

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

(19) Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
10 novembre 2011 (10.11.2011)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2011/138542 A1

- (51) Classification internationale des brevets :
H04N 5/345 (2011.01) H04N 5/372 (2011.01)
- (21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2011/050978
- (22) Date de dépôt international :
28 avril 2011 (28.04.2011)
- (25) Langue de dépôt : français
- (26) Langue de publication : français
- (30) Données relatives à la priorité :
1053443 4 mai 2010 (04.05.2010) FR
- (71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) :
ASTRIUM SAS [FR/FR]; 6, rue Laurent Pichat, F-75016 Paris (FR).
- (72) Inventeurs; et
- (75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) :
BROUARD, Laurent [FR/FR]; 80, allée Jean Jaurès, Bât. A, Appt 202, F-31000 Toulouse (FR).
TOURNEUR, Cyrille [FR/FR]; 9, allée François Verdier, F-31000 Toulouse (FR).
- (74) Mandataires : BOIRE, Philippe et al.; Cabinet Plasseraud, 52, rue de la Victoire, F-75440 Paris Cedex 09 (FR).
- (81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, 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, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- Déclarations en vertu de la règle 4.17 :
— relative à la qualité d'inventeur (règle 4.17.iv))
- Publiée :
— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

[Suite sur la page suivante]

- (54) Titre : IMAGING METHOD
(54) Titre : PROCEDE D'IMAGERIE

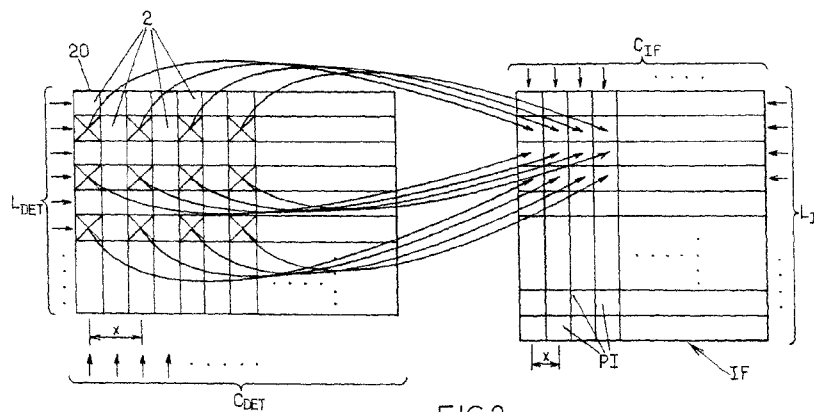


FIG.2.

(57) Abstract : The invention relates to an imaging method, including reconstructing a final image (IF) from intensity values inputted by a limited selection of photodetectors (2). One out of every two photodetectors is selected along columns (C_{DET}) and rows (L_{DET}). The final image has a resolution that is double that of a picture within the plane of the photodetectors. With identical resolution, the modulation transfer function is improved relative to an image that would be inputted while using all the photodetectors. Additionally, an image-sensing optical system that is used for an imaging method according to the invention can be of reduced size and weight, having constant resolution and constant modulation transfer functions.

(57) Abrégé : Un procédé d'imagerie comprend une reconstruction d'image finale (IF) à partir de valeurs d'intensité qui sont saisies par une sélection restreinte de photodétecteurs (2). Les photodétecteurs sont sélectionnés à raison

[Suite sur la page suivante]

WO 2011/138542 A1

d'un sur deux le long de colonnes (C_{DET}) et de lignes (L_{DET}). L'image finale possède une résolution qui est double de celle d'une vue dans le plan des photodétecteurs. A résolution identique, la fonction de transfert de modulation est améliorée par rapport à une image qui serait saisie en utilisant tous les photodétecteurs. En outre, une optique de prise de vues qui est utilisée pour un procédé d'imagerie conforme à l'invention peut avoir des dimensions et un poids réduits, à résolution et fonction de transfert de modulation constantes.

PROCEDE D'IMAGERIE

La présente invention concerne un procédé d'imagerie qui est destiné à être mis en œuvre à partir d'un aéronef ou d'un engin spatial, ainsi qu'un système d'imagerie qui est adapté pour mettre en œuvre un tel procédé.

Lorsqu'une matrice de photodétecteurs est utilisée pour saisir des valeurs d'intensité d'une vue qui est formée par une optique de prise de vues, l'image finale qui est fournie à l'utilisateur est généralement construite en affectant («assigning» en anglais) directement les valeurs d'intensité qui ont été saisies aux pixels d'une matrice d'image qui reproduit la matrice des photodétecteurs. Tous les photodétecteurs correspondent alors un à un aux pixels de la matrice d'image, et des valeurs d'intensité qui ont été saisies par deux photodétecteurs adjacents sont affectées à deux pixels qui sont aussi adjacents dans la matrice de l'image finale.

Mais il existe d'autres modes de saisie d'image («image capture mode» en anglais), et les valeurs d'intensité qui sont saisies sont affectées aux pixels de la matrice de l'image finale d'une façon qui est adaptée à chaque mode de saisie. En particulier, lorsqu'une scène est saisie en mode push-broom, l'image finale est reconstruite en affectant aux pixels de segments différents de la matrice d'image finale, des valeurs d'intensité qui ont été saisies à des instants différents du balayage de la scène par le système de prise de vues. Un tel mode d'acquisition push-broom est utilisé dans un scanner ou une photocopieuse, par exemple. De façon connue, le mode push-broom est aussi utilisé pour photographier des portions de la surface terrestre depuis un satellite. Dans ce cas, le balayage d'une portion de la surface terrestre est réalisé par le défilement de la direction de pointage de l'optique de prise de vues.

Toutefois, dans un tel mode d'acquisition push-broom, des pixels adjacents de l'image finale reproduisent encore des zones élémentaires de la scène photographiée qui sont séparées par la dimension d'un photodétecteur, divisée par le grossissement de l'optique de prise de vues pour les conditions

de prise de vues utilisées. Pour l'application d'imagerie terrestre, cette distance de séparation entre deux zones élémentaires de la surface terrestre qui sont reproduites sur des pixels voisins dans la matrice d'image finale est appelée résolution ou distance d'échantillonnage au sol, et désignée par GSD pour
5 «Ground Sampling Distance» en anglais.

Une autre caractéristique d'un procédé d'imagerie est la fonction de transfert de modulation, couramment désignée par FTM. Elle est égale au quotient du contraste d'une modulation périodique dans l'image finale, par le contraste réel de cette modulation dans la scène photographiée. La valeur de
10 la fonction de transfert de modulation diminue lorsque la fréquence spatiale de la modulation augmente. La valeur de la fonction de transfert de modulation est limitée par plusieurs effets, parmi lesquels un effet de l'optique de prise de vues et des effets des photodétecteurs qui sont utilisés. En particulier, une augmentation du diamètre de la pupille de l'optique de prise de vues permet
15 d'augmenter la fonction de transfert de modulation. A l'inverse, des dimensions individuelles non nulles des photodétecteurs et une éventuelle diaphonie («crosstalk» en anglais) qui se produit entre des photodétecteurs voisins contribuent à réduire la fonction de transfert de modulation.

Or l'obtention d'une fonction de transfert de modulation qui présente
20 des valeurs élevées est recherchée, notamment pour les applications d'imagerie terrestre.

Un but de la présente invention consiste alors à augmenter la fonction de transfert de modulation, pour ce qui concerne les effets des photodétecteurs sur les valeurs de cette fonction.

25 Un autre but de l'invention consiste à réduire les dimensions de l'optique de prise de vues, à valeurs constantes de la résolution et de la fonction de transfert de modulation. Une telle réduction des dimensions de l'optique de prise de vues est destinée à réduire le coût de cette optique, son encombrement et sa masse. Par suite, il s'agit aussi de réduire les dimensions
30 d'un aéronef ou d'un engin spatial à bord duquel cette optique est installée, de même que les coûts de lancement d'un tel engin spatial.

Ces buts de l'invention concernent aussi bien un mode d'acquisition

d'image dans lequel une matrice de photodétecteurs est utilisée pour acquérir l'information bidimensionnelle d'image lors d'une seule exposition, qu'un mode d'acquisition dans lequel des lignes d'image sont saisies une à une, ou qu'un mode d'acquisition de type push-broom.

5 De façon générale, l'image finale qui est fournie par un procédé selon l'invention est composée de valeurs d'intensité qui sont affectées respectivement à des pixels d'une matrice de cette image finale, cette matrice d'image étant constituée de colonnes adjacentes et de lignes adjacentes de pixels.

10 Pour un mode d'acquisition en une seule exposition de l'information bidimensionnelle d'image, l'invention propose un procédé d'imagerie qui comprend les étapes suivantes :

15 /1/ embarquer un instrument de prise de vues à bord d'un aéronef ou d'un engin spatial, cet instrument comprenant une optique de prise de vues et au moins une matrice de photodétecteurs qui est disposée dans un plan focal de l'optique de prise de vues, cette matrice de photodétecteurs étant elle-même constituée de colonnes adjacentes et de lignes adjacentes de photodétecteurs ;

20 /2/ en utilisant l'instrument de prise de vues, saisir des valeurs d'intensité de rayonnement en provenance de zones élémentaires d'une scène ; puis

/3/ construire l'image finale en affectant certaines des valeurs d'intensité qui ont été saisies à l'étape /2/ aux pixels de la matrice d'image finale.

