



(51) Classification internationale des brevets :

H04N 5/335 (2011.01) H04N 5/235 (2006.01)
H04N 5/225 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :

PCT/EP2018/057822

(22) Date de dépôt international :

27 mars 2018 (27.03.2018)

(25) Langue de dépôt :

français

(26) Langue de publication :

français

(30) Données relatives à la priorité :

17 52699 30 mars 2017 (30.03.2017) FR

(71) Déposant : CENTRE NATIONAL D'ETUDES
SPATIALES [FR/FR] ; 2, Place Maurice Quentin, 75001
PARIS (FR).

(72) Inventeur : TOULEMONT, Arthur ; 1, rue du Japon,
31400 TOULOUSE (FR).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR ACQUIRING AND RESTORING DIGITAL IMAGES WITH EXTENDED DYNAMICS

(54) Titre : PROCÉDÉ ET DISPOSITIF D'ACQUISITION ET DE RESTITUTION D'IMAGES NUMÉRIQUES AVEC UNE DYNAMIQUE ÉTENDUE

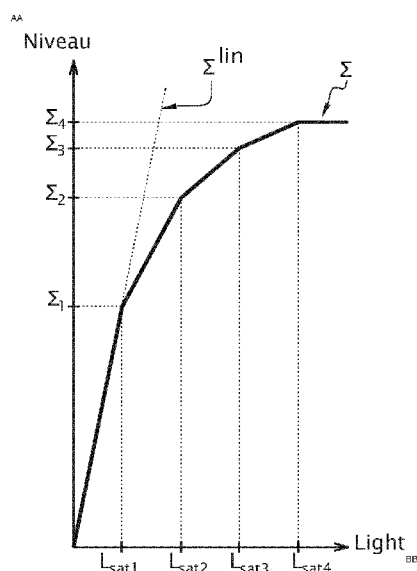


FIG.4

AA Level

(57) Abstract: The invention concerns a method for acquiring digital images with an extended dynamic range and an associated method for restoring digital images, as well as corresponding devices. The method for acquiring digital images comprises steps of: - determining (30) a plurality of different integration times, - and for each of the determined integration times, obtaining (32) an initial digital image acquired with the integration time, each initial digital image having a corresponding signal level, - for each initial digital image, applying (34) a clipping function with an associated clipping threshold to obtain a linear signal level according to the lighting, to obtain a processed digital image, and - combining (36) processed digital images to obtain a final image with extended dynamic range, said combination comprising a summation of the signals of the processed digital images, the final image having a linear signal level by fragments according to the lighting.

(57) Abrégé : L'invention concerne un procédé d'acquisition d'images numériques avec une gamme dynamique étendue et un procédé de restitution d'images numériques associé, ainsi que des dispositifs correspondant. Le procédé d'acquisition d'images numériques comporte des étapes de : -détermination (30) d'une pluralité de temps d'intégration différents, -et pour chacun des temps d'intégration déterminés, obtention (32) d'une image numérique initiale acquise avec ledit temps d'intégration, chaque image numérique initiale ayant un niveau de signal correspondant, -pour chaque image numérique initiale, application (34) d'une fonction d'écrapage avec un seuil d'écrapage associé pour obtenir un niveau de signal linéaire en fonction de l'éclairement, pour obtenir une image numérique traitée, et -combinaison (36) des images numériques traitées pour obtenir une image finale de gamme dynamique étendue, ladite combinaison comportant une sommation des signaux d'images numériques traités, l'image finale ayant un niveau de signal linéaire par morceaux en fonction de l'éclairement.

(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML,
MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée:

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

Procédé et dispositif d'acquisition et de restitution d'images numériques avec une dynamique étendue

La présente invention concerne un procédé d'acquisition d'images numériques avec une dynamique étendue. Elle concerne également un dispositif associé, un procédé
5 et un dispositif de restitution d'images numériques associés.

Elle se situe dans le domaine du traitement d'images à large gamme dynamique, connu sous le nom de « High Dynamic Range » ou HDR en anglais.

Dans certaines applications, la dynamique d'acquisition d'images numériques classiques n'est pas suffisante pour une représentation suffisamment précise des
10 données physiques représentées.

En effet, une image numérique est obtenue classiquement par un dispositif d'acquisition d'images muni de capteurs composés de milliers de pixels, chaque pixel étant apte à transformer des photons reçus pendant un temps d'intégration en un signal électrique, ledit signal électrique étant transformé en une valeur numérique d'échantillon
15 d'image. Les valeurs numériques dans la gamme dynamique de représentation sont représentatives donc de la quantité de lumière reçue et intégrée par les pixels. De faibles valeurs numériques correspondent à une faible quantité de photons, donc de lumière, en d'autres termes à des zones sombres, alors que des valeurs élevées correspondent à des zones claires.

En plus du signal utile de l'image, plusieurs bruits viennent « polluer » cette image. Lorsque le signal utile est faible, le bruit devient significatif et le signal utile peut être noyé dans le bruit. Le SNR (de l'anglais : Signal to Noise Ratio) correspond au ratio du niveau
20 de signal utile sur le niveau de bruit.

Il existe des techniques de traitement de plusieurs images numériques permettant
25 d'obtenir une image numérique dont la dynamique est augmentée, mais de telles techniques nécessitent en général une puissance calculatoire importante.

De telles techniques de traitement d'images ne sont pas applicables dans certaines applications, par exemple dans la capture d'images embarquée sur des dispositifs mobiles autonomes ayant une puissance de calcul limitée, par exemple des
30 drones ou des véhicules conçus pour se déplacer sur la surface d'astres, également appelés « rovers » en anglais.

En particulier, un problème se pose dans le cas d'applications spatiales, dans le cadre de l'acquisition d'images par des robots autonomes, équipés de systèmes de communication. Dans de telles applications, la puissance calculatoire embarquée est
35 faible, et la bande passante de communication disponible pour transmettre des données à un système récepteur situé à distance peut être faible également.

Il serait donc utile de mettre au point un procédé permettant l'acquisition d'images numériques avec une dynamique étendue, et un bon rapport signal-à-bruit dans l'étendue de la gamme de représentation et ne nécessitant que de faibles moyens calculatoires.

A cet effet, l'invention propose un procédé d'acquisition d'images numériques mis en œuvre dans un système comportant un dispositif d'acquisition d'images numériques, ledit dispositif d'acquisition d'images numériques étant muni de capteurs, chaque capteur étant apte à transformer un éclaircissement détecté pendant un temps d'intégration en un signal électrique, ledit signal électrique étant transformé en une valeur de radiométrie d'échantillon d'image numérique. Le procédé comporte les étapes suivantes :

- détermination d'une pluralité de temps d'intégration différents,
- et pour chacun des temps d'intégration déterminés, obtention d'une image numérique initiale acquise avec ledit temps d'intégration, chaque image numérique initiale ayant un niveau de signal correspondant,

- pour chaque image numérique initiale, application d'une fonction d'écrêtage avec un seuil d'écrêtage associé pour obtenir un niveau de signal linéaire en fonction de l'éclaircissement, pour obtenir une image numérique traitée, et

- combinaison des images numériques traitées pour obtenir une image finale de gamme dynamique étendue, ladite combinaison comportant une sommation des signaux d'images numériques traités, l'image finale ayant un niveau de signal linéaire par morceaux en fonction de l'éclaircissement.

