(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle
Bureau international

(43) Date de la publication internationale
13 décembre 2012 (13.12.2012)

WIPO | PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2012/168571 A1

(51) Classification internationale des brevets :
G06T 7/00 (2006.01) *G06T 17/05* (2011.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2012/000222

(22) Date de dépôt international :
1 juin 2012 (01.06.2012)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
11 01772 9 juin 2011 (09.06.2011) FR

(71) Déposant *(pour tous les États désignés sauf US)* : **MBDA France** [FR/FR]; 37 Bld de Montmorency, F-75016 Paris (FR).

(72) Inventeur; et
(75) Inventeur/Déposant *(pour US seulement)* : **LECUELLE, Jérémy** [FR/FR]; 82, rue Jean Longuet, 92290 Chatenay-Malabry (FR).

(74) Mandataire : **GEVERS FRANCE**; 23bis rue de Turin, 75008 Paris (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, 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, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(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, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

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

(54) **Title** : METHOD AND DEVICE FOR AUTOMATICALLY DETERMINING THE RIDGE LINES OF A VARIABLE-HEIGHT AREA

(54) **Titre** : PROCÉDÉ ET DISPOSITIF POUR DÉTERMINER AUTOMATIQUEMENT DES LIGNES DE CRÊTE D'UNE ZONE À HAUTEUR VARIABLE

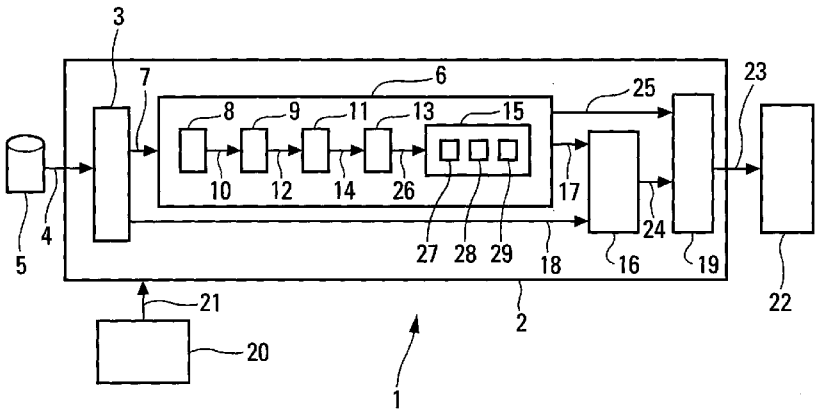

Fig. 1

(57) **Abstract** : The invention relates to a device (1) comprising: means (3) for receiving an image of a pre-determined area, containing the heights of points therein; means (8) for determining the directions of flow; means (9) for finding source points that can be used to create a binary image; means (11) for filtering the binary image; processing means (13) that can be used to obtain a set of lines formed by source points; means (15) for creating, from said set of lines, a set of sequences of segments illustrating the ridge lines of the area; and means (19) for transmitting said set of sequences of segments to user means (22).

(57) **Abrégé** :

[Suite sur la page suivante]

WO 2012/168571 A1

Le dispositif (1) comporte des moyens (3) pour recevoir une image de la zone considérée, qui contient les hauteurs de points de cette dernière, des moyens (8) pour déterminer des directions d'écoulement, des moyens (9) pour rechercher des points source permettant de créer une image binaire, des moyens (11) pour réaliser un filtrage de cette image binaire, des moyens (13) pour réaliser un traitement de manière à obtenir un ensemble de lignes formées de points source, des moyens (15) pour créer, à partir de cet ensemble de lignes, un ensemble de successions de segments illustrant les lignes de crête de ladite zone, et des moyens (19) pour transmettre cet ensemble de successions de segments à des moyens utilisateurs (22).

Procédé et dispositif pour déterminer automatiquement des lignes de crête d'une zone à hauteur variable.

La présente invention concerne un procédé et un dispositif pour déterminer automatiquement des lignes de crête d'une zone à hauteur variable, en particulier d'une zone géographique.

On sait que la connaissance des lignes de crête du relief d'une zone géographique particulière est, notamment, très utile pour la compréhension rapide des limites des zones d'inter-visibilité par rapport à un point d'observation au sol, en vol, ou sous l'eau.

Ces données permettent notamment à des militaires ou à des forces de l'ordre mobiles de connaître les espaces de progression dans lesquels ils peuvent rester dissimulés par rapport à un ennemi potentiel situé au-delà.

De telles lignes de crête peuvent, en particulier, être utilisées par des éléments mobiles terrestres, aériens ou sous-marins avec une adaptation automatique de l'extraction des lignes de crêtes en fonction de l'altitude et de la position courante de ces éléments mobiles.

Ce concept de lignes de crêtes (relatives à une zone à hauteur variable) peut également être utilisé par analogie dans le domaine médical, notamment dans l'étude du cortex cérébral, pour lequel on peut considérer que des pseudo lignes de crête du cerveau servent de points de départ pour délimiter des zones fonctionnelles.

Pour déterminer de telles lignes de crête, on connaît une méthode réalisant une extraction par analyse des courbures d'une surface triangularisée.

Cette méthode usuelle nécessite toutefois de disposer d'une surface triangularisée, ce qui rend nécessaire un prétraitement des

données altimétriques (disponibles sous forme matricielle ou sous forme de trame).

Cette méthode usuelle n'est donc pas satisfaisante.

Par ailleurs, on connaît, par le document EP-0 863 487, un procédé et un dispositif pour déterminer automatiquement le contour de vallées d'une zone géographique.

La présente invention a pour objet de remédier aux inconvénients précités. Elle concerne un procédé pour déterminer de façon rapide, simple, fiable et à coût réduit, les lignes de crête du relief d'une zone particulière à hauteur variable, notamment d'une zone géographique.