Le procédé de l'invention est caractérisé en ce que :

25 - les valeurs d'intensité qui sont saisies à l'étape /2/ sont restreintes à une sélection d'un photodétecteur sur deux le long des colonnes et le long des lignes de la matrice de photodétecteurs, de façon à constituer une sélection surfacique d'un photodétecteur sur quatre dans cette matrice de photodétecteurs ; et

30 - à l'étape /3/, les pixels de la matrice de l'image finale auxquels sont affectées les valeurs d'intensité qui ont été saisies par les

photodétecteurs sélectionnés sont adjacents entre eux selon les colonnes et les lignes de la matrice d'image finale.

Ainsi, deux photodétecteurs qui sont utilisés pour saisir des valeurs d'intensité restituées dans l'image finale sont séparés par au moins un autre
5 photodétecteur intermédiaire dans la matrice de photodétecteurs. De cette façon, aucune diaphonie ne se produit entre les photodétecteurs dont les valeurs d'intensité sont utilisées pour l'image finale. La limitation de la fonction de transfert de modulation qui est due à la diaphonie entre des photodétecteurs voisins est ainsi supprimée.

10 En outre, dans un procédé selon l'invention, la résolution dans le plan focal de l'optique de prise de vues qui résulte de la dimension de chaque photodétecteur est deux fois plus petite que la résolution qui est associée à chaque pixel dans l'image finale. Alors, pour obtenir une résolution constante de l'image finale, la matrice des photodétecteurs peut être choisie avec un pas
15 des photodétecteurs qui est deux fois plus petit que dans un procédé qui n'utilise pas l'invention. L'effet de moyenne de l'intensité lumineuse qui est saisie par chaque photodétecteur individuellement, résultant de ses dimensions non nulles, est alors réduit. En termes mathématiques, la surface collectrice de chaque photodétecteur provoque une opération de convolution par une
20 fonction de fenêtre qui est moins large. Ainsi, la diminution de la dimension individuelle des photodétecteurs contribue aussi à augmenter la valeur de la fonction de transfert de modulation, à valeur constante de la résolution de l'image finale. Plus précisément, la fonction de transfert de modulation est augmentée d'un facteur multiplicatif de $0,90/0,64$ environ, pour la fréquence
25 spatiale qui correspond à la résolution de l'image finale.

Enfin, les valeurs d'intensité qui ne sont pas utilisées pour construire l'image finale, c'est-à-dire celles qui ont été saisies par ceux des photodétecteurs qui ne sont pas sélectionnés selon l'invention, peuvent ne pas être lues. L'étape de lecture des valeurs d'intensité après chaque exposition de
30 la matrice des photodétecteurs est alors plus courte, si bien que des images peuvent être saisies à une fréquence supérieure. L'étape /2/ d'un procédé selon l'invention peut donc consister à sélectionner d'abord les photodétecteurs

dont les valeurs d'intensité vont être lues, puis à ne lire que ces valeurs d'intensité des photodétecteurs sélectionnés. Alternativement, les valeurs d'intensité qui sont saisies par tous les photodétecteurs peuvent être lues d'abord dans leur ensemble, puis seules celles qui ont été saisies par ceux des photodétecteurs qui appartiennent à la sélection sont utilisées ou mémorisées. Autrement dit, la sélection des photodétecteurs selon l'invention peut intervenir avant ou après la lecture des valeurs d'intensité saisies.

Pour un mode d'acquisition ligne par ligne, l'invention propose un procédé d'imagerie qui comprend les étapes suivantes :

10 /1/ embarquer de même l'instrument de prise de vues à bord de l'aéronef ou de l'engin spatial, l'instrument comprenant l'optique de prise de vues et au moins une ligne de photodétecteurs qui est disposée dans le plan focal de cette optique de prise de vues, la ligne de photodétecteurs étant elle-même constituée de photodétecteurs qui sont adjacents et alignés selon une direction longitudinale ;

15 /2/ en utilisant l'instrument de prise de vues, saisir des valeurs d'intensité de rayonnement en provenance de zones élémentaires de la scène, lors d'expositions successives qui sont réalisées de sorte qu'une vue de la scène soit déplacée dans le plan focal perpendiculairement à la direction longitudinale de la ligne de photodétecteurs ; puis

20 /3/ construire l'image finale en affectant certaines des valeurs d'intensité qui ont été saisies à l'étape /2/ aux pixels de la matrice d'image finale.

Un tel procédé selon l'invention est caractérisé en ce que :

25 - à l'étape /2/, les valeurs d'intensité qui ont été saisies sont restreintes à une sélection d'un photodétecteur sur deux le long de la direction longitudinale de la ligne de photodétecteurs, et les expositions sont réalisées de sorte que la vue de la scène soit déplacée dans le plan focal de deux fois une largeur des photodétecteurs mesurée perpendiculairement à la direction longitudinale, entre deux expositions ; et

30

- à l'étape /3/, les pixels de la matrice de l'image finale auxquels sont affectées les valeurs d'intensité qui ont été saisies lors des expositions successives par les photodétecteurs sélectionnés sont adjacents entre eux selon les colonnes et les lignes de la matrice d'image finale.

5 Les avantages de l'invention qui ont été énumérés plus haut pour un mode d'acquisition en une seule exposition de l'information bidimensionnelle d'image sont identiques pour un tel mode d'acquisition ligne par ligne.

En outre, ces deux modes de mise en œuvre de l'invention peuvent être combinés avec un mode de balayage du type push-broom.

10 Selon un perfectionnement de l'invention pour le mode d'acquisition ligne par ligne, l'instrument de prise de vues peut comprendre au moins une matrice de photodétecteurs ayant plusieurs lignes de photodétecteurs qui sont adjacentes parallèles à la direction longitudinale, dans le plan focal de l'optique de prise de vues. Ces lignes de photodétecteurs peuvent appartenir à au moins
15 une matrice qui est adaptée pour saisir les valeurs d'intensité de rayonnement à l'étape /2/ selon un mode d'acquisition de type TDI, pour «time delay integration» en anglais. Selon le mode TDI, l'acquisition d'image est effectuée ligne par ligne, lors d'une succession de séquences d'exposition de la matrice et de lecture simultanée des valeurs d'intensité saisies, ces séquences étant
20 réalisées chaque fois que la vue de la scène est déplacée dans le plan focal d'une distance égale à la largeur individuelle des lignes de photodétecteurs mesurée perpendiculairement à la direction longitudinale des lignes. Dans une mise en œuvre de l'invention combinée avec le mode TDI, les valeurs d'intensité qui sont affectées aux pixels de l'image finale sont restreintes à une
25 sélection d'un photodétecteur sur deux dans chaque ligne de la matrice, et à une séquence d'exposition de la matrice et de lecture des valeurs d'intensité saisies en mode TDI toutes les deux séquences.

Les procédés d'imagerie selon l'invention sont particulièrement adaptés aux applications d'imagerie terrestre. Pour de telles applications,
30 l'instrument de prise de vues est embarqué à bord d'un aéronef ou d'un satellite mis en orbite autour de la Terre, et la scène est constituée par une portion de surface de la Terre.

Les améliorations de la fonction de transfert de modulation qui résultent de l'invention, pour la contribution de la diaphonie des photodétecteurs et celle des dimensions des photodétecteurs, peuvent être utilisées pour réduire la dimension de l'optique de prise de vues. Ainsi, à 5 valeurs égales de la résolution de l'image finale et de la fonction de transfert de modulation pour la fréquence spatiale qui correspond à cette résolution, l'instrument de prise de vue peut posséder un encombrement et une masse qui sont réduits. Des économies de fabrication de cet instrument en résultent, de même que des réductions des coûts d'un aéronef ou d'un satellite à bord 10 duquel l'instrument est embarqué.

L'invention propose en outre des systèmes d'imagerie qui sont adaptés pour mettre en œuvre les procédés caractérisés ci-dessus, respectivement pour un mode d'acquisition en une seule exposition de l'information bidimensionnelle d'image et pour un mode d'acquisition ligne par ligne, ce 15 dernier pouvant éventuellement être du type TDI.

D'autres particularités et avantages de la présente invention apparaîtront dans la description ci-après d'exemples de mise en œuvre non limitatifs, en référence aux dessins annexés, dans lesquels :

- 20 - la figure 1 est une vue en perspective d'un système d'imagerie qui est adapté pour mettre en œuvre un procédé selon l'invention avec un mode d'acquisition en une seule exposition de l'information bidimensionnelle d'image ;
- la figure 2 montre schématiquement une correspondance entre des photodétecteurs et des pixels d'image finale ;
- 25 - la figure 3 illustre une variante de la mise en œuvre de la figure 1 ;
- la figure 4 illustre une application de l'invention à un mode d'acquisition du type push-broom ;
- les figures 5a et 5b illustrent une mise en œuvre de l'invention avec un mode d'acquisition du type TDI ;
- 30 - la figure 6 est un diagramme comparant un dimensionnement d'une optique de prise de vues en utilisant l'invention et sans l'utiliser.

Les figures 1 à 5a et 5b sont des schémas de principes optiques, si bien que les dimensions des éléments qui sont représentés ne correspondent ni à des dimensions réelles ni à des rapports de dimensions réels. En outre, des références identiques qui sont indiquées dans des figures différentes désignent des éléments identiques ou qui ont des fonctions identiques. De même, les nombres de colonnes et de lignes qui sont représentés pour l'agencement des photodétecteurs dans le plan focal, ainsi que les nombres de colonnes et de lignes de la matrice d'image finale, ne correspondent pas à des mises en œuvre réelles de l'invention mais ont été limités pour la clarté des figures.

