour peut le détecter (chaque tour étant équipée d'une caméra de levée de doute qui permet d'effectuer des zooms).

L'imagerie satellite est d'ores et déjà beaucoup
5 utilisée aujourd'hui sur la thématique feu, de manière très abondante et essentiellement à haute résolution spatiale et à faible résolution temporelle. Cependant, seuls deux grands thèmes sont actuellement concernés à savoir :

10 - la prévention du risque incendie de la phase "avant crise" où l'imagerie satellite est utilisée pour une cartographie détaillée fine échelle des zones sensibles au feu (végétation combustible présentant un fort risque d'embrasement), et pour une cartographie également des
15 zones de discontinuité du végétal qui entrent dans le calcul du risque d'incendie;

- le bilan des effets dévastateurs du feu de la phase "post-crise", qui peut être soit journalier (le lendemain par exemple dans le système Européen "EFFIS"), soit
20 mensuel, soit sur la saison de feu complète.

En revanche, il n'existe actuellement aucun système opérationnel européen qui utilise l'imagerie satellite pendant la crise, soit pour identifier les départs de feu, soit pendant la phase de propagation d'un feu dans la
25 journée. En effet, jusqu'à maintenant les satellites n'ont pas simultanément de résolutions spatiale et temporelle suffisamment précises pour pouvoir relever un tel défi.

Par exemple, la haute répétitivité temporelle du satellite géostationnaire européen "MeteoSat" qui autorise
30 une revisite toutes les 15 minutes en mode nominal à une revisite toutes les 5 minutes en mode "rapid scan" n'est pas exploitée à cette fin toute particulière, bien que son produit "Active Fire" soit largement exploité pour des besoins uniquement de surveillance des feux à grande
35 échelle. Cette surveillance ne tient pas compte de l'arrivée suffisamment rapide de la donnée dans les

centres opérationnels de lutte contre l'incendie pour servir à déclencher dans les meilleurs délais, les interventions des forces de lutte.

Partant de ce constat, l'objectif de la présente invention est de fournir une technique améliorée pour la
5 détection précoce des départs de feux à partir des données multi-spectrales des satellites géostationnaires, qui surmonte les limitations des techniques connues.

DESCRIPTION DE L'INVENTION

10 C'est donc pour lutter efficacement contre les feux de forêt que la demanderesse a mené des recherches qui ont abouti à un nouveau dispositif permettant de détecter de manière précoce le départ de feux. Selon le concept novateur de l'invention, ce dispositif est remarquable en
15 ce qu'il comprend :

- une unité d'acquisition sur un serveur :
 - (a) des données fournies par au moins deux dispositifs de localisation de feu,
 - (b) des données de radiance brute fournies par
20 un capteur infrarouge et,
 - (c) des données d'images binaires relatives à la localisation des nuages,
à partir de capteurs d'un système de satellites géostationnaires,
- 25 - une unité d'acquisition de cartes d'occupation des sols,
- un indicateur spatial fournissant une information spatialisée bidimensionnelle calculée à partir d'une image satellitaire,
- 30 - un indicateur bi-temporel fournissant une information spatialisée bidimensionnelle calculée à partir de deux images satellitaires,
- et une unité de traitement informatique hébergée dans le susdit serveur et qui, en fonction des
35 informations communiquées en entrée par ladite unité d'acquisition des données des deux dispositifs de

localisation de feu, par ladite unité d'acquisition de cartes d'occupation des sols et des données de radiance brute fournies par le capteur infrarouge, est programmée, pour :