A cet effet, selon l'invention, ledit procédé est remarquable en ce que l'on réalise, de façon automatique, les opérations successives suivantes :

a) à partir d'une image de ladite zone, qui contient les hauteurs de points de cette dernière, on détermine des directions d'écoulement ;

b) à partir desdites directions d'écoulement, on recherche des points source permettant de créer une image binaire, un point source étant un point vers lequel ne conduit aucun point de son voisinage le long desdites directions d'écoulement ;

c) on réalise un filtrage de ladite image binaire pour supprimer des points isolés de manière à obtenir des éléments formés de points source adjacents ;

d) on soumet les éléments ainsi obtenus à un traitement de manière à obtenir un ensemble de lignes formées de points source ; et

e) on crée, à partir dudit ensemble de lignes, un ensemble de successions de segments illustrant les lignes de crête de ladite zone.

Ainsi, grâce à l'invention, on est en mesure de déterminer automatiquement de façon rapide, simple, fiable et à coût réduit, les lignes

de crête du relief d'une zone particulière à hauteur variable, notamment d'une zone géographique.

Le procédé conforme à l'invention permet donc d'extraire d'une image de type numérisé de ladite zone considérée, cette image étant par exemple issue d'un fichier usuel de type DTED (« Digital Terrain Elevation Data » en anglais) dans le cas d'une zone géographique terrestre, les lignes de crête du relief, et ceci quel que soit le point d'observation, et de présenter ces lignes de crête sous forme d'un ensemble de successions de segments, une succession de segments représentant une ligne formée d'une suite de segments de droite. Une telle représentation sous forme d'un ensemble de successions de segments peut être utilisée avantageusement dans le cadre d'une exploitation militaire ou dans le cadre d'une exploitation civile.

Dans un mode de réalisation préféré, à l'étape e), on superpose ledit ensemble de successions de segments sur une image de la zone considérée de manière à obtenir une image composée, que l'on peut notamment afficher ou imprimer.

Par ailleurs, de façon avantageuse :

- à l'étape c), on réalise au moins un filtrage médian 3x3 ; et
- à l'étape d), on met en œuvre une méthode de squelettisation pour réduire lesdits éléments à un ensemble de lignes, centrées sur ces éléments et présentant une épaisseur d'un pixel.

En outre, avantageusement, à l'étape e), on réalise les opérations successives suivantes :

- on effectue un prétraitement pour préparer les données reçues de l'étape d), à une extraction ;
- on effectue une extraction de lignes de crête ; et

- on effectue un traitement final pour supprimer des doublons et conserver uniquement les segments de longueur supérieure à une longueur de seuil réglable.

Le procédé conforme à l'invention est applicable à tout type de relief terrestre. Il est également applicable à tout type de relief sous-marin (exploitation sous-marine), ainsi qu'à tout type de relief planétaire autre que terrestre (exploration spatiale). Enfin, ledit procédé conforme à l'invention peut également être appliqué dans le domaine médical. En effet, le concept de lignes de crêtes (relatives à une zone à hauteur variable) peut être utilisé par analogie dans le domaine médical, notamment dans l'étude du cortex cérébral où des lignes de crête du cerveau servent de points de départ pour délimiter les différentes zones fonctionnelles de ce dernier.

La présente invention concerne également un dispositif pour déterminer automatiquement (de façon rapide, simple, fiable et à coût réduit) les lignes de crête du relief d'une zone particulière à hauteur variable.

A cet effet, selon l'invention, ledit dispositif est remarquable en ce qu'il comporte :

- des moyens pour recevoir une image de ladite zone, qui contient les hauteurs de points de cette dernière ;
- des moyens pour déterminer, à partir de ladite image, des directions d'écoulement ;
- des moyens pour rechercher, à partir desdites directions d'écoulement, des points source permettant de créer une image binaire, un point source étant un point vers lequel ne conduit aucun point de son voisinage le long desdites directions d'écoulement ;

- des moyens pour réaliser un filtrage de ladite image binaire afin de supprimer des points isolés de manière à obtenir des éléments formés de points source adjacents ;
- des moyens pour soumettre les éléments ainsi obtenus à un traitement de manière à obtenir un ensemble de lignes formées de points source ;
- des moyens pour créer, à partir dudit ensemble de lignes, un ensemble de successions de segments illustrant les lignes de crête de ladite zone ; et
- des moyens pour transmettre ledit ensemble de successions de segments à des moyens utilisateurs, par exemple des moyens d'affichage ou d'impression.

Dans un mode de réalisation particulier, ledit dispositif comporte également :
- des moyens pour superposer ledit ensemble de successions de segments de façon conforme sur une image de ladite zone géographique de manière à obtenir une image composée ;
- des moyens permettant à un opérateur d'entrer des données, et notamment des paramètres de réglage qui permettent de faire varier les caractéristiques dimensionnelles des lignes de crête extraites de la zone géographique analysée ; et/ou
- lesdits moyens utilisateurs.

Ainsi, ledit dispositif permet notamment de déterminer rapidement, sous forme de successions de segments, les lignes de crête du relief d'une zone déterminée quel que soit le point d'observation. Les lignes de crêtes peuvent représenter des éléments stratégiques dans diverses situations, par exemple lors d'un déploiement de systèmes d'armes, la disposition des lignes de crêtes permettant de placer de façon optimale ces systèmes d'armes, ou lors d'un placement des troupes, les lignes de crêtes étant les limites des domaines d'inter-visibilité. Par analogie, ledit dispositif permet

également d'extraire des pseudo lignes de crête pour des applications variées, en particulier dans le domaine médical.

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

La figure 1 est le schéma synoptique d'un dispositif conforme à l'invention.

Les figures 2 à 5 montrent schématiquement des images obtenues à la fin de différentes étapes successives, lors de la mise en œuvre du procédé conforme à l'invention.