La figure 1 montre schématiquement un satellite S en orbite au dessus de la Terre, notée T. Le satellite S peut être du type géostationnaire, mais pas nécessairement. Un instrument de prise de vues 10 est embarqué à bord du satellite S, pour saisir au moins une image d'une portion F de la surface de la Terre, qui constitue la scène photographiée. Les données d'image sont transmises par un émetteur 40 qui est aussi embarqué à bord du satellite S, en direction d'une station terrestre U d'un utilisateur de l'image saisie. La station d'utilisateur U comprend un récepteur 50 des données qui sont transmises par l'émetteur 40. Le mode de transmission de ces données d'image entre l'émetteur 40 et le récepteur 50 peut être quelconque, par exemple du type à ondes radio ou par signaux laser.

L'instrument de prise de vues 10 comprend, dans un premier mode de mise en œuvre de l'invention :

- une optique de prise de vues 1, qui est adaptée pour former une vue de la portion de surface terrestre F dans un plan focal noté PF ;
- au moins une matrice de photodétecteurs 20, qui est disposée dans le plan focal PF, et dont chaque photodétecteur est référencé individuellement 2 ; et
- une unité de commande 30, qui est adaptée pour contrôler une saisie de valeur d'intensité de rayonnement par chacun des photodétecteurs 2.

L'optique de prise de vues 1 peut être un télescope d'un type connu avant l'invention. Elle est représentée symboliquement sous forme d'une lentille convergente, sans limitation par rapport à sa structure réelle.

La matrice de photodétecteurs 20 est constituée de colonnes adjacentes et de lignes adjacentes des photodétecteurs 2, et chaque photodétecteur 2 est adapté pour saisir la valeur d'intensité du rayonnement qu'il reçoit en provenance d'une zone élémentaire ZE de la portion de surface terrestre F. Cette zone élémentaire ZE de la portion F est donc conjuguée optiquement par l'optique 1 avec le photodétecteur 2 correspondant.

Eventuellement, un miroir orientable 3 peut être disposé à bord du satellite S devant l'entrée de l'optique de prise de vues 1, pour orienter la direction de pointage DP de l'optique 1 vers la portion de surface terrestre F. Toutefois, le miroir orientable 3 n'est pas indispensable pour l'invention, et le pointage de l'optique de prise de vues 1 peut être réalisé alternativement en utilisant un support orientable pour cette optique à bord du satellite S. Ce pointage peut encore être réalisé en variant convenablement l'attitude du satellite S dans son ensemble, d'une façon qui est connue de l'Homme du métier. Dans ce dernier cas, l'optique de prise de vues 1 peut être supportée à bord du satellite S avec une orientation qui est fixe par rapport à la plate-forme du satellite.

L'unité de commande 30 contrôle en particulier les opérations de réinitialisation, d'accumulation et de lecture de chaque photodétecteur 2, pour obtenir la valeur de l'intensité du rayonnement qui est reçu par ce photodétecteur à chaque exposition.

Une unité de reconstruction d'image 60 affecte, ou attribue, les valeurs d'intensité qui sont saisies par les photodétecteurs 2 aux pixels d'une matrice de l'image finale qui est fournie à l'utilisateur. Cette affectation est réalisée en fonction des coordonnées de chaque photodétecteur 2 dans la matrice 20, et des coordonnées de chaque pixel dans la matrice de l'image finale. De façon usuelle, les pixels auxquels sont affectées les valeurs d'intensité qui ont été saisies sont adjacents entre eux selon des colonnes et des lignes de la matrice d'image finale. L'unité de reconstruction 60 peut être embarquée à bord du satellite S, auquel cas les données de l'image finale sont transmises par

l'émetteur 40 au récepteur 50. Alternativement et conformément à la figure 1, l'unité de reconstruction 60 peut être située sur Terre. Dans ce cas, les données qui sont transmises entre le satellite S et la station terrestre U peuvent être les valeurs d'intensité qui sont saisies par les photodétecteurs 2.

5 Selon l'invention, l'unité de commande 30 est adaptée pour sélectionner un seul photodétecteur 2 sur deux le long des colonnes et le long des lignes de la matrice de photodétecteurs 20, de façon à constituer une sélection surfacique d'un photodétecteur sur quatre dans la matrice de photodétecteurs 20. Après une exposition de la matrice 20 au rayonnement qui provient de la portion de surface terrestre F, l'unité 30 commande une lecture des valeurs d'intensité qui ont été saisies par ceux des photodétecteurs 2 qui sont sélectionnés.

10 Le fonctionnement de l'unité de reconstruction d'image 60 est alors restreint aux valeurs d'intensité qui ont été saisies par les photodétecteurs sélectionnés, tout en affectant ces valeurs d'intensité saisies uniquement par les photodétecteurs sélectionnés à des pixels qui sont adjacents entre eux dans la matrice d'image finale.

15 L'instrument de prise de vues 10 et l'unité de reconstruction 60 qui est adaptée pour un tel fonctionnement forment ensemble le système d'imagerie de l'invention.

20 La figure 2 illustre l'affectation selon l'invention des valeurs d'intensité aux pixels de l'image finale.

25 La partie gauche de la figure 2 représente la matrice de photodétecteurs 20. C_{DET} désigne collectivement les colonnes de cette matrice de photodétecteurs 20, et L_{DET} en désigne les lignes. Les croix indiquent ceux des photodétecteurs 2 de la matrice 20 qui sont sélectionnés selon l'invention.

30 La partie droite de la figure 2 représente la matrice de pixels de l'image finale qui est fournie à l'utilisateur. Cette matrice d'image est désignée globalement par la référence IF, et PI désigne les pixels individuels de la matrice d'image IF. C_{IF} désigne les colonnes de pixels de la matrice d'image IF, et L_{IF} désigne les lignes de pixels de cette même matrice d'image.

Les flèches montrent l'affectation aux pixels PI de la matrice d'image IF, des valeurs d'intensité qui sont saisies par les photodétecteurs 2 sélectionnés. Des valeurs d'intensité saisies sont ainsi affectées à tous les pixels PI, ceux-ci étant adjacents entre eux selon les colonnes C_{IF} et les lignes L_{IF} . Mais ces valeurs d'intensité affectées ont été saisies par les photodétecteurs sélectionnés qui ne sont pas adjacents entre eux selon les colonnes C_{DET} et les lignes L_{DET} , mais qui sont séparés par des lignes et des colonnes intermédiaires de photodétecteurs non-sélectionnés. Toutefois, l'affectation des valeurs d'intensité saisies aux pixels n'introduit aucune inversion dans l'ordre des pixels par rapport à celui des photodétecteurs, en suivant des directions quelconques dans le plan focal PF.

Le rapport de sélection des photodétecteurs 2 est de un sur deux dans chaque colonne C_{DET} et dans chaque ligne L_{DET} de la matrice 20, de façon à obtenir un rapport de sélection surfacique de un sur quatre sur l'ensemble de la matrice 20. Par conséquent, la matrice 20 des photodétecteurs possède deux fois plus de colonnes et de lignes que la matrice de l'image finale IF. Pour cette raison, l'image qui est formée dans le plan focal PF est dite sur-échantillonnée par rapport à l'image finale IF. Par exemple, pour obtenir une image finale IF avec 640 colonnes C_{IF} de pixels et 480 lignes L_{IF} de pixels, la matrice de photodétecteurs 20 doit comporter 1280 colonnes C_{DET} de photodétecteurs et 960 lignes L_{DET} de photodétecteurs.

Autrement dit, l'invention consiste à resserrer les lignes et les colonnes de la matrice 20, en en supprimant une sur deux dans les deux directions. La résolution R de l'image finale IF, c'est-à-dire la distance au sol dans la portion de surface terrestre F qui correspond au passage d'une colonne ou d'une ligne de pixels PI dans l'image finale à la colonne ou la ligne de pixels suivante, est le double de la résolution de la vue qui est formée dans le plan focal PF sur la matrice des photodétecteurs 20. Dans la figure 2, x désigne les distances qui correspondent à cette résolution R, sur la matrice de photodétecteurs 20 et dans l'image finale IF. Dans la figure 1, la dimension des côtés de la zone élémentaire ZE est donc $R/2$.

Etant donné que les valeurs d'intensité qui sont utilisées selon

l'invention pour construire l'image finale IF proviennent de photodétecteurs 2 qui ne sont jamais adjacents les uns aux autres dans la matrice 20, aucune diaphonie n'intervient qui pourrait perturber ces valeurs.

En outre, la dimension des photodétecteurs 2 de la matrice 20 qui est
5 utilisée pour mettre en œuvre l'invention, est la moitié de celle qui serait utilisée sans l'invention pour obtenir une résolution R identique de l'image finale IF avec une correspondance un pour un entre les photodétecteurs de la matrice 20 et les pixels PI de l'image finale IF. Cette dimension des photodétecteurs qui est réduite par l'invention améliore la fonction de transfert de modulation,
10 d'une façon supplémentaire par rapport à la suppression de la diaphonie inter-photodétecteur.

