

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 17.01.92.

30 Priorité :

43 Date de la mise à disposition du public de la demande : 23.07.93 Bulletin 93/29.

56 Liste des documents cités dans le rapport de recherche : Se reporter à la fin du présent fascicule.

60 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

71 Demandeur(s) : Société dite: THOMSON TUBES ELECTRONIQUES — FR.

72 Inventeur(s) : Arques Marc.

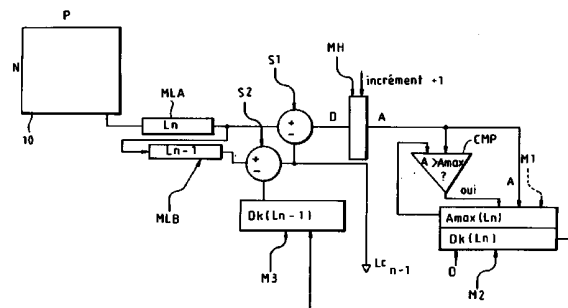
73 Titulaire(s) :

74 Mandataire : Guérin Michel.

54 Procédé d'élaboration d'une image matricielle avec comparaison globale de lignes de pixels et réduction du bruit corrélé en ligne.

57 L'invention concerne un procédé de réalisation d'une image électronique à partir d'un capteur photosensible matriciel 10.

Les bruits corrélés en ligne, provenant d'instabilités de tensions d'alimentation sur les conducteurs de ligne, produisent des défauts visibles auxquels l'œil est particulièrement sensible. Selon l'invention, on évalue les variations d'éclairement global de chaque ligne lorsqu'on passe d'une ligne à l'autre, et on retranche des pixels d'une ligne courante L_n une valeur de correction de bruit établie à partir de la différence D_k entre l'éclairement global de la ligne courante L_n et l'éclairement global de la ligne précédente L_{n-1} . La différence D_k est élaborée en faisant l'histogramme des différences point par point entre les éclairagements de pixels des deux lignes adjacentes. La valeur de différence la plus fréquemment rencontrée le long de la ligne représente la différence d'éclairement global D_k . L'histogramme est établi dans une mémoire d'histogramme MH, dont les adresses représentent les différences d'éclairement et dont le contenu représente le nombre d'occurrences d'une différence donnée lors de l'exploration de la ligne.



FR 2 686 472 - A1



1

PROCEDE D'ELABORATION D'UNE IMAGE MATRICIELLE
AVEC COMPARAISON GLOBALE DE LIGNES DE PIXELS
ET REDUCTION DU BRUIT CORRELE EN LIGNE

L'invention concerne les capteurs photosensibles matriciels, destinés à produire sous forme électronique une représentation d'une image optique.

5 Les capteurs d'image photosensibles comportent le plus souvent une multiplicité de zones photosensibles élémentaires disposées en lignes et colonnes; chaque zone élémentaire, que l'on peut appeler "photosite", et qui peut être une photodiode ou un autre élément photosensible, est située au croisement d'un conducteur de ligne et d'un conducteur de colonne, et elle peut
10 délivrer un signal électrique représentant l'éclairement de cette zone; la séquence des signaux fournis par les différentes zones photosensibles fournit, sous forme de signal vidéo ou sous toute autre forme, une représentation électrique de l'éclairement des points de l'image vue par le capteur.

15 Le plus souvent, le signal électrique délivré par une zone photosensible élémentaire est une quantité de charges électriques représentant l'intégrale de l'éclairement de cette zone pendant une durée séparant deux instants de lecture successifs. L'analyse d'image est alors faite en pratique par un balayage successif des
20 différentes lignes de photosites : une ligne de photosites est adressée à un instant donné et chaque photosite délivre, sur la colonne à laquelle il est rattaché, la quantité de charges représentant l'éclairement qu'il a reçu précédemment; puis une autre ligne est adressée pour la lecture de l'éclairement des
25 points de cette ligne, pendant que les autres lignes continuent d'engendrer des charges photoélectriques; etc.

Les conducteurs de ligne sont portés à un premier potentiel pour l'intégration de charges photoélectriques entre deux instants de lecture et à un deuxième potentiel pour

l'opération de lecture. Eventuellement d'autres potentiels peuvent être utilisés pour des opérations de remise à zéro.

La figure 1 représente un schéma synoptique symbolique d'un tel capteur d'image matriciel. Les zones photosensibles élémentaires 1, qui peuvent être des photodiodes, sont reliées à des conducteurs de colonne 2 (tous les photosites d'une même colonne reliés à un même conducteur de colonne) par des interrupteurs respectifs 3 (un interrupteur pour chaque photosite). Les interrupteurs sont commandés par un circuit d'adressage de ligne. Tous les interrupteurs d'une même ligne de photosites sont commandés par un même conducteur de ligne respectif 4. Les extrémités des colonnes sont reliées à un circuit de lecture qui permet de convertir en courant ou tension électrique les charges reçues à un instant donné par une colonne déterminée.

Lorsqu'une ligne est sélectionnée pour une opération de lecture des éclaircissements des photosites de cette ligne, les interrupteurs 3 correspondant à toute cette ligne sont fermés (rendus passants), alors que les interrupteurs des autres lignes restent ouverts (bloqués).

L'un des défauts de ce type de capteurs est l'existence d'un bruit corrélé en ligne dans le signal de sortie des circuits de lecture. Par l'expression "bruit corrélé en ligne", on entend un bruit qui, au lieu d'être complètement aléatoire d'un photosite à un autre, est aléatoire d'une ligne à l'autre mais est le même pour tous les capteurs d'une ligne, ou tout au moins présente une forte corrélation entre les photosites d'une même ligne.

