

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

①① **N° de publication :** **3 030 092**
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)
②① **N° d'enregistrement national :** **14 02836**
⑤① Int Cl⁸ : **G 06 T 17/05** (2017.01), G 06 T 19/00, G 01 C 21/00

⑫

BREVET D'INVENTION

B1

⑤④ **PROCEDE DE REPRESENTATION TRIDIMENSIONNELLE D'UNE SCENE.**

②② **Date de dépôt :** 12.12.14.

③③ **Priorité :**

④③ **Date de mise à la disposition du public
de la demande :** 17.06.16 Bulletin 16/24.

④⑤ **Date de la mise à disposition du public du
brevet d'invention :** 05.01.18 Bulletin 18/01.

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) :** *THALES Société anonyme* — FR.

⑦② **Inventeur(s) :** DOMINICI JOHANNA, GERBE JEAN
PIERRE et MONVOISIN EMMANUEL.

⑦③ **Titulaire(s) :** *THALES Société anonyme.*

⑦④ **Mandataire(s) :** MARKS & CLERK FRANCE Société
en nom collectif.

FR 3 030 092 - B1



Procédé de représentation tridimensionnelle d'une scène

Le domaine de l'invention est celui de la représentation cartographique synthétique et tridimensionnelle. Elle peut être représentée en tête haute, en vue conforme, ou en tête basse. On entend par représentation conforme une représentation cartographique qui se
5 superpose parfaitement au terrain effectivement vu par l'observateur. La superposition optique est assurée par un système optique qui projette l'image synthétique vers l'œil de l'observateur. Ce système optique comporte un mélangeur ou combineur optique qui assure la superposition de l'image sur le paysage extérieur. Ce type de représentation est particulièrement
10 utilisé en aéronautique de façon à assurer le pilotage par mauvaise visibilité ou de nuit. En tête basse, la vue synthétique n'est pas conforme au paysage extérieur (par définition) mais peut être parfaitement positionnée par rapport à la symbologie primaire de pilotage affichée, si symbologie il y a.

Un système de représentation cartographique est représenté sur
15 la figure 1. Ce système comporte une base de données représentative du terrain survolé, des moyens permettant de déterminer la position et l'orientation du système de visualisation affichant l'image cartographique, un générateur d'images CE et le système de visualisation D. Le générateur d'images CE assure trois fonctions principales qui sont le calcul du point de
20 vue, la sélection de la zone de terrain à afficher et le calcul de l'image à afficher en fonction du point de vue.

Un des points délicats de cette représentation tridimensionnelle est qu'elle doit être suffisamment complète et précise pour donner une bonne représentation du terrain survolé qui puisse être utile au pilotage et à la
25 navigation et suffisamment discrète pour ne pas saturer l'image naturelle du paysage.

Différentes solutions ont été proposées.

Une première solution pour représenter un terrain 3D compatible d'un système de visualisation tête haute est décrite dans le brevet US
30 8 264 498 intitulé « System, apparatus, and method for presenting a monochrome image of terrain on a head-up display unit ». Dans cette représentation, l'intensité lumineuse du terrain est modulée en fonction des

paramètres d'éclairage obtenus en positionnant une source lumineuse ponctuelle ou omnidirectionnelle virtuelle au-dessus du terrain survolé. Cette représentation surcharge fortement l'affichage et ne répond pas correctement au besoin de superposition de l'image synthétique avec la vue
5 réelle.

Une deuxième solution consiste à afficher le terrain à l'aide d'un carroyage simple comme représenté en figure 2. La perception de la distance se fait uniquement par la taille des éléments géométriques du carroyage qui sont représentés en traits blancs sur la figure 2. En effet, sous
10 l'effet de la perspective, plus leur distance est grande par rapport au point de vue affiché, plus les éléments géométriques sont petits à l'écran. Ce type d'affichage n'est pas adapté pour l'affichage de terrain très éloigné de l'observateur. Le brevet US 7 098 913 intitulé « Method and system for providing depth cues by attenuating distant displayed terrain » propose une
15 solution pour améliorer la représentation consistant à assombrir le terrain éloigné du point de vue. Cette technique permet de mieux appréhender la distance du terrain mais cela ne résout pas le problème de saturation de l'image.

Une troisième solution qui est une variante de la solution
20 précédente consiste à modifier la taille des éléments géométriques à partir d'une certaine distance. Par exemple, on ne retient qu'un point de la grille d'élévation sur deux. A titre d'exemple, la figure 3 illustre ce type de représentation graphique. On réussit bien à limiter le nombre d'éléments affichés à l'écran, mais on supprime une grande partie des éléments
25 permettant d'améliorer la perception de la profondeur du terrain. En fait, la représentation d'un terrain synthétique 3D par du carroyage est bien adapté pour du terrain proche du point de vue.

Une quatrième solution consiste à présenter le terrain en surlignant les lignes de crête. On entend par ligne de crêtes les limites entre
30 les parties cachées et les parties visibles du paysage. Les lignes de crêtes ne représentent pas nécessairement une suite de points dont l'altitude est maximale localement. Elles sont donc fonction non seulement du terrain mais aussi de la position de l'observateur. Les lignes de crêtes doivent donc être recalculées en permanence en fonction de la position du porteur. Ceci
35 permet de donner une information sur le relief du terrain sans surcharger

l'image. Une telle représentation est figurée en figure 4. Cette représentation du terrain par les lignes de crêtes permet de limiter fortement la densité d'informations affichée à l'écran. Elle donne une vision partielle de l'environnement, plutôt intéressante pour le terrain éloigné. Cependant, elle
5 ne donne qu'une information extrêmement réduite du terrain proche du point de vue.