Préférentiellement, les valeurs d'intensité qui sont saisies par ceux des photodétecteurs 2 qui ne sont pas sélectionnés ne sont pas transmises par l'émetteur 40. Avantageusement, l'unité de commande 30 peut être
15 programmée de façon que ces valeurs d'intensité des photodétecteurs non-sélectionnés ne soient pas lues à l'issue de chaque exposition de la matrice 20.

La figure 3 illustre une variante de l'invention lorsque la matrice de photodétecteurs 20 est remplacée par au moins une, par exemple une seule, ligne de photodétecteurs 2 qui sont adjacents et alignés selon une direction
20 longitudinale notée DL. Une telle ligne de photodétecteurs peut être constituée par une barrette autonome 21 de photodétecteurs. Sur cette figure, V désigne la trace au sol du satellite S lorsqu'il se déplace sur son orbite. A chaque instant du défilement du satellite S, l'optique de prise de vues 1 forme, sur la barrette 21, l'image d'une bande de la portion de surface terrestre F. Les
25 références B_1 à B_3 désignent des bandes qui correspondent à trois instants différents. Elles sont décalées parallèlement à la trace V. Dans ce cas, l'image de la portion de surface terrestre F est saisie ligne par ligne, en réunissant les images des bandes de la portion F qui sont saisies lors d'expositions successives. Pour cette variante de mise en œuvre de l'invention, un
30 photodétecteur 2 sur deux est sélectionné par l'unité de commande 30 pour toutes les expositions, le long de la direction DL, et l'unité 30 synchronise en outre les expositions successives de la barrette 21 avec le défilement du

satellite S sur la trace V. Cette synchronisation consiste à déclencher chaque exposition de sorte que les bandes au sol B_1, B_2, B_3, \dots soient successivement décalées parallèlement à la trace V de deux fois la largeur individuelle $R/2$ de ces bandes. Dans ces conditions, l'image de la portion F dans le plan focal PF est déplacée perpendiculairement à la direction DL de deux fois la largeur des photodétecteurs 2 entre deux expositions successives, la largeur des photodétecteurs 2 à considérer étant aussi mesurée perpendiculairement à la direction DL. Ainsi, la sélection d'une ligne sur deux dans la matrice de photodétecteurs 20 du mode de mise en œuvre de la figure 1, est remplacée par une fréquence appropriée des expositions par rapport au défilement du satellite S.

L'unité de reconstruction d'image 60 affecte alors aux pixels PI de la matrice d'image finale IF ces valeurs d'intensité qui ont été saisies lors des expositions successives par les photodétecteurs 2 sélectionnés. Comme précédemment, les pixels PI auxquels sont affectées les valeurs d'intensité qui ont été saisies par les photodétecteurs sélectionnés de la barrette 21 sont encore adjacents entre eux selon les colonnes C_{IF} et les lignes L_{IF} de la matrice d'image finale IF. Néanmoins, deux des bandes B_1, B_2, B_3, \dots de la portion F qui sont acquises lors d'expositions différentes sont décalées d'une distance au sol qui est égale à $2 \cdot n$ fois la résolution $R/2$ de l'image finale IF, n étant un nombre entier, alors que chaque bande a une largeur individuelle qui est égale à $R/2$.

Les modes de mise en œuvre de l'invention décrits en référence aux figures 1 à 3 peuvent être combinés avec un mode d'acquisition d'image de type push-broom. Un tel mode d'acquisition est supposé connu, si bien qu'il n'est pas nécessaire d'en rappeler le principe en détail. Les principaux paramètres du mode push-broom sont illustrés par la figure 4 :

V désigne encore la trace au sol du déplacement du satellite S sur son orbite, autour de la Terre notée T ;

B est soit la portion de surface terrestre F de la figure 1, soit l'une des bandes B_1, B_2, B_3, \dots de la figure 3 ;

w est la dimension de fauchée élémentaire, correspondant à chaque exposition et à la longueur de la matrice 20 ou de la barrette 21,

selon la direction longitudinale DL ; et

AC est le couloir accessible pour les prises de vues sur la surface de la Terre T, qui est obtenu en variant la direction de pointage DP perpendiculairement à la trace au sol V.

5 La direction de pointage DP peut être variée entre deux expositions successives en modifiant l'orientation du miroir 3, ou en basculant le satellite S selon son axe de roulement. Mais tout autre mode de variation de la direction de pointage DP peut être utilisé alternativement.

Les figures 5a et 5b illustrent une adaptation de l'invention au type
10 particulier d'acquisition qui est désigné par TDI. La partie inférieure de la figure 5a est une vue grossie et schématique du détecteur TDI qui est utilisé. Les éléments qui ont déjà été décrits et qui ne sont pas modifiés ne sont pas répétés. La matrice de photodétecteurs 20 est du type CCD-TDI, par exemple avec quatre lignes adjacentes de photodétecteurs 2, référencées 20a à 20d, et
15 un registre de transfert, référencé 20z. Z désigne la sortie de lecture de la matrice 20. Par exemple, chaque ligne 20a-20d de la matrice 20 comprend elle-même 1280 photodétecteurs 2 qui sont adjacents selon la direction longitudinale DL. La sélection des photodétecteurs 2 dans les lignes 20a-20d, identique pour toutes les expositions, est la même que celle qui a été décrite
20 en référence à la partie gauche de la figure 2, mais la lecture des valeurs d'intensité qui sont saisies par ces photodétecteurs sélectionnés est réalisée conformément au mode d'acquisition TDI. Ainsi, les valeurs d'intensité qui sont affectées aux pixels PI de la matrice d'image finale IF sont des sommes de valeurs d'intensité élémentaires qui sont saisies lors d'expositions successives
25 par des photodétecteurs décalés perpendiculairement à la direction DL. La figure 5b montre comment chaque valeur d'intensité est acquise perpendiculairement à la direction DL, c'est-à-dire selon la direction des colonnes de la matrice 20. Les positions de la matrice 20 par rapport à l'image de la portion de surface F dans le plan focal PF sont représentées à des
30 instants successifs $T_0 + j \cdot t_i$, T_0 étant un instant initial, t_i étant le temps d'intégration TDI et j étant un nombre entier successivement égal à 1, 2, 3, ... L'image de la bande au sol B_1 est formée sur la ligne 20d de photodétecteurs à

l'instant T_0+t_i , puis sur la ligne 20c à l'instant $T_0+2\cdot t_i$, ensuite sur la ligne 20b à l'instant $T_0+3\cdot t_i$, et enfin sur la ligne 20a à l'instant $T_0+4\cdot t_i$. Une exposition de la matrice 20 est déclenchée pendant chaque temps d'intégration, puis les signaux résultant sont transférés au registre de transfert 20z à l'instant $T_0+5\cdot t_i$.

5 Simultanément, la bande au sol B_2 est saisie par la ligne 20d de photodétecteurs pendant l'exposition qui est effectuée à l'instant $T_0+3\cdot t_i$, puis par la ligne 20c pendant l'exposition de l'instant $T_0+4\cdot t_i$, ensuite par la ligne 20b à l'instant $T_0+5\cdot t_i$, enfin par la ligne 20a à l'instant $T_0+6\cdot t_i$, et est transférée au registre 20z à l'instant $T_0+7\cdot t_i$. Ainsi, entre chaque exposition du mode

10 d'acquisition TDI, la vue de la scène F s'est déplacée dans le plan focal PF perpendiculairement à la direction longitudinale DL d'une fois la largeur individuelle des lignes de photodétecteurs 20a-20d, aussi mesurée perpendiculairement à la direction DL. Les valeurs d'intensité qui sont ainsi transférées au registre de transfert 20z aux instants $T_0+5\cdot t_i$, $T_0+7\cdot t_i$, etc....,

15 c'est-à-dire à un temps d'intégration sur deux, sont alors seulement conservées et affectées aux lignes L_{IF} adjacentes dans l'image finale IF. En outre, à l'intérieur de chacune de ces lignes L_{IF} , les valeurs d'intensité qui sont affectées aux pixels PI successifs résultent d'une sélection de une sur deux des valeurs qui sont délivrées par le registre de transfert 20z à chaque

20 séquence de lecture TDI.

D'une façon générale pour tous les modes de mise en œuvre de l'invention, l'optique de prise de vues 1 peut avoir une longueur focale qui est supérieure à une longueur focale qui produirait aussi la résolution R de l'image finale IF si cette image finale était composée de valeurs d'intensité saisies par

25 des photodétecteurs 2 adjacents dans le plan focal PF, à dimension constante des photodétecteurs. Autrement dit, pour la même résolution R de l'image finale IF et pour la même valeur de la fonction de transfert de modulation qui correspond à cette résolution, la distance focale de l'optique de prise de vues 1 peut être augmentée par rapport à un procédé d'imagerie tel que connu avant

30 l'invention.

En outre, la pupille d'entrée de l'optique de prise de vues peut être dimensionnée pour la valeur de résolution qui correspond à deux fois le pas des photodétecteurs dans la matrice 20 ou la barrette 21, au lieu de une seule

fois la valeur de ce pas de photodétecteurs comme cela est appliqué usuellement.