Lorsqu'on reproduit sur un écran une image vidéo à partir du signal fourni par le capteur photosensible matriciel, cette image est perturbée par le bruit qui se superpose au signal; alors que le bruit ordinaire (non corrélé) engendré par les photosites se traduit sur l'image par une sorte de scintillation des points de l'image, répartie uniformément sur toute la surface de l'image, le bruit corrélé en ligne se traduit par une

variation de brillance de lignes entières. L'oeil est très sensible à ce type de défaut, et on a constaté que pratiquement il faut que le bruit corrélé en ligne soit au moins cinq fois plus faible que le bruit ordinaire de point pour que l'oeil ne ressente pas comme plus gênant que le bruit non corrélé.

Il est donc très important d'éliminer ce type de bruit.

On a constaté qu'un tel bruit corrélé en ligne pouvait provenir des variations de tension sur les conducteurs de ligne de la matrice. Les potentiels de ligne sont appliqués par l'intermédiaire du circuit d'adressage de ligne (dont la fonction est de commuter la valeur du potentiel selon la phase de fonctionnement d'une ligne déterminée à un instant déterminé); les niveaux de potentiel ainsi appliqués ne sont pas parfaitement stables et reproductibles. Les variations de niveau engendrent alors, par couplage capacitif, des charges qui se superposent aux charges de signal engendrées par les photosites. Ces charges sont les mêmes ou pratiquement les mêmes pour tous les photosites d'une même ligne et varient d'une ligne à l'autre. D'où l'existence d'un bruit corrélé en ligne. D'autres causes peuvent engendrer des bruits corrélés en ligne, telles que les fluctuations générales des sources d'alimentation en tension du circuit, ou des impulsions de commande du circuit de lecture en colonne lorsque ces impulsions agissent simultanément sur toutes les entrées du circuit.

On a déjà cherché à réduire ces bruits corrélés en ligne. Le moyen généralement adopté consiste à masquer contre la lumière plusieurs colonnes de points photosensibles, sur le bord de la matrice pour ne pas perturber l'image en son milieu; on fait la moyenne, pour chaque ligne, sur plusieurs images successives, des informations issues de ces colonnes masquées; cette moyenne générale représente le niveau d'obscurité; l'écart entre le niveau issu d'un photosite masqué et le niveau de moyenne générale représente le bruit issu du photosite à un instant donné; si maintenant on fait la moyenne des informations issues des photosites masqués d'une ligne déterminée, on fait

régresser considérablement l'influence du bruit aléatoire des photosites de cette ligne; l'écart entre la moyenne des signaux issus des photosites masqués d'une ligne et le niveau d'obscurité (moyenne des photosites masqués sur plusieurs images) tend à se rapprocher de zéro; mais s'il y a du bruit corrélé en ligne, ce bruit n'est pas diminué par le moyennage sur plusieurs points d'une ligne; l'écart entre cette moyenne de ligne masquée et la moyenne générale des colonnes masquées représente donc en gros le bruit corrélé en ligne. Le niveau de signal issu de chaque photosite non masqué d'une ligne déterminée est alors mesuré par rapport à la moyenne d'obscurité de la portion masquée de cette même ligne, au lieu d'être mesuré par rapport à la moyenne générale définissant le niveau d'obscurité. On peut ainsi éliminer dans une large mesure l'influence du bruit corrélé en ligne.

Un inconvénient de cette technique de réduction du bruit corrélé en ligne est qu'elle oblige à réaliser un certain nombre de colonnes de points photosensibles qui ne servent pas à la production de l'image; cela réduit d'autant la surface d'image utile; il faut plusieurs dizaines de colonnes de points masqués pour obtenir une régression importante du bruit corrélé en ligne. Ces colonnes doivent être réalisées avec une technologie différente de celle des autres points photosensibles du capteur puisqu'elles doivent être masquées. De plus, les colonnes masquées sont obligatoirement situées sur les bords de l'image et ce n'est pas forcément là que le bruit corrélé en ligne est le plus représentatif de ce qu'il est dans l'ensemble de la matrice (à cause des chutes de tension résistives en ligne, qui sont particulièrement importantes pour des capteurs de grande surface).

La présente invention a pour but de réduire autant que possible le bruit corrélé en ligne dans un capteur à nombreux points photosensibles, sans avoir les inconvénients de la technique antérieure.

Selon l'invention, on propose de mesurer globalement la différence entre l'éclairement d'une première ligne et l'éclairement d'une deuxième ligne adjacente à la première, et d'utiliser cette différence globale pour corriger chacun des pixels de la deuxième ligne.

Pour exprimer l'invention en d'autres termes : l'invention part de la remarque que dans de nombreux cas l'image observée par le capteur matriciel est une image de la réalité qui n'a que peu de chances de présenter des transitions brusques d'éclairement qui coïncident justement sur une grande longueur de ligne avec une ligne horizontale de points du capteur. Au contraire, le plus probable est que deux lignes voisines sont très similaires même si elles présentent des différences locales. Par conséquent, on peut dire qu'une image normale ne présente pas de différence globale entre deux lignes voisines, mais seulement des différences ponctuelles. Toute différence globale devra alors être interprétée comme un bruit global sur une ligne et devra être corrigée (par soustraction sur tous les pixels de la ligne).

La notion de mesure globale de la différence d'éclairement entre deux lignes adjacentes doit être entendue ici dans un sens large. En effet, il n'y a pas qu'une seule manière d'évaluer des variations globales d'éclairement. On envisagera à titre d'illustration deux possibilités de mesure globale.

Une première mise en oeuvre particulièrement importante consiste à établir l'histogramme des différences entre pixels correspondants de deux lignes d'image adjacentes, c'est-à-dire le diagramme représentant le nombre de points en ligne pour lesquels la différence entre les deux pixels de même rang de colonne, appartenant à deux lignes d'image adjacentes, prend une valeur déterminée parmi toutes les valeurs possibles. Dans une image normale, l'histogramme doit présenter un pic centré autour de zéro, c'est-à-dire que la valeur la plus fréquente de la différence entre les éclaircissements de deux points adjacents est la valeur zéro. Si la valeur la plus fréquemment rencontrée est une

valeur non nulle elle sera considérée comme un bruit présent sur toute la ligne mesurée et elle sera utilisée pour établir une correction pour les pixels de cette ligne.