Il est possible d'utiliser simultanément deux des représentations graphiques citées ci-dessus. Ainsi, on peut représenter le terrain proche sous forme de carroyage et le terrain éloigné sous forme de lignes de crêtes
10 comme on le voit sur la figure 5. Entre la représentation du terrain sous la forme d'un carroyage et la représentation sous la forme de lignes de crêtes, la transition est assurée par un principe de fondu enchaîné basé sur la distance du terrain. Jusqu'à une distance proche de la distance définie précédemment, le terrain est représenté dans les deux modes. Puis au fur et
15 à mesure que l'on s'approche d'une distance prédéfinie, le tracé sous forme de carroyage s'estompe tandis que la représentation en ligne de crêtes s'accroît. Cette dernière solution permet de diminuer effectivement l'information à l'écran et paraît adaptée pour afficher les informations de terrain se situant en arrière-plan mais engendre des artefacts d'affichages.
20 Ces artefacts sont, par exemple, l'apparition et/ou la disparition soudaine des lignes de crêtes quand on se trouve proche du point de vue, l'absence d'informations de terrain potentiellement pertinentes comme les vallées ou les talwegs. Par conséquent, cette dernière représentation ne fournit pas encore un niveau optimal de perception du terrain.

25 Comme les figures 2, 3, 4 et 5 le montrent, les différentes représentations cartographiques selon l'art antérieur ne permettent pas de diminuer significativement le nombre de données affichées à l'écran sans diminuer la perception de la profondeur du terrain. Le procédé de
30 représentation cartographique selon l'invention ne présente pas ces inconvénients. Il affiche non pas simplement les lignes de crête mais, de façon plus générale la courbure du terrain. Il n'affiche pas non plus uniquement les minimum et maximum locaux de la courbure, mais bien la courbure en tout point du terrain. La représentation est alors un dégradé de
35 niveaux de gris ou d'autres couleurs et pas seulement un ensemble de

lignes, tel que décrit dans la publication « Redeeming valleys and ridges for line-drawing », PCM 2005), Part I, LNCS 3767, pp 327-338. On obtient une représentation réaliste du terrain, facilement compréhensible et qui occupe un espace limité.

5 Dans ce qui suit, on appelle « point » du terrain une petite unité de surface qui correspond à un pixel affiché par le système de visualisation. On appelle également « courbure » à un endroit donné du terrain l'inverse du rayon de courbure à cet endroit. Ainsi, un terrain parfaitement plat a une courbure nulle.

10 Plus précisément, l'invention a pour objet un procédé de représentation synthétique tridimensionnelle d'un terrain, ledit procédé étant mis en œuvre dans un système d'aide au pilotage et à la navigation d'un véhicule, ledit système d'aide comprenant au moins un système de navigation, une base de données cartographiques et un système de
15 visualisation permettant l'affichage d'images synthétiques, caractérisé en ce que le dit procédé comporte les étapes suivantes :

 Etape 1 : Calcul, pour une position déterminée du véhicule, de la portion du terrain vue à travers le système de visualisation ;

20 Etape 2 : Calcul, pour la portion de terrain déterminée à l'étape précédente, de la courbure dudit terrain en chaque point, la courbure correspondant à une variation d'orientation du terrain ;

 Etape 3 : Calcul, en fonction de la position et de l'orientation du véhicule, de la position à l'écran des points pour ladite position du véhicule et pour ladite portion de terrain visible ;

25 Etape 4 : Calcul de la luminance de chaque point de ladite portion de terrain visible suivant une loi déterminée, au moins fonction de ladite courbure ;

 Etape 5 : Affichage par le système de visualisation de la luminance de chaque point.

30 Avantagusement, l'étape 3 est suivie des étapes suivantes, lesdites étapes précédant l'étape 4 :

 Etape 3.1 : Calcul du vecteur normal au terrain en chaque point de ladite portion visible du terrain ;

Etape 3.2 : Calcul, pour chaque point d'un vecteur directeur dont l'origine est localisée au niveau de ce point et le sommet au niveau d'un point de référence ;

5 Etape 3.3 : Calcul, pour chaque point, de l'angle d'inclinaison entre la direction du vecteur normal au terrain et la direction du vecteur directeur ;

Etape 3.4 : Calcul de la luminance de chaque point de ladite portion visible suivant une loi fonction de ladite courbure et dudit angle d'inclinaison.

10 Avantageusement, la loi de luminance est une fonction croissante de l'angle d'inclinaison.

Avantageusement, l'étape 4 est suivie des étapes suivantes, lesdites étapes précédant l'étape 5:

15 Etape 4.1 : Calcul, jusqu'à une distance déterminée et comptée à partir de la position déterminée du véhicule, d'une représentation du terrain sous forme de carroyage, c'est-à-dire d'un quadrillage régulier disposé sur le terrain ;

Etape 4.2 : Affichage par le système de visualisation dudit carroyage jusqu'à la distance déterminée.

20 Avantageusement, la luminance des points du terrain est une fonction croissante de la courbure.

Avantageusement, la luminance des points du terrain est une fonction croissante de l'angle d'inclinaison.

25 Avantageusement, la luminance d'un point du terrain est nulle lorsque la courbure du terrain est en-dessous d'un certain seuil.

Avantageusement, la luminance des points du terrain est une fonction de la distance à l'aéronef.

Avantageusement, la luminance des points du terrain diminue lorsque la distance à l'aéronef augmente.

30 Avantageusement, la représentation graphique est fusionnée avec un ou plusieurs types de représentation tridimensionnelle du terrain.

Avantageusement, la représentation graphique est fusionnée avec une représentation du terrain sous forme d'ombrage.

Avantageusement, la représentation graphique est fusionnée avec une représentation du terrain sous forme de dégradé d'une ou de plusieurs couleurs, chaque couleur représentant un niveau d'altitude déterminé.

5 L'invention concerne également un système d'aide au pilotage et à la navigation d'un véhicule, ledit système d'aide comprenant au moins un système de navigation, une base de données cartographiques et un système de visualisation permettant l'affichage d'images synthétiques, ledit système comportant des moyens de calcul électroniques agencés de façon à mettre
10 en œuvre le procédé de représentation synthétique tridimensionnelle d'un terrain défini ci-dessus.