Un autre avantage de l'invention intervient lors du dimensionnement de l'optique de prise de vues 1. De façon connue, les composants de cette optique de prise de vues doivent avoir des dimensions qui sont compatibles avec la résolution de l'image finale IF, et avec les valeurs recherchées pour la fonction de transfert de modulation. En particulier, un diamètre de chaque miroir de cette optique est sélectionné de sorte que la pupille d'entrée provoque une diffraction qui ne réduit pas la résolution de l'image finale IF, ni la fonction de transfert de modulation. Grâce aux améliorations des contributions des photodétecteurs à la fonction de transfert de modulation, procurées par l'invention, les dimensions de l'optique de prise de vues 1 peuvent être réduites, par exemple d'un facteur 2. Le prix de l'instrument de prise de vues est réduit en conséquence, et son installation à bord de l'aéronef ou de l'engin spatial est facilitée. En outre, le poids de l'optique de prise de vues est aussi réduit, ce qui constitue un avantage important pour un instrument qui est embarqué à bord d'un satellite, par rapport aux contraintes qui sont liées au lancement du satellite.

De plus, l'invention permet de réduire l'effet de repliement de spectre, qui est connu sous le nom d'aliasing en anglais. Cet effet résulte de l'échantillonnage de l'image par les photodétecteurs, et intervient dans la décomposition en fréquences spatiales de cette image. De façon générale pour le domaine de l'imagerie spatiale, c'est-à-dire pour des conditions optiques de haute résolution qui sont recherchées, la diffraction qui est produite par l'optique de prise de vues provoque un filtrage passe-bas des fréquences spatiales. Cette diffraction réduit les amplitudes des fréquences spatiales qui sont repliées, dans une mesure supérieure par rapport aux fréquences non-repliées. En permettant une réduction de la dimension de la pupille de l'optique de prise de vues, l'invention diminue encore plus les amplitudes des fréquences spatiales repliées, de sorte que l'effet du repliement de spectre est encore moins important.

La figure 6 est un diagramme qui compare les valeurs de la fonction de

transfert de modulation, à résolution identique de l'image finale, pour une image finale qui est acquise et reconstruite selon l'invention (courbe en trait plein) et sans l'invention (courbe en traits interrompus). L'obtention de l'image finale sans l'invention correspond à la lecture de tous les photodétecteurs adjacents qui sont situés dans le plan focal de l'optique de prise de vues, et l'affectation une à une de toutes les valeurs d'intensité lues aux pixels de l'image finale. Le diamètre de la pupille d'entrée de l'optique de prise en vues est indiqué en abscisse, et les valeurs de la fonction de transfert de modulation sont indiquées en ordonnée. Ce diagramme montre notamment que pour la valeur de 20% de la fonction de transfert de modulation, le diamètre de la pupille d'entrée peut être réduit de 1700 mm environ à 1050 mm environ.

Ainsi, pour des valeurs identiques de la résolution et de la fonction de transfert de modulation, l'invention permet de réduire dans une proportion importante la taille de la pupille d'entrée de l'optique de prise de vues, en même temps que sa distance focale peut être augmentée. Cette optique possède donc une ouverture qui est fortement réduite, et les aberrations optiques qui sont liées à cette ouverture, telles que l'aberration sphérique, la coma et l'astigmatisme, sont réduites en conséquence. De plus, cette réduction de l'ouverture facilite la réalisation des surfaces dioptriques et catadioptriques qui constituent l'instrument de prise de vues, grâce à la diminution des rayons de courbure qui sont nécessaires.

Il apparaîtra à l'Homme du métier compétent en imagerie que les différents modes de mise en œuvre de l'invention qui ont été décrits en détail sont équivalents en réalité par rapport au principe de l'invention illustré par la figure 2.

Il est entendu que l'invention peut être reproduite en adaptant ces modes de mise en œuvre de diverses façons, en fonction de chaque application du système d'imagerie. Notamment, l'invention peut être mise en œuvre aussi bien à partir d'un engin spatial quelconque, du type satellite ou sonde spatiale, qu'à partir d'un aéronef quelconque, du type avion d'exploration ou avion sans pilote, notamment.

REVENDICATIONS

1. Procédé d'imagerie comprenant les étapes suivantes pour fournir une image finale (IF) composée de valeurs d'intensité affectées respectivement à des pixels (PI) d'une matrice de l'image finale constituée de colonnes adjacentes (C_{IF}) et de lignes adjacentes (L_{IF}) de pixels :

5 /1/ embarquer un instrument de prise de vues (10) à bord d'un aéronef ou d'un engin spatial (S), ledit instrument de prise de vues comprenant une optique de prise de vues (1) et au moins une matrice de photodétecteurs (20) disposée dans un plan focal (PF) de l'optique de
10 prise de vues, ladite matrice de photodétecteurs étant constituée de colonnes adjacentes (C_{DET}) et de lignes adjacentes (L_{DET}) de photodétecteurs (2) ;

15 /2/ en utilisant l'instrument de prise de vues (10), saisir des valeurs d'intensité de rayonnement en provenance de zones élémentaires (ZE) d'une scène (F) ; puis

/3/ construire l'image finale (IF) en affectant certaines des valeurs d'intensité saisies à l'étape /2/ aux pixels (PI) de la matrice d'image finale,

le procédé étant caractérisé en ce que :

20 - à l'étape /2/, les valeurs d'intensité saisies sont restreintes à une sélection d'un photodétecteur (2) sur deux le long des colonnes (C_{DET}) et le long des lignes (L_{DET}) de la matrice de photodétecteurs (20), de façon à constituer une sélection surfacique d'un photodétecteur sur quatre dans ladite matrice de photodétecteurs ; et

25 - à l'étape /3/, les pixels (PI) de la matrice de l'image finale (IF) auxquels sont affectées les valeurs d'intensité saisies par les photodétecteurs sélectionnés sont adjacents entre eux selon les colonnes (C_{IF}) et les lignes (L_{IF}) de ladite matrice d'image finale.

2. Procédé d'imagerie comprenant les étapes suivantes pour fournir une image finale (IF) composée de valeurs d'intensité affectées respectivement à des pixels (PI) d'une matrice de l'image finale constituée de colonnes adjacentes (C_{IF}) et de lignes adjacentes (L_{IF}) de pixels :

5 /1/ embarquer un instrument de prise de vues (10) à bord d'un aéronef ou d'un engin spatial (S), ledit instrument de prise de vues comprenant une optique de prise de vues (1) et au moins une ligne de photodétecteurs (21) disposée dans un plan focal (PF) de l'optique de prise de vues, ladite ligne de photodétecteurs étant constituée de
10 photodétecteurs adjacents (2) alignés selon une direction longitudinale (DL) ;

/2/ en utilisant l'instrument de prise de vues (10), saisir des valeurs d'intensité de rayonnement en provenance de zones élémentaires (ZE) d'une scène (F), lors d'expositions successives réalisées de sorte
15 qu'une vue de la scène soit déplacée dans le plan focal (PF) perpendiculairement à la direction longitudinale (DL) de la ligne de photodétecteurs (21) ; puis

/3/ construire l'image finale (IF) en affectant certaines des valeurs d'intensité saisies à l'étape /2/ aux pixels (PI) de la matrice d'image
20 finale,

le procédé étant caractérisé en ce que :

- à l'étape /2/, les valeurs d'intensité saisies sont restreintes à une sélection d'un photodétecteur (2) sur deux le long de la direction longitudinale (DL) de la ligne de photodétecteurs (21), et les
25 expositions sont réalisées de sorte que la vue de la scène (F) soit déplacée dans le plan focal (PF) de deux fois une largeur des photodétecteurs (2) mesurée perpendiculairement à ladite direction longitudinale, entre deux des expositions ; et

- à l'étape /3/, les pixels (PI) de la matrice de l'image finale (IF) auxquels
30 sont affectées les valeurs d'intensité saisies lors des expositions successives par les photodétecteurs sélectionnés sont adjacents entre

eux selon les colonnes (C_{IF}) et les lignes (L_{IF}) de ladite matrice d'image finale.

3. Procédé selon la revendication 2, suivant lequel l'instrument de prise de vues (10) comprend plusieurs lignes (20a-20d) de photodétecteurs (2) adjacentes et parallèles à la direction longitudinale (DL) dans le plan focal (PF), les dites lignes formant au moins une matrice (20), et suivant lequel les valeurs d'intensité de rayonnement sont saisies à l'étape /2/ selon un mode d'acquisition de type TDI, les valeurs d'intensité qui sont affectées aux pixels (PI) de l'image finale (IF) étant restreintes à une sélection d'un photodétecteur sur deux dans chaque ligne de la matrice, et restreintes à une séquence d'exposition de la matrice et de lecture des valeurs d'intensité saisies en mode TDI toutes les deux séquences, les séquences d'exposition et de lecture en mode TDI étant réalisées chaque fois que la vue de la scène (F) est déplacée dans ledit plan focal d'une distance égale à la largeur individuelle des lignes de photodétecteurs mesurée perpendiculairement à ladite direction longitudinale.

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, suivant lequel une longueur focale de l'optique de prise de vues (1) est supérieure à une longueur focale produisant une résolution identique de l'image finale (IF) si ladite image finale était composée de valeurs d'intensité saisies par des photodétecteurs (2) adjacents dans le plan focal (PF), à dimension constante des dits photodétecteurs.

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, suivant lequel l'instrument de prise de vues (10) est embarqué à bord d'un aéronef ou d'un satellite terrestre (S), et suivant lequel la scène (F) est une portion de surface de la Terre.