5 Une deuxième mise en oeuvre consiste à calculer la valeur moyenne de tous les pixels d'une ligne et à la comparer à la valeur moyenne pour la ligne précédente. Si la différence entre ces valeurs moyennes dépasse un seuil déterminé, il est probable qu'elle résulte d'un bruit corrélé en ligne et cette différence est utilisée pour corriger tous les pixels de la ligne mesurée.

10 Ainsi, on comprend que la notion de mesure globale de la différence d'éclairement entre deux lignes adjacentes correspond dans le dernier cas à la mesure de la différence de l'éclairement moyen de deux lignes, et dans le premier cas à la mesure de la position du pic de l'histogramme des différences
15 d'éclairement de tous les points de même rang de deux lignes adjacentes.

On décrira en détail l'invention en faisant référence à la première mise en oeuvre seulement (histogrammes). La deuxième mise en oeuvre (moyennes) ne sera pas décrite en détail étant
20 donné qu'elle fait l'objet d'une partie d'un brevet déposé le même jour par le Déposant, sous le titre "Procédé d'élaboration d'une image matricielle, avec filtrage de valeurs moyennes de lignes de pixels".

25 Pour la mise en oeuvre du procédé selon l'invention, on compare point à point les valeurs de pixels de la ligne courante (L_n) de l'image avec les valeurs de pixels correspondants de la ligne précédente (L_{n-1}) de l'image, ces dernières valeurs étant cependant elles-mêmes corrigées pour éliminer le bruit de ligne; on établit l'histogramme de ces différences d'éclairement le long
30 de la ligne; on détermine une valeur de différence d'éclairement typique significative des différences les plus fréquemment rencontrées le long de la ligne, et on soustrait des valeurs de pixels de la ligne courante une valeur qui est une fonction de la valeur typique trouvée.

La valeur typique peut être la différence d'éclairement pour le sommet le plus haut de l'histogramme, c'est-à-dire la différence rencontrée la plus fréquemment. Mais ce peut être aussi une valeur proche de cette dernière et plus représentative des différences d'éclairement globales entre lignes adjacentes; par exemple ce peut être la position de la moyenne des différences d'éclairement, pondérées par le nombre de fois où ces différences sont rencontrées, dans une fenêtre encadrant le sommet le plus haut de l'histogramme.

Pour éviter le risque que le bruit de la première ligne d'image (bruit non corrigé) ne soit reporté sur toutes les lignes suivantes, on propose selon l'invention de calculer le bruit de ligne de la première ligne par une méthode spécifique pour cette première ligne et de corriger les pixels de la première ligne avant de les utiliser pour la correction de la deuxième ligne.

Dans une première mise en oeuvre, on stocke la première ligne de l'image précédente (image I_{r-1}), on détermine le bruit de la première ligne de l'image courante (I_r) par mesure globale de la différence d'éclairement entre ces deux premières lignes, et on corrige tous les pixels de la première ligne de l'image courante en fonction de cette différence.

Dans une deuxième mise en oeuvre, on mesure la différence globale d'éclairement entre une ligne courante L_n et une ligne précédente L_{n-1} corrigée, et on corrige les valeurs de pixels de la ligne courante par une valeur de correction qui est une valeur de différence globale d'éclairement multipliée par un coefficient A_t inférieur à l'unité. Le coefficient A_t peut être fixe et compris entre 50% et 95%. Il peut être constant sur toute l'image, ou constant sur quelques lignes au début de l'image. Il peut aussi varier progressivement sur plusieurs lignes ou sur la totalité de l'image. S'il varie, c'est de préférence en augmentant progressivement. Il peut par exemple suivre une courbe tendant progressivement vers l'unité au fur et à mesure qu'on avance dans le balayage de l'image.

Enfin, dans une troisième variante, on peut utiliser, uniquement pour la première ligne, une zone de points photosensibles placés dans le noir et servant à définir une valeur moyenne de noir. On intègre les signaux fournis par ces pixels sur plusieurs images successives, pour obtenir un niveau d'obscurité corrigé des bruits de pixels et des bruits de ligne. A chaque nouvelle analyse d'une première ligne d'image on moyenne les signaux des pixels placés dans l'obscurité et on en déduit (par différence avec le niveau d'obscurité) la valeur du bruit de ligne de la première ligne d'image. Ce bruit est soustrait des autres pixels de la première ligne pour obtenir une première ligne corrigée.

L'invention concerne également un capteur d'image comportant une mémoire de ligne pour stocker les valeurs de pixels de la ligne précédente, un soustracteur pour soustraire point par point les pixels de la ligne précédente des pixels de la ligne courante, une mémoire d'histogramme dont les adresses sont définies par les signaux issus du soustracteur, des moyens pour incrémenter le contenu de la mémoire à une adresse déterminée chaque fois que cette adresse est appliquée à la mémoire, des moyens pour déterminer l'adresse de mémoire pour laquelle le contenu de la mémoire est le plus élevé, des moyens pour définir une valeur de correction à partir de cette adresse, et des moyens pour appliquer une correction correspondante aux pixels de la lignes courant.

Les moyens pour déterminer l'adresse pour laquelle le contenu est le plus élevé comprennent de préférence une mémoire de valeur de pic d'histogramme, une mémoire de valeur typique d'adresse pour laquelle le contenu de la mémoire d'histogramme est le plus élevé à un instant donné, un comparateur recevant le contenu de la mémoire d'histogramme et le contenu de la mémoire de pic, ce comparateur commandant l'écriture dans la mémoire de valeur de pic et dans la mémoire de valeur typique d'adresse d'une nouvelle valeur (Amax) de pic et de l'adresse correspondante chaque fois que le contenu incrémenté de la

mémoire d'histogramme à l'adresse désignée est supérieur au contenu de la mémoire de pic.