Avantageusement, le véhicule est un aéronef et le système d'aide au pilotage et à la navigation est le système avionique dudit aéronef.

15 L'invention sera mieux comprise et d'autres avantages apparaîtront à la lecture de la description qui va suivre donnée à titre non limitatif et grâce aux figures annexées parmi lesquelles :

La figure 1 représente le synoptique d'un système de représentation cartographique ;

20 Les figures 2, 3, 4 et 5 représentent des représentations cartographiques tridimensionnelles d'un terrain selon l'art antérieur ;

La figure 6 représente les étapes principales du procédé de représentation cartographique selon l'invention ;

25 La figure 7 représente le principe de la représentation cartographique selon l'invention ;

La figure 8 représente une première représentation cartographique issue du procédé selon l'invention ;

La figure 9 représente une seconde représentation cartographique « mixte » issue du procédé selon l'invention.

30 Pour être mis en œuvre, le procédé de représentation graphique selon l'invention nécessite un système d'aide au pilotage et à la navigation d'un véhicule. Le véhicule peut être de différents types. Dans son application principale, le procédé est mis en œuvre dans un aéronef de façon à fournir
35 au pilote la meilleure représentation possible du paysage extérieur. Le

Le système d'aide au pilotage est le système avionique embarqué de l'appareil. De tels systèmes existent aujourd'hui sur tous les aéronefs modernes. Ils doivent comporter :

- Un système de navigation permettant de déterminer la position et l'attitude de l'aéronef. A titre d'exemples, ces systèmes de navigation comportent des centrales inertielles et/ou des systèmes de type « GPS », acronyme signifiant « Global Positioning System »;
- Une base de données cartographiques du terrain survolé ;
- Un calculateur électronique permettant de faire, entre autres, du traitement de données et des calculs de représentation graphique et mettant en œuvre le procédé d'affichage selon l'invention ;
- Un système de visualisation, comportant préférentiellement soit un dispositif de visualisation dit « Tête Basse », situé sur le tableau de bord par exemple, soit un dispositif de visualisation dit « Tête Haute » ou « See-Through Display ». Ces dispositifs peuvent être des écrans transparents ou des viseurs « Tête Haute », encore appelés « Head-Up Displays » ou « Head-Worn Displays » ou « Head-Mounted Displays ». Ces derniers dispositifs comportent un écran ou un composant optique qui superpose l'image du système de visualisation sur l'extérieur.

20

Dans son mode de réalisation de base, le procédé selon l'invention comporte les étapes suivantes :

Etape 1 : Calcul, pour une position déterminée du véhicule, de la portion du terrain vu à travers le système de visualisation ;

25

Etape 2 : Calcul, pour la portion de terrain déterminée à l'étape précédente, de la courbure dudit terrain en chaque point, la courbure correspondant à une variation d'orientation du terrain ;

30

Etape 3 : Calcul, en fonction de la position et de l'orientation du véhicule, de la position à l'écran des points pour ladite position du véhicule et pour ladite portion de terrain visible ;

Etape 4 : Calcul de la luminance de chaque point de ladite portion de terrain visible suivant une loi déterminée, fonction de ladite courbure ;

Etape 5 : Affichage par le système de visualisation de la luminance de chaque point.

35

Ces étapes sont représentées en figure 6. L'étape 2 est illustrée en figure 7. Cette figure représente une vue dans un plan de coupe (x, z) d'un terrain. La courbure locale du terrain CL correspond à la variation locale de l'orientation du terrain. On peut distinguer trois types de courbure du terrain. Le premier type correspond à une variation rapide de la courbure sans inversion de cette courbure, le second type correspond à une inversion haute de la courbure, la courbure du terrain correspond dans ce cas au passage d'une crête C. Enfin, le troisième type de courbure correspond à une inversion basse de la courbure du terrain, elle correspond dans ce cas au passage d'un talweg T.

Sur la figure 7, les zones du terrain ayant une courbure pertinente à représenter sont en trait gras. Elles correspondent aux zones où la courbure est importante. On peut voir sur la figure 7 qu'en chaque point du terrain, un vecteur normal N est calculé, dont la norme est proportionnelle à la valeur de la courbure.

Dans ce premier mode de réalisation, le rendu de la courbure du terrain est fonction de l'importance de la courbure du terrain. Plus précisément, la luminance en chaque point du terrain est une fonction du degré de la courbure du terrain, plus la courbure est faible, plus le rendu a une luminance faible. Dans ce mode, la luminance peut être proportionnelle à la valeur de courbure du terrain. Elle peut également obéir à d'autres lois de variation selon que l'on souhaite accentuer ou non les représentations des variations de courbure.

On comprend alors que, lorsque le terrain est particulièrement accidenté, la luminance générée par la représentation de la courbure du terrain en chaque pixel peut être importante et gêner l'observation du paysage extérieur.

Il est donc possible d'améliorer cette représentation graphique en indexant la luminance de chaque point ou pixel du terrain sur l'angle d'inclinaison par rapport à un point de référence, ce point de référence étant généralement le point d'observation, c'est-à-dire la position du véhicule.

Plus précisément, dans cette variante, le procédé selon l'invention comporte les étapes supplémentaires suivantes :

Etape 3.1 : Calcul du vecteur normal au terrain en chaque point de ladite portion visible du terrain ;

Etape 3.2 : Calcul, pour chaque point d'un vecteur directeur dont l'origine est localisée au niveau de ce point et le sommet au niveau d'un point de référence ;

Etape 3.3 : Calcul, pour chaque point, de l'angle d'inclinaison
5 entre la direction du vecteur normal au terrain et la direction du vecteur directeur ;

Etape 3.4 : Calcul de la luminance de chaque point de ladite portion visible suivant une loi fonction de ladite courbure et dudit angle
10 d'inclinaison.