- 5 - créer deux couches d'informations géographiques sur la localisation des feux à partir des données desdits deux dispositifs de localisation de feu utilisés préférentiellement, à savoir le "Active Fire" fournissant une donnée satellitaire indiquant l'endroit du feu actif et le "Fire Radiative Power" fournissant une
10 donnée satellitaire indiquant la puissance de radiation du feu,
 - dériver une cartographie de la température de
brillance à partir des données de la radiance brute
15 fournies par ledit capteur infrarouge en utilisant des tables de conversion transmises par les fournisseurs de données satellites pour chacune des bandes du capteur à bord,
 - créer un masque binaire végétation/non
20 végétation à partir des cartes d'occupation des sols,
 - reprojeter l'ensemble des données dans un même système de coordonnées géographiques,
 - appliquer le masque végétation/non végétation sur les cartes de température de brillance,
25
 - appliquer un filtrage par seuil sur l'histogramme de l'image de température de brillance masquée par la végétation pour l'isolement des valeurs hors distribution nominale et construire ainsi l'indicateur spatial,
30
 - appliquer les données d'images binaires relatives à la localisation des nuages sur la carte de température de brillance à l'instant T et la température de brillance masquée à un instant T-15 minutes (durée choisie préférentiellement comme suffisante),
35
 - appliquer un filtrage par seuil sur l'histogramme de l'image de différence pour isoler les

pixels hors distribution nominale et construire ainsi l'indicateur bitemporel, permettant de fournir, à l'aide des deux dispositifs de localisation de feu dérivés "Active Fire" et "Fire Radiative Power", de l'indicateur spatial et de l'indicateur bi-temporel, une information permettant de détecter et de localiser plus rapidement des départs de feux.

Un grand avantage du dispositif de l'invention est qu'il repose sur une combinaison de deux dispositifs existants de localisation de feu comme "Active Fire" et "FRP" récupérés en quasi-continu par un serveur sur un site de production de données issues de satellites géostationnaires (météorologiques ou autres, selon un choix préférentiel de l'invention, et de deux indicateurs spécialement élaborés par la demanderesse à cet effet, de manière à ce que la susdite unité de traitement informatique puisse délivrer à l'attention des forces de lutte contre les incendies de forêt, une information dérivée de l'imagerie satellitaire géostationnaire rafraîchie à pas de temps réguliers et permettant de créer des alertes en mode astreinte et/ou des cartes d'aide à la décision sur les possibles départs de feux.

Une périodicité de l'ordre de 15 minutes a été déterminée par la demanderesse comme suffisante pour rafraîchir cette information qui pourra aussi être fournie, via internet et grâce à l'implémentation d'une interface graphique de "webmapping", sous la forme d'une carte des emplacements possibles diffusée à l'attention des forces de lutte contre les incendies de forêt.

Selon un mode de réalisation préférentiel de l'invention, la susdite unité de traitement informatique est programmée à partir de la donnée de radiance brute fournie par le capteur infrarouge dans le moyen infra rouge de longueur d'onde de 3,9 mm. Le canal de 3,9 mm de longueur d'onde utilisé dans tous les algorithmes de

détection d'incendie à partir de capteurs à distance est particulièrement sensible à la présence de feux donc un bon indicateur de la présence de ceux-ci. De même, l'indicateur spatial et l'indicateur temporel seront élaborés à partir de la radiance brute de niveau 1.5.

Selon un mode de réalisation préférentiel de l'invention, l'indicateur spatial est élaboré à partir d'au moins :

- une sélection à une échelle spatiale fine des zones soumises au risque d'embrassement, à l'aide d'une carte d'occupation du sol,

- une application d'une méthode de définition d'un seuil sur l'histogramme de l'image avec isolement des valeurs hors distribution nominale,

- et une identification des pixels de départ de feux dans les zones à risques, ayant une température de brillance au-dessus du seuil calculé sur l'histogramme.

L'avantage de cet indicateur spatial est de pouvoir appliquer un masque des zones non végétales. Ce masque végétation/non végétation est calculé à partir de cartes d'occupation des sols de type "Corine Land Cover", par agrégation des classes.

