

19 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

11 N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

3 003 378

21 N° d'enregistrement national : 13 52164

51 Int Cl⁸ : G 06 T 5/40 (2013.01), H 04 N 5/355

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 12.03.13.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 19.09.14 Bulletin 14/38.

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 :

Demande(s) d'extension :

71 Demandeur(s) : STMICROELECTRONICS (GRE-
NOBLE 2) SAS Société par actions simplifiée — FR.

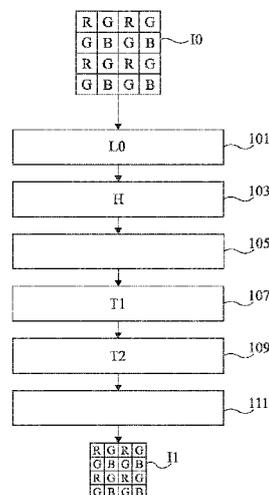
72 Inventeur(s) : ROFFET GREGORY.

73 Titulaire(s) : STMICROELECTRONICS (GRENOBLE
2) SAS Société par actions simplifiée.

74 Mandataire(s) : CABINET BEAUMONT Société à res-
ponsabilité limitée.

54 PROCEDE DE MAPPAGE DE TONS.

57 L'invention concerne un procédé de génération, par un dispositif de traitement numérique, d'une première image numérique (I1) à partir d'une deuxième image numérique (I0), comportant: a) pour chaque pixel de la deuxième image (I0), déterminer une luminance du pixel; b) diviser l'intervalle allant de la plus petite à la plus grande luminance en une pluralité de sous-intervalles; et c) déterminer la valeur d'au moins un pixel de la première image (I1) en multipliant la valeur d'un pixel de la deuxième image (I0) par un gain déterminé par interpolation en tenant compte de la distance de la luminance du pixel de la deuxième image (I0) aux bornes du sous-intervalle dans lequel se situe cette luminance.



FR 3 003 378 - A1



PROCÉDÉ DE MAPPAGE DE TONS

Domaine

La présente demande concerne le domaine du traitement d'images numériques de façon générale. Elle concerne plus particulièrement le domaine du mappage de tons ("tone mapping" en anglais), qui désigne un ensemble de techniques de traitement d'image numérique utilisées, par exemple, pour générer, à partir d'une image à grande gamme dynamique ("high dynamic range" en anglais) dans laquelle un grand nombre de tons (ou degrés d'intensité) distincts est disponible pour représenter une scène, une image à plus faible gamme dynamique dans laquelle un plus petit nombre de tons est disponible pour représenter la scène.

Exposé de l'art antérieur

Les techniques de mappage de tons peuvent être utilisées en combinaison avec des procédés d'obtention d'images à grande gamme dynamique dans lesquels on acquière successivement plusieurs images d'une même scène avec des durées d'intégration de capteur distinctes, puis on fusionne ces images en une image à grande gamme dynamique dans laquelle les valeurs des pixels correspondant aux zones les plus sombres de la scène sont basées sur les valeurs des pixels correspondants des images acquises avec les durées d'intégration les plus élevées, et les

valeurs des pixels correspondant aux zones les plus lumineuses de la scène sont basées sur les valeurs des pixels correspondants des images acquises avec les durées d'intégration les plus faibles. L'image à grande gamme dynamique peut être
5 codée sur un nombre de bits relativement élevé. Pour rendre cette image compatible avec des équipements ne disposant que d'un nombre limité de tons pour représenter une scène (par exemple un dispositif d'affichage), on peut prévoir d'utiliser des techniques de mappage de tons pour réduire la gamme
10 dynamique de l'image tout en conservant l'apparence d'une image à grande gamme dynamique.

Des techniques de mappage de tons peuvent aussi être utilisées pour modifier la répartition des tons dans une image sans en réduire la gamme dynamique, par exemple pour appliquer
15 des effets spéciaux, une fonction de gamma, etc.

Résumé

Ainsi, un mode de réalisation prévoit un procédé de génération, par un dispositif de traitement numérique, d'une première image numérique à partir d'une deuxième image
20 numérique, comportant : a) pour chaque pixel de la deuxième image, déterminer une luminance du pixel ; b) diviser l'intervalle allant de la plus petite à la plus grande luminance en une pluralité de sous-intervalles ; et c) déterminer la valeur d'au moins un pixel de la première image en multipliant
25 la valeur d'un pixel de la deuxième image par un gain déterminé par interpolation en tenant compte de la distance de la luminance du pixel de la deuxième image aux bornes du sous-intervalle dans lequel se situe cette luminance.