La figure 6 montre schématiquement une image composée susceptible d'être obtenue à l'aide d'un dispositif conforme à l'invention.

Le dispositif 1 conforme à l'invention et représenté schématiquement sur la figure 1 est destiné à déterminer automatiquement (de façon rapide, simple, fiable et à coût réduit) les lignes de crête du relief d'une zone particulière Z0 à hauteur variable, et notamment d'une zone géographique particulière.

Pour ce faire, ledit dispositif 1 comporte, selon l'invention, une unité de traitement 2 qui comprend :

- des moyens 3 d'acquisition de données, pour recevoir une image de la zone Z0 (par exemple géographique) à analyser. Cette image est de type numérisé et contient les hauteurs de points de cette zone Z0. Cette image peut contenir par exemple des données altimétriques de points d'une zone géographique. Elle est reçue (via une liaison 4 de transmission de données) d'un fichier, de préférence d'un fichier DTED (« Digital Terrain Elevation Data » en anglais), qui est stocké dans une base de données 5 usuelle ; et
- des moyens 6 de traitement d'image, qui sont reliés par une liaison 7 auxdits moyens 3.

Selon l'invention, lesdits moyens 6 comprennent :

- des moyens 8 pour déterminer, à partir de l'image reçue, des directions d'écoulement 30 ;
- des moyens 9 qui sont reliés par l'intermédiaire d'une liaison 10 auxdits moyens 8 et qui sont formés de manière à rechercher, à partir desdites directions d'écoulement 30, des points source permettant de créer une image binaire I2, un point source étant un point vers lequel ne conduit aucun point de son voisinage le long desdites directions d'écoulement 30 ;
- des moyens 11 qui sont reliés par l'intermédiaire d'une liaison 12 auxdits moyens 9 et qui sont formés de manière à réaliser un filtrage de ladite image binaire I2 pour supprimer des points isolés afin d'obtenir des éléments 31 formés de points source adjacents ;
- des moyens 13 qui sont reliés par l'intermédiaire d'une liaison 14 auxdits moyens 11 et qui sont formés de manière à soumettre les éléments 31 ainsi obtenus à un traitement afin d'obtenir un ensemble de lignes 32 formées de points source ; et
- des moyens 15 qui sont reliés par l'intermédiaire d'une liaison 26 auxdits moyens 13 et qui sont formés de manière à créer, à partir dudit ensemble de lignes 32, un ensemble de successions de segments Si illustrant les lignes de crête de ladite zone ZO.

En outre, ladite unité de traitement 2 comporte, de plus, des moyens 16 qui sont, par exemple, reliés par l'intermédiaire de liaisons 17 et 18 respectivement auxdits moyens 6 et 3 et qui sont formés de manière à superposer ledit ensemble de successions de segments Si (reçu des moyens 6) sur une image F de ladite zone géographique (reçue des moyens 3) par exemple une photo réalisée par un satellite. Cette superposition est réalisée de façon conforme, c'est-à-dire que l'on superpose à chaque fois les informations relatives aux mêmes coordonnées dans le plan de l'image. On obtient alors une image dite

composée (ou hybride) IF, telle que celle représentée par exemple sur la figure 6, qui peut être transmise par l'intermédiaire de moyens 19 de transmission d'informations.

En outre, ledit dispositif 1 comporte, de plus :

- des moyens 20, par exemple un clavier ou tout autre moyen de saisie de données, qui sont par exemple reliés par l'intermédiaire d'une liaison 21 à ladite unité de traitement 2 et qui sont formés de manière à permettre à un opérateur d'entrer des données dans ladite unité de traitement 2, et en particulier des paramètres dits de réglage, précisés ci-dessous ; et
- des moyens utilisateurs 22, en particulier des moyens d'affichage ou d'impression, qui permettent de présenter à un opérateur les résultats des traitements mis en œuvre par l'unité de traitement 2 (et reçus via une liaison 23 desdits moyens 19). Lesdits moyens 19 de l'unité 2 sont reliés par l'intermédiaire de liaisons 24 et 25 respectivement auxdits moyens 16 et 6.

Ainsi, le dispositif 1 conforme à l'invention est en mesure de déterminer automatiquement (de façon rapide, simple, fiable et à coût réduit) les lignes de crête du relief d'une zone Z0 particulière à hauteur variable, notamment d'une zone géographique.

Ledit dispositif 1 permet donc d'extraire d'une image de type numérisé de ladite zone considérée, cette image étant par exemple issue d'un fichier usuel de type DTED (« Digital Terrain Elevation Data » en anglais) dans le cas d'une zone géographique terrestre, les lignes de crête du relief, et ceci quel que soit le point d'observation, et de présenter les lignes de crête sous forme d'un ensemble de successions de segments Si. Dans le cadre de la présente invention, une succession Si quelconque de segments représente une ligne qui est formée d'une suite de segments de droite. Une telle représentation sous forme d'un ensemble de successions

de segments Si peut être utilisée avantageusement dans le cadre d'une exploitation militaire ou dans le cadre d'une exploitation civile.

Comme précisé ci-dessous, ledit dispositif 1 utilise des paramètres de réglage qui sont susceptibles d'être réglés, c'est-à-dire modifiés, par un opérateur à l'aide des moyens 20, et qui permettent de faire varier les caractéristiques dimensionnelles des lignes de crête extraites de la zone Z0 analysée, ce qui permet une application de l'invention à tout type de relief terrestre. Le dispositif 1 est également applicable à tout type de relief sous-marin (exploitation sous-marine), ainsi qu'à tout type de relief planétaire autre que terrestre (exploration spatiale). Il peut également être appliqué au domaine médical, notamment dans l'étude du cortex cérébral où des lignes de crête du cerveau permettent de délimiter ses différentes zones fonctionnelles.