Selon un mode de réalisation préférentiel de l'invention, l'indicateur bi-temporel est élaboré à partir d'au moins :

- une élimination des points nuageux dans la zone à l'instant précédent,

- une cartographie de la différence entre les températures de brillance à l'instant T et à l'instant T-15 minutes,

- une application d'une méthode de définition d'un seuil sur l'histogramme des différences avec isolation des valeurs hors distribution nominale,

- et une identification des pixels de départ de feux ayant une température de brillance au-dessus du seuil calculé sur l'histogramme.

Selon un choix préférentiel établi par la demanderesse, l'élimination des points nuageux dans la zone de l'indicateur bi-temporel s'effectue sur l'instant précédent de 15 minutes et la cartographie de la
5 différence entre les températures de brillance de l'indicateur bi-temporel s'effectue aussi à l'instant T et à l'instant T - 15 minutes. Ainsi, l'opération d'élimination des points nuageux est opérée sur l'instant précédent.

10 On comprend que le dispositif de détection précoce de départs de feux de forêt de l'invention, qui vient d'être ci-dessus décrite, l'a été en vue d'une divulgation plutôt que d'une limitation. Bien entendu, divers aménagements, modifications et améliorations pourront être adaptés en
15 fonction des besoins identifiés, sans pour autant sortir du cadre de l'invention tel que défini dans les revendications.

20

25

30

35

REVENDEICATIONS

1. Dispositif permettant de détecter de manière précoce le départ de feux de forêt, CARACTERISE PAR LE FAIT QU'il comprend :

5

- une unité d'acquisition sur un serveur

:

(a) des données fournies par au moins deux dispositifs de localisation de feu,

10

(b) des données de radiance brute fournies par un capteur infrarouge et,

(c) des données d'images binaires relatives à la localisation des nuages,

à partir de capteurs d'un système de satellites géostationnaires,

15

- une unité d'acquisition de cartes d'occupation des sols,

- un indicateur spatial fournissant une information spatialisée bidimensionnelle calculée à partir d'une image satellitaire,

20

- un indicateur bi-temporel fournissant une information spatialisée bidimensionnelle calculée à partir de deux images satellitaires,

- et une unité de traitement informatique hébergée dans le susdit serveur et qui, en fonction des informations communiquées en entrée par ladite unité d'acquisition des données des deux dispositifs de localisation de feu, par ladite unité d'acquisition de cartes d'occupation des sols et des données de radiance brute fournies par le capteur infrarouge, est programmée pour :

30

- créer deux couches d'informations géographiques sur la localisation des feux à partir des données desdits deux dispositifs de localisation de feu ,

35

- dériver une cartographie de la température de brillance à partir des données de la radiance brute fournies par ledit capteur infrarouge en utilisant des

tables de conversion transmises par les fournisseurs de données satellites pour chacune des bandes du capteur à bord,

- créer un masque binaire végétation/non végétation à partir des cartes d'occupation des sols,
 - reprojeter l'ensemble des données dans un même système de coordonnées géographiques,
 - appliquer le masque végétation/non végétation sur les cartes de température de brillance,
 - appliquer un filtrage par seuil sur l'histogramme de l'image de température de brillance masquée par la végétation pour l'isolement des valeurs hors distribution nominale et construire ainsi l'indicateur spatial,
 - appliquer les données d'images binaires relatives à la localisation des nuages sur la carte de température de brillance à l'instant T et la température de brillance masquée à un instant précédent,
 - appliquer un filtrage par seuil sur l'histogramme de l'image de différence pour isoler les pixels hors distribution nominale et construire ainsi l'indicateur bitemporel,
- permettant de fournir, à l'aide des deux dispositifs de localisation de feu dérivés, de l'indicateur spatial et de l'indicateur bi-temporel, une information permettant de détecter et de localiser des départs de feux.

2. Dispositif selon la revendication 1, CARACTERISE PAR LE FAIT QUE l'un des dispositifs de localisation de feu fournit une donnée satellitaire indiquant l'endroit du feu actif tel le "Active Fire" .

3. Dispositif selon la revendication 1, CARACTERISE PAR LE FAIT QUE l'un des dispositifs de localisation de feu fournit une donnée satellitaire indiquant la puissance de radiation du feu tel le "Fire Radiative Power".