Avantageusement, le procédé d'acquisition d'images numériques de l'invention est simple et nécessite peu de ressources calculatoires, et permet d'obtenir une image numérique finale de grande dynamique.

Le procédé d'acquisition d'images numériques selon l'invention peut présenter une ou plusieurs des caractéristiques ci-dessous, prises indépendamment ou selon toutes les combinaisons techniquement acceptables.

L'étape d'écrêtage, consiste à comparer, pour chaque image numérique acquise, la valeur de chaque échantillon à la valeur de seuil d'écrêtage prédéterminée, et lorsque ladite valeur d'échantillon est supérieure à la valeur de seuil d'écrêtage, à remplacer ladite valeur d'échantillon par ladite valeur de seuil d'écrêtage.

Pour chacune des images acquises, une même valeur de seuil d'écrêtage est appliquée.

L'étape de détermination des temps d'intégration comporte une détermination d'un temps d'intégration minimal et/ou d'un temps d'intégration maximal, et le calcul des autres temps d'intégration en fonction du temps d'intégration maximal et d'un nombre d'images à traiter.

L'étape de détermination de temps d'intégration comporte la détermination des temps d'intégration en fonction d'un objectif de qualité de l'image numérique finale et d'un nombre d'images à traiter.

5 L'objectif de qualité de l'image numérique est un objectif de rapport signal à bruit minimum et la détermination des temps d'intégration met en œuvre le rapport signal à bruit minimum, le nombre d'images traitées et un niveau de saturation d'un capteur.

Selon un autre aspect, l'invention concerne un programme d'ordinateur comportant des instructions logicielles qui, lorsqu'elles sont mises en œuvre par un
10 dispositif programmable, mettent en œuvre un procédé d'acquisition d'images numériques tel que brièvement décrit ci-dessus.

Selon un autre aspect, l'invention concerne un support d'enregistrement d'informations adapté à stocker un programme d'ordinateur comportant des instructions logicielles qui, lorsqu'elles sont mises en œuvre par un dispositif programmable, mettent
15 en œuvre un procédé d'acquisition d'images numériques tel que brièvement décrit ci-dessus.

Selon un autre aspect, l'invention concerne un dispositif d'acquisition d'images numériques mis en œuvre dans un système comportant un dispositif d'acquisition d'images numériques, ledit dispositif d'acquisition d'images numériques étant muni de
20 capteurs, chaque capteur étant apte à transformer un éclairage détecté pendant un temps d'intégration en un signal électrique, ledit signal électrique étant transformé en une valeur de radiométrie d'échantillon d'image numérique. Le dispositif d'acquisition d'images numériques comporte un dispositif programmable comportant au moins un processeur adapté à mettre en œuvre des calculs, comportant :

25 -un module de détermination d'une pluralité de temps d'intégration différents,
-un module de commande d'acquisition d'une image numérique initiale correspondante pour chacun des temps d'intégration déterminés, chaque image numérique initiale ayant un niveau de signal correspondant,

-pour chaque image numérique acquise, un module d'application d'une fonction d'écrtage avec un seuil d'écrtage associé pour obtenir un niveau de signal linéaire en
30 fonction de l'éclairage, pour obtenir une image numérique traitée,

-un module combinaison des images numériques traitées pour obtenir une image finale de gamme dynamique étendue, ladite combinaison comportant une sommation des signaux d'images numériques traités, l'image finale ayant un niveau de signal linéaire par
35 morceaux en fonction de l'éclairage.

Selon un autre aspect, l'invention concerne un procédé de restitution d'images numériques à partir d'une image numérique finale de gamme dynamique étendue obtenue par un procédé d'acquisition tel que brièvement décrit ci-dessus. Le procédé de restitution comporte des étapes de :

- 5 -obtention d'une pluralité de temps d'intégration différents et de seuils d'écrtage utilisés pour obtenir l'image numérique finale de dynamique étendue, correspondant à un nombre N d'images numériques initiales ;
- calculation de N seuils finaux à partir des temps d'intégration et des seuils d'écrtage ;
- obtention d'au moins une image restituée ayant un niveau de signal linéaire avec
- 10 l'éclairissement à partir de l'image numérique finale et des seuils finaux calculés.

Le procédé restitution d'images numériques selon l'invention peut présenter une ou plusieurs des caractéristiques ci-dessous, prises indépendamment ou selon toutes les combinaisons techniquement acceptables.

- 15 L'étape d'obtention d'au moins une image restituée comporte le calcul d'une seule image ayant un niveau de signal linéaire.

L'étape d'obtention d'au moins une image restituée comporte le calcul de N images restituées correspondant aux N images numériques initiales.

- 20 Selon un autre aspect, l'invention concerne un programme d'ordinateur comportant des instructions logicielles qui, lorsqu'elles sont mises en œuvre par un dispositif programmable, mettent en œuvre un procédé de restitution d'images numériques tel que brièvement décrit ci-dessus.

- 25 Selon un autre aspect, l'invention concerne un support d'enregistrement d'informations adapté à stocker un programme d'ordinateur comportant des instructions logicielles qui, lorsqu'elles sont mises en œuvre par un dispositif programmable, mettent en œuvre un procédé de restitution d'images numériques tel que brièvement décrit ci-dessus.

- 30 Selon un autre aspect, l'invention concerne un dispositif de restitution d'images numériques à partir d'une image numérique finale de gamme dynamique étendue obtenue par dispositif d'acquisition tel que brièvement décrit ci-dessus. Le dispositif comporte un dispositif programmable comportant au moins un processeur adapté à mettre en œuvre des modules de :

- obtention d'une pluralité de temps d'intégration différents et de seuils d'écrtage utilisés pour obtenir l'image numérique finale de dynamique étendue, correspondant à un nombre N d'images numériques initiales ;
- 35 -calculation de N seuils finaux à partir des temps d'intégration et des seuils d'écrtage ;

-obtention au moins une image restituée ayant un niveau de signal linéaire avec l'éclairement à partir de l'image numérique finale et des seuils finaux calculés.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront de la description qui en est donnée ci-dessous, à titre indicatif et nullement limitatif, en référence aux figures annexées, parmi lesquelles :

-la figure 1 est un schéma représentant les blocs fonctionnels d'un dispositif programmable apte à mettre en œuvre l'invention ;

-la figure 2 est un synoptique des principales étapes d'un procédé d'acquisition d'images de dynamique étendue selon un mode de réalisation de l'invention ;

-la figure 3 illustre les niveaux de signal correspondant à des images acquises en fonction de la quantité de lumière intégrée par les capteurs du dispositif d'acquisition d'images, avec des temps d'intégration différents ;

-la figure 4 illustre schématiquement le niveau de signal Σ de l'image finale ;

-la figure 5 est un synoptique des principales étapes de restitution de signaux d'images acquis à partir d'une image numérique avec une dynamique étendue selon un mode de réalisation de l'invention.

