

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 09.11.07.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 15.05.09 Bulletin 09/20.

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) : CANON KABUSHIKI KAISHA — JP.

72 Inventeur(s) : VANDAMME BENOIT.

73 Titulaire(s) :

74 Mandataire(s) : CANON RESEARCH CENTRE
FRANCE.

54 PROCÉDE, DISPOSITIF D'IDENTIFICATION D'UN ENSEMBLE DE PIXELS DONT LES VALEURS SONT
DESTINÉES A ÊTRE UTILISÉES POUR DÉTERMINER LA VALEUR D'UN PIXEL.

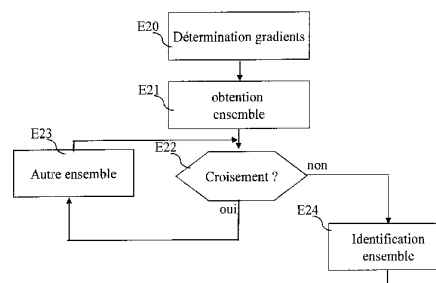
57 L'invention concerne un procédé d'identification d'un
ensemble de pixels dont les valeurs sont destinées à être
utilisées pour déterminer la valeur d'un pixel cible. Selon
l'invention, on :

- détermine, pour une pluralité de pixels, des gradients
(E20),

- on obtient (E21) un ensemble de pixels constitué du
pixel cible et d'au moins deux sous ensembles de pixels, un
premier sous ensemble de pixels s'étendant dans une pre-
mière direction et un second sous ensemble de pixels
s'étendant dans une seconde direction,

- on obtient (E22) des première et seconde mesures, la
première mesure étant une mesure d'une différence d'angle
entre la première direction et le gradient d'au moins un pixel
du premier sous ensemble de pixels, la seconde mesure
étant une mesure d'une différence d'angle entre la seconde
direction et le gradient d'au moins un pixel du second sous
ensemble de pixels,

- on identifie (E24) l'ensemble de pixels comme l'ensem-
ble de pixels dont les valeurs sont destinées à être utilisées
pour déterminer la valeur du pixel cible en fonction des pre-
mière et seconde mesures.



La présente invention concerne un procédé et un dispositif d'identification d'un ensemble de pixels dont les valeurs sont destinées à être utilisées pour déterminer la valeur d'un pixel.

La présente invention trouve, par exemple et de manière non limitative, application dans les systèmes de traitement ayant pour but de supprimer le bruit présent dans les images numériques ou dans les systèmes de traitement ayant pour but de rehausser les contours dans les images numériques.

Classiquement, dans le traitement d'images numériques, les valeurs des pixels des images numériques sont déterminées en fonction des valeurs des pixels voisins du pixel traité. Ces déterminations sont classiquement effectuées à partir de produits de convolution des pixels. Ces traitements ont pour but de fournir une image avec moins de bruit tout en préservant les autres caractéristiques de l'image.

En pratique, la diminution du bruit s'accompagne généralement d'une diminution partielle des textures, et/ou d'une diffusion sensible des bords ou contours et des points saillants compris dans l'image numérique.

Certaines méthodes de traitement utilisent des convolutions dites anisotropiques : un ensemble de pixels voisins est déterminé pour chaque pixel en fonction des valeurs prises par les pixels voisins. De telles approches adaptent localement l'ensemble de pixels utilisé pour la détermination de la valeur d'un pixel pour tenir compte des caractéristiques de l'image traitée. Ces méthodes sont coûteuses en temps de calcul et le temps de traitement de petites images se mesure typiquement en secondes.

Bien qu'intéressantes quant à la qualité du traitement de l'image, ces méthodes ne conviennent pas au traitement temps réel de séquences vidéo.

L'invention cherche à résoudre les inconvénients de l'art antérieur en proposant un procédé et un dispositif d'identification d'un ensemble de pixels dont les valeurs sont destinées à être utilisées pour déterminer la valeur d'un pixel qui soit compatible avec des contraintes temps réel de traitement de séquences vidéo et qui évite une diffusion sensible des bords ou contours et des points saillants compris dans les images numériques.

A cette fin, selon un premier aspect, l'invention propose un procédé d'identification d'un ensemble de pixels dont les valeurs sont destinées à être utilisées pour déterminer la valeur d'un pixel cible, les pixels étant des pixels d'une image numérique, caractérisé en ce que le procédé comporte les étapes de :

- détermination, pour au moins une pluralité de pixels situés au voisinage du pixel cible, de gradients, chaque gradient étant défini par une direction,
 - obtention d'un ensemble de pixels constitué du pixel cible et d'au moins deux sous ensembles de pixels, un premier sous ensemble de pixels s'étendant dans une première direction et un second sous ensemble de pixels s'étendant dans une seconde direction, chaque pixel de l'ensemble de pixels étant contigu à un autre pixel de l'ensemble de pixels,
 - obtention de première et seconde mesures, la première mesure étant une mesure d'une différence d'angle entre la première direction et le gradient d'au moins un pixel du premier sous ensemble de pixels, la seconde mesure étant une mesure d'une différence d'angle entre la seconde direction et le gradient d'au moins un pixel du second sous ensemble de pixels,
 - identification de l'ensemble de pixels comme l'ensemble de pixels dont les valeurs sont destinées à être utilisées pour déterminer la valeur du pixel cible en fonction des première et seconde mesures.
- Corrélativement, l'invention concerne un dispositif d'identification d'un ensemble de pixels dont les valeurs sont destinées à être utilisées pour déterminer la valeur d'un pixel cible, les pixels étant des pixels d'une image numérique, caractérisé en ce que le dispositif comporte :
- des moyens de détermination, pour au moins une pluralité de pixels situés au voisinage du pixel cible, de gradients, chaque gradient étant défini par une direction,
 - des moyens d'obtention d'un ensemble de pixels constitué du pixel cible et d'au moins deux sous ensembles de pixels, un premier sous ensemble de pixels s'étendant dans une première direction et un second sous ensemble de pixels s'étendant dans une seconde direction, chaque pixel de l'ensemble de pixels étant contigu à un autre pixel de l'ensemble de pixels,
 - des moyens d'obtention de première et seconde mesures, la première mesure étant une mesure d'une différence d'angle entre la première direction et le gradient d'au moins un pixel du premier sous ensemble de pixels, la seconde mesure étant une mesure d'une différence d'angle entre la seconde direction et le gradient d'au moins un pixel du second sous ensemble de pixels,
 - des moyens d'identification de l'ensemble de pixels comme l'ensemble de pixels dont les valeurs sont destinées à être utilisées pour déterminer la valeur du pixel cible en fonction des première et seconde mesures.

Ainsi, les bords ou les contours ou les points saillants compris dans une image numérique ne se diffusent pas.

Selon un autre aspect de l'invention, l'ensemble de pixels est identifié en fonction des première et seconde mesures en vérifiant si l'angle entre la direction du gradient de chaque pixel du premier sous ensemble de pixels et la normale de la direction du premier sous ensemble de pixels a une valeur inférieure à un seuil et si l'angle entre la direction du gradient de chaque pixel du second sous ensemble de pixels et la normale de la direction du second sous ensemble de pixels a une valeur inférieure au seuil.

Selon un autre aspect de l'invention, chaque gradient est en outre défini par une norme et on détermine le seuil à partir des normes des gradients déterminés.

10 Selon un autre aspect de l'invention, on :

- sélectionne un premier ensemble de pixels dont les directions des premier et second sous ensembles de pixels sont opposées et orthogonales au gradient du pixel cible,
- calcule pour chaque pixel du premier sous ensemble de pixels, un coefficient à partir de la norme du gradient du pixel et de l'angle entre la direction du gradient du pixel et la normale de la direction du premier sous ensemble de pixels,
- calcule un coefficient associé au premier sous ensemble de pixels à partir des coefficients calculés pour chaque pixel du premier sous ensemble de pixels,
- compare le coefficient associé au premier sous ensemble de pixels au seuil,
- 20 - sélectionne, si le coefficient associé au premier sous ensemble de pixels est supérieur au seuil, un second ensemble de pixels dont la direction du premier sous ensemble de pixels est différente de la direction du premier sous ensemble de pixels du premier ensemble de pixels.

Ainsi, la détermination de l'ensemble de pixels est effectuée simplement. En choisissant un ensemble de pixels constitué de deux sous ensembles de pixels s'étendant dans deux directions, il est possible, en ajustant une des directions, d'obtenir rapidement un ensemble de pixels dont la forme est adaptée aux valeurs des pixels voisins du pixel cible dont la valeur est à déterminer.