A titre d'exemple, on obtient alors une représentation graphique telle qu'illustrée en figure 8. Sur cette figure, la courbure du terrain est représentée selon une échelle de luminance allant du blanc pour une courbure importante au noir, pour une courbure nulle qui correspond à un terrain plat. L'échelle de luminance peut être linéaire ou non. Par exemple,
15 dans un dispositif de visualisation Tête Haute, la courbure du terrain est représentée selon une échelle de luminance allant d'une intensité donnée pour une courbure importante au transparent, pour une courbure nulle de façon à masquer au minimum la vision de l'extérieur. Généralement, pour un
20 système de visualisation Tête Haute, la couleur représentative du terrain choisie est le vert. On peut voir, sur la représentation de la figure 8 que l'ensemble du terrain est bien représenté et que la représentation accentue les variations de courbure du terrain, fournissant une lecture plus intuitive des reliefs tels que les crêtes C, les vallées et les talwegs T.

25 La variation de luminance n'est pas nécessairement linéaire avec la valeur de la courbure du terrain. On peut ainsi accentuer les courbures de terrain importantes comme les crêtes, les vallées ou les talwegs sans surcharger l'image ou éblouir l'utilisateur, et donc en lui permettant de garder
30 une vue la plus dégagée possible du paysage extérieur. On peut, de plus, y associer un seuil en dessous duquel la courbure du terrain n'est plus affichée. C'est-à-dire qu'on associe, à ces points ou pixels du terrain dont la courbure est inférieure à ce seuil déterminé, une luminance nulle.

Avantageusement, on peut faire dépendre la luminance de la
35 distance à l'aéronef. Plus précisément, pour chaque pixel du terrain, la

luminance diminue lorsque le terrain s'éloigne de l'aéronef. Cela permet d'atténuer la représentation et donc ne pas surcharger l'image pour les distances éloignées dont la densité d'informations à afficher est élevée, du fait de l'effet de perspective qui rétrécit le terrain au loin.

5 Avantageusement, la représentation graphique sous forme de courbure du terrain peut être fusionnée avec une représentation tridimensionnelle plus classique d'un terrain 3D. Par exemple, la représentation graphique sous forme de courbure du terrain peut être superposée à une représentation graphique en ombrage, ou en dégradé de
10 couleur représentant l'altitude du terrain. Chaque strate de couleur représente un niveau d'altitude.

On voit aussi sur la figure 8 que les zones situées à courte distance comportent moins d'information sur la courbure du terrain que les
15 zones éloignées. Ceci est dû à l'effet de perspective qui rétrécit le terrain au loin. Aussi, il peut être intéressant de compléter la représentation graphique sous forme de courbure du terrain par une représentation du terrain sous forme de carroyage, comme représenté en figure 9.

Plus précisément, dans cette dernière variante, le procédé selon
20 l'invention comporte les étapes supplémentaires suivantes, lesdites étapes précédant l'étape 5:

Etape 4.1 : Calcul, jusqu'à une distance déterminée et comptée à partir de la position déterminée du véhicule, d'une représentation du terrain sous forme de carroyage, c'est-à-dire d'un quadrillage régulier disposé sur le
25 terrain ;

Etape 4.2 : Affichage par le système de visualisation dudit carroyage jusqu'à la distance déterminée.

A titre d'exemple, on obtient alors une représentation graphique
30 telle qu'illustrée en figure 9 qui représente le même terrain que celui de la figure 8 mais complété au premier plan par une représentation sous forme de carroyage. On obtient ainsi une représentation tridimensionnelle du terrain parfaitement lisible et parfaitement adaptée selon la proximité du terrain.

REVENDEICATIONS

1. Procédé de représentation synthétique tridimensionnelle d'un terrain, ledit procédé étant mis en œuvre dans un système d'aide au pilotage et à la navigation d'un véhicule, ledit système d'aide comprenant au moins un système de navigation, une base de données cartographiques et un système de visualisation permettant l'affichage d'images synthétiques, caractérisé en ce que le dit procédé comporte les étapes suivantes :

10 Etape 1 : Calcul, pour une position déterminée du véhicule, de la portion du terrain vue à travers le système de visualisation ;

 Etape 2 : Calcul, pour la portion de terrain déterminée à l'étape précédente, de la courbure dudit terrain en chaque point, la courbure correspondant à une variation d'orientation du terrain, trois types de courbure du terrain étant destinées à être représentées, le premier type correspondant à une variation rapide de la courbure sans inversion de ladite courbure, le second type correspondant à une inversion haute de la courbure, ladite courbure du terrain correspondant au passage d'une crête (C), le troisième type de courbure correspondant à une inversion basse de la courbure du terrain, ladite courbure de terrain correspondant au passage d'un talweg (T) ;

20 Etape 3 : Calcul, en fonction de la position et de l'orientation du véhicule, de la position à l'écran des points pour ladite position du porteur et pour ladite portion de terrain visible ;

 Etape 4 : Calcul de la luminance de chaque point de ladite portion de terrain visible suivant une loi déterminée, au moins fonction de ladite courbure et de la distance à l'aéronef ;

 Etape 5 : Affichage par le système de visualisation de la luminance de chaque point.

30 2. Procédé de représentation d'un terrain selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'étape 3 est suivie des étapes suivantes, lesdites étapes précédant l'étape 4 :

 Etape 3.1 : Calcul du vecteur normal au terrain en chaque point de ladite portion visible du terrain ;

Etape 3.2 : Calcul, pour chaque point, d'un vecteur directeur dont l'origine est localisée au niveau de ce point et le sommet au niveau d'un point de référence ;

5 Etape 3.3 : Calcul, pour chaque point, de l'angle d'inclinaison entre la direction du vecteur normal au terrain et la direction du vecteur directeur ;

Etape 3.4 : Calcul de la luminance de chaque point de ladite portion visible suivant une loi fonction de ladite courbure et dudit angle d'inclinaison.