La figure 1 illustre schématiquement un système 1 d'acquisition/restitution d'images numériques apte à mettre en œuvre le procédé d'acquisition d'images numériques avec une dynamique étendue selon l'invention.

Le système 1 comprend un système d'acquisition d'images 2, qui peut par exemple être embarqué à bord d'une plateforme mobile autonome, par exemple un robot.

Le système d'acquisition d'images 2 comprend un dispositif d'acquisition d'images 4, muni de capteurs, chaque capteur étant apte à transformer des photons reçus pendant un temps d'intégration en un signal électrique, ledit signal électrique étant transformé en une valeur numérique d'échantillon d'image numérique.

De préférence, des capteurs à sortie numérique de type CMOS sont utilisés.

Le dispositif d'acquisition d'images 4 est connecté à un dispositif programmable 6, apte à mettre en œuvre le procédé d'acquisition d'images selon l'invention, et notamment à commander l'acquisition d'images par le dispositif d'acquisition d'images 4.

Dans un mode de mise en œuvre, le dispositif programmable 6 est réalisé sous forme de composants logiques programmables, tel qu'un FPGA (de l'anglais *Field-Programmable Gate Array*), ou encore sous forme de circuits intégrés dédiés, de type ASIC (de l'anglais *Application-Specific Integrated Circuit*).

6

Le dispositif programmable 6 est connecté à un dispositif de stockage de type mémoire permettant de stocker des images numériques.

Le système d'acquisition d'images 2 comporte, de manière optionnelle, un module de communication 8 apte à communiquer à distance avec un système de restitution 10, comportant également un module de communication 12, selon un protocole de communication dédié. Par exemple, une communication par satellite est mise en œuvre.

Ainsi, le système d'acquisition d'images 2 est apte à transmettre des données numériques, en particulier des images numériques, au système de restitution 10.

Dans un mode de réalisation, le système de restitution 10 est un dispositif programmable apte à mettre en œuvre l'invention, est par exemple un ordinateur. Il comprend une unité centrale de traitement 16, ou CPU, apte à exécuter des instructions de programme informatique lorsque le dispositif programmable est mis sous tension. Le dispositif programmable comporte également des moyens de stockage d'informations 16, par exemple des registres ou des mémoires, aptes à stocker des instructions de code exécutable permettant la mise en œuvre de programmes comportant des instructions de code aptes à mettre en œuvre le procédé selon l'invention.

En option, le dispositif programmable 10 comprend un écran 18 et un moyen 20 de saisie des commandes d'un opérateur, par exemple un clavier, optionnellement un moyen supplémentaire de pointage 22, tel une souris, permettant de sélectionner des éléments graphiques affichés sur l'écran 18.

Les divers blocs fonctionnels 12 à 22 du dispositif programmable 10 décrits ci-dessus sont connectés via un bus de communication 24.

La figure 2 est un synoptique des principales étapes d'un procédé d'acquisition d'images numériques avec une dynamique étendue selon un mode de réalisation de l'invention.

Lors d'une première étape 30, on détermine un nombre N d'acquisitions d'images numériques IM_i à effectuer par le dispositif d'acquisition d'images 2, et un temps d'intégration T_i associée à chaque acquisition d'image IM_i .

Le nombre N est un nombre entier strictement supérieur à 1.

Dans un mode de réalisation, le nombre N est prédéterminé, par exemple fourni par un opérateur et mémorisé, ainsi que les temps d'intégration associés.

En variante, N est déterminé en fonction des capacités de stockage dans le système d'acquisition d'images 2.

Par exemple, $N=4$ acquisitions d'images effectuées avec quatre temps d'intégration T_1 , T_2 , T_3 et T_4 . Dans un mode de réalisation, $T_1=1\text{ms}$, $T_2=2\text{ms}$, $T_3=3\text{ms}$, $T_4=4\text{ms}$.

Dans un mode de réalisation, le temps d'intégration T_4 , est le plus long, et les autres temps d'intégration sont fixés par une règle de calcul par rapport à T_4 , par exemple : $T_1 = \frac{1}{4} \times T_4, T_2 = \frac{1}{2} \times T_4, T_3 = \frac{3}{4} \times T_4$.

Bien sûr, ce mode de réalisation est donné à titre d'exemple.

5 Il est possible d'appliquer d'autres règles de calcul en fonction du temps d'intégration le plus long et/ou en fonction du temps d'intégration le plus court.

Par exemple, un incrément temporel constant est appliqué au temps d'intégration le plus court.

Selon une variante, on détermine séparément chaque temps d'intégration T_i .

10 Selon une autre variante, le nombre N et les temps d'intégration T_i sont calculés en fonction de conditions environnementales de capture ou d'un objectif de qualité fixé, par exemple en termes de rapport signal à bruit minimum à obtenir.

De préférence, les temps d'intégration sont choisis de manière à ce que la quantité de mouvement dans la scène observée entre le temps d'intégration le plus court T_1 et le
15 temps d'intégration le plus long T_N soit négligeables.

Tel est par exemple le cas si le dispositif de capture d'images est fixe et si la luminosité de la scène observée est stable pendant toute la durée des prises d'images, que les acquisitions d'images soient effectuées en série par un seul capteur ou en parallèle par plusieurs capteurs.

20 L'étape 30 est suivie d'une étape 32 d'acquisition de chaque image numérique IM_i en réglant le temps d'intégration des capteurs du dispositif d'acquisition d'images au temps d'intégration T_i préalablement déterminé.

Une image numérique est formée d'une matrice bidimensionnelle d'échantillons d'image, chaque échantillon d'image ayant une valeur numérique associée appelée signal
25 (correspondant à la somme du signal utile et des bruits). Le signal utile correspond à une valeur de radiométrie. Dans une gamme dynamique de représentation, la valeur de radiométrie est représentative de l'éclairement, ou en d'autres termes de la quantité de lumière, reçue et intégrée par le ou les capteurs associé audit échantillon.

30 Les faibles valeurs de radiométrie correspondent aux zones sombres, et les fortes valeurs de radiométrie aux zones éclairées.

Par exemple, chaque valeur numérique d'échantillon d'image est représentée sur P bits, P étant par exemple compris entre 8 et 10, la gamme dynamique de représentation correspondante étant la gamme des valeurs entières entre 0 et $2^P - 1$.

En variante, une image numérique est composée de plusieurs telles matrices bidimensionnelles d'échantillons d'images, chaque matrice correspondant à une couleur, par exemple rouge, vert, bleu.

Le temps d'intégration le plus court, T_1 , permet d'acquérir une image numérique ayant une bonne représentation des zones claires.

Le temps d'intégration le plus long T_N permet d'acquérir une image numérique ayant une bonne représentation des zones sombres.

Pour chaque image numérique initiale IM_i , l'étape 32 est suivie d'une étape 34 d'écèlement, permettant d'utiliser le capteur correspondant dans sa zone linéaire. La zone linéaire du capteur est la zone dans laquelle le niveau de signal utile est proportionnel au nombre de photons.