Selon un autre aspect de l'invention, on :

- 30 - calcule pour chaque pixel du second sous ensemble de pixels, un coefficient à partir de la norme du gradient du pixel et de l'angle entre la direction du gradient du pixel et la normale de la direction du second sous ensemble de pixels,

- calcule un coefficient associé au second sous ensemble de pixels à partir des coefficients calculés pour chaque pixel du second sous ensemble de pixels,

- compare le coefficient associé au second sous ensemble de pixels au seuil,

- sélectionne, si le coefficient associé au second sous ensemble de pixels est supérieur au seuil, un second ensemble de pixels dont la direction du second sous ensemble de pixels est différente de la direction du second sous ensemble de pixels du premier ensemble de pixels.

Ainsi, la détermination de l'ensemble de pixels est effectuée simplement. En choisissant un ensemble de pixels constitué de deux sous ensembles de pixels s'étendant dans deux directions, il est possible, en ajustant deux directions, d'obtenir rapidement un ensemble de pixels dont la forme est adaptée aux valeurs des pixels voisins du pixel cible dont la valeur est à déterminer.

Selon un autre aspect de l'invention, la détermination de directions et la sélection se décomposent en un :

- calcul de la valeur d'un angle associé au premier sous ensemble de pixels à partir de la direction du gradient de chaque pixel du premier sous ensemble de pixels,

- calcul de la valeur d'un angle associé au second sous ensemble de pixels à partir de la direction du gradient de chaque pixel du second sous ensemble de pixels,

et le second ensemble de pixels est sélectionné à partir des valeurs des angles associés aux sous ensembles de pixels.

Ainsi, la détermination de l'ensemble de pixels est effectuée rapidement. La méthode de sélection selon la présente invention est compatible avec les contraintes temps réel liées aux séquences vidéo.

Selon un autre aspect de l'invention, un indice est associé à chaque ensemble de pixels et le second ensemble de pixels sélectionné est l'ensemble de pixels dont l'indice correspond à une valeur calculée à partir des valeurs des angles associés aux sous ensembles de pixels.

Ainsi, la détermination de l'ensemble de pixels est effectuée rapidement. La méthode de sélection selon la présente invention est compatible avec les contraintes temps réel liées aux séquences vidéo.

Selon un autre aspect de l'invention, les sous ensembles comportent le même nombre de pixels.

Ainsi, la détermination de l'ensemble de pixels est effectuée rapidement. La méthode de sélection selon la présente invention est compatible avec les contraintes temps réel liées aux séquences vidéo.

5 Selon un autre aspect de l'invention, les sous étapes de calcul et de sélection sont itérées au maximum un nombre prédéterminé de fois pour le pixel cible.

Ainsi, la détermination de l'ensemble de pixels est effectuée rapidement. La méthode de sélection selon la présente invention est compatible avec les contraintes temps réel liées aux séquences vidéo.

10 Selon un autre aspect de l'invention, si les sous étapes de calcul et de sélection sont exécutées le nombre prédéterminé de fois pour le pixel cible et si les coefficients associés aux sous ensembles de pixels ont une valeur similaire entre les itérations, on réduit le nombre de pixels compris dans au moins un des sous ensembles.

Ainsi, la présente invention est apte à prendre en compte des pixels singuliers d'une image numérique.

15 Selon un autre aspect de l'invention, le ou chaque ensemble de pixels est en outre constitué d'au moins un troisième et un quatrième sous ensembles de pixels, le troisième sous ensemble de pixels s'étendant dans une troisième direction et le quatrième sous ensemble de pixels s'étendant dans une quatrième direction, et l'ensemble de pixels est identifié comme l'ensemble de pixels dont les valeurs sont
20 destinées à être utilisées pour déterminer la valeur du pixel cible, si l'angle entre la direction du gradient de chaque pixel du troisième sous ensemble de pixels et la normale de la direction du troisième sous ensemble de pixels a une valeur inférieure à un seuil et si l'angle entre la direction du gradient de chaque pixel du quatrième sous ensemble de pixels et la normale de la direction du quatrième sous ensemble de pixels
25 a une valeur inférieure au seuil.

Selon un autre aspect de l'invention, un pixel du premier sous ensemble de pixels et un pixel du second sous ensemble de pixels sont contigus au pixel cible.

Selon un autre aspect de l'invention, la direction dans laquelle s'étend le premier sous-ensemble de pixels est déterminée à partir du pixel cible et la direction dans laquelle s'étend le second sous-ensemble de pixels est déterminée à partir du pixel cible.

Selon un autre aspect de l'invention, on détermine la valeur du pixel cible à partir des valeurs des pixels de l'ensemble de pixels sélectionné.

Ainsi, la qualité de l'image numérique est améliorée.

Selon un autre aspect de l'invention, la présente invention est exécutée pour chaque pixel de l'image numérique.

Ainsi, la qualité de l'image numérique est améliorée.

L'invention concerne également un procédé de restauration d'image numérique comportant un ensemble de pixels représentés sur une pluralité de niveaux de gris. Le procédé comporte avantageusement, pour au moins un pixel cible, les étapes de :

- identification d'un ensemble de pixels dont les valeurs sont destinées à être utilisées pour déterminer la valeur du pixel cible, en appliquant un procédé d'identification tel que décrit ci-dessus, et

- détermination de la valeur du pixel cible à partir des valeurs des pixels de l'ensemble de pixels sélectionné.

L'invention concerne aussi le programme d'ordinateur stocké sur un support
5 d'informations, ledit programme comportant des instructions permettant de mettre en œuvre le procédé précédemment décrit, lorsqu'il est chargé et exécuté par un système informatique.

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

la Fig. 1 représente un dispositif d'identification d'un ensemble de pixels dont les valeurs sont destinées à être utilisées pour déterminer la valeur d'un pixel cible;

la Fig. 2 représente un algorithme d'identification d'un ensemble de pixels dont
15 les valeurs sont destinées à être utilisées pour déterminer la valeur d'un pixel cible;

la Fig. 3 représente algorithme d'identification d'un ensemble de pixels dont les valeurs sont destinées à être utilisées pour déterminer la valeur d'un pixel cible selon un mode particulier de la présente invention ;

les Figs. 4a à 4h représentent différents exemples de formes d'ensembles de
20 pixels selon la présente invention ;

les Figs. 5a à 5c représentent différentes sélections d'un ensemble de pixels selon la présente invention.

La **Fig. 1** représente un dispositif d'identification d'un ensemble de pixels dont
25 les valeurs sont destinées à être utilisées pour déterminer la valeur d'un pixel.

Le dispositif d'identification est dans un mode préféré de la présente invention, un dispositif de sélection, parmi une pluralité d'ensembles de pixels, d'un ensemble de pixels dont les valeurs sont destinées à être utilisées pour déterminer la valeur d'un pixel.

5 Le dispositif d'identification sera par la suite appelé dispositif de sélection 10.

Le dispositif de sélection 10 est par exemple un ordinateur comportant un bus de communication 101 auquel sont reliés une unité centrale UC 100, une mémoire morte ROM 102, une mémoire vive RAM 103, un écran 104, un clavier 105, une interface de communication 106 avec un réseau de télécommunication 150, un disque
10 dur DD 108 et un lecteur enregistreur de données lect/enr 109 sur un support amovible.

Il est à remarquer ici qu'en variante, le dispositif de sélection 10 est constitué d'un ou plusieurs circuits intégrés dédiés qui sont aptes à mettre en œuvre le procédé tel que décrit en référence aux Figs. 2 et 3. Ces circuits intégrés sont par exemple et de
15 manière non limitative, intégrés dans un appareil de capture d'image fixe ou vidéo afin d'optimiser la qualité de l'image acquise ou dans un appareil de rendu d'image tel qu'un écran, une imprimante afin de palier aux défauts de transmission de l'image ou de la vidéo reçue.

La mémoire morte ROM 102 mémorise entre autres le programme mettant en
20 œuvre le procédé de l'invention qui sera décrit ultérieurement en référence aux Figs. 2 et 3.

De manière plus générale, le programme selon la présente invention est mémorisé dans un moyen de stockage. Ce moyen de stockage est lisible par un ordinateur ou un microprocesseur 100. Ce moyen de stockage est intégré ou non au
25 dispositif de sélection 10, et peut être amovible.

Lors de la mise sous tension du dispositif de sélection 10, ou lors du lancement du logiciel de sélection d'un ensemble de pixels, le programme selon la présente invention est transféré de la mémoire morte ROM 102 vers la mémoire vive RAM 103 qui contient alors le code exécutable de l'invention ainsi que les données
30 nécessaires à la mise en œuvre de l'invention.