On notera que l'extraction mise en œuvre par la présente invention est basée sur l'observation suivante : les lignes de crêtes sont formées majoritairement par des points qui sont des sources du réseau hydrographique. Cependant, tous les points source n'appartiennent pas systématiquement à une ligne de crête, d'où la nécessité d'un filtrage. On sépare la recherche des lignes de crête en deux étapes principales : une extraction des points sources et une exploitation de ces points source qui conduit à la formation des lignes de crête. La première étape du traitement utilise des techniques similaires à celles utilisées dans l'extraction des cours d'eau, alors que la seconde étape utilise des méthodes de traitement d'images.

Pour pouvoir déterminer les points source, c'est-à-dire les points dont aucun point du voisinage ne conduit vers eux, les moyens 8 doivent définir pour chaque point de l'image du relief, une direction d'écoulement. L'algorithme utilisé est le même que celui qui intervient, de façon usuelle, dans la définition des directions simples dans l'extraction de cours d'eau.

A chaque point de l'image des hauteurs (ou altitudes) est donc associée une valeur (comprise entre 1 et 8) qui indique vers lequel de ses voisins l'écoulement se dirige. On réalise donc une simulation d'une pluie virtuelle sur le fichier de données altimétriques numérisées de la zone (géographique) concernée et on calcule l'écoulement de cette pluie virtuelle, ce qui permet d'obtenir les directions d'écoulement pour chaque point de la zone considérée et de construire des lignes 30 représentant de pseudo cours d'eau, comme illustré sur la figure 2 qui montre en vue de dessus l'image I1 résultant des traitements mis en œuvre par les moyens 8.

Les moyens 9 recherchent ensuite les points source, c'est-à-dire les points dont aucun point du voisinage ne conduit vers eux en suivant les directions d'écoulement 30 de la figure 2. Lesdits moyens 9 construisent une image binaire I2, comme représenté sur la figure 3. Cette image binaire comprend deux types de zones Z1 et Z2 (illustrées respectivement en noir et en blanc), à savoir celles Z1 représentant les points source et celles Z2 représentant les points qui ne sont pas des points source.

Il est nécessaire d'appliquer sur cette image binaire I2 un filtrage aux points source ainsi déterminés (zones Z1). Ce traitement mis en œuvre par les moyens 11 est un filtrage médian 3x3. Le filtrage de l'image des points source a pour objet de supprimer les points isolés. On obtient alors des formes 31 constituées de points sources contigus, comme représenté sur l'image I3 des points source filtrée montrée sur la figure 4.

En fonction des besoins sur les lignes de crêtes, on peut envisager de réitérer ce processus de filtrage plusieurs fois. Un paramètre de réglage permet à un opérateur de définir (à l'aide des moyens 20) le nombre de fois que le filtrage sera appliqué à l'image.

Ensuite, les moyens 13 soumettent les éléments 31 ainsi obtenus à un traitement de manière à obtenir un ensemble de lignes 32 formées de points source contigus. Pour faire apparaître les lignes de crête sur l'image filtrée des points source, les moyens 13 utilisent une méthode de squelettisation qui permet de réduire les formes présentes sur l'image en un ensemble de courbes 32 d'épaisseur un pixel, centrées sur les formes d'origine. Le résultat obtenu (image I4) est représenté sur la figure 5.

Par ailleurs, lesdits moyens 15 qui sont destinés à créer, finalement, l'ensemble de successions de segments Si comprennent :

- un élément 27 pour effectuer un prétraitement de manière à préparer les données reçues des moyens 13 à une extraction ;
- un élément 28 pour effectuer une extraction de lignes de crête ; et
- un élément 29 pour effectuer un traitement postérieur afin de supprimer des doublons et de conserver uniquement les segments de longueur supérieure à une longueur de seuil réglable.

Le prétraitement de l'image mis en œuvre par l'élément 27 a pour objet de préparer l'image à l'algorithme d'extraction des lignes de crêtes. Son objectif est de modifier l'image pour pouvoir identifier facilement les extrémités et les points de confluence des lignes de crêtes. La valeur d'un pixel d'une ligne de crête est remplacée par la valeur du voisinage qui correspond au nombre de voisins qui appartiennent à une ligne de crête.

Ce traitement est réalisé de la manière suivante :

- l'image des crêtes en entrée est une image binaire où 0 est associé aux lignes de crêtes et 255 aux autres pixels ;
- une première modification du format permet d'obtenir une image binaire où 1 est associé aux lignes de crêtes et 0 au reste de l'image. On peut alors remplacer la valeur des pixels par la valeur du voisinage en utilisant une convolution ;

- une seconde modification du format est une inversion qui permet d'obtenir une image binaire où 255 est associé aux lignes de crêtes et 0 au reste de l'image. L'image ainsi obtenu peut alors être utilisée comme un masque pour garder le résultat de la convolution seulement sur les lignes de crêtes. Ce traitement est réalisé par une porte logique ET entre les deux images.

Dans l'image obtenue (non représentée), les points de confluence des lignes de crête sont les pixels dont la valeur est supérieure strictement à 2, et les extrémités sont ceux dont la valeur vaut 1.

Par ailleurs, l'élément 28 met en œuvre une première étape consistant à obtenir les positions des maximums locaux sur l'image. On obtient alors les points à partir desquels l'extraction des lignes de crêtes va être réalisée. Ces points de départ sont généralement des points de confluence (lorsque la valeur du pixel est supérieure strictement à 2) ou des points intérieurs de lignes de crêtes isolées (lorsque le pixel est de valeur 1 ou 2).

L'algorithme d'extraction est le suivant :

- on sélectionne un point de départ. La valeur du pixel indique le nombre de lignes de crêtes partant de ce point ;
- en procédant de proche en proche, à partir des points voisins de ce point de départ, on parcourt les lignes de crêtes en stockant les coordonnées rencontrées jusqu'à ce que l'on rencontre un point de confluence ou une extrémité.