L'étape 34 met en œuvre une fonction d'écèlement appliquée à chaque image initiale IM_i , et consistant à remplacer toutes les valeurs du signal de IM_i supérieures ou égales à un seuil d'écèlement $Seuil_i$ par la valeur $Seuil_i$:

$$\text{Si } IM_i(k,l) > Seuil_i, IM_i'(k,l) = Seuil_i \quad (\text{Eq 1})$$

$$\text{Sinon, } IM_i'(k,l) = IM_i(k,l)$$

pour $1 \leq k \leq L, 1 \leq l \leq C$, L , C étant les dimensions respectives, en nombre de lignes et nombre de colonnes, de la matrice d'image IM_i .

A l'issue de l'étape 34 on obtient, pour chaque indice i , une image numérique IM'_i , appelée image traitée.

Dans un mode de réalisation, le seuil d'écèlement est constant et égal à une valeur de seuil Sat prédéterminée pour toutes les images numériques acquises.

On choisira par exemple comme valeur de seuil Sat , la valeur jusqu'à laquelle le signal est linéaire en fonction de la quantité de photons reçue par le pixel.

De préférence, cette valeur Sat est proche de la saturation du capteur, de manière à utiliser quasiment la totalité de la zone linéaire du capteur.

Avantageusement, ce mode de réalisation comporte des opérations calculatoires simples, facilement réalisables par un FPGA. En pratique, seules les valeurs de $IM_i(k,l)$ supérieures au seuil d'écèlement $Seuil_i$ sont modifiées.

La figure 3 illustre schématiquement le niveau de signal de chaque image après l'étape d'écèlement 34 en fonction de la quantité de lumière intégrée par le ou les capteurs du dispositif d'acquisition d'images, pour un ensemble de quatre temps d'intégration T_1 , T_2 , T_3 , T_4 avec $T_1 < T_2 < T_3 < T_4$.

A la figure 3 on a illustré 4 graphes, chacun présentant en abscisse l'éclairement, (noté « light »), et en ordonnée le niveau de signal, qui est une valeur numérique.

Le niveau de signal S_1 correspond à l'image écrêtée IM'_1 , le niveau de signal S_2 correspond à l'image écrêtée IM'_2 et ainsi de suite. Le temps d'intégration correspondant à chaque acquisition d'image, noté T_{int} , est également précisé pour chaque graphe.

Comme illustré à la figure 3, plus le temps d'intégration est long, plus la valeur d'éclairement nécessaire pour saturer le pixel est faible. Les paliers de saturation L_{sat_i} sont inversement proportionnels aux temps d'intégration T_{N-i+1} .

Les niveaux de signal S_i sont linéaires entre 0 et L_{sat_i} , puis constants, grâce à la sélection des valeurs de seuil d'écrêtage $Seuil_i$.

De retour à la figure 2, suite à l'étape 34 d'écrêtage, on applique une étape 36 de sommation des images numériques écrêtées IM'_i , et on obtient une image finale de gamme de représentation étendue, notée IM_F :

$$IM_F(k,l) = \sum_{i=1}^N IM'_i(k,l) \text{ pour chaque } (k,l), 1 \leq k \leq L, 1 \leq l \leq C \quad (\text{Eq 2})$$

Lorsque chaque image IM'_i est codée sur P bits, l'image finale IM_F de gamme de représentation étendue est codée sur $P' = P + \log_2(N)$ bits.

Par exemple, si $N=4$, les valeurs de signal de IM_F sont représentées sur $P+2$ bits. Ainsi, on passe par exemple de valeurs représentées sur 10 bits à des valeurs représentées sur 12 bits.

L'image numérique finale ainsi obtenue IM_F est ensuite mémorisée ou transmise à un dispositif de restitution lors d'une étape de stockage ou de transmission 38.

Dans un mode de réalisation, l'image numérique finale IM_F est transmise par des moyens de communication sans fil, par exemple par communications radio ou par communications par satellite, à un dispositif de réception distant, qui reçoit et stocke ou traite l'image numérique finale de gamme dynamique étendue IM_F .

La figure 4 illustre le niveau de signal Σ de l'image finale IM_F ainsi obtenue par sommation, en fonction de la quantité de lumière intégrée.

La représentation schématique de la figure 4 comprend un graphe présentant en abscisse la quantité de lumière intégrée (notée « light »), et en ordonnée le niveau de signal, qui est une valeur numérique.

Le niveau de signal Σ correspond à la somme des niveaux de signal respectifs des images écrêtées:

$$\Sigma(x) = \sum_{i=1}^N S_i(x) \quad (\text{Eq 3})$$

Le niveau de signal Σ est linéaire par morceaux, en fonction des paliers de saturation L_{sat_i} correspondants.

Une valeur de seuil final Σ_i correspond à chaque palier de saturation L_{sat_i} .

Avantageusement, on peut calculer chaque valeur de seuil final Σ_i en fonction des valeurs de seuil d'écrêtage $Seuil_i$ de la manière suivante :

$$\Sigma_N = \sum_{p=1}^N Seuil_p \quad (\text{Eq 4})$$

5 Et ensuite :

$$\Sigma_{N-1} = \sum_{p=1}^{N-1} Seuil_p + \frac{T_1}{T_2} \times Seuil_1 \quad (\text{Eq 5})$$

$$\Sigma_r = \sum_{p=1}^r Seuil_p + \frac{T_1 \times Seuil_1 + T_2 \times Seuil_2 + \dots + T_{N-r} \times Seuil_r}{T_{N-r+1}} \quad (\text{Eq 6})$$

Les formules se simplifient dans les cas particulier où tous les seuils d'écrêtage $Seuil_i$ sont égaux à une valeur prédéterminée Sat :

$$\Sigma_N = N \times Sat \quad (\text{Eq 7})$$

$$\Sigma_r = \left(r + \frac{T_1 + \dots + T_{N-r}}{T_{N-r+1}} \right) \times Sat \quad (\text{Eq 8})$$

Les seuils finaux Σ_i sont utilisés soit pour restituer chacune des N images initiales, soit pour créer une image unique de dynamique étendue.

15 Le rapport signal-à-bruit de l'image numérique finale IM_F , noté ici $SNR(IM_F)$, peut être calculé théoriquement en fonction de l'éclairement reçu. Cela permet de déterminer des temps d'intégration T_i permettant d'assurer un objectif de qualité pour l'image finale, par exemple d'assurer que le $SNR(IM_F)$ de l'image numérique finale est supérieur à un rapport signal à bruit minimum, SNR_{min} , pour une image numérique finale obtenue à partir de N images initiales.