6. Système d'imagerie comprenant un instrument de prise de vues (10) destiné à être embarqué à bord d'un aéronef ou d'un engin spatial (S), ledit instrument de prise de vues comprenant :

- une optique de prise de vues (1) adaptée pour former une vue d'une scène (F) dans un plan focal (PF) ;

- 5 - au moins une matrice de photodétecteurs (20) disposée dans le plan focal (PF), ladite matrice de photodétecteurs étant constituée de colonnes adjacentes (C_{DET}) et de lignes adjacentes (L_{DET}) de photodétecteurs (2), et chaque photodétecteur étant adapté pour saisir une valeur d'intensité de rayonnement en provenance d'une zone élémentaire (ZE) de la scène (F) ; et
- 10 - une unité de commande (30), adaptée pour sélectionner un photodétecteur (2) sur deux le long des colonnes (C_{DET}) et le long des lignes (L_{DET}) de la matrice de photodétecteurs (20), de façon à constituer une sélection surfacique d'un photodétecteur sur quatre dans ladite matrice de photodétecteurs, et pour commander une lecture des valeurs d'intensité saisies par les photodétecteurs sélectionnés après une même exposition,

15 le système d'imagerie comprenant en outre une unité de reconstruction d'image (60) adaptée pour affecter les valeurs d'intensité saisies par les photodétecteurs sélectionnés à des pixels (PI) d'une matrice d'image (IF), les dits pixels auxquels sont affectées les valeurs d'intensité saisies par les photodétecteurs sélectionnés étant adjacents entre eux selon des colonnes (C_{IF}) et des lignes (L_{IF}) de la matrice d'image finale.

20 7. Système d'imagerie comprenant un instrument de prise de vues (10) destiné à être embarqué à bord d'un aéronef ou d'un engin spatial (S),

ledit instrument de prise de vues comprenant :

- 25 - une optique de prise de vues (1) adaptée pour former une vue d'une scène (F) dans un plan focal (PF) ;
- au moins une ligne de photodétecteurs (21) disposée dans le plan focal (PF), ladite ligne de photodétecteurs étant constituée de photodétecteurs adjacents (2) alignés selon une direction longitudinale (DL), et chaque photodétecteur étant adapté pour saisir une valeur d'intensité de rayonnement en provenance d'une zone élémentaire
- 30 (ZE) de la scène (F) ; et

- une unité de commande (30), adaptée pour sélectionner un photodétecteur (2) sur deux le long de la direction longitudinale (DL) de la ligne de photodétecteurs (21), et pour commander une lecture des valeurs d'intensité saisies lors d'une même exposition par les photodétecteurs sélectionnés, puis lors d'expositions successives commandées lorsque la vue de la scène (F) est déplacée dans le plan focal (PF) perpendiculairement à la direction longitudinale de la ligne de photodétecteurs (21) de deux fois une largeur des dits photodétecteurs (2) mesurée perpendiculairement à ladite direction longitudinale, entre deux des expositions,

le système d'imagerie comprenant en outre une unité de reconstruction d'image (60) adaptée pour affecter à des pixels (PI) d'une matrice d'image (IF) les dites valeurs d'intensité saisies lors des expositions successives par les photodétecteurs sélectionnés, les dits pixels auxquels sont affectées les dites valeurs d'intensité saisies par les photodétecteurs sélectionnés étant adjacents entre eux selon des colonnes (C_{IF}) et des lignes (L_{IF}) de la matrice d'image finale.

8. Système selon la revendication 7, dans lequel l'instrument de prise de vues (10) comprend plusieurs lignes (20a-20d) de photodétecteurs (2) adjacentes et parallèles à la direction longitudinale (DL) dans le plan focal (PF), les dites lignes appartenant à une matrice (20) adaptée pour saisir les valeurs d'intensité de rayonnement selon un mode d'acquisition de type TDI, l'unité de commande (30) étant adaptée pour sélectionner un photodétecteur sur deux dans chaque ligne de la matrice, et pour sélectionner celles des dites valeurs d'intensité qui sont saisies en mode TDI lors d'une séquence d'exposition de la matrice et de lecture des dites valeurs d'intensité saisies réalisée toutes les deux séquences d'exposition et de lecture, les dites séquences d'exposition et de lecture étant commandées chaque fois que la vue de la scène (F) est déplacée dans ledit plan focal d'une distance égale à la largeur individuelle des lignes de photodétecteurs mesurée perpendiculairement à ladite direction longitudinale.

9. Système selon l'une quelconque des revendications 6 à 8, dans lequel une longueur focale de l'optique de prise de vues (1) est supérieure à une longueur focale produisant une résolution identique de l'image finale (IF) si ladite image finale était composée de valeurs d'intensité saisies par des
5 photodétecteurs (2) adjacents dans le plan focal (PF), à dimension constante des dits photodétecteurs.

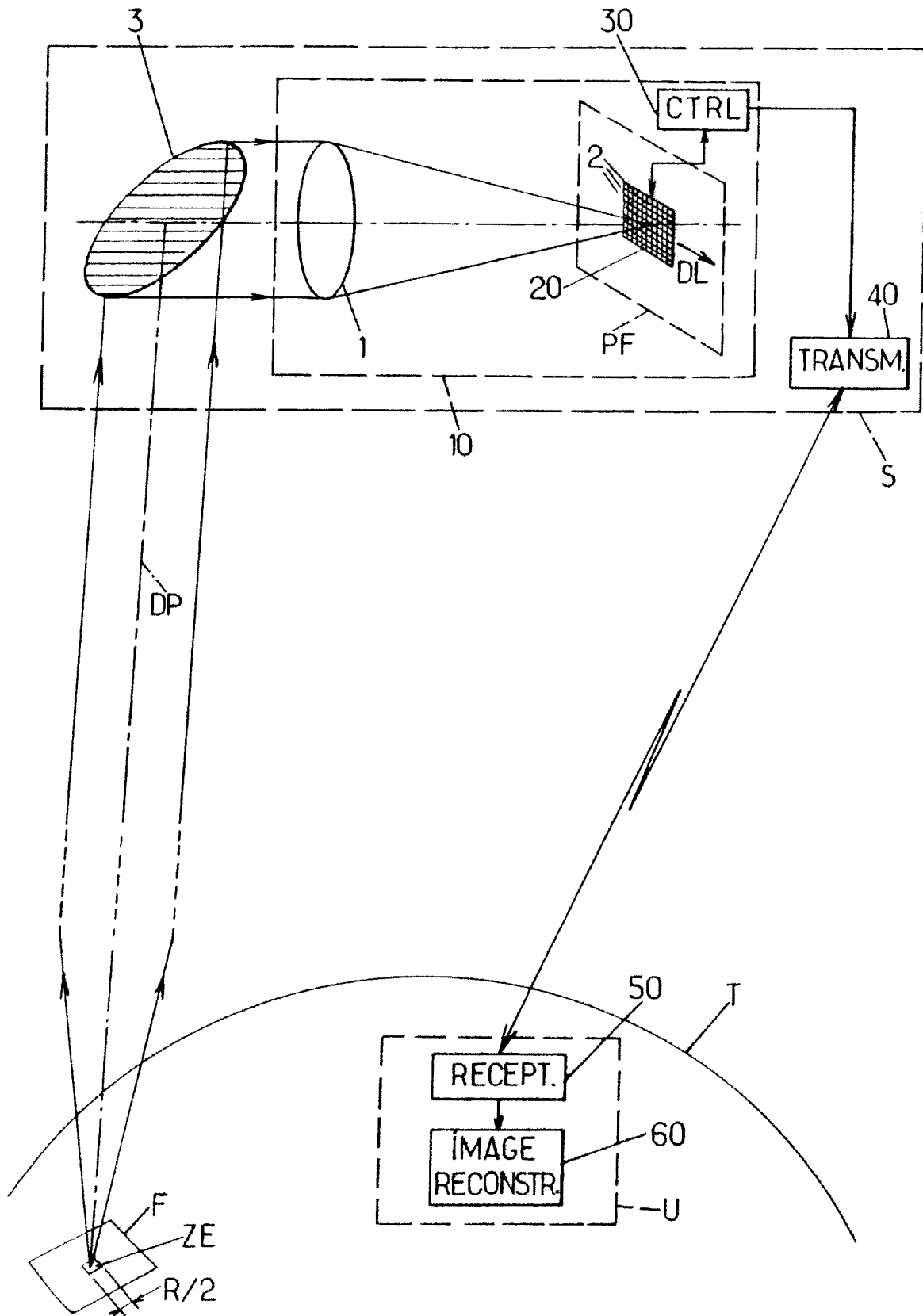


FIG.1.