Le dispositif de sélection 10 comporte également un écran 104 apte à reproduire des informations représentatives du traitement effectué sur des images numériques.

Par l'intermédiaire du clavier 105 et de l'écran 104, l'utilisateur sélectionne une partie d'une image numérique ou une image numérique à traiter.

Bien entendu, le clavier 105 peut être remplacé ou complémenté par une interface homme machine telle qu'une souris.

L'interface réseau 106 permet la réception d'images numériques à traiter ou le transfert, par l'intermédiaire du réseau de télécommunication 150, d'images numériques traitées.

Le disque dur 108 mémorise les images numériques traitées ou à traiter par la présente invention. Le disque dur 108 mémorise aussi en variante le programme mettant en œuvre l'invention qui sera décrit ultérieurement en référence aux Figs. 2 et 3.

Le lecteur/enregistreur de données 109 est adapté à lire ou écrire des données dans un moyen de mémorisation amovible et est par exemple un lecteur/enregistreur de disques compacts. Le lecteur/enregistreur de données 109 est apte à lire le programme selon la présente invention dans un moyen de mémorisation amovible afin que le programme soit transféré sur le disque dur 108. Le lecteur enregistreur de données 109 est aussi apte à mémoriser les images numériques traitées sur un tel support d'informations amovible.

La **Fig. 2** représente un algorithme d'identification d'un ensemble de pixels dont les valeurs sont destinées à être utilisées pour déterminer la valeur d'un pixel cible.

Plus précisément, le présent algorithme est exécuté par le processeur 100 du dispositif de sélection 10.

Le présent algorithme est exécuté pour au moins une partie des pixels d'une image numérique à traiter. Préférentiellement, le présent algorithme est exécuté pour chaque pixel de l'image numérique à traiter. De préférence, l'algorithme est appliqué sur la luminance de l'image numérique à traiter, la luminance de chaque pixel étant représentée sur un nombre prédéterminé de niveaux de gris, par exemple 256.

A l'étape E20, le processeur 100 détermine les gradients de chaque pixel de l'image à traiter.

Les gradients sont par exemple déterminés à partir de la méthode de Sobel qui prévoit une convolution par des masques carrés de trois pixels de côté.

Préférentiellement, le gradient de chaque pixel noté $x_{i,j}$, où i est l'indice du pixel sur l'axe horizontal et j est l'indice du pixel sur l'axe vertical, est déterminé en calculant la dérivée $I_{hi,j}$ de la valeur des pixels connexes au pixel $x_{i,j}$ et situés sur la même droite horizontale que le pixel $x_{i,j}$ et en calculant une seconde dérivée $I_{vi,j}$ des

valeurs des pixels connexes au pixel x_{ij} et situé sur la même droite verticale que le pixel x_{ij} .

Ainsi, dans cet exemple, pour un pixel de valeur x_{ij} , $I_{hi,j} = (x_{i+1,j} - x_{i-1,j})/2$ et $I_{vi,j} = (x_{i,j+1} - x_{i,j-1})/2$.

- 5 Le gradient d'un pixel est caractérisé par sa direction et sa norme. La direction du gradient du pixel x_{ij} est donnée par $I_{\theta,j} = \arctan\left(\frac{I_{vi,j}}{I_{hi,j}}\right)$ et la norme du gradient du pixel x_{ij} est donnée par $I_{Ni,j} = \sqrt{I_{hi,j}^2 + I_{vi,j}^2}$.

La direction et la norme de chaque gradient de pixel sont mémorisées dans la mémoire RAM 103.

- 10 En d'autres termes, dans cet exemple, $I_{hi,j}$ et $I_{vi,j}$ sont calculées par une convolution à unidimensionnelle, respectivement horizontale et verticale. Les trois coefficients de convolution sont dans cet exemple : $[-1/2, 0, 1/2]$ pour les deux convolutions.

- 15 A l'étape E21, le processeur 100 obtient un ensemble de pixels. Dans cet exemple de mise en œuvre, l'ensemble de pixels est pris parmi une pluralité d'ensembles de pixels.

- Un ensemble de pixels est, selon la présente invention, constitué du pixel cible dont la valeur est à déterminer, d'un premier sous ensemble de pixels et d'un second sous ensemble de pixels, le premier sous ensemble de pixels s'étendant dans une première direction et le second sous ensemble de pixels s'étendant dans une seconde direction.

La direction dans laquelle s'étend chaque sous-ensemble est déterminée à partir du pixel cible, comme montré ci-après en référence aux Figs 4a à 4h.

- 25 Préférentiellement les deux directions sont non opposées, c'est-à-dire que les directions sont séparées d'un angle différent de 180 degrés.

Des exemples d'ensembles de pixels sont donnés dans les Figs. 4a et 4f.

- 30 A l'étape E22, le processeur 100 obtient des première et seconde mesures, la première mesure étant une mesure d'une différence d'angle entre la première direction et le gradient d'au moins un pixel du premier sous ensemble de pixels, la seconde mesure étant une mesure d'une différence d'angle entre la seconde direction et le gradient d'au moins un pixel du second sous ensemble de pixels. Ces mesures sont destinées à servir dans l'étape ultérieure E24 à l'identification de l'ensemble de pixels dont les valeurs sont destinées à être utilisées pour déterminer la valeur du pixel cible.

Dans le mode de mise en œuvre préféré, le processeur vérifie si l'angle entre la direction du gradient de chaque pixel du premier sous ensemble de pixels et la normale de la direction du premier sous ensemble de pixels a une valeur inférieure à un seuil et si l'angle entre la direction du gradient de chaque pixel du second sous ensemble de pixels et la normale de la direction du second sous ensemble de pixels a une valeur inférieure au seuil.

Si l'angle entre la direction du gradient de chaque pixel du premier sous ensemble de pixels et la normale de la direction du premier sous ensemble de pixels a une valeur inférieure au seuil et si l'angle entre la direction du gradient de chaque pixel du second sous ensemble de pixels et la normale de la direction du second sous ensemble de pixels a une valeur inférieure au seuil, le processeur 100 passe à l'étape E24 et identifie l'ensemble de pixels comme l'ensemble de pixels dont les valeurs sont destinées à être utilisées pour déterminer la valeur du pixel cible.

Cette étape effectuée, le processeur 100, considère un nouveau pixel dont la valeur est à traiter et retourne à l'étape E21.

Si l'angle entre la direction du gradient d'au moins un pixel du premier sous ensemble de pixels et la normale de la direction du premier sous ensemble de pixels a une valeur supérieure ou égale au seuil ou si l'angle entre la direction du gradient d'au moins un pixel du second sous ensemble de pixels et la normale de la direction du second sous ensemble de pixels a une valeur supérieure ou égale au seuil, le processeur 100 passe à l'étape E23, sélectionne un autre ensemble de pixels et retourne à l'étape E22.

La **Fig. 3** représente un algorithme d'identification d'un ensemble de pixels dont les valeurs sont destinées à être utilisées pour déterminer la valeur d'un pixel cible selon un mode particulier de la présente invention.

Plus précisément, le présent algorithme est exécuté par le processeur 100 du dispositif de sélection 10.

Le présent algorithme est exécuté pour au moins une partie des pixels d'une image numérique à traiter. Préférentiellement, le présent algorithme est exécuté pour chaque pixel de l'image numérique à traiter.

A l'étape E300, le processeur 100 détermine les gradients de chaque pixel de l'image à traiter de la même manière que celle décrite à l'étape E20 de l'algorithme de la Fig. 2.

A l'étape suivante E301, le processeur 100 détermine un seuil noté s par étude statistique des valeurs des normes de gradients calculées précédemment. La statistique est par exemple basée sur la moyenne et la variance des normes de gradients. Si l'on note μ et σ la moyenne et variance des normes de gradients, le seuil s peut être égal à : $s = \mu + k\sigma$. Avec, k le coefficient de seuillage pouvant être, par exemple, égal à la valeur deux ou trois.

Il est à remarquer ici que le calcul du seuil s est adéquat pour des images ayant un niveau de bruit globalement homogène sur l'image. Si ce niveau de bruit est variable sur l'image, ou si pour certaines zones de l'image des détails de faibles contrastes sont plus importants, il serait alors approprié de considérer un seuillage s pour chaque pixel de l'image.

En variante, le seuil s a une valeur prédéterminée.

A l'étape E303, le processeur 100 obtient un ensemble de pixels parmi une pluralité d'ensembles de pixels.

Préférentiellement l'ensemble de pixels est obtenu en sélectionnant un ensemble de pixels dont les directions des premier et second sous ensembles de pixels sont opposées et orthogonales à la direction du gradient du pixel cible. Ainsi, cette sélection est réalisée de manière simple et systématique.