Selon un mode de réalisation, le procédé comporte en
30 outre, entre l'étape a) et l'étape b), une étape de calcul d'un premier histogramme H représentatif de la distribution de valeurs de luminance dans la deuxième image.

Selon un mode de réalisation, le premier histogramme est sous-échantillonné, c'est-à-dire qu'il comprend un nombre de
35 valeurs discrètes inférieur au nombre total de valeurs discrètes

que peuvent prendre les valeurs de luminance de la deuxième image.

Selon un mode de réalisation, le procédé comprend en outre la détermination d'un deuxième histogramme cumulé à partir du premier histogramme.

Selon un mode de réalisation, à l'étape b), la division de l'intervalle en sous-intervalles est une division dichotomique dans laquelle, à chaque étape de division d'un intervalle ou sous-intervalle allant d'une valeur L_{\min} à une valeur L_{\max} : on détermine une valeur intermédiaire β de l'intervalle ou du sous-intervalle telle que :

$$\sum_{k=L_{\min}}^{\beta} H(k) = \sum_{k=\beta}^{L_{\max}} H(k),$$

où k désigne les valeurs de luminance pour lesquelles une valeur d'histogramme $H(k)$ a été calculée ; et on détermine une valeur de coupure C de l'intervalle ou du sous-intervalle de départ telle que :

$$C = \frac{L_{\max} + L_{\min}}{2} + \alpha \left(\beta - \frac{L_{\max} + L_{\min}}{2} \right)$$

où α désigne un paramètre de contrôle supérieur ou égal à 0 et inférieur ou égal à 1.

Selon un mode de réalisation, le paramètre de contrôle α est compris entre 0,4 et 0,6.

Selon un mode de réalisation, à l'étape b), le nombre de sous-intervalles en lequel est divisé ledit intervalle est inférieur au nombre de valeurs que peut prendre chaque pixel dans la première image.

Selon un mode de réalisation, les première et deuxième images sont des images couleur en mosaïque dans lesquelles la valeur de chaque pixel représente le niveau d'une seule couleur d'une base de couleur, par exemple la base rouge, vert, bleu.

Selon un mode de réalisation, les pixels des première et deuxième images sont regroupés par macroblocs élémentaires de

pixels ayant le même motif de répartition des couleurs de la base.

Selon un mode de réalisation, à l'étape a), la valeur de luminance déterminée pour chaque pixel est proportionnelle à une moyenne pondérée des valeurs des pixels du macrobloc contenant ce pixel.

Selon un mode de réalisation, à l'étape c), le même gain est appliqué à tous les pixels d'un même macrobloc de la deuxième image.

Selon un mode de réalisation, les valeurs des pixels de la première image sont codées sur un plus petit nombre de bits que les valeurs des pixels de la deuxième image.

Un autre mode de réalisation prévoit un dispositif de génération d'une première image à partir d'une deuxième image, comportant des circuits de traitement adaptés à mettre en oeuvre un procédé du type susmentionné.

Brève description des dessins

Ces caractéristiques et avantages, ainsi que d'autres, seront exposés en détail dans la description suivante de modes de réalisation particuliers faite à titre non limitatif en relation avec les figures jointes parmi lesquelles :

la figure 1 est un schéma illustrant, sous forme de blocs, un exemple d'un mode de réalisation d'un procédé de mappage de tons ; et

la figure 2 est un schéma illustrant, sous forme de blocs, un exemple d'un mode de réalisation d'un dispositif d'acquisition d'image comportant un dispositif de mappage de tons.

Description détaillée

Un procédé de mappage de tons a été proposé dans l'article intitulé "Fast Tone Mapping for High Dynamic Range Images" de Jiang Duan et al.

Dans ce procédé, on part d'une image d'entrée en couleur, dans laquelle la valeur de chaque pixel comprend trois composantes représentant respectivement les niveaux de rouge, de

vert et de bleu du pixel, et on cherche à générer une image de sortie en couleur à plus faible gamme dynamique, dans laquelle le nombre de tons disponibles pour représenter chaque composante de couleur de chaque pixel de l'image est plus petit que dans l'image d'entrée.