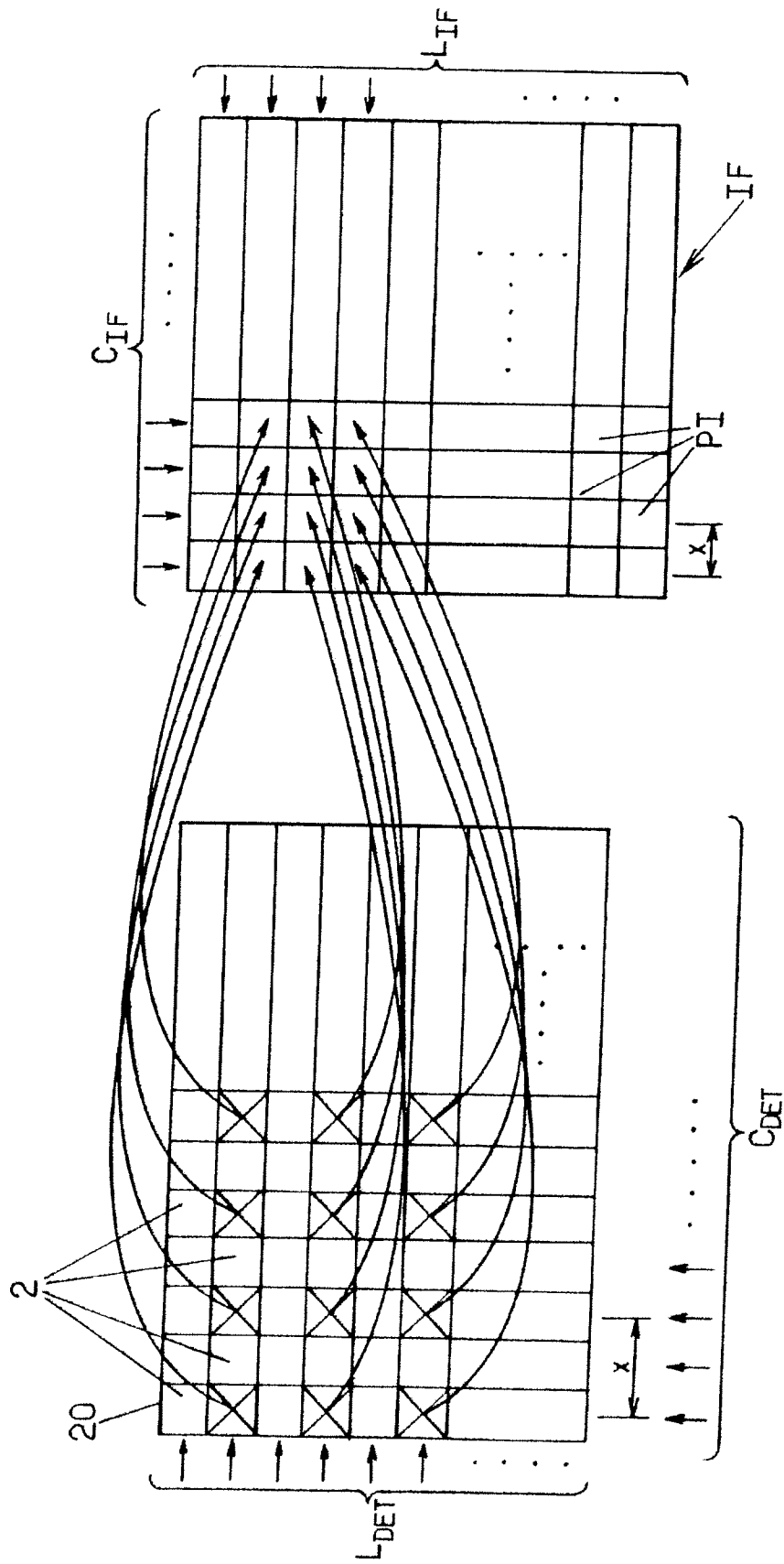


FIG.2.

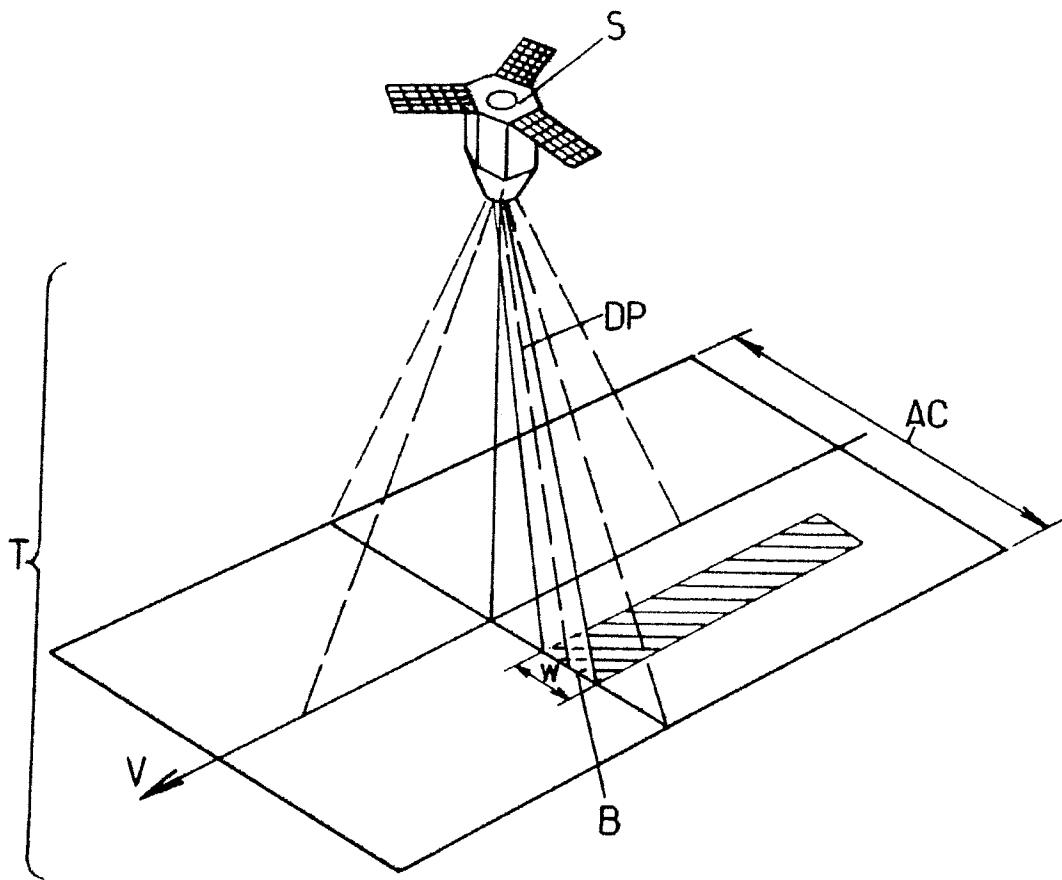
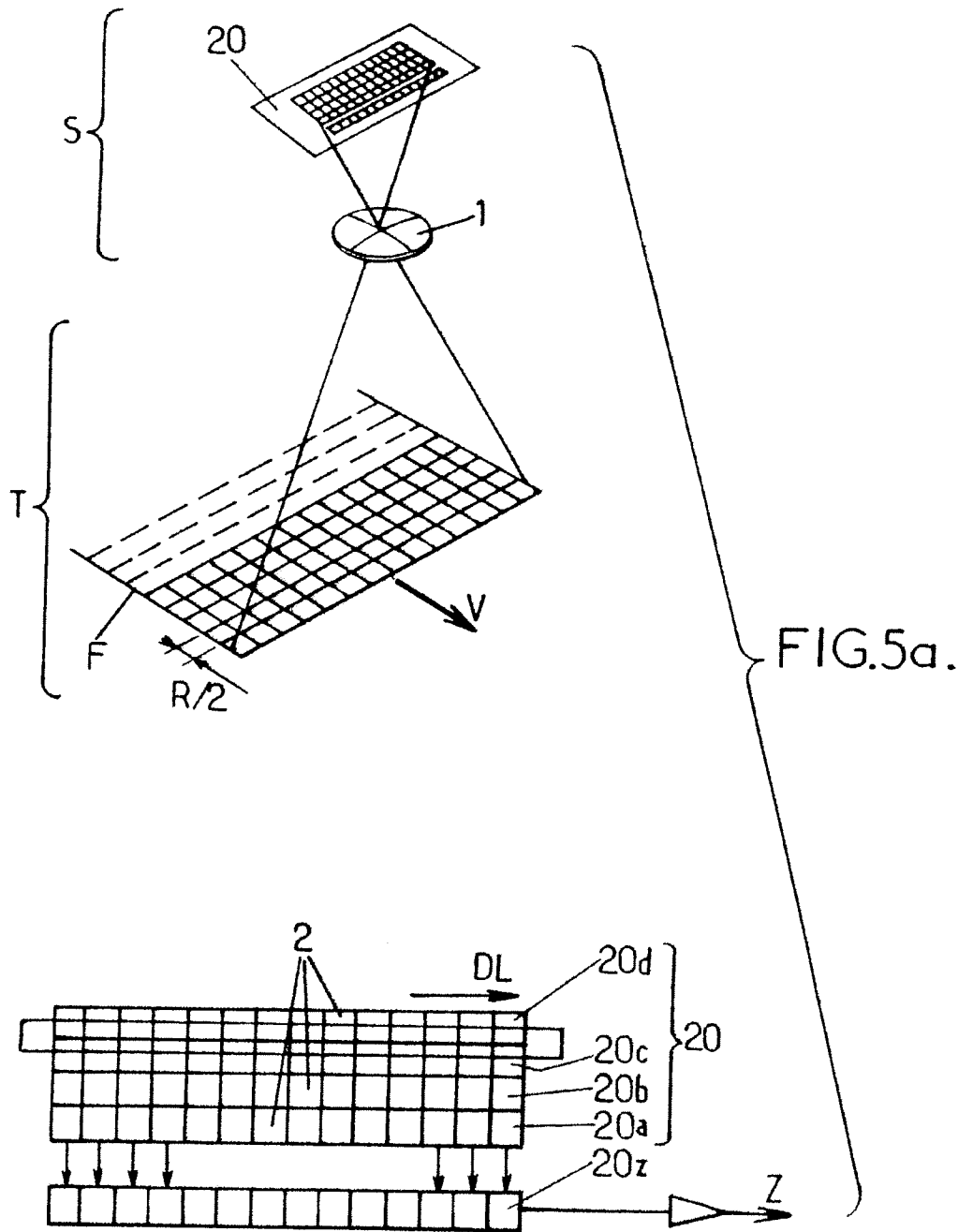


FIG.4.