L'ensemble de pixels sélectionné est l'ensemble de pixels tel que représenté à la **Fig. 4a** si la direction du gradient du pixel cible est verticale.

Dans la Fig. 4a, la direction du premier sous ensemble de pixels SE1 est opposée à la direction du second sous ensemble de pixels SE2.

Le pixel cible est le pixel hachuré.

Si la direction du gradient du pixel cible est horizontale, l'ensemble de pixels sélectionné est l'ensemble de pixels représenté à la **Fig. 4b**.

Les **Figs. 4c à 4g** représentent différents exemples de formes d'ensembles de pixels selon la présente invention.

Le pixel cible est le pixel hachuré, les premier et second sous ensembles de pixels s'étendent selon une même direction comme cela est montré dans la Fig. 4c ou s'étendent selon différentes directions.

Un pixel du premier sous ensemble de pixels et un pixel du second sous ensemble de pixels sont contigus au pixel cible.

La **Fig. 4h** représente l'exemple d'un ensemble de pixels formé de quatre sous ensembles de pixels SE1, SE2, SE3 et SE4, d'ensembles de pixels selon la présente invention.

Le pixel cible est le pixel hachuré, les premier et second sous ensembles de pixels s'étendent selon différentes directions et les troisièmes et quatrièmes sous ensembles de pixels s'étendent selon différentes directions.

Un pixel du premier sous ensemble de pixels et un pixel du second sous ensemble de pixels sont contigus au pixel cible.

A l'étape suivante E304, le processeur 100 détermine l'angle θ_1 représentatif de la direction du premier sous ensemble de pixels SE1 et l'angle θ_2 représentatif de la direction du second sous ensemble de pixels SE2. Les valeurs des angles θ_1 et θ_2 sont par rapport à l'horizontale représentée par un trait pointillé à la Fig. 4d. Les valeurs des angles θ_1 et θ_2 sont associées à la forme de l'ensemble sélectionné. En d'autres termes, en connaissant l'ensemble sélectionné, on connaît les θ_1 et θ_2 . Les valeurs de θ_1 et θ_2 associées avec chaque forme sont par exemple stockées à l'avance dans la mémoire 103, et lues à partir de la mémoire 103 à l'étape E304.

A l'étape suivante E305, le processeur 100 détermine, pour chaque pixel x_{ij} du premier sous ensemble de pixels, l'angle $\theta_{1 \rightarrow x_{ij}}$ formé entre la normale du premier sous ensemble de pixels et la direction $I_{\varphi,j}$ du gradient du pixel x_{ij} .

En d'autre termes, le processeur 100 calcule pour chaque pixel x_{ij} du premier sous ensemble de pixels, l'angle $\theta_{1 \rightarrow x_{ij}} = \theta_1 + 90^\circ - I_{\varphi,j}$.

A cette même étape, le processeur 100 détermine, pour chaque pixel x_{ij} du second sous ensemble de pixels, l'angle $\theta_{2 \rightarrow x_{ij}}$ formé entre la normale du second sous ensemble de pixel et la direction $I_{\varphi,j}$ du gradient du pixel x_{ij} .

En d'autre termes, le processeur 100 calcule pour chaque pixel x_{ij} du second sous ensemble de pixels, l'angle $\theta_{2 \rightarrow x_{ij}} = \theta_2 + 90^\circ - I_{\varphi,j}$.

A l'étape suivante E306, le processeur 100 calcule pour chaque pixel du premier sous ensemble de pixels, un coefficient à partir de la norme du gradient du pixel et de l'angle entre la direction du gradient du pixel et la normale de la direction du premier sous ensemble de pixels.

Le coefficient $IC_{x_{ij}}$ ou l'intensité de croisement instantanée au pixel x_{ij} du premier sous ensemble est égale à : $IC_{x_{ij}} = g(\theta_{1 \rightarrow x_{ij}}, I_{Ni,j})$

La fonction g est croissante en fonction de $\theta_{1 \rightarrow x_{ij}}$ et $I_{Ni,j}$. Pour un calcul rapide, g est définie comme une simple multiplication.

A cette même étape, le processeur 100 calcule un coefficient IC_1 associé au premier sous ensemble de pixels, ou intensité de croisement, à partir des coefficients calculés pour chaque pixel du premier sous ensemble de pixels.

Par exemple, le coefficient IC_1 est défini comme la moyenne des intensités de croisement instantanées $IC_{xi,j}$ aux pixels $x_{i,j}$ du premier sous ensemble de pixels. En variante, le coefficient IC_1 est calculé à partir d'une moitié de fonction gaussienne, donnant plus de poids aux intensités de croisement instantané proches du pixel cible. Le coefficient IC_1 peut aussi être calculé à partir d'une fonction retournant le maximum des intensités de croisement instantanées. Ce choix permet de maximiser la

10 moindre erreur sur le sous ensemble, et donc de redéfinir le mieux possible une nouvelle orientation du premier sous ensemble de pixels. Cette solution est optimale pour des images très bruitées et permet de restaurer les images en préservant convenablement les contours. On note h la fonction de pondération permettant le calcul de IC_1 connaissant les intensités de croisement instantanées $IC_{xi,j}$.

15 A cette même étape, le processeur 100 calcule pour chaque pixel du second sous ensemble de pixels, un coefficient à partir de la norme du gradient du pixel et de l'angle entre la direction du gradient du pixel et la normale de la direction du second sous ensemble de pixels.

Le coefficient $IC_{xi,j}$ ou l'intensité de croisement instantanée au pixel $x_{i,j}$ du second sous ensemble est égale à : $IC_{xi,j} = g(\theta_{2 \rightarrow xi,j}, I_{Ni,j})$

20

La fonction g est croissante en fonction de $\theta_{2 \rightarrow xi,j}$ et $I_{Ni,j}$. Pour un calcul rapide, g est définie comme une simple multiplication.

A cette même étape, le processeur 100 calcule un coefficient IC_2 associé au second sous ensemble de pixels, ou intensité de croisement, à partir des coefficients calculés pour chaque pixel du second sous ensemble de pixels.

25

Par exemple, le coefficient IC_2 est défini comme la moyenne des intensités de croisement instantanées $IC_{xi,j}$ aux pixels $x_{i,j}$ du second sous ensemble de pixels. En variante, le coefficient IC_2 est calculé à partir d'une moitié de fonction gaussienne, donnant plus de poids aux intensités de croisement instantané proches du pixel cible.

30 Le coefficient IC_2 peut aussi être calculé à partir d'une fonction retournant le maximum des intensités de croisement instantané. Ce choix permet de maximiser la moindre erreur sur sous ensemble, et donc de redéfinir le mieux possible une nouvelle orientation du second sous ensemble de pixels. Cette solution est optimale pour des images très bruitées afin de bien préserver les contours. On note h la fonction de

pondération permettant le calcul de IC_2 connaissant les intensités de croisement instantanées $IC_{xi,j}$.

A l'étape E307, le processeur 100 détermine si les coefficients IC_1 et IC_2 sont inférieurs au seuil s .

- 5 Si les coefficients IC_1 et IC_2 sont inférieurs au seuil s , cela veut dire que la normale de la direction du premier sous ensemble de pixels ne croise la direction d'un gradient d'aucun pixel compris dans le premier sous ensemble de façon significative au sens du seuillage s et que la normale de la direction du second sous ensemble de pixels ne croise la direction d'aucun gradient d'un pixel compris dans le second sous ensemble de pixels de façon significative au sens du seuillage s . Dans ce cas, le
10 processeur 100 passe à l'étape E310 et sélectionne l'ensemble de pixels comme l'ensemble de pixels dont les valeurs sont destinées à être utilisées pour déterminer la valeur du pixel cible.

- Les étapes E303 à E307 ont été décrites lorsque l'ensemble de pixels est
15 constitué de deux sous ensembles de pixels. L'homme du métier comprend aisément comment adapter le présent algorithme lorsque l'ensemble de pixels est constitué de plus de deux sous ensembles de pixels en calculant un coefficient IC pour chaque sous ensemble et en vérifiant si chaque coefficients IC est inférieur au seuil s .

- Cette opération réalisée, le processeur 100 passe à l'étape E311 et détermine la
20 valeur du pixel cible.

- La valeur du pixel cible est déterminée en effectuant une convolution sur les valeurs des pixels compris dans l'ensemble sélectionné de pixels avec des opérateurs de convolution à N points où N représente le nombre de pixels compris dans l'ensemble des pixels. Un opérateur de convolution peut être une convolution linéaire
25 associée à des coefficients, un filtre médian ou encore tout autre type de filtres.