L'invention est particulièrement intéressante dans certaines applications comme l'observation du corps humain, et
5 tout particulièrement l'observation radiologique médicale.

Le procédé selon l'invention est d'autant plus efficace que l'image captée comporte moins de transitions brusques d'éclairement en lignes horizontales, et il ne nécessite pas de réserver une partie de la zone photosensible pour y mettre de
10 nombreuses colonnes de photosites masqués.

L'invention est applicable essentiellement à un capteur matriciel, mais par extension aussi à un capteur linéaire (une seule ligne) produisant une image par défilement ligne par ligne.

15 D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description détaillée qui suit et qui est faite en référence aux dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1, déjà décrite, représente la structure générale d'un capteur photosensible matriciel;

20 - la figure 2 représente un histogramme typique des variations d'éclairement d'une première ligne d'image à une deuxième ligne adjacente, pour une image normale sans bruit de ligne;

- la figure 3 représente un histogramme typique en
25 présence de bruit corrélé en ligne;

- la figure 4 représente un dispositif de mise en oeuvre de la présente invention;

- la figure 5 représente un histogramme typique dont le sommet principal est décalé par rapport au barycentre;

30 - la figure 6 représente une variante de réalisation du dispositif de la figure 4;

- la figure 7 représente une autre variante de réalisation.

L'histogramme de la figure 2 représente à titre d'exemple
35 l'allure des différences d'éclairement entre deux lignes

adjacentes. En abscisse sont portées les valeurs (positives ou négatives) que peut prendre la différence D entre l'éclairement d'un point d'une première ligne et un point correspondant (même rang en colonne) d'une deuxième ligne adjacente à la première.

5 En ordonnée sont portés les nombre A de points pour lesquels on a trouvé que la différence était égale à la valeur en abscisse.

Par exemple, l'éclairement d'un point est un signal numérique codé sur 8 bits; la différence peut donc varier entre -256 et +256. Et il y a par exemple 1000 points dans une ligne.
10 Ces 1000 points sont répartis sur l'histogramme en fonction des différences d'éclairement qu'on trouve à chaque point entre une ligne et la ligne adjacente.

Dans de très nombreuses applications, on va s'apercevoir qu'il n'y a pas de transitions lumineuses brusques s'étendant sur
15 de grandes longueurs de lignes. Les transitions sont progressives. Cela se traduit par un histogramme présentant un pic important autour de zéro : pour de très nombreux points de la ligne, l'éclairement d'un point est identique ou quasi identique à l'éclairement du point correspondant de la ligne
20 adjacente.

Des différences d'éclairement apparaissent cependant pour un certain nombre d'autres points. Mais pour ces valeurs de différence d'éclairement il est extrêmement peu probable qu'on trouve plus de points que pour une différence d'éclairement très
25 proche de zéro.

Ceci n'est cependant plus vrai en présence de bruit corrélé en ligne, c'est-à-dire un bruit affectant toute une ligne sans affecter la ligne adjacente. C'est ce que montre la figure 3. Le pic de l'histogramme est décalé latéralement d'une distance
30 égale au bruit. En effet, le bruit corrélé en ligne n'est pas autre chose qu'un décalage de valeur de signal identique pour tous les points de la ligne.

Sur la figure 3, le décalage D_k de l'abscisse du pic principal de l'histogramme représente le bruit affectant l'une
35 des deux lignes. Si on suppose que le bruit de la ligne

précédente a déjà été corrigé et qu'on mesure la différence entre l'éclairement d'une ligne courante et l'éclairement corrigé de la ligne précédente, alors, le décalage du pic représente le bruit sur la ligne courante.

5 On calcule donc pour chaque nouvelle ligne d'image l'histogramme des différences d'éclairement par rapport à la ligne précédente corrigée; on détermine la position du pic principal.

10 On retranche de chaque pixel de la nouvelle ligne le décalage D_k que présente cette position de pic par rapport à l'abscisse zéro. On fournit à la sortie les valeurs de pixels ainsi corrigés. Et on stocke dans une mémoire de ligne les pixels ainsi corrigés, puisqu'ils serviront ensuite de référence pour la détermination de l'histogramme d'une ligne suivante.

15 On notera ici qu'on pourrait corriger les valeurs de pixels non pas en retranchant purement et simplement le décalage D_k du pic, mais en retranchant ce décalage moins un seuil, ou encore une fraction de ce décalage, ou encore une fraction de ce décalage moins un seuil. Ceci peut permettre de tenir compte de situations dans lesquelles l'image comporte des zones de dégradés réguliers d'éclairement du haut vers le bas de l'image, affectant toute la longueur des lignes. Le plus simple est cependant de retrancher simplement le décalage de la position du pic. On verra cependant plus loin qu'il y a des raisons de faire autrement.

25 La figure 4 représente un dispositif de mise en oeuvre de l'invention.

30 Un capteur d'image matriciel de N lignes et P colonnes est désigné par la référence 10. Il fournit des signaux représentant les valeurs d'éclairement des points successifs d'une ligne, puis ceux des lignes suivantes. Les signaux sont de préférence fournis sous forme numérisée; par exemple chaque valeur de pixel est représenté par un mot numérique de 8 ou 10 bits.

 Les mots successifs correspondant aux pixels d'une ligne sont introduits dans une mémoire de ligne MLA, de P mots, qui

stocke par conséquent à un instant donné l'éclairement des points d'une ligne courante L_n .

L'éclairement de la ligne précédente L_{n-1} a été stocké auparavant dans une autre mémoire de ligne MLB, de P mots. Par exemple, on peut remplir la mémoire MLB progressivement avec le contenu de la mémoire MLA pendant le vidage séquentiel de la mémoire MLA.