Cet algorithme d'extraction produit un résultat qui comporte des doublons. En effet, une ligne de crête qui est une jonction entre deux points de confluence est extraite deux fois.

Le traitement postérieur mis en œuvre par l'élément 29 consiste à supprimer ces doublons en comparant les extrémités des lignes de crêtes.

Le traitement mis en œuvre par l'élément 29 permet également de filtrer les lignes de crête pour garder uniquement celles qui ont une longueur suffisante, c'est-à-dire une longueur qui est supérieure à une longueur minimale. Cette longueur minimale est un paramètre de réglage qui peut être modifié par un opérateur (à l'aide des moyens 20).

Sur la figure 6, on a représenté une image composée IF comprenant un fond F illustrant une image (par exemple satellitaire), à laquelle on a superposé les lignes de crête, c'est-à-dire l'ensemble de successions Si de segments, obtenues grâce à l'invention.

REVENDICATIONS

1. Procédé pour déterminer automatiquement des lignes de crête d'une zone particulière à hauteur variable, procédé selon lequel on réalise, de façon automatique, les opérations successives suivantes :

a) à partir d'une image de ladite zone (ZO), qui contient les hauteurs de points de cette dernière, on détermine des directions d'écoulement (30) ;

b) à partir desdites directions d'écoulement (30), on recherche des points source permettant de créer une image binaire (I2), un point source étant un point vers lequel ne conduit aucun point de son voisinage le long desdites directions d'écoulement (30) ;

c) on réalise un filtrage de ladite image binaire (I2) pour supprimer des points isolés de manière à obtenir des éléments (31) formés de points source adjacents ;

d) on soumet les éléments (31) ainsi obtenus à un traitement de manière à obtenir un ensemble de lignes (32) formées de points source ; et

e) on crée, à partir dudit ensemble de lignes (32), un ensemble de successions de segments (Si) illustrant les lignes de crête de ladite zone (ZO), en réalisant les opérations successives suivantes :

- on effectue un prétraitement pour préparer les données reçues de l'étape d), à une extraction ;

- on effectue une extraction de lignes de crête ; et

- on effectue un traitement final pour supprimer des doublons et conserver uniquement les segments de longueur supérieure à une longueur de seuil réglable.

2. Procédé selon la revendication 1,

caractérisé en ce qu'à l'étape c), on met en œuvre au moins un filtrage médian 3x3.

3. Procédé selon l'une des revendications 1 et 2,

caractérisé en ce qu'à l'étape d), on met en œuvre une méthode de squelettisation pour réduire lesdits éléments (31) à un ensemble de lignes (32), centrées sur ces éléments et présentant une épaisseur d'un pixel.

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'à l'étape e), on superpose ledit ensemble de successions de segments (Si) sur une image (F) de ladite zone (ZO) de manière à obtenir une image composée (IF).

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4,

caractérisé en ce que ladite zone particulière est une zone géographique.

6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4,

caractérisé en ce que ladite zone particulière est une partie d'un cortex cérébral.

7. Dispositif pour déterminer automatiquement des lignes de crête d'une zone particulière à hauteur variable, ledit dispositif (1) comportant :

- des moyens (3) pour recevoir une image de ladite zone (ZO), qui contient les hauteurs de points de cette dernière ;
- des moyens (8) pour déterminer, à partir de ladite image, des directions d'écoulement (30) ;
- des moyens (9) pour rechercher, à partir desdites directions d'écoulement (30), des points source permettant de créer une image binaire (I2), un point source étant un point vers lequel ne conduit aucun point de son voisinage le long desdites directions d'écoulement (30) ;
- des moyens (11) pour réaliser un filtrage de ladite image binaire (I2) dans le but de supprimer des points isolés de manière à obtenir des éléments (31) formés de points source adjacents ;

- des moyens (13) pour soumettre les éléments (31) ainsi obtenus à un traitement de manière à obtenir un ensemble de lignes (32) formées de points source ;

- des moyens (15) pour créer, à partir dudit ensemble de lignes, un ensemble de successions de segments (Si) illustrant les lignes de crête de ladite zone (ZO), lesdits moyens (15) comprenant :

  - un élément (27) pour effectuer un prétraitement de manière à préparer les données reçues des moyens (13) à une extraction ;
  - un élément (28) pour effectuer une extraction de lignes de crête ; et
  - un élément (29) pour effectuer un traitement postérieur afin de supprimer des doublons et de conserver uniquement les segments de longueur supérieure à une longueur de seuil réglable ; et

- des moyens (19) pour transmettre ledit ensemble de successions de segments à des moyens utilisateurs (22).

8. Dispositif selon la revendication 7,

caractérisé en ce qu'il comporte, de plus, des moyens (16) pour superposer ledit ensemble de successions de segments (Si) de façon conforme sur une image (F) de ladite zone géographique (ZO) de manière à obtenir une image composée (IF).

9. Dispositif selon l'une des revendications 7 et 8,

caractérisé en ce qu'il comporte, de plus, des moyens (20) permettant à un opérateur d'entrer des données dans ledit dispositif (1).

10. Dispositif selon l'une des revendications 7 à 9,

caractérisé en ce qu'il comporte, de plus, lesdits moyens utilisateurs (22).