20 Le SNR de l'image finale IM_F est calculé en fonction des N images numériques traitées :

$$IM_F(k, l) = \sum_{i=1}^N IM'_i(k, l) \quad (\text{Eq 9})$$

25 Le signal des images numériques traitées peut être exprimé en fonction de la réponse du capteur $R_{capteur}$, de l'éclairement reçu par le pixel du capteur $E(k, l)[W]$ et du temps d'intégration $T_i[s]$:

$$IM_F(k, l) = \sum_{i=1}^N [R_{capteur} \cdot E(k, l) \cdot T_i] \quad (\text{Eq 10})$$

En considérant que le bruit majoritaire des capteurs actuels est le bruit photonique, (le bruit photonique est égal à la racine carrée du signal en électrons), au premier ordre, on peut donc écrire le SNR comme suit :

$$SNR(IM_F) = \frac{\sum_{i=1}^N [R_{\text{capteur}} \cdot E(k,l) \cdot T_i]}{\sqrt{\sum_{i=1}^N [R_{\text{capteur}} \cdot E(k,l) \cdot T_i]}} \quad (\text{Eq 11})$$

5

On en déduit :

$$SNR(IM_F) = \sqrt{\sum_{i=1}^N T_i} \cdot \sqrt{R_{\text{capteur}} \cdot E(k,l)} \quad (\text{Eq 12})$$

Pour assurer un rapport signal à bruit $SNR(IM_F)$ minimal, selon un mode de réalisation, on fixe le temps d'intégration le plus court, noté T_1 .

10

En considérant le niveau de saturation en électrons, noté Sat^{e^-} , et le niveau de SNR minimum souhaité, noté $SNR_{\min}$, on obtient les temps d'écrtage successifs par les équations suivantes :

$$\frac{SNR_{\min}}{\sqrt{Sat^{e^-}}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n-1} T_i}{T_n}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n-2} T_i}{T_{n-1}}} = \dots = \sqrt{\frac{T_1}{T_2}} \quad (\text{Eq 13})$$

15

Par exemple, $Sat^{e^-} = 10000$ électrons. La valeur de $SNR_{\min}$ est fixée en fonction de l'application visée.

La figure 5 est un synoptique des principales étapes de restitution, dans un mode de réalisation, à partir d'une image finale de gamme dynamique étendue obtenue par le procédé décrit ci-dessus.

20

Le procédé de restitution comprend une première étape 40 de réception ou de lecture en mémoire de l'image numérique finale IM_F .

L'étape 40 est suivie d'une étape 42 d'obtention des paramètres utilisés : le nombre N d'acquisitions, les temps d'intégration associés, les seuils d'écrtage $Seuil_i$ utilisés.

25

L'étape 42 est suivie d'une étape 44 de détermination des seuils finaux Σ_i correspondant à chaque palier de saturation L_{sat_i} du niveau de signal Σ , en utilisant les formules de calcul données par (Eq 5) à (Eq 8).

L'étape 44 est suivie d'une étape 46 d'obtention d'une image finale linéarisée.

30

Dans un mode de réalisation, on prend également en considération en niveaux de radiométrie d'obscurité, qui sont spécifiques aux capteurs utilisés et qui dépendent du temps d'intégration.

On note V_{obs_i} le niveau d'obscurité correspondant à l'acquisition de l'image IM_i avec le temps d'intégration T_i .

Le signal $IM_F(k,l)$ des pixels de l'image finale est linéaire par morceaux avec l'éclairement, ou, en d'autres termes, le signal $IM_F(k,l)$ peut être exprimé comme fonction affine de la quantité d'éclairement. Pour rendre l'interprétation des images plus facile, il peut être intéressant de linéariser l'image finale. On note $IM_F^{lin}(k,l)$ le signal du pixel (k,l) linéarisé.

Par exemple, pour 4 temps d'intégrations $T_1 < T_2 < T_3 < T_4$ avec des seuils d'écrtage égaux à une valeur Sat , le signal linéarisé $IM_F^{lin}(k,l)$ est calculé comme suit.

10 Pour $IM_F(k,l) < \Sigma_1$ on applique :

$$IM_F^{lin}(k,l) = IM_F(k,l) - (V_{obs_1} + V_{obs_2} + V_{obs_3} + V_{obs_4}) \quad (\text{Eq 14})$$

Pour $\Sigma_1 \leq IM_F(k,l) < \Sigma_2$

$$IM_F^{lin}(k,l) = \left(1 + \frac{T_4}{T_1 + T_2 + T_3}\right) \cdot (IM_F(k,l) - (V_{obs_1} + V_{obs_2} + V_{obs_3}) - Sat) \quad (\text{Eq 15})$$

Pour $\Sigma_2 \leq IM_F(k,l) < \Sigma_3$

$$15 \quad IM_F^{lin}(k,l) = \left(1 + \frac{T_3 + T_4}{T_1 + T_2}\right) \cdot (IM_F(k,l) - (V_{obs_1} + V_{obs_2}) - 2 \cdot Sat) \quad (\text{Eq 16})$$

Pour $\Sigma_3 \leq IM_F(k,l) < \Sigma_4$

$$IM_F^{lin}(k,l) = \left(1 + \frac{T_2 + T_3 + T_4}{T_1}\right) \cdot (IM_F(k,l) - V_{obs_1} - 3 \cdot Sat) \quad (\text{Eq 17})$$

Dans un mode de réalisation simplifié de l'étape 46, les niveaux d'obscurité sont négligés.

20 Dans ce cas, les relations précédentes se simplifient :

Pour $IM_F(k,l) < \Sigma_1$ on applique :

$$IM_F^{lin}(k,l) = IM_F(k,l) \quad (\text{Eq 18})$$

Pour $\Sigma_1 \leq IM_F(k,l) < \Sigma_2$

$$IM_F^{lin}(k,l) = \left(1 + \frac{T_4}{T_1 + T_2 + T_3}\right) \cdot (IM_F(k,l) - Sat) \quad (\text{Eq 19})$$

25 Pour $\Sigma_2 \leq IM_F(k,l) < \Sigma_3$

$$IM_F^{lin}(k,l) = \left(1 + \frac{T_3 + T_4}{T_1 + T_2}\right) \cdot (IM_F(k,l) - 2 \cdot Sat) \quad (\text{Eq 20})$$

Pour $\Sigma_3 \leq IM_F(k,l) < \Sigma_4$

$$IM_F^{lin}(k,l) = \left(1 + \frac{T_2 + T_3 + T_4}{T_1}\right) \cdot (IM_F(k,l) - 3 \cdot Sat) \quad (Eq 21)$$

Sur la figure 4, on a illustré en pointillés le niveau de signal Σ^{lin} correspondant à l'image finale de gamme dynamique étendue linéarisée.

5 En alternative ou en complément, l'étape 44 est suivie de l'étape 48 de restitution des N images acquises, dans leur gamme dynamique initiale, à partir du signal $IM_F(k,l)$ des pixels de l'image finale.