10

3. Procédé de représentation d'un terrain selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'étape 4 est suivie des étapes suivantes, lesdites étapes précédant l'étape 5:

15 Etape 4.1 : Calcul, jusqu'à une distance déterminée et comptée à partir de la position déterminée du véhicule, d'une représentation du terrain sous forme de carroyage, c'est-à-dire d'un quadrillage régulier disposé sur le terrain ;

Etape 4.2 : Affichage par le système de visualisation dudit carroyage jusqu'à la distance déterminée.

20

4. Procédé de représentation d'un terrain selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que la luminance des points du terrain est une fonction croissante de la courbure.

25 5. Procédé de représentation d'un terrain selon l'une des revendications 1, 2 ou 3, caractérisé en ce que la luminance des points du terrain diminue lorsque la distance à l'aéronef augmente.

30 6. Procédé de représentation d'un terrain selon l'une des revendications 2 ou 3, caractérisé en ce que la luminance des points du terrain est une fonction croissante de l'angle d'inclinaison.

7. Procédé de représentation d'un terrain selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que la luminance des points

du terrain est nulle lorsque la courbure du terrain est en dessous d'un certain seuil.

5 8. Procédé de représentation d'un terrain selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que la représentation graphique est fusionnée avec un ou plusieurs types de représentation tridimensionnelle du terrain.

10 9. Procédé de représentation d'un terrain selon l'une des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que la représentation graphique est fusionnée avec une représentation du terrain sous forme d'ombrage.

15 10. Procédé de représentation d'un terrain selon la revendication 9, caractérisé en ce que la représentation graphique est fusionnée avec une représentation du terrain sous forme de dégradé d'une ou de plusieurs couleurs, chaque couleur représentant un niveau d'altitude déterminé.

20 11. Système d'aide au pilotage et à la navigation d'un véhicule, ledit système d'aide comprenant au moins un système de navigation, une base de données cartographiques et un système de visualisation permettant l'affichage d'images synthétiques, caractérisé en ce que ledit système comporte des moyens de calcul électroniques agencés de façon à mettre en œuvre le procédé de représentation synthétique tridimensionnelle d'un terrain selon l'une des revendications précédentes.

25

12. Système d'aide au pilotage et à la navigation d'un véhicule selon la revendication 11, caractérisé en ce que le véhicule est un aéronef et le système d'aide au pilotage et à la navigation est le système avionique dudit aéronef.