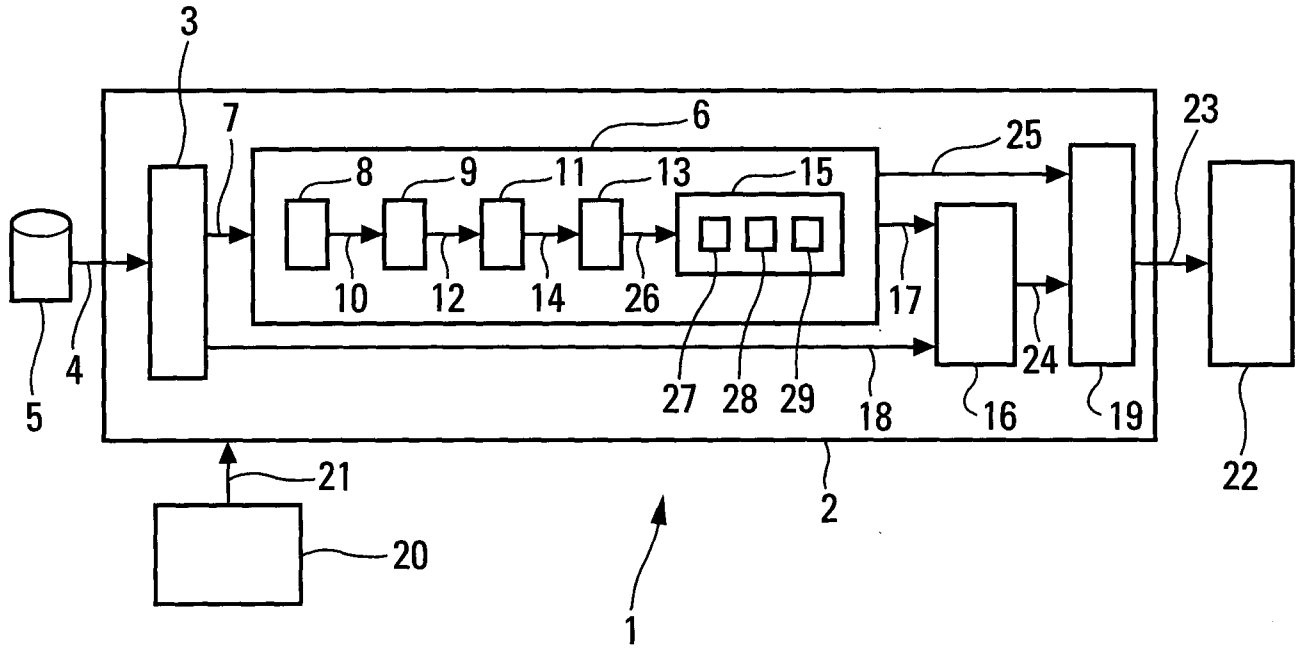

Fig. 1

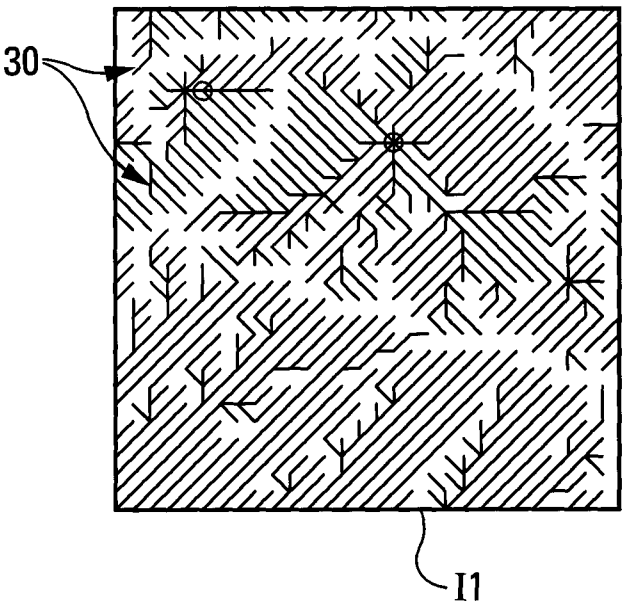

Fig. 2

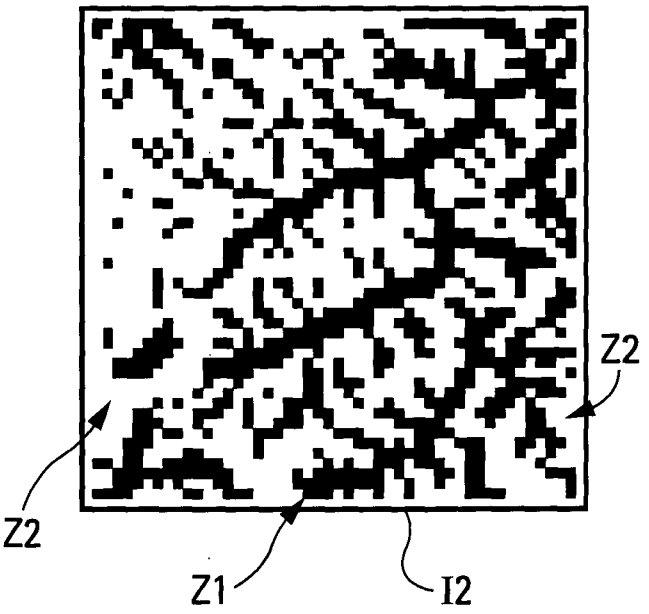

Fig. 3

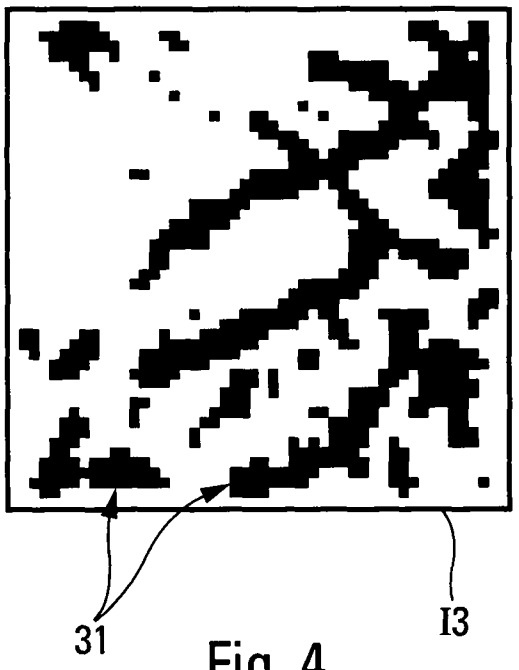

Fig. 4

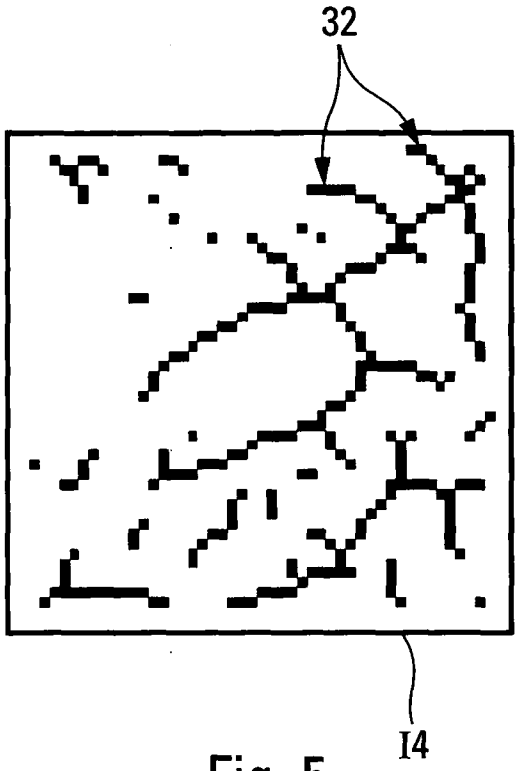

Fig. 5

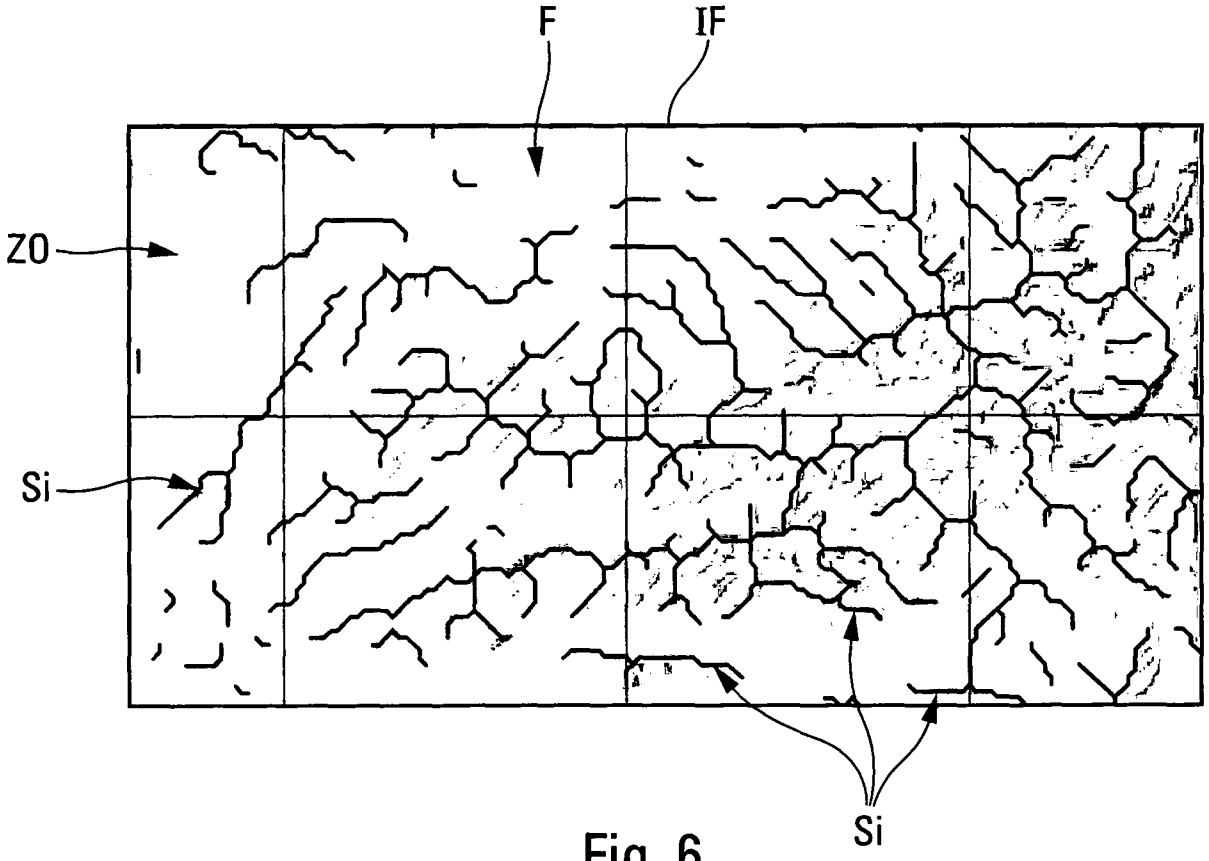

Fig. 6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/FR2012/000222

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. G06T7/00 G06T17/05
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

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, COMPENDEX, INSPEC

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WEIBEL, R., HELLER, M: "Digital Terrain Modeling", GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEMS: PRINCIPLES AND APPLICATIONS, 1991, pages 269-297, XP002667192, London Retrieved from the Internet: URL:http://www.wiley.com/legacy/wileychi/gis/Volume1/BB1v1_ch19.pdf [retrieved on 2012-01-16] page 283 - page 285 ----- -/--	1-10

[X] 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	Date of mailing of the international search report
31 August 2012	12/09/2012