Pour chaque pixel de l'image d'entrée, une valeur de luminance, c'est-à-dire une moyenne pondérée des composantes rouge, verte et bleue du pixel est calculée, puis le logarithme de la luminance est calculé. Un histogramme complet de l'image en luminance logarithmique est ensuite calculé, puis un histogramme cumulé complet de l'image en luminance logarithmique est calculé. L'intervalle de valeurs allant de la plus petite valeur de luminance logarithmique à la plus grande valeur de luminance logarithmique de l'image (ou intervalle dynamique de l'image en luminance logarithmique) est ensuite divisé, par dichotomie, en autant d'intervalles élémentaires que l'on dispose de tons pour représenter la scène dans l'image de sortie. A chaque étape de la division dichotomique, un intervalle de départ $[L_{\min}, L_{\max}]$ est divisé en deux intervalles selon la méthode suivante :

- Une valeur intermédiaire β_i de l'intervalle de départ est déterminée, telle que le nombre de pixels dans l'image d'entrée dont le logarithme de la luminance est compris dans la plage allant de la valeur L_{\min} à la valeur β_i soit égal au nombre de pixels dans l'image dont le logarithme de la luminance est compris dans la plage allant de la valeur β_i à la valeur L_{\max} .
- Une valeur de coupure C_0 de l'intervalle de départ est ensuite calculée selon la formule suivante :

$$C_0 = \frac{L_{\max} + L_{\min}}{2} + \alpha \left(\beta_i - \frac{L_{\max} + L_{\min}}{2} \right)$$

où α désigne un paramètre de contrôle supérieur ou égal à 0 et inférieur ou égal à 1. L'intervalle de départ $[L_{\min}, L_{\max}]$ est alors divisé en deux intervalles $[L_{\min}, C_0]$ et $[C_0, L_{\max}]$.

Une fois l'intervalle dynamique de l'image en luminance logarithmique divisé en autant d'intervalles élémentaires que l'on dispose de tons pour représenter la scène dans l'image de sortie, on prévoit d'affecter une même valeur de luminance dans l'image de sortie à tous les pixels de l'image d'entrée dont le logarithme de la luminance tombe dans un même intervalle élémentaire. Dans chaque pixel de l'image de sortie, les composantes rouge, verte et bleue du pixel sont ensuite reconstruites en tentant compte de la valeur du pixel correspondant dans l'image d'entrée et de la luminance affectée au pixel dans l'image de sortie.

Un inconvénient de ce procédé est qu'il présente une complexité de calcul importante, ce qui le rend notamment incompatible avec une utilisation dans un système de mappage de tons embarqué dans un dispositif d'acquisition d'image portatif, par exemple un téléphone portatif ou une tablette numérique comprenant un capteur d'image. En particulier, les étapes de génération d'une image en luminance logarithmique, de détermination de l'histogramme complet de l'image en luminance logarithmique, et de division dichotomique de l'intervalle dynamique de l'image en luminance logarithmique, sont particulièrement coûteuses en termes de puissance de calcul.

Un autre inconvénient de ce procédé est qu'il ne permet de réaliser un mappage de tons qu'à partir d'images couleurs dans lesquelles la valeur de chaque pixel comprend trois composantes représentant respectivement les niveaux de rouge, de vert et de bleu du pixel.

En pratique, les images numériques fournies directement en sortie d'un capteur d'image couleur sont des images en mosaïque, dans lesquelles la valeur de chaque pixel représente le niveau d'une seule couleur d'une base de couleur, par exemple la base rouge, vert, bleu. En effet, dans un capteur d'image couleur, une matrice de photodétecteurs est recouverte d'une mosaïque ou matrice de filtres colorés, par exemple une matrice de Bayer, affectant à chaque photodétecteur une unique couleur

d'une base de couleurs. Pour pouvoir être exploitées, les images en mosaïque fournies par le capteur peuvent subir des traitements, dits de dématricage, visant à reconstruire, à partir des données fournies par chacun des photodétecteurs monochromes du capteur, une image dans laquelle la valeur de chaque pixel comporte une composante de chacune des couleurs de la base, ce qui permet de représenter un grand nombre de couleurs. Le procédé de mappage de tons décrit dans l'article susmentionné ne peut intervenir qu'après les traitements de dématricage. Il existe toutefois un besoin pour un procédé de mappage de tons adapté à recevoir une image d'entrée dans laquelle la valeur de chaque pixel représente le niveau d'une seule couleur d'une base de couleurs, et à fournir une image de sortie à plus faible gamme dynamique ayant le même motif de répartition des couleurs de la base.

La figure 1 est un schéma illustrant sous forme de blocs un exemple d'un mode de réalisation d'un procédé de mappage de tons.