Deux soustracteurs S1 et S2 sont prévus. Le premier sert à l'établissement de la différence pixel à pixel des éclairements des deux lignes. Le deuxième sert à corriger la ligne L_{n-1} avant d'établir cette différence. La correction consiste ici à soustraire de chaque pixel de la ligne L_{n-1} une valeur constante qui représente le bruit corrélé en ligne calculé pour la ligne L_{n-1} . Cette valeur constante de correction est un mot $D_k(L_{n-1})$ stocké dans une mémoire M3.

En sortie du soustracteur S2, on obtient, en vidant séquentiellement la mémoire MLB, l'éclairement corrigé de chaque pixel de la ligne L_{n-1} . Le signal correspondant est désigné par $L_{c_{n-1}}$. C'est lui qui sera transmis à l'extérieur pour être utilisé, et qui va servir également au calcul de la correction à appliquer à la ligne suivante L_n .

Le soustracteur S1 fournit pour chaque position de pixel la différence d'éclairement entre le pixel de la ligne courante L_n et le pixel correspondant de la ligne précédente, ce dernier pixel étant corrigé du bruit en ligne de la ligne L_{n-1} .

Au fur et à mesure de l'établissement séquentiel des différences d'éclairéments entre la ligne L_n et la ligne L_{n-1} corrigée, on détermine l'histogramme de ces différences et on calcule la position D_k du pic de l'histogramme pour en déduire la valeur de correction à attribuer aux pixels de la ligne L_n . Ceci est effectué dans une mémoire d'histogramme MH.

La mémoire MH est une mémoire de 2^{z+1} positions si z est le nombre de bits sur lesquels sont codées les valeurs de pixels, ceci en supposant qu'on établisse l'histogramme avec en abscisse une résolution égale au plus petit bit de codage des

pixels, en supposant également que les différences d'éclairement sont mesurées en positif et en négatif, et en supposant que non seulement les petites différences d'éclairement mais aussi les très grandes différences d'éclairements sont mises en mémoire ;
5 cette dernière hypothèse n'est pas obligatoire car en fait on ne s'intéresse vraiment qu'à la partie centrale de l'histogramme (les bruits corrélés en ligne sont en principe d'amplitude limitée).

Chaque adresse ($z+1$ bits d'adresse) de la mémoire MH
10 représente une différence d'éclairement (parmi 2^{z+1}), et le contenu de la mémoire à cette adresse représente le nombre de fois où on a trouvé cette différence dans l'analyse de la ligne L_n . Par exemple, si on a trouvé 17 points pour lesquels la différence d'éclairement est égale à 24, on stocke le nombre 17 à
15 l'adresse 24. Il s'agit comme on l'a dit de la différence entre un pixel de la ligne courante L_n et le pixel correspondant de la ligne précédente L_{n-1} .

Pour cela, si au cours de l'analyse on trouve une différence d'éclairement déterminée, on fournit cette valeur
20 comme adresse à la mémoire MH et on incrémente d'une unité le contenu de la mémoire à cette adresse. A la fin de l'analyse, l'histogramme entier est contenu dans la mémoire; les abscisses de l'histogramme sont les adresses; les ordonnées sont les contenus de la mémoire à ces adresses.

25 En même temps, on détermine le pic de l'histogramme, c'est-à-dire qu'on détermine l'adresse pour laquelle le contenu de la mémoire MH est le plus élevé. On pourrait faire ce travail à la fin de l'élaboration de l'histogramme. On préfère cependant le faire progressivement au fur et à mesure de l'élaboration.

30 Pour cela, à chaque écriture dans la mémoire MH, le contenu A de la mémoire après écriture est comparé au contenu maximal A_{max} précédemment trouvé; ce dernier est stocké dans une mémoire M_1 (mémoire du pic d'histogramme) qui contient un mot représentant au maximum le nombre P de bits d'une ligne
35 entière. Si A est inférieur à A_{max} on ne fait rien; le contenu

maximal précédemment trouvé reste Amax. Si au contraire le nouveau contenu A est supérieur au maximum stocké Amax, il représente le nouveau maximum trouvé et on remplace le contenu stocké Amax par la nouvelle valeur maximale trouvée. La mémoire M1 peut être un simple compteur incrémenté seulement si la nouvelle valeur stockée dans la mémoire MH est supérieure au contenu du compteur. Un comparateur CMP effectue la comparaison entre A et A max.

Simultanément, lorsqu'on stocke la nouvelle valeur Amax dans la mémoire M1, on stocke également dans une mémoire M2 (mémoire d'adresse du pic d'histogramme) la valeur de l'adresse correspondante D pour laquelle on a trouvé ce nouveau contenu maximal. Cette adresse représente l'abscisse du pic provisoire de l'histogramme à chaque instant de l'analyse d'une ligne.

Le comparateur CMP commande aussi bien la remise à jour de la mémoire M1 que la remise à jour de la mémoire M2.

A la fin de l'élaboration de l'histogramme, on a dans la mémoire M2 la position Dk du pic de l'histogramme pour la ligne Ln. Cette valeur Dk représente la correction à apporter à tous les pixels de la ligne Ln. Elle sera stockée dans la mémoire M3 en remplacement de la valeur correspondante $Dk(Lc_n - 1)$ qui n'est plus utile, en vue d'élaborer la ligne corrigée Ln.

Comme on l'a indiqué précédemment, on pourrait prévoir que la valeur stockée dans la mémoire M3 n'est pas exactement la valeur Dk mais une valeur déduite de Dk (fraction de Dk ou fraction de Dk après soustraction d'un seuil). On reviendra sur ce point plus loin.

Après établissement et stockage de la valeur Dk dans la mémoire M3, on remet à zéro les contenus des mémoires M1 et MH (éventuellement aussi M2) pour élaborer l'histogramme correspondant à une nouvelle ligne.