Dans le mode de réalisation sans prise en compte des niveaux d'obscurité, les formules suivantes sont appliquées pour déterminer la valeur de signal de chaque pixel
10 de chacune des images finales restituées $IM_{1,F}$, $IM_{2,F}$, $IM_{3,F}$, $IM_{4,F}$:

Pour $IM_F(k,l) < \Sigma_1$:

$$IM_{1,F}(k,l) = \frac{T_1}{(T_1 + T_2 + T_3 + T_4)} \cdot IM_F(k,l) \quad (Eq 22)$$

$$IM_{2,F}(k,l) = \frac{T_2}{(T_1 + T_2 + T_3 + T_4)} \cdot IM_F(k,l) \quad (Eq 23)$$

$$IM_{3,F}(k,l) = \frac{T_3}{(T_1 + T_2 + T_3 + T_4)} \cdot IM_F(k,l) \quad (Eq 24)$$

$$15 \quad IM_{4,F}(k,l) = \frac{T_4}{(T_1 + T_2 + T_3 + T_4)} \cdot IM_F(k,l) \quad (Eq 25)$$

Pour $\Sigma_1 \leq IM_F(k,l) < \Sigma_2$

$$IM_{1,F}(k,l) = \frac{T_1}{(T_1 + T_2 + T_3)} \cdot (IM_F(k,l) - Sat) \quad (Eq 26)$$

$$IM_{2,F}(k,l) = \frac{T_2}{(T_1 + T_2 + T_3)} \cdot (IM_F(k,l) - Sat) \quad (Eq 27)$$

$$IM_{3,F}(k,l) = \frac{T_3}{(T_1 + T_2 + T_3)} \cdot (IM_F(k,l) - Sat) \quad (Eq 28)$$

20 Pour $\Sigma_2 \leq IM_F(k,l) < \Sigma_3$

$$IM_{1,F}(k,l) = \frac{T_1}{(T_1 + T_2)} \cdot (IM_F(k,l) - 2 \cdot Sat) \quad (Eq 29)$$

$$IM_{2,F}(k,l) = \frac{T_2}{(T_1 + T_2)} \cdot (IM_F(k,l) - 2 \cdot Sat) \quad (Eq 30)$$

Pour $\Sigma_3 \leq IM_F(k,l) < \Sigma_4$

$$IM_{1,F}(k,l) = IM_F(k,l) - 3 \cdot Sat \quad (\text{Eq 31})$$

En variante, il est bien sûr possible de tenir compte des niveaux d'obscurité, de manière analogue à ce qui a été explicité ci-dessus en référence à l'étape 46.

5 Bien évidemment, les formules ont été détaillées dans le mode de réalisation à N=4 images acquises, mais le principe s'applique de manière analogue à un nombre N d'images acquises, avec N quelconque.

De plus, sur le même principe, il est possible de déterminer les formules à appliquer pour restituer une image finale linéarisée ou pour restituer N images finales correspondant aux images acquises lorsqu'on utilise des valeurs de seuil *Seuil_i* différentes.

10

REVENDICATIONS

1.- Procédé d'acquisition d'images numériques mis en œuvre dans un système
comportant un dispositif d'acquisition d'images numériques, ledit dispositif d'acquisition
d'images numériques étant muni de capteurs, chaque capteur étant apte à transformer un
éclairage détecté pendant un temps d'intégration en un signal électrique, ledit signal
électrique étant transformé en une valeur de radiométrie d'échantillon d'image numérique,
caractérisé en ce qu'il comporte les étapes suivantes :

-détermination (30) d'une pluralité de temps d'intégration (T_1, T_2, T_3, T_4) différents,
-et pour chacun des temps d'intégration (T_1, T_2, T_3, T_4) déterminés, obtention (32)
d'une image numérique initiale acquise avec ledit temps d'intégration, chaque image
numérique initiale ayant un niveau de signal correspondant,

-pour chaque image numérique initiale, application (34) d'une fonction d'écèlement
avec un seuil d'écèlement associé (*Seuil_1, Seuil_2, Seuil_3, Seuil_4*) pour obtenir un
niveau de signal (S_1, S_2, S_3, S_4) linéaire en fonction de l'éclairement, pour obtenir une
image numérique traitée, et

-combinaison (36) des images numériques traitées pour obtenir une image finale
de gamme dynamique étendue, ladite combinaison comportant une sommation des
signaux d'images numériques traités, l'image finale ayant un niveau de signal (Σ) linéaire
par morceaux en fonction de l'éclairement.

2.- Procédé d'acquisition d'images numériques selon la revendication 1,
caractérisé en ce que l'étape d'écèlement (34), consiste à comparer, pour chaque image
numérique acquise, la valeur de chaque échantillon à la valeur de seuil d'écèlement
(*Seuil_1, Seuil_2, Seuil_3, Seuil_4*), et lorsque ladite valeur d'échantillon est supérieure à
la valeur de seuil d'écèlement (*Seuil_1, Seuil_2, Seuil_3, Seuil_4*), à remplacer ladite
valeur d'échantillon par ladite valeur de seuil d'écèlement.

3.- Procédé d'acquisition d'images numériques selon la revendication 2,
caractérisé en ce que pour chacune des images acquises, une même valeur de seuil
d'écèlement est appliquée.

4.- Procédé d'acquisition d'images numériques selon l'une des revendications 1 à
3, caractérisé en ce que l'étape de détermination (30) des temps d'intégration comporte
une détermination d'un temps d'intégration minimal et/ou d'un temps d'intégration

maximal, et le calcul des autres temps d'intégration en fonction du temps d'intégration maximal et d'un nombre d'images à traiter.

5 5.- Procédé d'acquisition d'images numériques selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que l'étape de détermination de temps d'intégration comporte la détermination des temps d'intégration en fonction d'un objectif de qualité de l'image numérique finale et d'un nombre d'images à traiter.

10 6.- Dispositif d'acquisition d'images numériques mis en œuvre dans un système comportant un dispositif d'acquisition d'images numériques, ledit dispositif d'acquisition d'images numériques étant muni de capteurs, chaque capteur étant apte à transformer un éclaircissement détecté pendant un temps d'intégration en un signal électrique, ledit signal électrique étant transformé en une valeur de radiométrie d'échantillon d'image numérique, caractérisé en ce qu'il comporte un dispositif programmable comportant au moins un
15 processeur adapté à mettre en œuvre des calculs, comportant :

- un module de détermination d'une pluralité de temps d'intégration différents,
- un module de commande d'acquisition d'une image numérique initiale correspondante pour chacun des temps d'intégration déterminés, chaque image numérique initiale ayant un niveau de signal correspondant,
- 20 -pour chaque image numérique acquise, un module d'application d'une fonction d'écrtage avec un seuil d'écrtage associé pour obtenir un niveau de signal linéaire en fonction de l'éclaircissement, pour obtenir une image numérique traitée,
- un module combinaison des images numériques traitées pour obtenir une image finale de gamme dynamique étendue, ladite combinaison comportant une sommation des
25 signaux d'images numériques traités, l'image finale ayant un niveau de signal linéaire par morceaux en fonction de l'éclaircissement.

30 7.- Procédé de restitution d'images numériques à partir d'une image numérique finale de gamme dynamique étendue obtenue par une procédé d'acquisition conforme à l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce qu'il comporte des étapes de :

- obtention (42) d'une pluralité de temps d'intégration différents et de seuils d'écrtage utilisés pour obtenir l'image numérique finale de dynamique étendue, correspondant à un nombre N d'images numériques initiales ;

- calcul (44) de N seuils finaux ($\Sigma_1, \dots, \Sigma_4$) à partir des temps d'intégration et des
35 seuils d'écrtage ;

-obtention (46, 48) d'au moins une image restituée ayant un niveau de signal linéaire avec l'éclairement à partir de l'image numérique finale et des seuils finaux calculés.