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Eveno, Nicolas

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/FR2012/000222

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	Viviana Mascardi: "Extraction of Significant Terrain Features from RSG and TIN: A Survey", Dipartimento di Informatica e Scienze dell'Informazione -Technical Reports of Viviana Mascardi , 19 December 1998 (1998-12-19), pages 1-24, XP002667193, Retrieved from the Internet: URL:http://www.disi.unige.it/person/MascardiV/Download/graphics98.ps.gz [retrieved on 2012-01-16] sections 3.4,3.6	1-10
A	O'CALLAGHAN J F ET AL: "The extraction of drainage networks from digital elevation data", COMPUTER VISION, GRAPHICS, AND IMAGE PROCESSING USA, vol. 28, no. 3, December 1984 (1984-12), pages 323-344, XP002667194, ISSN: 0734-189X sections 3,4	1-10
A	Kate Beard: "Digital Terrain Model", Spatial Information Science and Engineering - Kate Beard Lecture SIE 510 GIS Applications , 17 January 2011 (2011-01-17), pages 1-13, XP002667195, Retrieved from the Internet: URL:http://www.spatial.maine.edu/~beard/Lectures510/digital%20terrain%20models%202011.pdf [retrieved on 2011-01-16] page 6 - page 12	1-10
A	JOHAN DE BOCK ET AL: "A Fast Sequential Rainfalling Watershed Segmentation Algorithm", 1 January 2005 (2005-01-01), ADVANCED CONCEPTS FOR INTELLIGENT VISION SYSTEMS LECTURE NOTES IN COMPUTER SCIENCE;;LNCS, SPRINGER, BERLIN, DE, PAGE(S) 476 - 482, XP019019709, ISBN: 978-3-540-29032-2 section 2	1-10

-/--

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/FR2012/000222

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	SEEMULLER W W: "THE EXTRACTION OF ORDERED VECTOR DRAINAGE NETWORKS FROM ELEVATION DATA", COMPUTER VISION GRAPHICS AND IMAGE PROCESSING, ACADEMIC PRESS, DULUTH, MA, US, vol. 47, no. 1, 1 July 1989 (1989-07-01), pages 45-58, XP000086843, DOI: 10.1016/0734-189X(89)90053-4 section 3	1-10
A	MARTZ L W ET AL: "Numerical definition of drainage network and subcatchment areas from digital elevation models", COMPUTERS & GEOSCIENCES UK, vol. 18, no. 6, July 1992 (1992-07), pages 747-761, XP002682658, ISSN: 0098-3004 page 752 - page 754	1-10

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°
PCT/FR2012/000222

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
INV. G06T7/00 G06T17/05
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

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, COMPENDEX, INSPEC

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	WEIBEL, R., HELLER, M: "Digital Terrain Modeling", GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEMS: PRINCIPLES AND APPLICATIONS, 1991, pages 269-297, XP002667192, London Extrait de l'Internet: URL:http://www.wiley.com/legacy/wileychi/gis/Volume1/BB1v1_ch19.pdf [extrait le 2012-01-16] page 283 - page 285 ----- -/--	1-10

[X] Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

[ ] Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent

"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date

"L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)

"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens

"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

"X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

"Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

"&" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée	Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale
31 août 2012	12/09/2012

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale	Fonctionnaire autorisé
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Eveno, Nicolas

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	Viviana Mascardi: "Extraction of Significant Terrain Features from RSG and TIN: A Survey", Dipartimento di Informatica e Scienze dell'Informazione -Technical Reports of Viviana Mascardi , 19 décembre 1998 (1998-12-19), pages 1-24, XP002667193, Extrait de l'Internet: URL:http://www.disi.unige.it/person/MascardiV/Download/graphics98.ps.gz [extrait le 2012-01-16] sections 3.4,3.6	1-10
A	O'CALLAGHAN J F ET AL: "The extraction of drainage networks from digital elevation data", COMPUTER VISION, GRAPHICS, AND IMAGE PROCESSING USA, vol. 28, no. 3, décembre 1984 (1984-12), pages 323-344, XP002667194, ISSN: 0734-189X sections 3,4	1-10
A	Kate Beard: "Digital Terrain Model", Spatial Information Science and Engineering - Kate Beard Lecture SIE 510 GIS Applications , 17 janvier 2011 (2011-01-17), pages 1-13, XP002667195, Extrait de l'Internet: URL:http://www.spatial.maine.edu/~beard/Lectures510/digital%20terrain%20models%202011.pdf [extrait le 2011-01-16] page 6 - page 12	1-10
A	JOHAN DE BOCK ET AL: "A Fast Sequential Rainfalling Watershed Segmentation Algorithm", 1 janvier 2005 (2005-01-01), ADVANCED CONCEPTS FOR INTELLIGENT VISION SYSTEMS LECTURE NOTES IN COMPUTER SCIENCE;;LNCS, SPRINGER, BERLIN, DE, PAGE(S) 476 - 482, XP019019709, ISBN: 978-3-540-29032-2 section 2	1-10

-/--

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°
PCT/FR2012/000222

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	SEEMULLER W W: "THE EXTRACTION OF ORDERED VECTOR DRAINAGE NETWORKS FROM ELEVATION DATA", COMPUTER VISION GRAPHICS AND IMAGE PROCESSING, ACADEMIC PRESS, DULUTH, MA, US, vol. 47, no. 1, 1 juillet 1989 (1989-07-01), pages 45-58, XP000086843, DOI: 10.1016/0734-189X(89)90053-4 section 3	1-10

A	MARTZ L W ET AL: "Numerical definition of drainage network and subcatchment areas from digital elevation models", COMPUTERS & GEOSCIENCES UK, vol. 18, no. 6, juillet 1992 (1992-07), pages 747-761, XP002682658, ISSN: 0098-3004 page 752 - page 754	1-10