Pendant l'élaboration de l'histogramme, la valeur des pixels de la ligne précédente Ln-1 est vidée du registre et corrigée par la valeur $Dk(Ln-1)$ de la mémoire M3. Cette valeur

corrigée est transmise non seulement au soustracteur S1, mais aussi à la sortie du circuit pour être utilisée.

Le calcul de la valeur de correction peut être affiné en utilisant comme valeur non pas la position D_k du pic de l'histogramme, mais une valeur D'_k plus représentative du décalage de l'histogramme par rapport à zéro. En effet, on peut avoir une grande concentration de différences d'éclairement très proches de D_k , avec un pic à D_k mais un centrage de ce pic plutôt autour d'une valeur D'_k . La figure 5 représente un cas typique d'histogramme centré manifestement autour de D'_k bien que le pic soit à D_k . C'est pourquoi il est préférable, par sécurité, de calculer D'_k , et de l'utiliser pour la correction de bruit.

D'_k peut être considéré comme l'abscisse du barycentre d'une zone d'histogramme limitée à une fenêtre de faible largeur D_0 encadrant D_k . La largeur de la fenêtre peut être prédéterminée (par exemple quelques unités ou quelques dizaines de bits les moins significatifs autour de D_k) ou encore être variable et définie par le dépassement d'un seuil de l'ordonnée de l'histogramme. La position de l'abscisse du barycentre est la moyenne pondérée des abscisses de la fenêtre, le coefficient de pondération étant l'ordonnée A pour chaque abscisse.

Dans ce cas, après calcul de D_k , un circuit spécifique peut effectuer le calcul de D'_k à partir du contenu de la mémoire d'histogramme MH et stocker la valeur de D'_k dans la mémoire M3 au lieu de la valeur D_k .

Le principe de base exposé précédemment suppose que chaque ligne est corrigée du bruit corrélé en ligne et que la ligne suivante est comparée à la ligne précédente corrigée. Mais la première ligne n'est pas corrigée, de sorte que si un bruit corrélé en ligne est présent sur la première ligne, ce bruit sera reporté sur toutes les lignes suivantes. Lors de la trame suivante, si le bruit sur la première ligne a changé ou est supprimé, ce changement ou cette suppression se reportent sur toutes les lignes de la trame suivante. On a transformé un bruit

de ligne en un bruit de trame, ce qui n'est pas acceptable (cela se traduit par une instabilité globale de l'image).

Une première solution selon l'invention est proposée à la figure 6. Lors de la lecture de la première ligne d'image (ligne L1), le calcul de l'histogramme est fait en faisant la différence entre cette première ligne et la première ligne de l'image précédente, qu'on aura stocké précédemment dans une mémoire de première ligne MLC.

Si la première ligne de la première image est bruitée, ce bruit sera recopié intégralement sur toutes les lignes de la première image et de toutes les images suivantes. Il donnera donc un décalage général et constant, donc non gênant.

Au début de la lecture d'une image, avant la lecture de la première ligne, on charge en parallèle dans la mémoire de ligne MLB le contenu de la mémoire MLC dans laquelle est inscrite la première ligne de l'image précédente I_{r-1} . La première ligne stockée est cependant stockée sous forme corrigée Lc_1 , c'est-à-dire présentant une différence d'éclairement globale nulle avec la première ligne de l'image I_{r-2} qui la précède; puis on remet à zéro la mémoire M3 pour supprimer l'information de correction qui correspond à la dernière ligne de l'image I_{r-1} .

On lit alors la première ligne de l'image I courante I_r . Le soustracteur S2 ne soustrait rien; le soustracteur S1 fait la différence d'éclairement avec la première ligne corrigée de l'image I_{r-1} . L'histogramme et le pic de l'histogramme sont calculés pour la différence d'éclairement entre ces deux lignes. Une valeur $Dk(L1)$ de bruit corrélé est élaborée avec le même principe qu'à la figure 4 et cette valeur représente le bruit corrélé en ligne de la première ligne d'image courante I_r par rapport à la première ligne corrigée d'image précédente I_{r-1} .

A la fin de la lecture de la première ligne, cette valeur $Dk(L1)$ est transférée de la mémoire M2 vers la mémoire M3.

Les mémoires M1, M2, MH sont remises à zéro pour l'établissement de l'histogramme correspondant à la deuxième

ligne. Pendant le calcul de la correction $Dk(L1)$ de la première ligne, la mémoire MLB a été remplie par la première ligne. Pendant la lecture de cette deuxième ligne, les valeurs de la première ligne corrigées par rapport à la première ligne de l'image précédente sont disponibles en sortie. On les utilise donc pour remplir la mémoire MLC en prévision de la correction de la première ligne de l'image suivante. Le fonctionnement est alors exactement celui qui a été décrit en référence à la figure 4.

Etant donné que l'image peut parfois varier brutalement, en raison de phénomènes autres que les bruits de ligne, (changement complet d'image, changement brutal d'exposition lumineuse, etc). On peut prévoir le perfectionnement suivant : si la valeur de correction calculée dans la mémoire M2 pour le décalage de la première ligne d'image I_r par rapport à la première ligne d'image précédente I_{r-1} dépasse un seuil déterminé on considère que ce n'est pas un bruit à corriger et on ne transfère pas le contenu de la mémoire M2 vers la mémoire M3. Cette dernière reste à zéro.

Bien entendu, comme dans le cas de la figure 4, on peut stocker dans la mémoire M3 non pas une valeur Dk de pic de l'histogramme mais une valeur $D'k$ du barycentre de ce pic.

D'autre part on peut envisager que la correction de bruit de la première ligne par rapport à la première ligne de l'image précédente soit calculée par simple différence des moyennes d'éclairement sur ces deux lignes plutôt que par la méthode du pic d'histogramme.