5 8.- Procédé de restitution d'images numériques selon la revendication 7, caractérisé en ce que l'étape d'obtention d'au moins une image restituée (46) comporte le calcul d'une seule image de gamme dynamique étendue ayant un niveau de signal linéaire.

10 9.- Procédé de restitution d'images numériques selon la revendication 7, caractérisé en ce que l'étape d'obtention d'au moins une image restituée (48) comporte le calcul de N images restituées correspondant aux N images numériques initiales.

15 10.- Dispositif de restitution d'images numériques à partir d'une image numérique finale de gamme dynamique étendue obtenue par dispositif d'acquisition conforme à la revendication 6, caractérisé en ce qu'il comporte un dispositif programmable comportant au moins un processeur adapté à mettre en œuvre des modules de :

20 -obtention d'une pluralité de temps d'intégration différents et de seuils d'écrtage utilisés pour obtenir l'image numérique finale de dynamique étendue, correspondant à un nombre N d'images numériques initiales ;

-calcul de N seuils finaux à partir des temps d'intégration et des seuils d'écrtage ;

-obtention au moins une image restituée ayant un niveau de signal linéaire avec l'éclairement à partir de l'image numérique finale et des seuils finaux calculés.

1/3

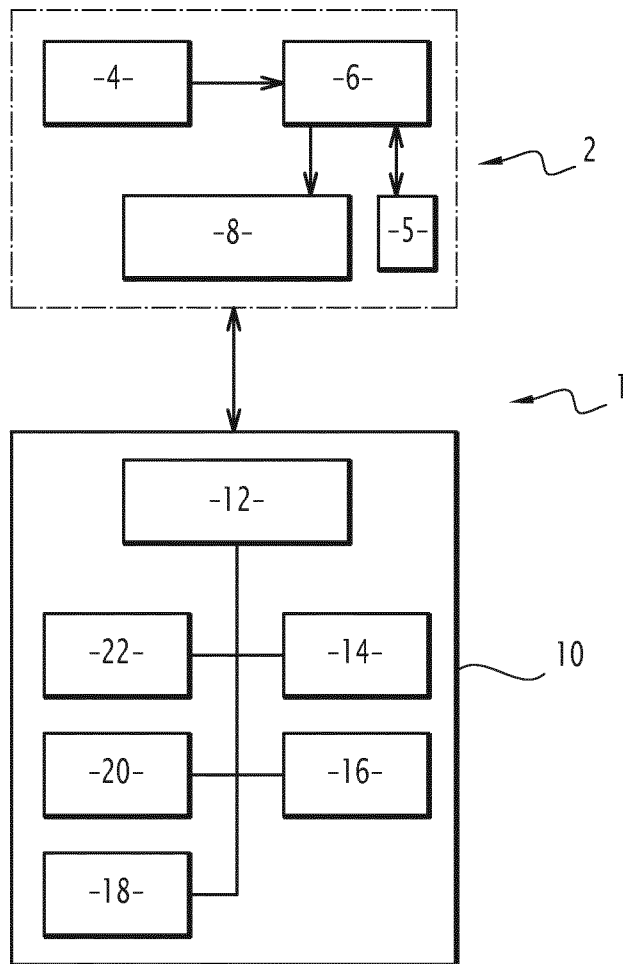


FIG.1

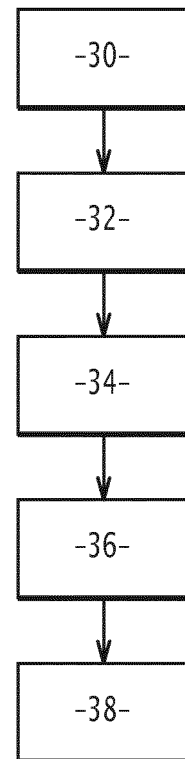
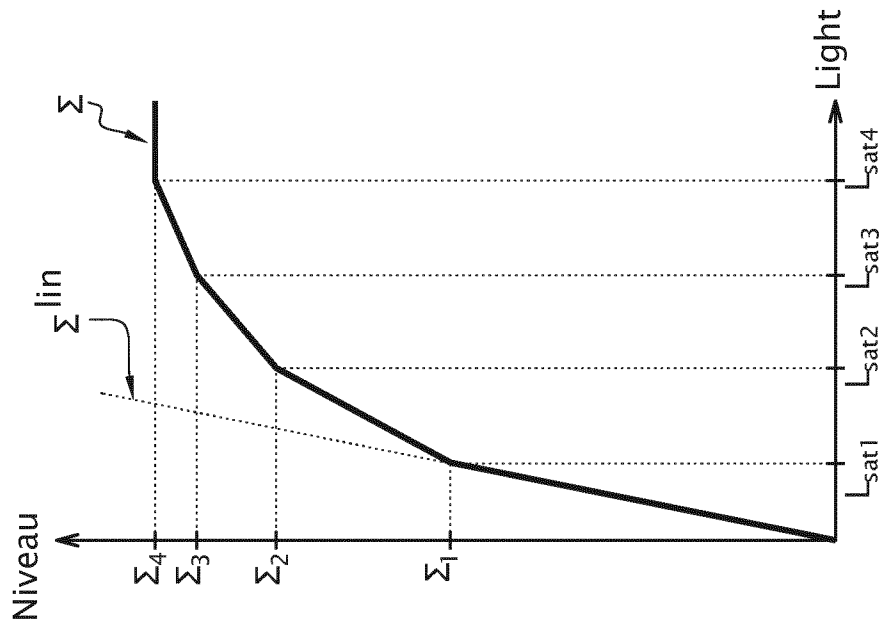
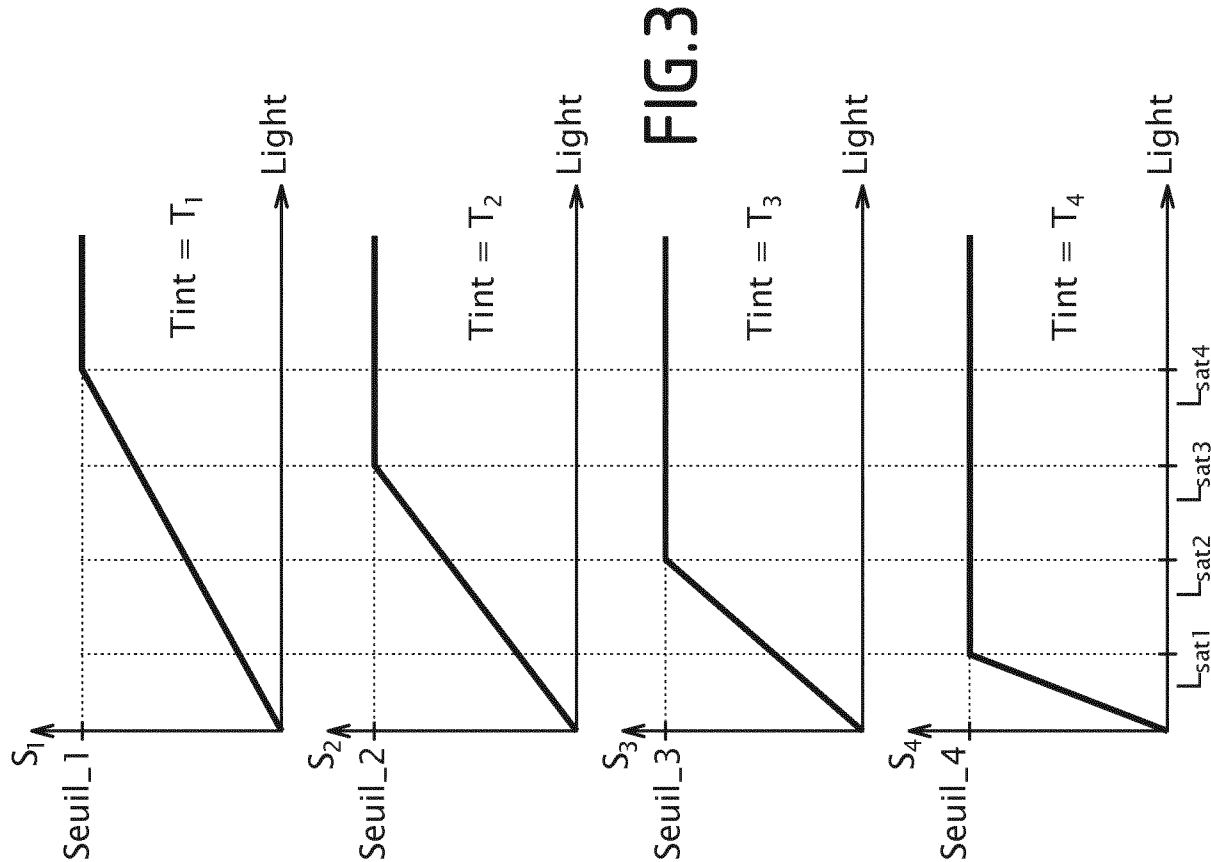