- Le choix des opérateurs de convolution est effectué en fonction du type de restauration souhaité pour l'image numérique à traiter. Un opérateur unique de type lissage peut être utilisé pour tous les pixels de l'image à traiter de manière à réduire le bruit de l'image numérique. Alternativement, un opérateur unique de type
30 rehaussement peut être utilisé pour tous les pixels de l'image à traiter de manière à rehausser les contrastes. Les détails fins et textures deviennent plus contrastés, les contours sont préservés.

Deux opérateurs, respectivement de type rehaussement et lissage, tous deux de même taille peuvent aussi être choisis. L'opérateur de lissage s'applique sur les pixels

dont la norme de gradient est faible, l'opérateur de rehaussement est appliqué pour les autres pixels. Cette combinaison permet de lisser le bruit des zones homogènes, et de rehausser les détails significatifs des autres zones. Cette restauration s'adapte aux images faiblement bruitées dont on souhaite rehausser les détails.

5 Les pixels de l'image numérique peuvent être convolués une ou plusieurs fois successivement pour obtenir un effet plus fort. L'effet produit conserve les contours ou détails dont les gradients associés sont supérieurs à s . Les autres détails de moindre contraste sont partiellement affectés.

Lorsque l'image est très bruitée, il est intéressant de procéder par
10 itération. L'image de gradients est, dans une première itération, lissée (choix d'un opérateur de lissage) par l'ensemble des ensembles de pixels sélectionnés. Elle devient plus cohérente et moins bruitée. Le seuil s et les ensembles de pixels sont déterminés de nouveau. Les ensembles de pixels obtenus en deuxième itération, sont plus aptes à éviter la diffusion des bords.

15 Si un des coefficients IC_1 et IC_2 est supérieur au seuil s , le processeur 100 passe de l'étape E307 à E308.

A l'étape E308, le processeur 100 vérifie si la boucle constituée des étapes E304 à E309 a été itérée un nombre prédéterminé de fois. Par exemple deux ou trois fois.

Si la boucle constituée des étapes E304 à E309 a été itérée un nombre
20 prédéterminé de fois, le processeur 100 passe à l'étape E312. Sinon, le processeur 100 passe à l'étape E309.

A l'étape E309, le processeur 100 détermine un nouvel ensemble de pixels.

Les ensembles de pixels utilisés pour la détermination de la valeur d'un pixel comportent le même nombre N impair de pixels et ainsi $(N-1)/2$ pixels sont compris
25 dans le premier sous ensemble de pixels et $(N-1)/2$ pixels sont compris dans le second sous ensemble de pixels. L'ensemble de pixels peut donc être assimilé à deux sous ensembles unidimensionnels. Le nombre d'ensembles de pixels distincts est fonction de N .

Selon l'invention, le nouvel ensemble de pixels est déterminé en modifiant la
30 direction d'au moins un sous ensemble de pixels. Les deux sous ensembles de pixels de même taille sont librement orientés autour du pivot formé par le pixel cible. Le nombre d'ensembles de pixels distincts est de $4(N-1)*4(N-1)$ ou encore : $16(N-1)^2$.

Selon un mode de réalisation particulièrement avantageux, à chaque ensemble de pixels possible est associé un indice id distinct. L'indice id est choisi pour obtenir

une relation simple avec la forme de l'ensemble de pixels correspondant. Les deux angles θ_1 et θ_2 obtenus à l'étape E304 caractérisent l'orientation des premier et second sous ensembles de pixels. Ces angles sont convertis en indice d'orientation O_1 et O_2 . Sachant que 360° correspond à l'indice d'orientation numéro $4(N-1)$, on obtient la relation suivante : $O_w = \theta_w \cdot 4(N-1)/360$ où $w=1$ ou 2 . L'indice id d'un ensemble de pixels est défini par $id = O_1 \cdot 4(N-1) + O_2$.

Par exemple, les angles θ_1 et θ_2 sont respectivement de 0 et 180° , pour l'ensemble de pixel de la Fig. 4a.

$$O_1 = 0 \cdot 4(5-1)/360 = 0 \quad \text{et} \quad O_2 = 180 \cdot 4(5-1)/360 = 8.$$

L'indice id de l'ensemble de pixels de la Fig. 4a est défini par $id = 0 \cdot 4(5-1) + 8$.

Il est donc aisé de déterminer l'indice du nouvel ensemble de pixels en fonction des orientations des sous ensembles de pixels de l'ensemble de pixels courant.

Cette relation est inversible avec : $O_1 = id / 4(N-1)$ et $O_2 = id \bmod 4(N-1)$, en considérant la division entière et le modulo. Ces relations d'équivalence sont utilisées pour la réorientation des sous ensembles des pixels.

Il est à remarquer ici que les indices des ensembles de pixels sont mémorisés dans une carte de même taille que l'image numérique initiale. Chaque indice permet de connaître simplement la forme de l'ensemble utilisé pour déterminer la valeur du pixel. Cette carte est modifiée à chaque réorientation des sous ensembles de pixels.

La réorientation d'un sous ensemble de pixels w se fait selon la direction θ_{rw} . La normale à θ_{rw} notée $\theta_{\perp rw}$ est calculée en fonction des orientations des gradients des pixels du sous-ensemble w : $I_{\varphi,j}$, en utilisant une fonction de pondération l similaire à la fonction h utilisée pour le calcul des intensités de croisement IC_1 et IC_2 .

En pratique, pour le calcul de $\theta_{\perp rw}$, il est nécessaire de convertir les orientations $I_{\varphi,j}$ en coordonnées cartésiennes afin d'éviter des problèmes de modulo lors de soustraction ou addition d'angles. Les calculs se font donc en coordonnées cartésiennes, c'est-à-dire qu'une orientation $I_{\varphi,j}$ devient un point de coordonné : $x_{i,j} = \cos I_{\varphi,j}$, $y_{i,j} = \sin I_{\varphi,j}$.

Par exemple, en se référant à l'exemple de la Fig. 5a, considérons le pixel cible 500 et le second sous ensemble d'orientation $\theta_2 = 180^\circ$ contenant les pixels (503, 504). On observe les orientations de gradient suivantes : $I_{\varphi 500} = 90^\circ$, $I_{\varphi 503} = 135^\circ$, et,

$I_{\varphi 504} = 180^\circ$ ou encore en coordonnées cartésiennes: $[x_{500}, y_{500}] = [\cos(90^\circ), \sin(90^\circ)]$, $[x_{503}, y_{503}] = [\cos(135^\circ), \sin(135^\circ)]$ et, $[x_{504}, y_{504}] = [\cos(180^\circ), \sin(180^\circ)]$.

Les coordonnées cartésiennes de θ_{r_2} , $x_{\perp r_2}$ et $y_{\perp r_2}$, sont calculées en utilisant la fonction de pondération l : $x_{\perp r_2} = l(0)x_{500} + l(1)x_{503} + l(2)x_{504}$ et
 5 $y_{\perp r_2} = l(0)y_{500} + l(1)y_{503} + l(2)y_{504}$.

La fonction l est définie par exemple par les coefficients de pondération $\{6/11, 4/11, 1/11\}$ définissant une moitié de fonction de Gauss. L'orientation $\theta_{\perp r_2}$ se calcule simplement avec $\theta_{\perp r_2} = \arctan(y_{\perp r_2} / x_{\perp r_2})$. On déduit l'orientation θ_{r_2} avec $\theta_{r_2} = \theta_{\perp r_2} + 90^\circ$.

10 La fonction informatique *atan2*, conforme aux normes SVID 3, POSIX, BSD 4.3 et ISO 9899, est préférentiellement utilisée pour le calcul de la fonction mathématique arc tangente. Il est à remarquer ici qu'il est possible de calculer automatiquement θ_{rw} par l'équation $\theta_{rw} = \text{atan2}(-x_{\perp rw}, y_{\perp rw})$. La réorientation d'un sous ensemble w se fait donc selon l'orientation donnée par θ_{rw} .

15 Ainsi la réorientation des sous ensembles selon les angles θ_{r_1} , pour le premier sous ensemble, et θ_{r_2} , pour le second sous ensemble, se fait d'après les étapes suivantes:

1. Calcul des indices d'orientation O_1 et O_2 à partir de l'indice id de l'ensemble de pixels initial selon les relations décrites précédemment.
- 20 2. Calcul des angles θ_{r_1} et θ_{r_2} .
3. Conversion des angles θ_{r_1} et θ_{r_2} en indices d'orientation O_{r_1} et O_{r_2} .
4. Calcul du nouvel indice de l'ensemble de pixels par $id = O_{r_1} \cdot 4(N-1) + O_{r_2}$.