Dans cet exemple, on part d'une image couleur en mosaïque I0 dans laquelle la valeur de chaque pixel représente le niveau d'une seule couleur d'une base de couleur, par exemple la base rouge (R), vert (G), bleu (B), et on cherche à obtenir une image couleur en mosaïque I1 à plus faible gamme dynamique, de même résolution et ayant le même motif de répartition des couleurs de base que l'image I0. On désigne ci après par n_0 le nombre de bits utilisés pour coder la valeur de chaque composante de couleur de chaque pixel de l'image I0, et par n_1 le nombre de bits utilisé pour coder la valeur de chaque composante de couleur de chaque pixel de l'image I1, avec n_0 et n_1 entiers, et n_0 supérieur à n_1 dans cet exemple. Le mode de réalisation décrit peut toutefois aussi être utilisé pour modifier la répartition des tons dans une image sans en réduire la gamme dynamique, c'est-à-dire avec n_0 égal à n_1 , par exemple pour appliquer des effets spéciaux, une fonction de gamma, etc. Les pixels des images I0 et I1 sont regroupés par macroblocs

élémentaires de pixels voisins, chaque macrobloc comportant des pixels de toutes les couleurs de la base, et tous les macroblochs ayant le même motif de répartition des couleurs de la base. La répartition des couleurs de base dans les images I0 et I1 correspond par exemple à la répartition des couleurs dans un filtre de Bayer. A titre d'exemple, les pixels sont répartis par macroblochs matriciels de deux par deux pixels, les pixels de coordonnées (0, 0), (0, 1), (1, 0) et (1, 1) dans chaque macrobloc étant respectivement de couleur rouge, verte, verte et bleue, comme représenté en figure 1.

Lors d'une étape 101, une image en luminance L0 est déterminée à partir de l'image I0. Dans cet exemple, l'image L0 a la même résolution, c'est-à-dire le même nombre de pixels que l'image I0. La valeur de chaque pixel de l'image L0 est proportionnelle à une moyenne pondérée des valeurs des pixels du macrobloc contenant le pixel correspondant dans l'image I0 (c'est-à-dire le pixel ayant la même position dans l'image I0). Les valeurs des pixels de l'image L0 sont par exemple codées sur le même nombre de bits n_0 que les valeurs de chaque composante de couleur des pixels de l'image I0. Dans cet exemple, les valeurs des pixels d'un même macrobloc dans l'image L0 sont identiques. On peut donc se contenter de calculer une seule valeur de luminance par macrobloc, ce qui permet de limiter le nombre d'opérations de calcul nécessaire à la construction de l'image L0. A titre de variante, on pourrait se contenter de générer une image en luminance comprenant un nombre de pixels égal au nombre de macroblochs de l'image I0, c'est-à-dire ayant une résolution inférieure d'un facteur deux en ligne et d'un facteur deux en colonne à celle de l'image I0 dans le cas de macroblochs de 2x2 pixels.

Lors d'une étape 103, un histogramme partiel ou sous-échantillonné H de l'image L0 est déterminé. On entend ici par histogramme partiel ou sous-échantillonné, un histogramme représentant la distribution dans l'image d'un nombre de tons strictement inférieur au nombre total de tons disponibles pour

représenter une scène dans l'image L0 (c'est-à-dire un histogramme représentant la distribution dans l'image d'un nombre de tons strictement inférieur à 2^{n_0} (deux puissance n_0) dans cet exemple). A titre d'exemple, lors de l'étape 103, on

5 détermine un histogramme H représentant la distribution dans l'image de 2^{n_0-2} (deux puissance (n_0-2)) tons équidistants, c'est-à-dire d'un quart des tons disponibles pour représenter une scène dans l'image L0. Plus généralement, le rapport entre le nombre de tons représentés dans l'histogramme H et le nombre

10 total de tons susceptibles d'être représentés dans l'image L0 peut avoir toute autre valeur strictement comprise entre 0 et 1.

Lors d'une étape 105, la plus petite valeur de luminance $L_{0\min}$ et la plus grande valeur de luminance $L_{0\max}$ de l'image L0 sont déterminées, et l'intervalle allant de la valeur

15 $L_{0\min}$ à la valeur $L_{0\max}$ est divisé, par dichotomie, en un nombre d'intervalles strictement inférieur au nombre total de tons dont on dispose pour représenter la scène dans l'image de sortie I1, à savoir 2^{n_1} (deux puissance n_1) dans cet exemple. A titre d'exemple, lors de l'étape 105, on peut diviser l'intervalle

20 $[L_{0\min}, L_{0\max}]$ en un nombre d'intervalles inférieur d'un facteur 16 au nombre de tons disponible pour représenter la scène dans l'image L1. Plus généralement, le rapport entre le nombre total de tons disponibles pour représenter la scène dans l'image L1 et le nombre d'intervalles déterminé à l'étape 105 peut avoir toute