4. Dispositif selon la revendication 1, CARACTERISE PAR LE FAIT QUE la susdite unité de traitement

informatique est programmée à partir de la donnée brute de radiance brute fournie par le capteur infrarouge dans le moyen infra rouge de longueur d'onde de 3,9 mm.

5 5. Dispositif selon la revendication 1, CARACTERISE PAR LE FAIT QUE l'indicateur spatial et l'indicateur temporel sont élaborés à partir de la radiance brute de niveau 1.5.

6. Dispositif selon la revendication 1, CARACTERISE PAR LE FAIT QUE l'indicateur spatial est élaboré à partir
10 d'au moins :

- une sélection à une échelle spatiale fine des zones soumises au risque d'embrassement, à l'aide d'une carte d'occupation du sol,

15 - une application d'une méthode de définition d'un seuil sur l'histogramme de l'image avec isolement des valeurs hors distribution nominale,

- et une identification des pixels de départ de feux dans les zones à risques, ayant une température de brillance au-dessus du seuil calculé sur l'histogramme.

20 7. Dispositif selon la revendication 1, CARACTERISE PAR LE FAIT QUE l'indicateur bi-temporel est élaboré à partir d'au moins :

- une élimination des points nuageux dans la zone à l'instant précédent,

25 - une cartographie de la différence entre entre les températures de brillance à l'instant T et un instant précédent,

30 - une application d'une méthode de définition d'un seuil sur l'histogramme des différences avec isolation des valeurs hors distribution nominale,

- et une identification des pixels de départ de feux ayant une température de brillance au-dessus du seuil calculé sur l'histogramme.

8. Dispositif selon les revendications 1 et 7,
35 CARACTERISE PAR LE FAIT QUE les données d'images binaires relatives à la localisation des nuages sont appliquées sur

la carte de température de brillance à l'instant T et la température de brillance masquée à un instant précédent T-15 minutes.

9. Dispositif selon la revendication 7, CARACTERISE PAR LE FAIT QUE la cartographie de la différence entre les températures de brillance de l'indicateur bi-temporel s'effectue à l'instant T et à l'instant précédent de 15 minutes.

10. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, CARACTERISE PAR LE FAIT QUE la susdite unité de traitement informatique délivre à l'attention des forces de lutte contre les incendies de forêt, une information dérivée de l'imagerie satellitaire géostationnaire rafraîchie à pas de temps réguliers et permettant de créer des alertes en mode astreinte et/ou des cartes d'aide à la décision sur les possibles départs de feux.

20

25

30

35



**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement
national

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

FA 765698
FR 1253334

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
A	HASSINI: "Active Fire Monitoring with Level 1.5 MSG Satellite Images", AMERICAN JOURNAL OF APPLIED SCIENCES, vol. 6, no. 1, 1 janvier 2009 (2009-01-01), pages 157-166, XP55035862, ISSN: 1546-9239, DOI: 10.3844/ajassp.2009.157.166 * le document en entier *	1-10	G08B25/10 G08B17/12 A62C3/02 G06T5/00
A	FREEBORN P H ET AL: "Development of a virtual active fire product for Africa through a synthesis of geostationary and polar orbiting satellite data", REMOTE SENSING OF ENVIRONMENT, ELSEVIER, XX, vol. 113, no. 8, 1 août 2009 (2009-08-01), pages 1700-1711, XP026143625, ISSN: 0034-4257, DOI: 10.1016/J.RSE.2009.03.013 [extrait le 2009-04-28] * abrégé *	1-10	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) G08B
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
20 août 2012		Bourdier, Renaud	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention	
X : particulièrement pertinent à lui seul		E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure.	
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie		D : cité dans la demande	
A : arrière-plan technologique		L : cité pour d'autres raisons	
O : divulgation non-écrite		
P : document intercalaire		& : membre de la même famille, document correspondant	