Lorsque le nouvel ensemble de pixels est déterminé, le processeur 100 passe à l'étape E304 précédemment décrite.

25 A l'étape E312, le processeur 100 vérifie si les valeurs des intensités de croisement calculées lors des différentes itérations pour un même pixel cible sont similaires. Ce cas apparaît lorsque la direction et/ou la norme d'un gradient d'un pixel est isolée par rapport à celle ou celles des ses pixels contigus.

Si les valeurs des intensités de croisement ne sont pas similaires, le processeur
 30 100 passe à l'étape E310 précédemment décrite.

Si les valeurs des intensités de croisement sont similaires, le processeur 100 passe à l'étape E313. Avec les déterminations d'ensembles de pixels décrites à l'étape E309, il arrive que des ensembles de pixels ne convergent pas vers des intensités de croisement négligeables. Il s'agit de pixels singuliers comme par exemple un pixel

isolé d'intensité différente de son entourage immédiat. La valeur de ce dernier ne doit pas être déterminée à partir de la valeur des pixels voisins.

A l'étape E313, le processeur 100 détermine un autre ensemble de pixels.

L'étape E313 est identique à l'étape E309 si ce n'est qu'au moins un des sous ensembles de pixels est, en sus d'être réorienté, diminué d'au moins un pixel, qui est
5 choisi, dans ce cas, comme le ou les pixels les plus éloignés du pixel cible.

Cette opération effectuée, le processeur 100 passe à l'étape E304 précédemment décrite.

Les **Figs. 5a à 5c** représentent différentes sélections d'un ensemble de pixels
10 selon la présente invention.

Les trois quadrillages des Figs. 5a à 5c illustrent une même image à deux niveaux de gris et les gradients associés.

Les flèches en traits gras représentent les directions des gradients dont la norme est supérieure au seuil s décrit en référence à la Fig. 3.

Dans la Fig. 5, l'ensemble constitué des pixels notés 500 à 504 est l'ensemble de
15 pixels tel qu'obtenu à l'étape E303 de la Fig. 3.

L'ensemble de pixels est constitué du pixel cible 500 dont la valeur est à déterminer, d'un premier sous ensemble constitué des pixels 501 et 502 et d'un second sous ensemble constitué des pixels 503 et 504.

Les directions des premier et second sous ensembles de pixels sont opposées et
20 orthogonales au gradient du pixel 500 dont la valeur est à calculer.

Le coefficient IC_1 est nul tandis que le coefficient IC_2 n'est pas inférieur au seuil s . Un nouvel ensemble de pixels est donc déterminé à l'étape E309. Le nouvel ensemble de pixels est représenté à la Fig. 5b.

Le nouvel ensemble de pixels est constitué du pixel 500 dont la valeur est à
25 déterminer, du premier sous ensemble constitué des pixels 501 et 502 et d'un second sous ensemble constitué des pixels 505 et 506.

Le coefficient IC_1 est nul tandis que le coefficient IC_2 n'est pas inférieur au seuil s . Un autre ensemble de pixels est donc déterminé à l'étape E309. Le nouvel ensemble
30 de pixels est représenté à la Fig. 5c.

Le nouvel ensemble de pixels est constitué du pixel 500 dont la valeur est à déterminer, du premier sous ensemble constitué des pixels 501 et 502 et d'un second sous ensemble constitué des pixels 507 et 508.

Les coefficients IC_1 et IC_2 sont nuls, cet ensemble de pixels comprend les pixels dont les valeurs sont destinées à être utilisés pour déterminer la valeur du pixel 500.

REVENDEICATIONS

1) Procédé d'identification d'un ensemble de pixels dont les valeurs sont destinées à être utilisées pour déterminer la valeur d'un pixel cible, les pixels étant des pixels d'une image numérique, caractérisé en ce que le procédé comporte les étapes de :

- détermination (E20, E300), pour au moins une pluralité de pixels situés au voisinage du pixel cible, de gradients, chaque gradient étant défini par une direction,
- obtention (E21,E303) d'un ensemble de pixels constitué du pixel cible et d'au moins deux sous ensembles de pixels, un premier sous ensemble de pixels s'étendant dans une première direction et un second sous ensemble de pixels s'étendant dans une seconde direction, chaque pixel de l'ensemble de pixels étant contigu à un autre pixel de l'ensemble de pixels,
- obtention (E22, E304, E305) de première et seconde mesures, la première mesure étant une mesure d'une différence d'angle entre la première direction et le gradient d'au moins un pixel du premier sous ensemble de pixels, la seconde mesure étant une mesure d'une différence d'angle entre la seconde direction et le gradient d'au moins un pixel du second sous ensemble de pixels,
- identification (E24, E306-E310) de l'ensemble de pixels comme l'ensemble de pixels dont les valeurs sont destinées à être utilisées pour déterminer la valeur du pixel cible en fonction des première et seconde mesures.

2) Procédé selon la revendication 1 caractérisé en ce que l'ensemble de pixels est identifié en fonction des première et seconde mesures en vérifiant si l'angle entre la direction du gradient de chaque pixel du premier sous ensemble de pixels et la normale de la direction du premier sous ensemble de pixels a une valeur inférieure à un seuil (S) et si l'angle entre la direction du gradient de chaque pixel du second sous ensemble de pixels et la normale de la direction du second sous ensemble de pixels a une valeur inférieure au seuil (S).

3) Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que chaque gradient est en outre défini par une norme et en ce que le procédé comporte en outre une étape de détermination du seuil à partir des normes des gradients déterminés.

4) Procédé selon la revendication 2 ou 3, caractérisé en ce que les étapes d'obtention et d'identification se décomposent en sous étapes de :

- sélection (E303) d'un premier ensemble de pixels dont les directions des premier et second sous ensembles de pixels sont opposées et orthogonales au gradient du pixel cible,
5
- calcul (E305) pour chaque pixel du premier sous ensemble de pixels, d'un coefficient à partir de la norme du gradient du pixel et de l'angle entre la direction du gradient du pixel et la normale de la direction du premier sous ensemble de pixels,
- calcul (E306) d'un coefficient associé au premier sous ensemble de pixels à
10 partir des coefficients calculés pour chaque pixel du premier sous ensemble de pixels,
- comparaison (E307) du coefficient associé au premier sous ensemble de pixels au seuil,
- sélection (E310), si le coefficient associé au premier sous ensemble de pixels est supérieur au seuil, d'un second ensemble de pixels dont la direction du premier
15 sous ensemble de pixels est différente de la direction du premier sous ensemble de pixels du premier ensemble de pixels.

5) Procédé selon la revendication 4, caractérisé en ce que les étapes d'obtention et d'identification se décomposent en sous étapes de :

- calcul (E305) pour chaque pixel du second sous ensemble de pixels, d'un coefficient à partir de la norme du gradient du pixel et de l'angle entre la direction du gradient du pixel et la normale de la direction du second sous ensemble de pixels,
20
- calcul (E306) d'un coefficient associé au second sous ensemble de pixels à partir des coefficients calculés pour chaque pixel du second sous ensemble de pixels,
- comparaison (E307) du coefficient associé au second sous ensemble de pixels
25 au seuil,
- sélection (E310), si le coefficient associé au second sous ensemble de pixels est supérieur au seuil, d'un second ensemble de pixels dont la direction du second sous ensemble de pixels est différente de la direction du second sous ensemble de
30 pixels du premier ensemble de pixels.

6) Procédé selon la revendication 5, caractérisé en ce que les étapes d'obtention et d'identification se décomposent en sous étapes de :

- calcul de la valeur d'un angle (θ_{r1}) associé au premier sous ensemble de pixels à partir de la direction du gradient de chaque pixel du premier sous ensemble de pixels,
 - calcul de la valeur d'un angle (θ_{r2}) associé au second sous ensemble de pixels
- 5 à partir de la direction du gradient de chaque pixel du second sous ensemble de pixels, et en ce que le second ensemble de pixels est sélectionné à partir des valeurs des angles associés aux sous ensembles de pixels.

7) Procédé selon la revendication 6, caractérisé en ce qu'un indice est associé à
10 chaque ensemble de pixels et en ce que le second ensemble de pixels sélectionné est l'ensemble de pixels dont l'indice correspond à une valeur calculée à partir des valeurs des angles associés aux sous ensembles de pixels.

8) Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé en ce
15 que les sous ensembles comportent le même nombre de pixels.

9) Procédé selon l'une quelconque des revendications 4 à 8, caractérisé en ce que les sous étapes de calcul et de sélection sont itérées (E308) au maximum un nombre prédéterminé de fois pour le pixel cible.