25 autre valeur strictement supérieure à 1. A titre d'exemple, à chaque étape de la division dichotomique de l'intervalle $[L_{0\min}, L_{0\max}]$, un intervalle de départ d'une valeur L_{\min} à une valeur L_{\max} supérieure à la valeur L_{\min} est divisé en deux intervalles selon la méthode suivante :

30 - Déterminer, en se basant sur l'histogramme partiel H obtenu à l'étape 103, une valeur intermédiaire β de l'intervalle $[L_{\min}, L_{\max}]$ telle que :

$$\sum_{k=L_{\min}}^{\beta} H(k) = \sum_{k=\beta}^{L_{\max}} H(k),$$

35

10

où k est un nombre allant de $L_{0\min}$ à $L_{0\max}$ désignant les valeurs de luminance de l'image L_0 pour lesquelles une valeur d'histogramme $H(k)$ a été calculée à l'étape 103. Pour cela, un histogramme partiel cumulé peut être déterminé.

- 5 - Déterminer une valeur de coupure C de l'intervalle de départ selon la formule suivante :

$$C = \frac{L_{\max} + L_{\min}}{2} + \alpha \left(\beta - \frac{L_{\max} + L_{\min}}{2} \right)$$

- 10 où α désigne un paramètre de contrôle supérieur ou égal à 0 et inférieur ou égal à 1, et de préférence strictement compris entre 0 et 1. Dans un mode de réalisation préféré, le paramètre de contrôle α est compris dans la plage allant de 0,4 à 0,6. L'intervalle de départ $[L_{\min}, L_{\max}]$ est alors
15 divisé en deux sous-intervalles $[L_{\min}, C]$ et $[C, L_{\max}]$.

Par la suite, on désigne par n le nombre d'intervalles en lequel est divisé l'intervalle dynamique $[L_{0\min}, L_{0\max}]$ de l'image L_0 à l'étape 105, et par k_{i-1} et k_i les bornes respectivement inférieure et supérieure de chacun des n
20 intervalles, avec i entier allant de 1 à n . On notera que les valeurs k_i d'indices voisins ne sont pas nécessairement équidistantes, et dépendent de l'histogramme H déterminé à l'étape 103.

Lors d'une étape 107, pour chacune des valeurs k_i , on
25 détermine un gain $G_i = i/k_i$, et on remplit une première table T_1 de n gains avec les valeurs des gains G_i .

Lors d'une étape 109, on détermine, par interpolation à partir de la première table de gain T_1 , une deuxième table étendue T_2 de gains comprenant un nombre de gains strictement
30 supérieur au nombre n de gains de la table T_1 . Dans la table T_2 , les gains d'indices voisins correspondent à des valeurs équidistantes de tons de luminance disponibles pour représenter une scène dans l'image L_0 . Le nombre de gains de la table T_2 est
35 choisi au moins égal au nombre total de tons disponibles pour représenter chaque couleur de la scène dans l'image de sortie

I1, soit 2^{n1} tons, et de préférence supérieur à ce nombre pour minimiser les erreurs d'approximation. Pour chaque valeur lx de luminance pour laquelle on souhaite générer un gain G_{lx} à inscrire dans la table T2, on détermine dans quel intervalle
 5 $[k_{i-1}, k_i]$ se trouve la valeur lx , puis on calcule le gain G_{lx} selon la formule suivante :

$$G_{lx} = \frac{lx - k_{i-1}}{k_i - k_{i-1}} (G_i - G_{i-1}) + G_{i-1}.$$

10 Ainsi, le gain G_{lx} tient compte de la distance de la valeur de luminance lx aux bornes du sous-intervalle dans lequel se situe cette luminance. La table T2 forme alors une table de correspondance définissant un fonction de transfert permettant de générer l'image I1 à partir de l'image I0.

15 Lors d'une étape 111, l'image I1 est générée en appliquant à l'image I0 la fonction de transfert définie par la table de gains T2. Pour cela, pour chaque macrobloc de pixels de l'image I0, la valeur de luminance du macrobloc est lue dans l'image L0, et, en fonction de cette valeur de luminance, un
 20 gain correspondant à appliquer au macrobloc est lu dans la table T2. Pour chaque pixel du macrobloc, la valeur du pixel est multipliée par le gain lu dans la table T2, et la valeur résultante est codée sur $n1$ bits et inscrite dans le pixel correspondant de l'image I1. Ainsi, tous les pixels d'un même
 25 macrobloc sont multipliés par une même valeur de gain ce qui permet d'éviter des distorsions indésirables de l'image.