30

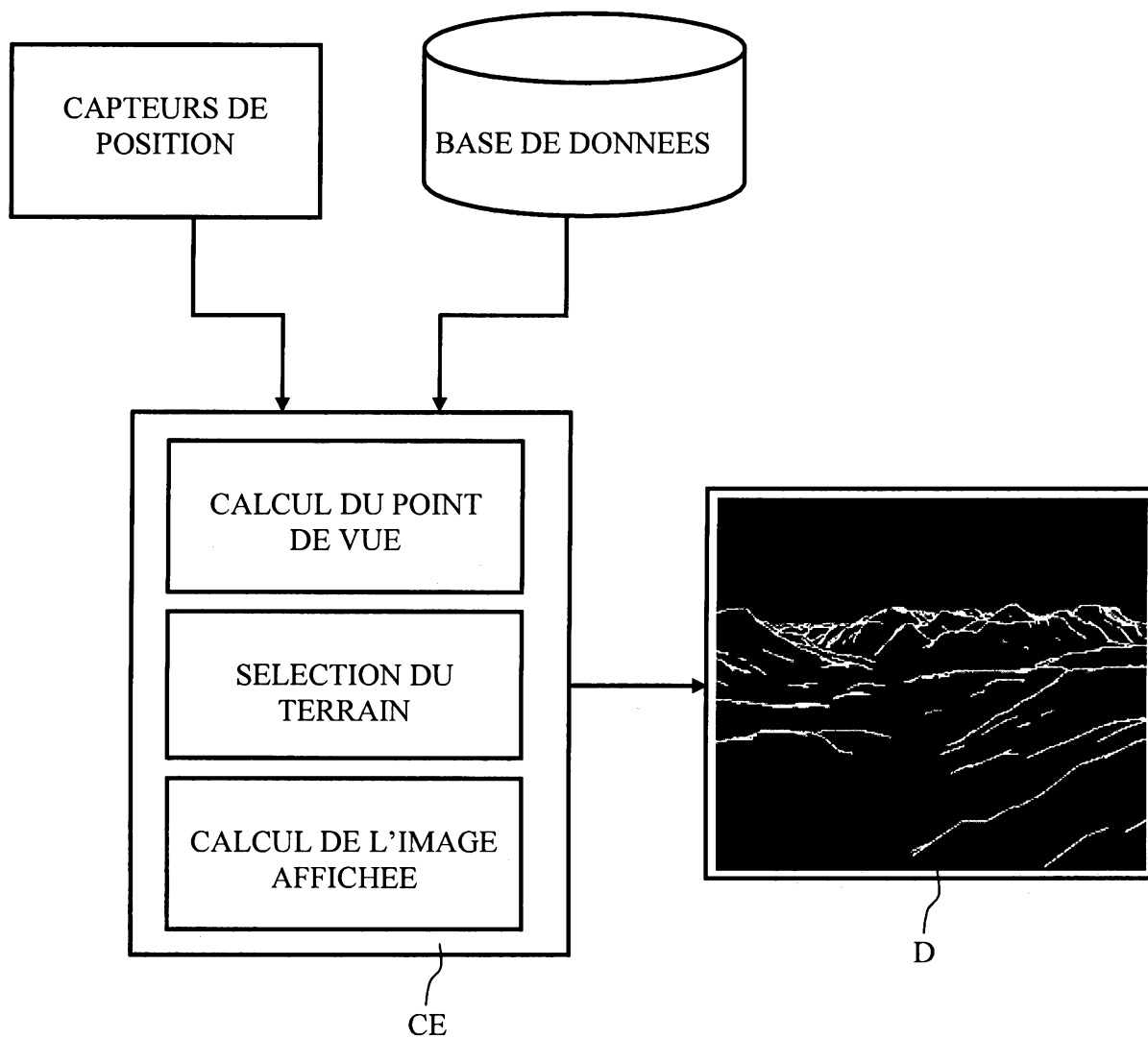


FIG. 1

FIG. 2

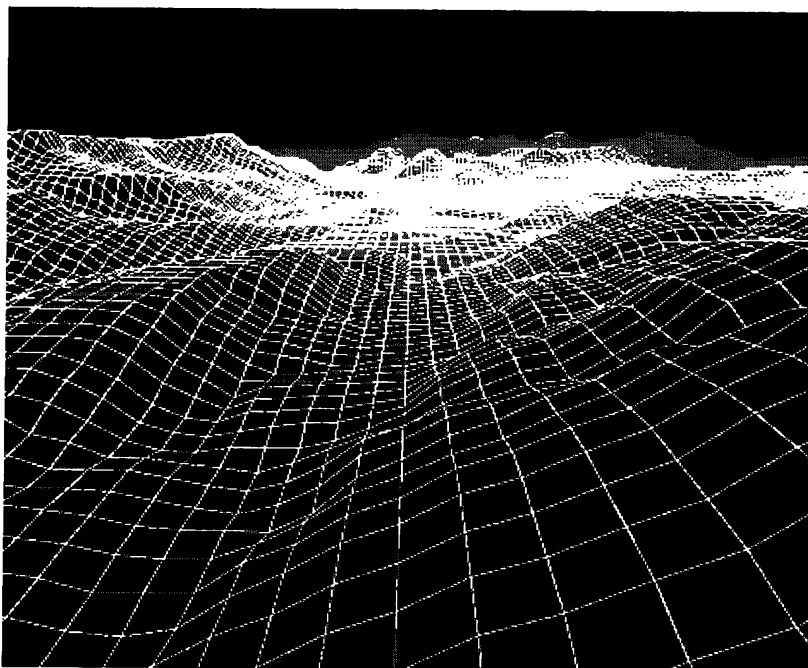


FIG. 3