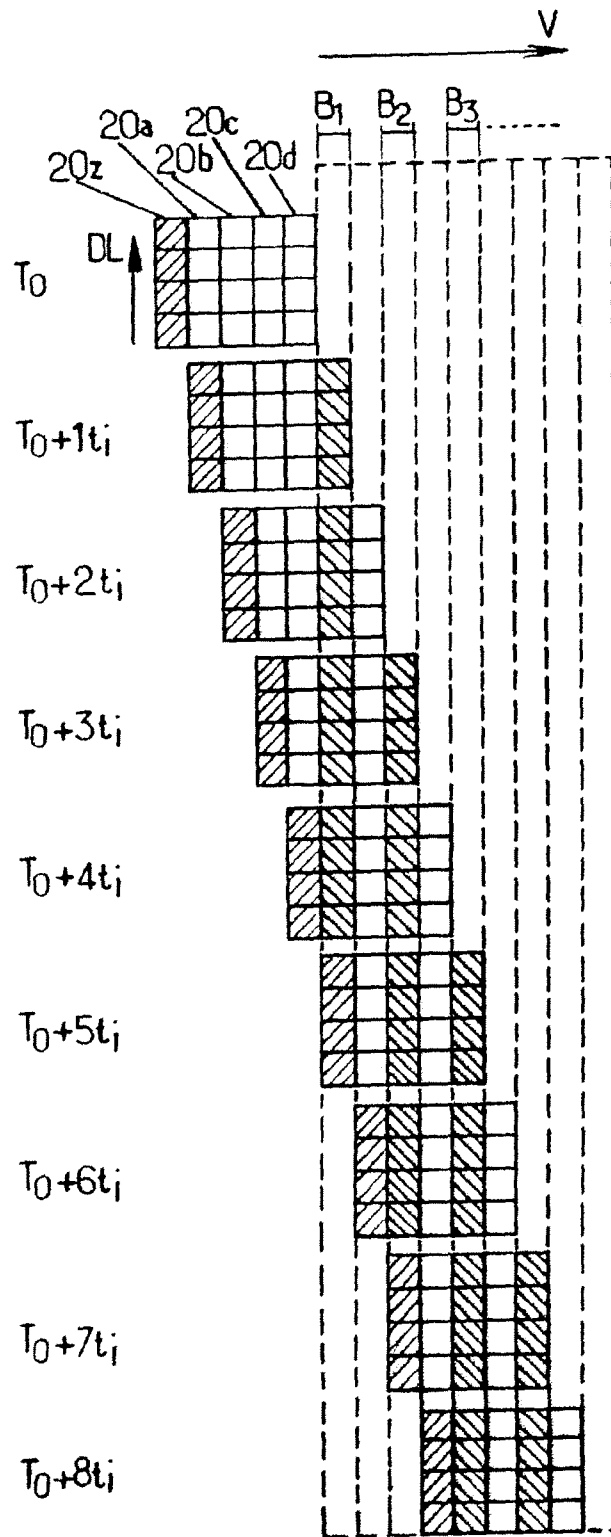


FIG.5b

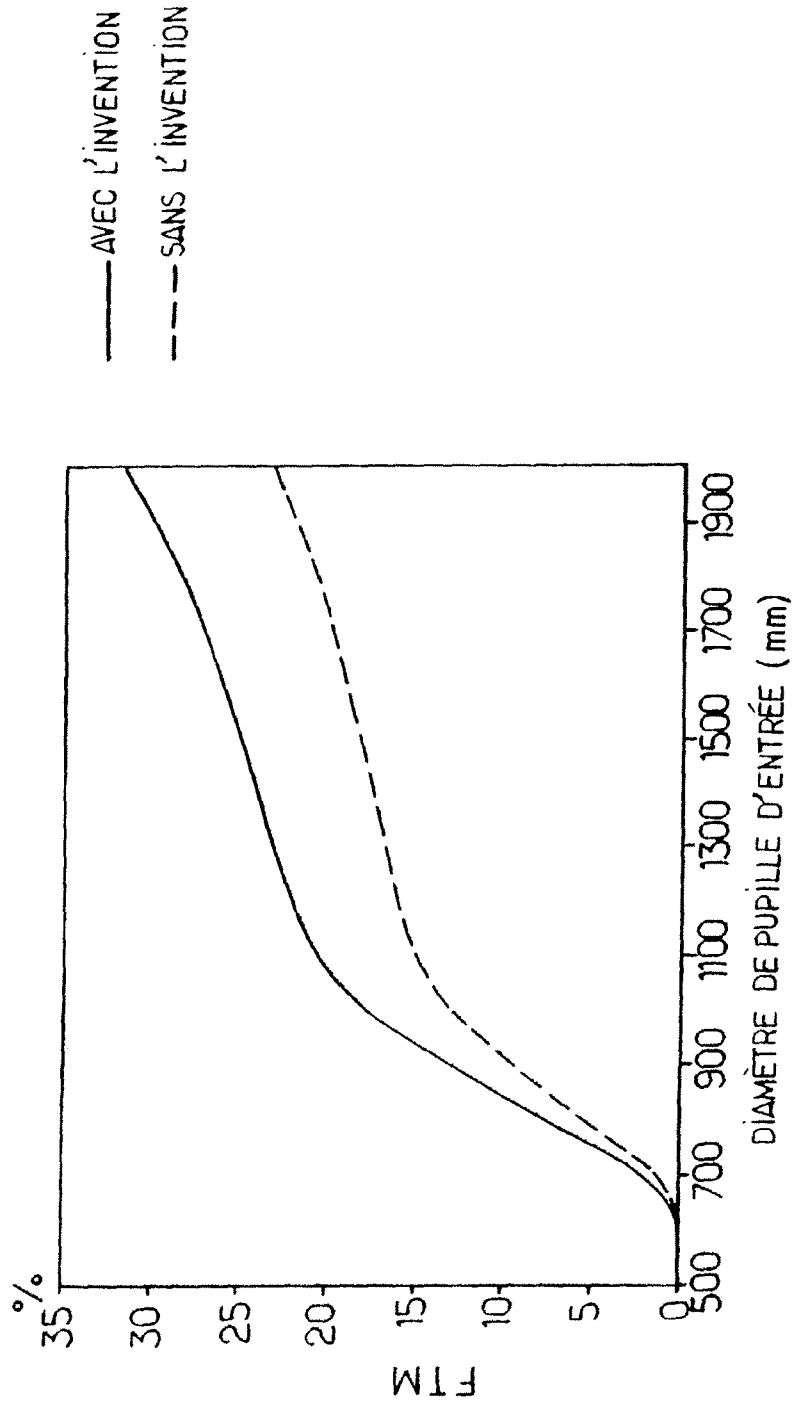


FIG.6.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/FR2011/050978

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 INV. H04N5/345 H04N5/372
 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 practical, search terms used)
 EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2002/158973 A1 (GOMI YUICHI [JP]) 31 October 2002 (2002-10-31) paragraph [0054] - paragraph [0058]; figures 1,5-7	1-9
X	EP 1 282 304 A1 (OLYMPUS OPTICAL CO [JP]) 5 February 2003 (2003-02-05) paragraph [0006] - paragraph [0011]; figures 3,4,16A,16B	1-9
A	US 2006/109352 A1 (DRAIJER CORNELIS [NL]) 25 May 2006 (2006-05-25) the whole document paragraphs [0011], [0012]	3,8

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 document 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

2 August 2011

Date of mailing of the international search report

08/08/2011

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

Montanari, Marco

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/FR2011/050978

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2002158973	A1	31-10-2002	JP 4503878 B2 14-07-2010
			JP 2002330329 A 15-11-2002
EP 1282304	A1	05-02-2003	JP 4658401 B2 23-03-2011
			JP 2003046876 A 14-02-2003
			US 2003020819 A1 30-01-2003
US 2006109352	A1	25-05-2006	NONE

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2011/050978

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. H04N5/345 H04N5/372 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-Internat		
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	US 2002/158973 A1 (GOMI YUICHI [JP]) 31 octobre 2002 (2002-10-31) alinéa [0054] - alinéa [0058]; figures 1,5-7 -----	1-9
X	EP 1 282 304 A1 (OLYMPUS OPTICAL CO [JP]) 5 février 2003 (2003-02-05) alinéa [0006] - alinéa [0011]; figures 3,4,16A,16B -----	1-9
A	US 2006/109352 A1 (DRAIJER CORNELIS [NL]) 25 mai 2006 (2006-05-25) le document en entier alinéas [0011], [0012] -----	3,8
<input type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents <input checked="" type="checkbox"/> 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 2 août 2011		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale 08/08/2011
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 Montanari, Marco

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2011/050978

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2002158973 A1	31-10-2002	JP 4503878 B2 JP 2002330329 A	14-07-2010 15-11-2002
EP 1282304 A1	05-02-2003	JP 4658401 B2 JP 2003046876 A US 2003020819 A1	23-03-2011 14-02-2003 30-01-2003
US 2006109352 A1	25-05-2006	AUCUN	