Un avantage du procédé décrit en relation avec la figure 1 est qu'il peut être mis en oeuvre directement en sortie d'un capteur d'image couleur, avant dématricage des images en
 30 mosaïque fournies par le capteur. A titre d'exemple, un tel procédé peut être utilisé en sortie d'un dispositif d'acquisition d'image adapté à générer une image couleur en mosaïque à grande gamme dynamique, pour réaliser un mappage de tons vers une image couleur en mosaïque compatible avec un équipement à
 35 plus faible gamme dynamique tel qu'une mémoire, un écran

d'affichage, etc. On peut par exemple prévoir que seule l'image de sortie à faible gamme dynamique soit soumise à un traitement de dématricage, ce qui permet de réduire la complexité des opérations de dématricage. De plus, on peut prévoir un capteur
5 d'image couleur intégrant une fonction de mappage de tons intégrée sur la même puce semiconductrice que le capteur.

Un autre avantage du procédé décrit en relation avec la figure 1 que la puissance de calcul nécessaire à sa mise en oeuvre est nettement inférieure à la puissance de calcul
10 nécessaire à la mise en oeuvre du procédé décrit dans l'article susmentionné de Duan et al. Ceci résulte notamment du fait que le procédé décrit en relation avec la figure 1 comprend moins d'opérations de calcul de luminance que le procédé de Duan et al., ne comprend pas de calcul de logarithme, ne comprend pas la
15 détermination d'un histogramme complet d'une image, ne comprend pas la détermination d'un histogramme cumulé complet d'une image, prévoit une division dichotomique de l'intervalle dynamique d'une image à plus faible résolution de subdivision que dans le procédé de Duan et al., et convertit des valeurs en
20 gains.

Un avantage du procédé décrit en relation avec la figure 1 est qu'il est compatible avec une utilisation dans un système de mappage de tons embarqué dans un dispositif
25 d'acquisition d'image portatif, par exemple un téléphone portatif ou une tablette numérique comprenant un capteur d'image.

On notera que les étapes 101, 103, 105, 107, 109 et 111 peuvent être mises en oeuvre par tout dispositif de traitement de signaux numériques adapté, par exemple un
30 dispositif comportant un microcontrôleur ou des circuits dédiés.

La figure 2 illustre schématiquement, sous forme de blocs, un exemple d'un mode de réalisation d'un dispositif 200
comportant un dispositif d'acquisition d'image 201 (IMG) comportant un capteur couleur. Le dispositif d'acquisition
35 d'image 201 est adapté à générer une image couleur en mosaïque

I0 à grande gamme dynamique. Le dispositif 200 comprend une mémoire 203 adaptée à stocker l'image I0. Le dispositif 200 comprend en outre un circuit de traitement 205 adapté à générer, à partir de l'image I0, une image couleur en mosaïque I1 à plus
5 faible gamme dynamique (ou à gamme dynamique identique mais ayant une répartition des tons différente), selon un procédé du type décrit en relation avec la figure 1. Le dispositif 200 comprend en outre une mémoire 207 adaptée à contenir l'image de sortie I1. A titre d'exemple, le dispositif d'acquisition
10 d'image 201 et le circuit de traitement 205 peuvent être formés sur une même puce de circuit intégré.

Des modes de réalisation particuliers ont été décrits. Diverses variantes et modifications apparaîtront à l'homme de l'art. En particulier, les modes de réalisation décrits ne se
15 limitent pas au cas particulier mentionné ci-dessus dans lequel la fonction de mappage de tons est associée à un dispositif d'acquisition d'image. Les modes de réalisation décrits visent aussi le cas où la fonction de mappage de tons est dissociée d'un dispositif d'acquisition d'image, et est par exemple mise
20 en oeuvre sur un ordinateur au moyen d'un logiciel de traitement d'images.

REVENDICATIONS

1. Procédé de génération, par un dispositif de traitement numérique (205), d'une première image numérique (I1) à partir d'une deuxième image numérique (I0), comportant :

5 a) pour chaque pixel de la deuxième image (I0), déterminer une luminance du pixel ;

b) diviser l'intervalle allant de la plus petite à la plus grande luminance en une pluralité de sous-intervalles ; et

10 c) déterminer la valeur d'au moins un pixel de la première image (I1) en multipliant la valeur d'un pixel de la deuxième image (I0) par un gain déterminé par interpolation en tenant compte de la distance de la luminance du pixel de la deuxième image (I0) aux bornes du sous-intervalle dans lequel se situe cette luminance.