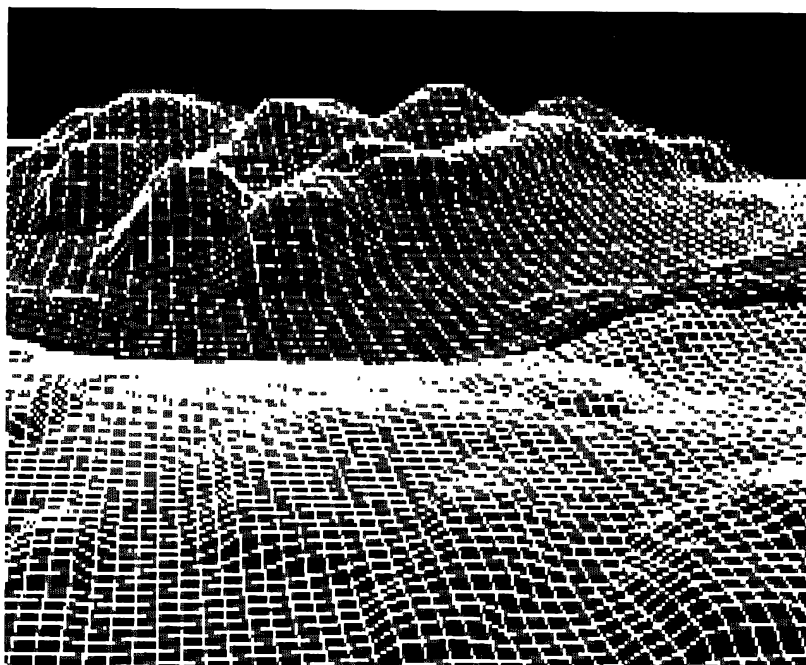


FIG. 4

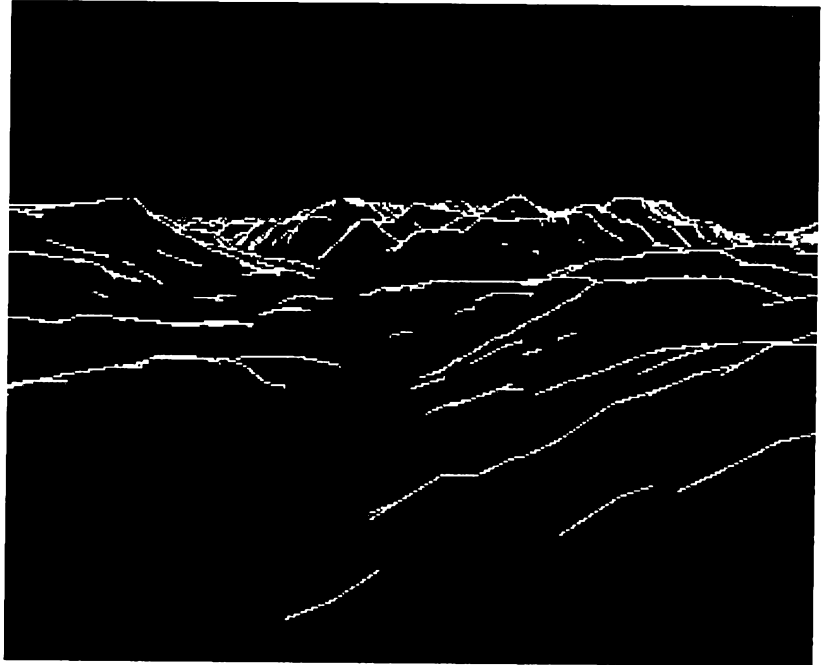
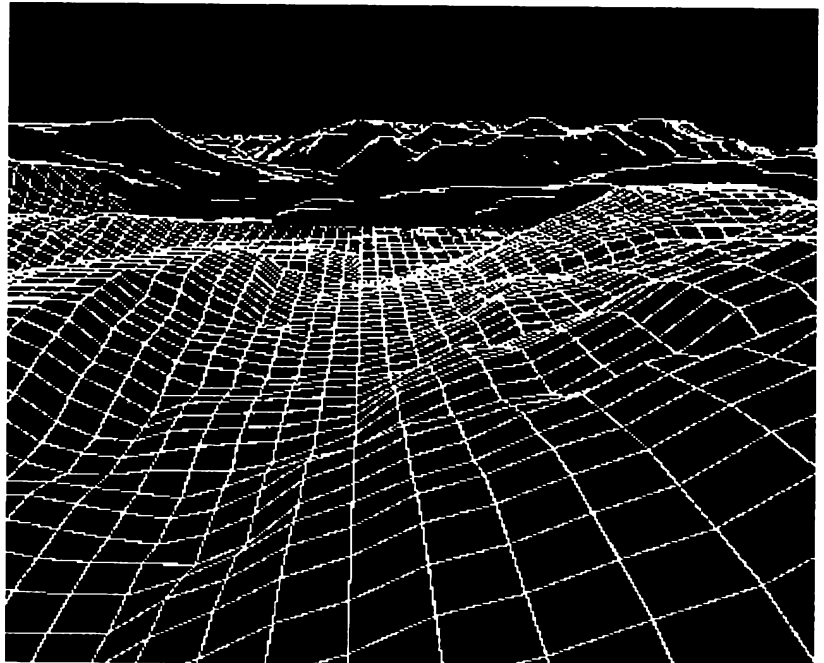