20 10) Procédé selon la revendication 9, caractérisé en ce que si les sous étapes de calcul et de sélection sont exécutées le nombre prédéterminé de fois pour le pixel cible et si les coefficients associés aux sous ensembles de pixels ont une valeur similaire entre les itérations, le procédé comporte une étape (E313) de réduction du nombre de
25 pixels compris dans au moins un des sous ensembles.

11) Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que le ou chaque ensemble de pixels est en outre constitué d'au moins un troisième et un quatrième sous ensembles de pixels, le troisième sous ensemble de pixels
30 s'étendant dans une troisième direction et le quatrième sous ensemble de pixels s'étendant dans une quatrième direction, et en ce que l'ensemble de pixels est identifié comme l'ensemble de pixels dont les valeurs sont destinées à être utilisées pour déterminer la valeur du pixel cible, si l'angle entre la direction du gradient de chaque pixel du troisième sous ensemble de pixels et la normale de la direction du troisième

sous ensemble de pixels a une valeur inférieure à un seuil et si l'angle entre la direction du gradient de chaque pixel du quatrième sous ensemble de pixels et la normale de la direction du quatrième sous ensemble de pixels a une valeur inférieure au seuil.

5

12) Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, caractérisé en ce qu'un pixel du premier sous ensemble de pixels et un pixel du second sous ensemble de pixels sont contigus au pixel cible.

13) Procédé selon la revendication 12, caractérisé en ce que la direction dans laquelle s'étend le premier sous-ensemble de pixels est déterminée à partir du pixel cible et en ce que la direction dans laquelle s'étend le second sous-ensemble de pixels est déterminée à partir du pixel cible.

14) Procédé l'une quelconque des revendications 1 à 13, caractérisé en ce que le procédé comporte en outre une étape de détermination de la valeur du pixel cible à partir des valeurs des pixels de l'ensemble de pixels identifié.

10

15) Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 14, caractérisé en ce que le procédé est exécuté pour chaque pixel de l'image numérique.

16) Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 15, caractérisé en ce que les première et seconde directions sont non opposées.

15

17) Procédé de restauration d'image numérique comportant un ensemble de pixels représentés sur une pluralité de niveaux de gris, caractérisé en ce qu'il comporte, pour au moins un pixel cible, les étapes de :

- identification d'un ensemble de pixels dont les valeurs sont destinées à être utilisées pour déterminer la valeur du pixel cible, en appliquant un procédé d'identification selon l'une quelconque des revendications 1 à 16,
- détermination de la valeur du pixel cible à partir des valeurs des pixels de l'ensemble de pixels sélectionné.

18) Dispositif d'identification d'un ensemble de pixels dont les valeurs sont destinées à être utilisées pour déterminer la valeur d'un pixel cible, les pixels étant des pixels d'une image numérique, caractérisé en ce que le dispositif comporte :

- des moyens de détermination, pour au moins une pluralité de pixels situés au voisinage du pixel cible, de gradients, chaque gradient étant défini par une direction,

- des moyens d'obtention d'un ensemble de pixels constitué du pixel cible et d'au moins deux sous ensembles de pixels, un premier sous ensemble de pixels s'étendant dans une première direction et un second sous ensemble de pixels s'étendant dans une seconde direction, chaque pixel de l'ensemble de pixels étant

5 contigu à un autre pixel de l'ensemble de pixels,

- des moyens d'obtention de première et seconde mesures, la première mesure étant une mesure d'une différence d'angle entre la première direction et le gradient d'au moins un pixel du premier sous ensemble de pixels, la seconde mesure étant une mesure d'une différence d'angle entre la seconde direction et le gradient d'au moins

10 un pixel du second sous ensemble de pixels,

- des moyens d'identification de l'ensemble de pixels comme l'ensemble de pixels dont les valeurs sont destinées à être utilisées pour déterminer la valeur du pixel cible en fonction des première et seconde mesures.

15 19) Programme d'ordinateur comportant des instructions pour la mise en œuvre du procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 16 lorsqu'il est exécuté par un processeur.