15 2. Procédé selon la revendication 1, comportant en outre, entre l'étape a) et l'étape b), une étape de calcul d'un premier histogramme H représentatif de la distribution de valeurs de luminance dans la deuxième image (I0).

20 3. Procédé selon la revendication 2, dans lequel le premier histogramme (H) est sous-échantillonné, c'est-à-dire qu'il comprend un nombre de valeurs discrètes inférieur au nombre total de valeurs discrètes que peuvent prendre les valeurs de luminance de la deuxième image (I0).

25 4. Procédé selon la revendication 2 ou 3, comprenant en outre la détermination d'un deuxième histogramme cumulé à partir du premier histogramme (H).

30 5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 2 à 4, dans lequel, à l'étape b), la division dudit intervalle en sous-intervalles est une division dichotomique dans laquelle, à chaque étape de division d'un intervalle ou sous-intervalle allant d'une valeur L_{\min} à une valeur L_{\max} :

- on détermine une valeur intermédiaire β de l'intervalle ou du sous-intervalle telle que :

$$\sum_{k=L_{\min}}^{\beta} H(k) = \sum_{k=\beta}^{L_{\max}} H(k),$$

où k désigne les valeurs de luminance pour lesquelles une valeur d'histogramme H(k) a été calculée ; et
 - on détermine une valeur de coupure C de l'intervalle ou du
 5 sous-intervalle de départ telle que :

$$C = \frac{L_{\max} + L_{\min}}{2} + \alpha \left(\beta - \frac{L_{\max} + L_{\min}}{2} \right)$$

où α désigne un paramètre de contrôle supérieur ou égal à 0 et
 10 inférieur ou égal à 1.

5. Procédé selon la revendication 4, dans lequel le paramètre de contrôle α est compris entre 0,4 et 0,6.

6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel, à l'étape b), le nombre de sous-intervalles en
 15 lequel est divisé ledit intervalle est inférieur au nombre de valeurs que peut prendre chaque pixel dans la première image (I1).

7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, dans lequel les première (I1) et deuxième (I0) images sont
 20 des images couleur en mosaïque dans lesquelles la valeur de chaque pixel représente le niveau d'une seule couleur d'une base de couleur, par exemple la base rouge, vert, bleu.

8. Procédé selon la revendication 7, dans lequel les pixels des première (I1) et deuxième (I0) images sont regroupés
 25 par macroblocs élémentaires de pixels ayant le même motif de répartition des couleurs de la base.

9. Procédé selon la revendication 8, dans lequel, à l'étape a), la valeur de luminance déterminée pour chaque pixel est proportionnelle à une moyenne pondérée des valeurs des
 30 pixels du macrobloc contenant ce pixel.

10. Procédé selon la revendication 8 ou 9, dans lequel, à l'étape c), le même gain est appliqué à tous les pixels d'un même macrobloc de la deuxième image (I0).

11. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1
 35 à 10, dans lequel, les valeurs des pixels de la première image

(I1) sont codées sur un plus petit nombre de bits que les valeurs des pixels de la deuxième image (I0).

12. Dispositif de génération d'une première image (I1) à partir d'une deuxième image (I0), comportant des circuits de traitement adaptés à mettre en oeuvre un procédé selon l'une
5 quelconque des revendications 1 à 11.