FIG.2



3/3

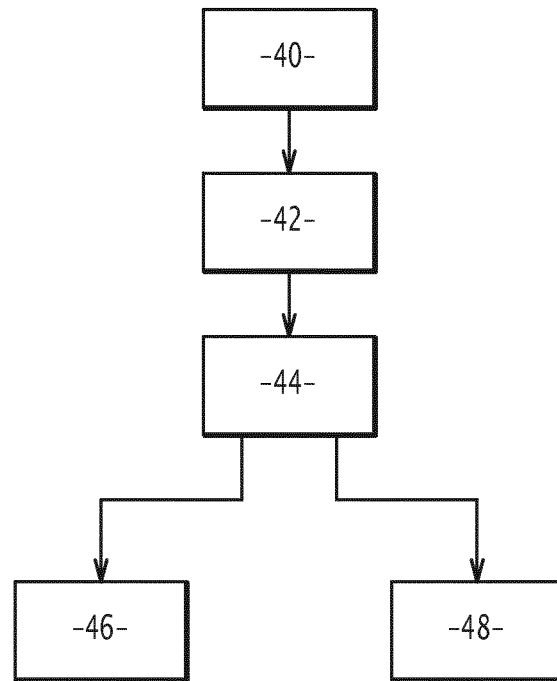


FIG.5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2018/057822

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. H04N5/335 H04N5/225 H04N5/235
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
H04N

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EP0-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	NAYAR S K ET AL: "High Dynamic Range Imaging: Spatially Varying Pixel Exposures", PROCEEDINGS 2000 IEEE CONFERENCE ON COMPUTER VISION AND PATTERN RECOGNITION. CVPR 2000. HILTON HEAD ISLAND, SC, JUNE 13-15, 2000; [PROCEEDINGS OF THE IEEE COMPUTER CONFERENCE ON COMPUTER VISION AND PATTERN RECOGNITION], LOS ALAMITOS, CA : IEEE COMP., 13 June 2000 (2000-06-13), pages 472-479, XP002236923, ISBN: 978-0-7803-6527-8 the whole document ----- -/--	1-10



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

22 May 2018

Date of mailing of the international search report

29/05/2018

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Didierlaurent, P

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2018/057822

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2005/275747 A1 (NAYAR SHREE K [US] ET AL) 15 December 2005 (2005-12-15) paragraph [0004] - paragraph [0006] paragraph [0044] - paragraph [0056] paragraph [0064] figures 1-6,10 -----	1-10
A	US 2003/072566 A1 (PASTRE JEAN-LUC [FR]) 17 April 2003 (2003-04-17) abstract paragraph [0022] - paragraph [0029] paragraph [0096] - paragraph [0099] figures 3-5 -----	1-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2018/057822

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2005275747 A1	15-12-2005	AU 2003220595 A1	13-10-2003
		US 2005275747 A1	15-12-2005
		WO 03083773 A2	09-10-2003

US 2003072566 A1	17-04-2003	CA 2348798 A1	26-11-2001
		EP 1158787 A1	28-11-2001
		FR 2809568 A1	30-11-2001
		US 2003072566 A1	17-04-2003

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°
PCT/EP2018/057822

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
INV. H04N5/335 H04N5/225 H04N5/235
ADD.

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)
H04N

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés)
EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	NAYAR S K ET AL: "High Dynamic Range Imaging: Spatially Varying Pixel Exposures", PROCEEDINGS 2000 IEEE CONFERENCE ON COMPUTER VISION AND PATTERN RECOGNITION. CVPR 2000. HILTON HEAD ISLAND, SC, JUNE 13-15, 2000; [PROCEEDINGS OF THE IEEE COMPUTER CONFERENCE ON COMPUTER VISION AND PATTERN RECOGNITION], LOS ALAMITOS, CA : IEEE COMP., 13 juin 2000 (2000-06-13), pages 472-479, XP002236923, ISBN: 978-0-7803-6527-8 le document en entier ----- -/--	1-10

☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

22 mai 2018

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

29/05/2018

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale

Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Didierlaurent, P

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2018/057822

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	US 2005/275747 A1 (NAYAR SHREE K [US] ET AL) 15 décembre 2005 (2005-12-15) alinéa [0004] - alinéa [0006] alinéa [0044] - alinéa [0056] alinéa [0064] figures 1-6,10	1-10
A	----- US 2003/072566 A1 (PASTRE JEAN-LUC [FR]) 17 avril 2003 (2003-04-17) abrégé alinéa [0022] - alinéa [0029] alinéa [0096] - alinéa [0099] figures 3-5 -----	1-10

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/EP2018/057822

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2005275747 A1	15-12-2005	AU 2003220595 A1	13-10-2003
		US 2005275747 A1	15-12-2005
		WO 03083773 A2	09-10-2003

US 2003072566 A1	17-04-2003	CA 2348798 A1	26-11-2001
		EP 1158787 A1	28-11-2001
		FR 2809568 A1	30-11-2001
		US 2003072566 A1	17-04-2003