1/5

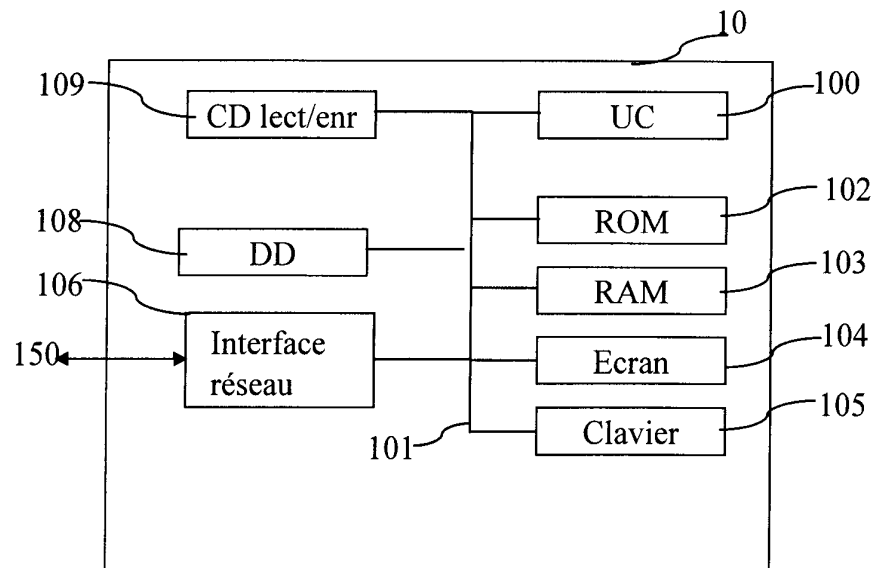


Fig.1

2/5

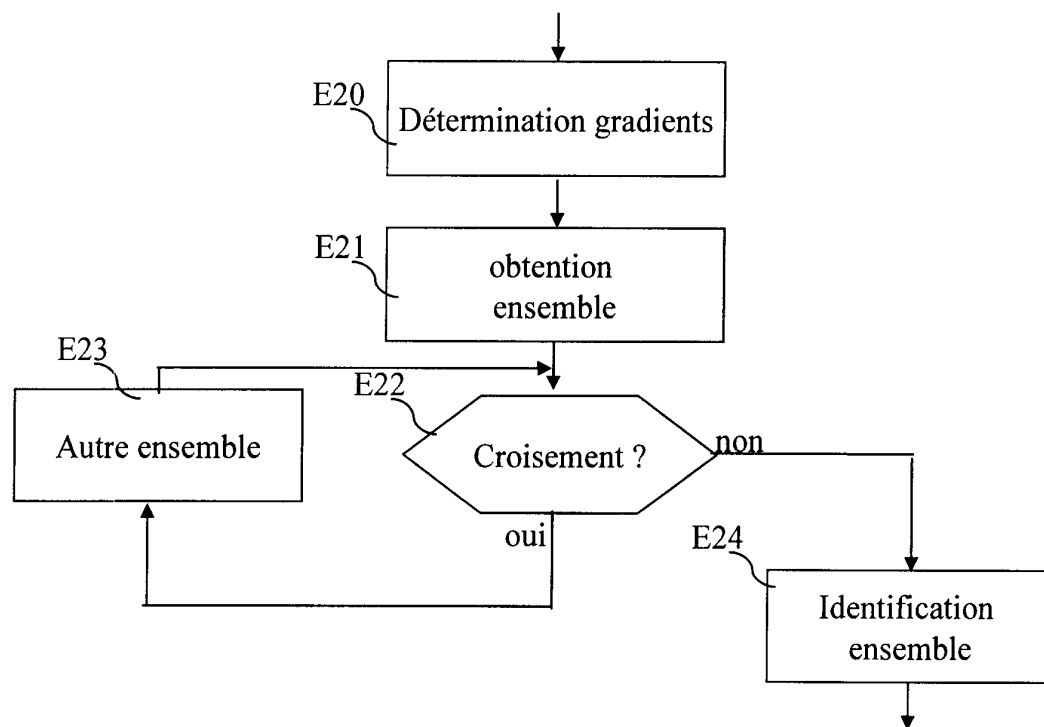


Fig. 2

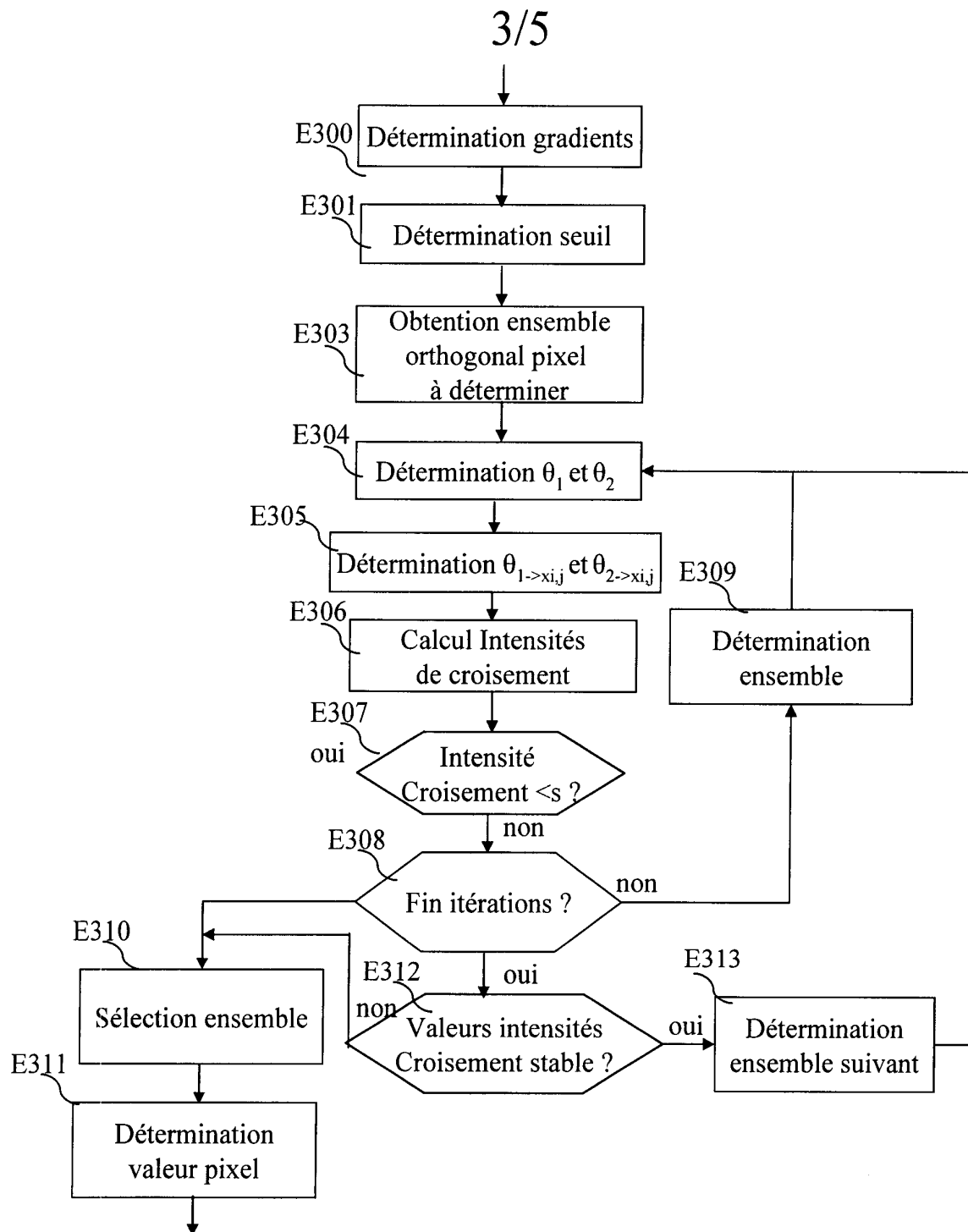


Fig. 3

4/5

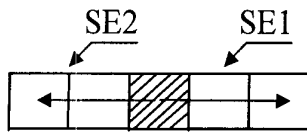


Fig. 4a



Fig. 4b



Fig. 4c

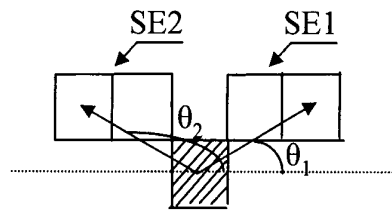


Fig. 4d

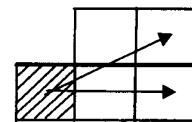


Fig. 4e

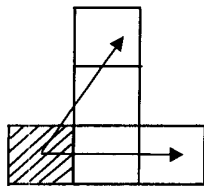


Fig. 4f

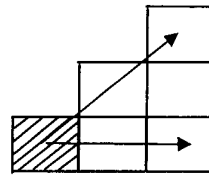


Fig. 4g

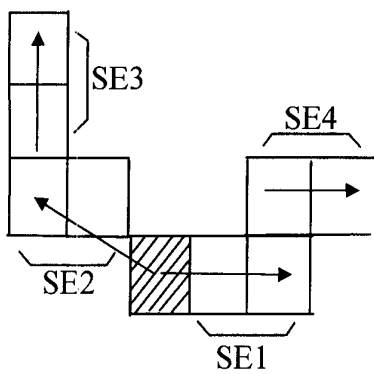


Fig. 4h

5/5

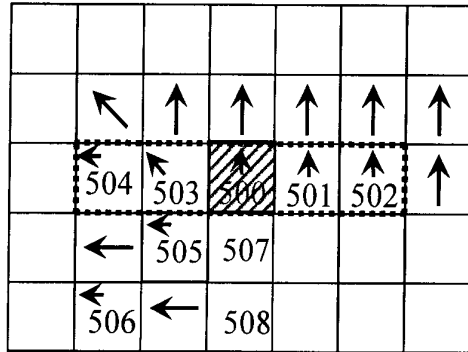


Fig. 5a

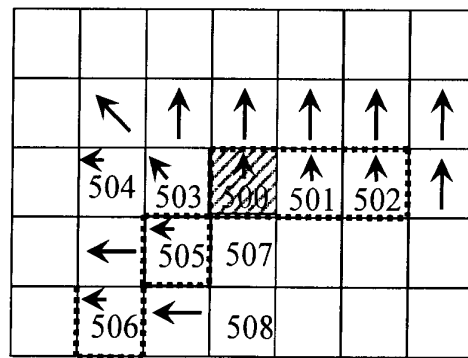


Fig. 5b

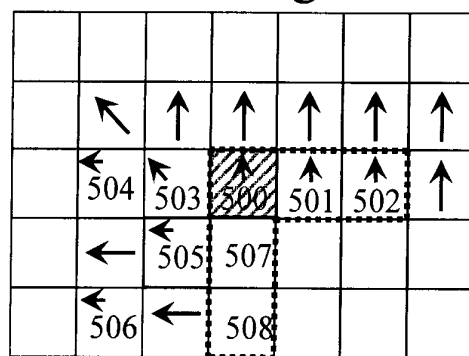


Fig. 5c

**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

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

N° d'enregistrement
national

FA 701881
FR 0707853

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		
X	US 2006/133698 A1 (KIM HONG-SEOK [KR] ET AL) 22 juin 2006 (2006-06-22) * alinéas [0001] - [0004], [0013], [0042] - [0052] * * revendications 1,2,4 *	1-3,8, 12-19	G06T5/20 H04N7/015 H04N5/76 H04N5/445
A	----- WILSON KWOK ET AL: "MULTI-DIRECTIONAL INTERPOLATION FOR SPATIAL ERROR CONCEALMENT" IEEE TRANSACTIONS ON CONSUMER ELECTRONICS, IEEE SERVICE CENTER, NEW YORK, NY, US, vol. 39, no. 3, 1 août 1993 (1993-08-01), pages 455-460, XP000396318 ISSN: 0098-3063 sections 1 and 3 -----	1-19	
A	MEHROTRA R., NICHANI S. AND RANGANATHAN N.: "corner detection" PATTERN RECOGNITION, vol. 23, no. 11, 1990, pages 1223-1233, XP002485743 section 3.2; section 4 -----	1-19	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
A	----- GURELLI M I ET AL: "A CLASS OF ADAPTIVE DIRECTIONAL IMAGE SMOOTHING FILTERS" PATTERN RECOGNITION, ELSEVIER, GB, vol. 29, no. 12, 1 décembre 1996 (1996-12-01), pages 1995-2004, XP000639713 ISSN: 0031-3203 section 3 -----	1-19	G06T
A	----- EP 0 778 543 A (EASTMAN KODAK CO [US]) 11 juin 1997 (1997-06-11) * page 17, ligne 25 - page 21, ligne 7 * -----	1-19	
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
25 juin 2008		Deltorn, Jean-Marc	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention 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. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0707853 FA 701881

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **25-06-2008**

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2006133698	A1	22-06-2006	AUCUN	

EP 0778543	A	11-06-1997	DE 69628723 D1	24-07-2003
			DE 69628723 T2	29-04-2004
			US 5875040 A	23-02-1999