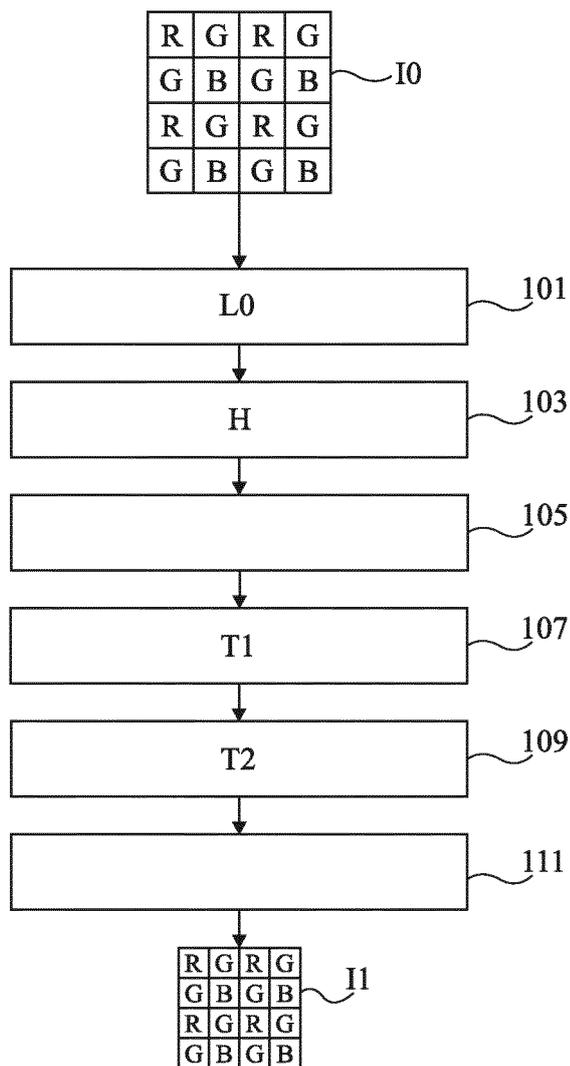


Fig 1

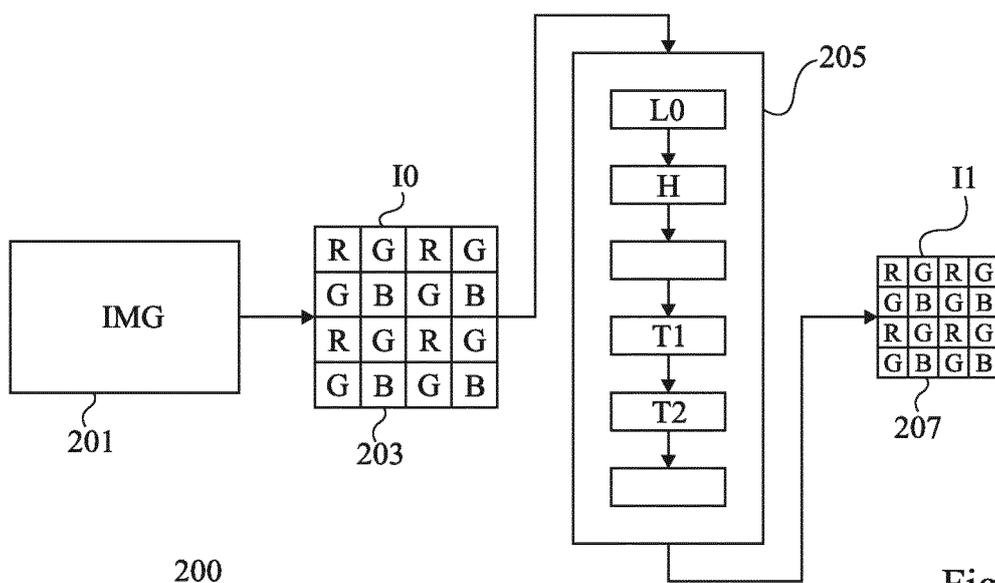


Fig 2



**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

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

N° d'enregistrement
national

FA 780012
FR 1352164

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	DUAN J ET AL: "Tone-mapping high dynamic range images by novel histogram adjustment", PATTERN RECOGNITION, ELSEVIER, GB, vol. 43, no. 5, 1 mai 2010 (2010-05-01), pages 1847-1862, XP026892651, ISSN: 0031-3203, DOI: 10.1016/J.PATCOG.2009.12.006 [extrait le 2009-12-16] * abrégé * * page 1847 * * page 1851 - page 1853 * * figures 4-7 *	1-12	G06T5/40 H04N5/355
X	US 2009/317017 A1 (AU OSCAR CHI LIM [CN] ET AL) 24 décembre 2009 (2009-12-24) * abrégé * * alinéa [0010] - alinéa [0015] * * alinéa [0025] - alinéa [0029] * * figures 12,13 *	1-12	
A	WO 2012/118961 A1 (DOLBY LAB LICENSING CORP [US]; WARD GREGORY JOHN [US]) 7 septembre 2012 (2012-09-07) * le document en entier *	1-12	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) G06T
A	US 2010/278423 A1 (ITOH YUJI [JP] ET AL) 4 novembre 2010 (2010-11-04) * le document en entier *	1-12	
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
4 novembre 2013		Luca, Mihai Bogdan	
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 1352164 FA 780012**

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 **04-11-2013**

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 2009317017 A1	24-12-2009	US 2009317017 A1 US 2013077174 A1	24-12-2009 28-03-2013

WO 2012118961 A1	07-09-2012	AUCUN	

US 2010278423 A1	04-11-2010	AUCUN	