FIG. 5



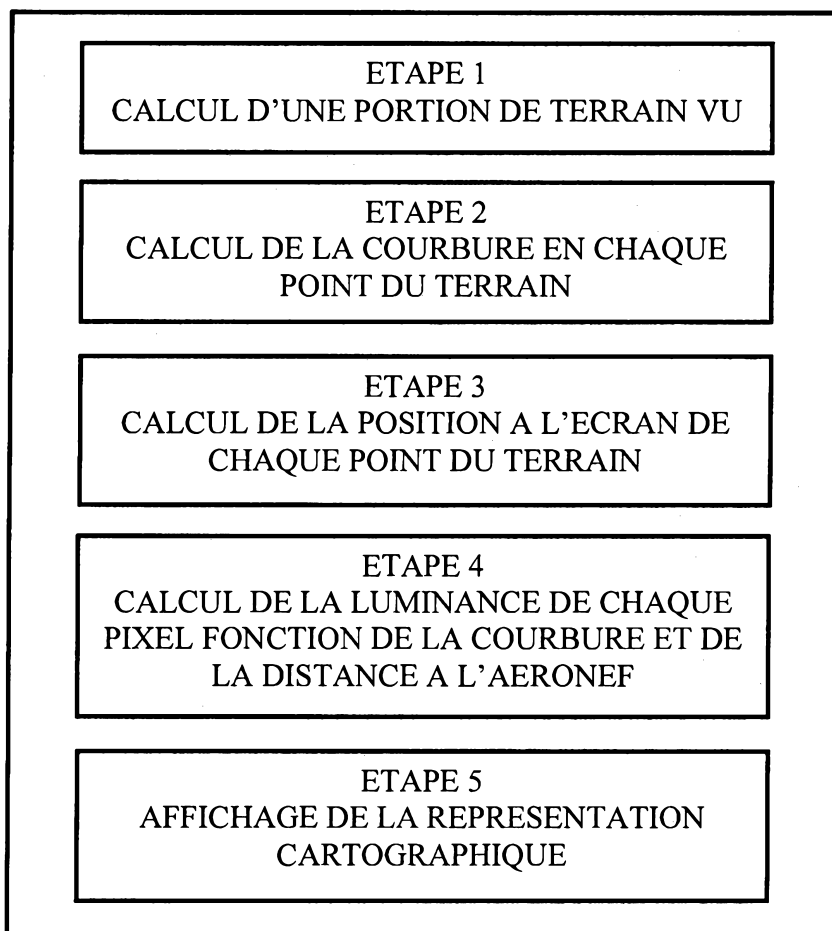


FIG. 6

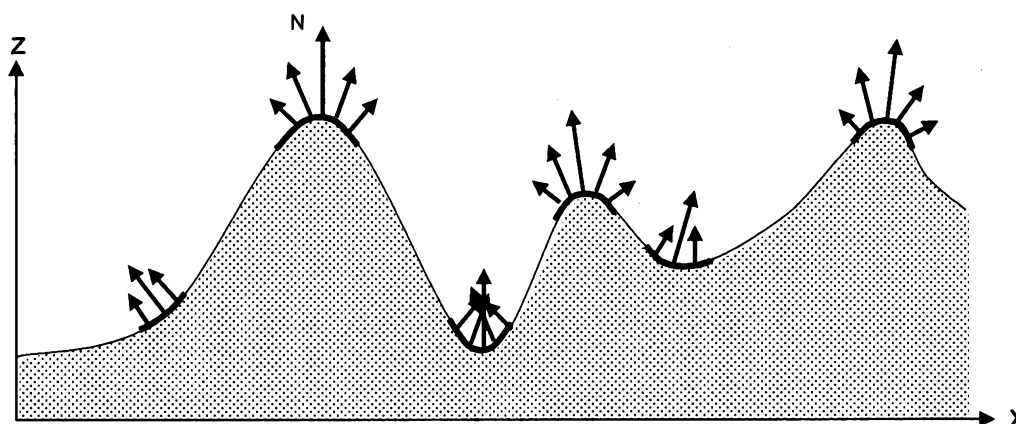


FIG. 7

FIG. 8

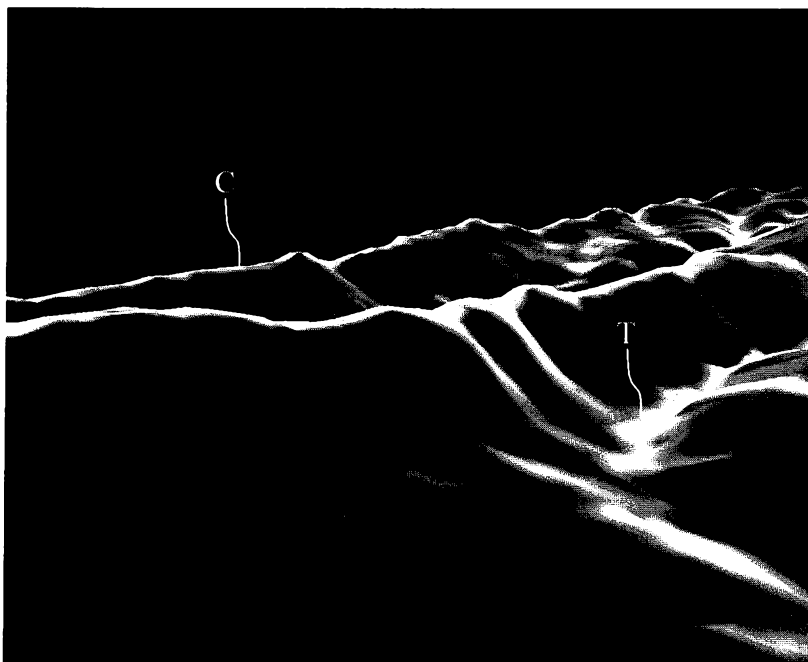
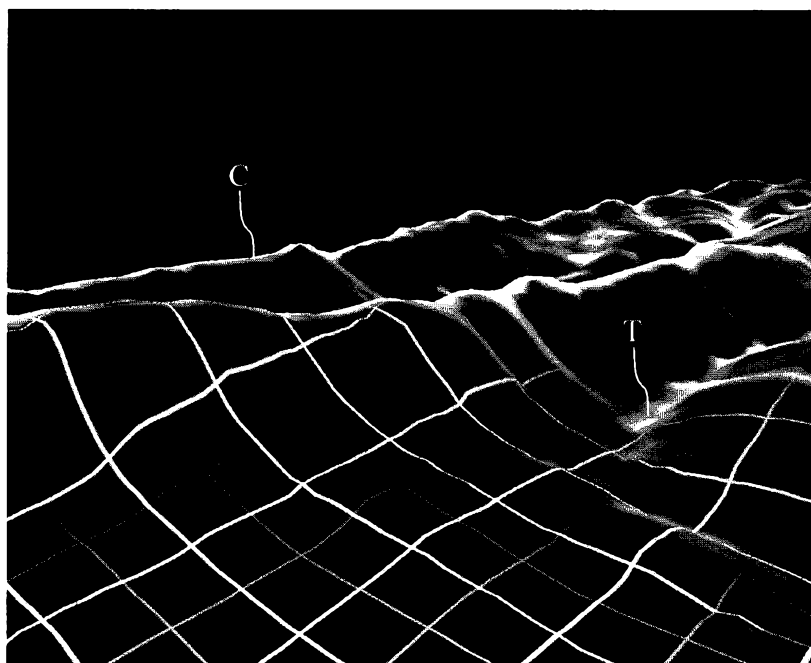


FIG. 9



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

EP 2 717 230 A1 (DASSAULT AVIAT [FR])
9 avril 2014 (2014-04-09)

KYUNGGUN NA ET AL: "Redeeming Valleys and Ridges for Line-Drawing", 1 janvier 2005 (2005-01-01), ADVANCES IN MULTIMEDIA INFORMATION PROCESSING - PCM 2005 : 6TH PACIFIC-RIM CONFERENCE ON MULTIMEDIA, JEJU ISLAND, KOREA, NOVEMBER 13-16, 2005; PROCEEDINGS; [LECTURE NOTES IN COMPUTER SCIENCE ; 3767], SPRINGER, BERLIN, DE, PAGE(S) 327 - 338, XP019023971, ISBN: 978-3-540-30027-4

BENNETT P J: "Enhanced navigation and displays from passive terrain referenced avionics", 19880523; 19880523 - 19880527, 23 mai 1988 (1988-05-23), pages 209-216, XP010076893,

EP 0 454 129 A2 (HONEYWELL INC [US])
30 octobre 1991 (1991-10-30)

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

ANNA M. LEONOWICZ ET AL: "Automated Reduction of Visual Complexity in Small-Scale Relief Shading", CARTOGRAPHICA, vol. 45, no. 1, 1 mars 2010 (2010-03-01), pages 64-74, XP055222687, CA
ISSN: 0317-7173, DOI: 10.3138/carto.45.1.64

KENNELLY ET AL: "Terrain maps displaying hill-shading with curvature", GEOMORPHOLOGY, ELSEVIER, AMSTERDAM, NL, vol. 102, no. 3-4, 15 décembre 2008 (2008-12-15), pages 567-577, XP025624731, ISSN: 0169-555X, DOI: 10.1016/J.GEOMORPH.2008.05.046 [extrait le 2008-06-08]

VERGNE R ET AL: "Improving Shape Depiction under Arbitrary Rendering", IEEE TRANSACTIONS ON VISUALIZATION AND COMPUTER GRAPHICS, IEEE SERVICE CENTER, LOS ALAMITOS, CA, US, vol. 17, no. 8, 1 août 2011 (2011-08-01), pages 1071-1081, XP011373292, ISSN: 1077-2626, DOI: 10.1109/TVCG.2010.252

US 8 264 498 B1 (VANDERKAMP TRAVIS S [US] ET AL)
11 septembre 2012 (2012-09-11)

US 7 098 913 B1 (ETHERINGTON TIMOTHY J [US] ET AL)
29 août 2006 (2006-08-29)

N° d'enregistrement national : 1402836

N° de publication : 3030092

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

NEANT