A la figure 7, on a représenté une autre réalisation permettant également de tenir compte du fait que la première ligne de l'image n'est pas corrigée dans le circuit de la figure 4 et qu'elle risque donc d'introduire un bruit de trame à la place d'un bruit de ligne. Dans cette nouvelle réalisation, la valeur de correction stockée dans la mémoire M3 est une valeur $D''k$ qui n'est qu'une fraction inférieure à l'unité de la valeur théorique Dk ou $D'k$ représentant le décalage du pic principal de

l'histogramme : $D''k = At.Dk$ ou $D''k = At.D'k$ avec At inférieur à 1.

5 Cela veut dire qu'on ne corrige pas tout-à-fait la deuxième ligne par rapport à la première, puis pas tout-à-fait la troisième ligne par la seconde, etc.

A titre d'exemple : supposons que le coefficient de correction At soit 90%. La deuxième ligne d'image contiendra après correction 90% du bruit corrélé de la première ligne et 10% de son bruit propre. La troisième ligne contiendra après
10 correction 81% du bruit corrélé de la première ligne, 9% du bruit corrélé de la deuxième, et 10% de son bruit propre; etc.; au bout de quelque lignes, le bruit dû à la première ligne non corrigée aura beaucoup diminué. L'influence de la première lignes non corrigée disparaît au dessous d'une bande de quelques lignes qui
15 seront perturbées.

Plus on diminuera le coefficient atténuateur At , plus vite l'influence de la première ligne disparaîtra; mais inversement plus on laissera subsister une fraction importante du bruit corrélé en ligne de toutes les lignes. Un compromis est donc à
20 trouver entre une perturbation d'une bande supérieure d'image de hauteur importante et une perturbation globale de l'image par conservation d'une fraction importante du bruit corrélé en ligne.

Une amélioration importante peut consister à utiliser un coefficient At variable avec le numéro de ligne : on augmente la
25 valeur du coefficient à mesure que l'on incrémente les lignes explorées. On peut ainsi avoir un coefficient fortement atténuateur (par exemple 50%) au début, et le ramener progressivement vers l'unité en particulier de manière qu'il soit proche de l'unité (à 99 % près) pour la majorité des lignes
30 d'image. On obtient ainsi à la fois une réduction très rapide du bruit de la première ligne dans les toutes premières lignes de l'image et une correction complète ou quasi complète du bruit corrélé en ligne sur le reste de l'image.

Un exemple d'évolution du coefficient At en fonction du
35 numéro de ligne est le suivant : $At(n) = (n-1)/n$ où n est le

numéro de la ligne à corriger, à partir de la deuxième. Dans cette formule, n peut varier de 1 à N (évolution progressive sur toute la hauteur de l'image); ou alors n peut varier de 1 à un nombre limité de lignes, par exemple de 1 à 50 lignes, après quoi
5 A_t est une constante égale à 1 ou 0,99 environ.

Mais on peut aussi prévoir une évolution différente, par exemple $A_t = 50\%$ pour les 10 premières lignes et $A_t = 100\%$ ensuite : les dix premières lignes de l'image conservent 50% de leur bruit corrélé en ligne, mais l'influence de la première ligne n'est
10 plus que d'une fraction de pourcent pour le reste de l'image.

La figure 7 représente symboliquement l'existence d'un coefficient multiplicateur A_t entre la sortie de la mémoire M_2 et l'entrée de la mémoire M_3 . Le coefficient est représenté variable en fonction du numéro de ligne : $A_t = f(n)$.

15 Dans une autre réalisation, non représentée, on cherche également à corriger l'existence d'un bruit de trame provenant du fait que la première ligne n'est pas corrigée dans la réalisation de la figure 4.

On utilise cette fois une zone photosensible masquée en
20 dehors de la zone utile de la première ligne et sur la première ligne seulement (pour un capteur matriciel). Typiquement, de 5 à 50 points sont masqués. L'information qu'ils délivrent est la superposition d'un niveau d'obscurité (les éléments photosensibles fournissent un signal même dans le noir) à quoi
25 vient s'ajouter le bruit corrélé en ligne et le bruit individuel de chaque élément photosensible.

En moyennant les signaux issus de tous les points masqués on fait diminuer très fortement les bruits individuels puisqu'ils ne sont pas corrélés. La moyenne représente donc le niveau de
30 noir superposé au bruit corrélé en ligne.

Si on fait maintenant la moyenne sur plusieurs images, on fait diminuer très fortement le bruit corrélé en ligne car ce bruit n'est pas corrélé d'une image à l'autre. Il subsiste ainsi le niveau de noir non bruité; on stocke ce niveau.

5 Lorsqu'on lit ensuite la première ligne dans l'analyse courante, on fait la moyenne des pixels dans le noir, et on retranche la moyenne générale stockée, c'est-à-dire le niveau de noir non bruité. On obtient ainsi une valeur du bruit de la ligne courante et c'est cette valeur que l'on stocke initialement dans la mémoire M3 de la figure 4 pour servir à la correction de la première ligne. Les autres lignes sont corrigées comme expliqué en référence à la figure 4.

REVENDEICATIONS

1. Procédé d'élaboration d'une image électronique matricielle de N lignes et P colonnes de pixels, à partir d'un capteur photosensible comportant au moins P éléments photosensibles (1) en ligne, caractérisé en ce qu'on mesure globalement la différence entre l'éclairement d'une ligne courante (L_n) et l'éclairement d'une ligne précédente (L_{n-1}) adjacente à la première, et on utilise cette différence globale pour corriger chacun des pixels de la ligne courante.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'on établit l'histogramme des différences entre pixels correspondants des deux lignes d'image adjacentes, c'est-à-dire le diagramme représentant le nombre de points en ligne pour lesquels la différence entre les deux pixels de même rang de colonne, appartenant aux deux lignes d'image adjacentes, prend une valeur déterminée parmi toutes les valeurs possibles, on détermine la valeur de différence la plus fréquemment rencontrée dans l'analyse de la ligne courante, et on utilise cette valeur pour établir une valeur de correction pour les pixels de la ligne courante.

3. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce qu'on compare point à point les valeurs de pixels de la ligne courante (L_n) de l'image avec les valeurs de pixels correspondants de la ligne précédente (L_{n-1}) de l'image, ces dernières valeurs ayant été elles-mêmes corrigées pour éliminer le bruit de ligne.

4. Procédé selon l'une des revendications 2 et 3, caractérisé en ce que la correction appliquée aux pixels de la ligne courante est une fonction d'une valeur typique (D_k) représentant la différence globale d'éclairement entre la ligne

courante et la ligne précédente, cette valeur typique étant la différence d'éclaircissements la plus fréquemment rencontrée au cours de l'analyse de la ligne.

5 5. Procédé selon l'une des revendications 2 et 3, caractérisé en ce que la correction appliquée aux pixels de la ligne courante est une fonction d'une valeur typique ($D'k$) représentant la différence globale d'éclaircissement entre la ligne courante et la ligne précédente, cette valeur typique étant la
10 valeur moyenne des différences d'éclaircissement prises dans une fenêtre autour de la différence la plus fréquemment rencontrée, ces valeurs étant pondérées par le nombre de fois où elles ont été rencontrées au cours de l'analyse de la ligne courante.

15 6. Procédé selon l'une des revendications 4 et 5, caractérisé en ce la correction appliquée aux pixels d'une ligne est égale à la valeur typique ($Dk, D'k$) trouvée pour cette ligne.

20 7. Procédé selon l'une des revendications 4 et 5, caractérisé en ce que la correction ($D''k$) appliquée aux pixels d'une ligne est égale à la valeur typique ($Dk; D'k$) trouvée pour cette ligne, multipliée par un coefficient A_t inférieur à l'unité.

25 8. Procédé selon la revendication 7, caractérisé en ce que le coefficient multiplicateur est variable en fonction de la position de ligne dans l'image et est plus faible pour les premières lignes de l'image que pour le reste de l'image.

30 9. Procédé selon la revendication 8, caractérisé en ce que le coefficient est d'environ 0,5 pour la deuxième ligne et proche de 1 pour la majorité des lignes de l'image.

35 10. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'on stocke la première ligne d'une image précédente dans une mémoire de première ligne (MLC) et qu'on

mesure la différence globale d'éclairement entre la première ligne d'une image courante et la première ligne stockée pour calculer une correction de bruit qu'on applique ensuite aux pixels de la première ligne de l'image courante pour obtenir une première ligne corrigée avant d'analyser et corriger les lignes suivantes.

11. Procédé selon la revendication 10, caractérisé en ce que les pixels stockés dans la mémoire de première ligne sont les pixels corrigés du bruit de ligne, le stockage d'une première ligne étant effectué après application de la correction calculée.

12. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'on prévoit sur la première ligne de points photosensibles d'un capteur matriciel une zone de points placés dans l'obscurité, on fait la moyenne sur plusieurs images des signaux fournis par les pixels de cette zone, pour obtenir une valeur représentant le niveau de noir, on soustrait ensuite du niveau de noir, à chaque analyse de première ligne d'image, la moyenne des pixels placés dans l'obscurité, pour en déduire le bruit de cette première ligne, et on soustrait des autres pixels de la ligne une valeur représentant ce bruit, pour obtenir une première ligne corrigée du bruit en ligne.

13. Capteur d'image caractérisé en ce qu'il comporte une mémoire de ligne d'image (MLB) pour stocker les valeurs de pixels analysés au cours d'une ligne précédant une ligne courante, un soustracteur (S1) pour effectuer point par point la différence entre un pixel de la ligne courante et un pixel correspondant de la ligne précédente, une mémoire d'histogramme (MH) dont les adresses sont définies par les signaux issus du soustracteur, des moyens pour incrémenter le contenu de la mémoire à une adresse déterminée chaque fois que cette adresse est appliquée à la mémoire, des moyens (CMP, M1, M2) pour déterminer une adresse typique de mémoire qui est une adresse

pour laquelle le contenu de la mémoire est le plus élevé, des moyens (M2, M3, At) pour définir une valeur de correction de pixels à partir de la valeur de cette adresse, et des moyens pour appliquer une correction correspondante aux pixels de la ligne courante.

14. Capteur selon la revendication 13, caractérisé en ce qu'il comporte des moyens pour stocker dans la mémoire de ligne (MLB) les pixels analysés et non corrigés, et un deuxième soustracteur (S2) recevant la sortie de cette mémoire et la sortie d'une mémoire de valeur de correction (M3) dans laquelle a été stockée ladite valeur de correction.

15. Capteur selon l'une des revendications 13 et 14, caractérisé en ce qu'il comporte un multiplicateur pour établir une valeur de correction qui est une valeur typique d'adresse de la mémoire d'histogramme, multipliée par un coefficient inférieur à l'unité.

16. Capteur selon la revendication 15, caractérisé en ce qu'il comporte des moyens pour modifier le coefficient en fonction de la position de la ligne dans l'image.

17. Capteur selon l'une des revendications 13 à 16, caractérisé en ce qu'il comporte une mémoire de valeur de pic d'histogramme (M1), une mémoire (M2) de valeur typique d'adresse pour laquelle le contenu de la mémoire d'histogramme (MH) est le plus élevé à un instant donné, un comparateur (CMP) recevant le contenu de la mémoire d'histogramme et le contenu de la mémoire de pic, ce comparateur commandant l'écriture dans la mémoire de valeur de pic (M1) et dans la mémoire de valeur typique d'adresse (M2) d'une nouvelle valeur (Amax) de pic et de l'adresse correspondante (Dk) chaque fois que le contenu incrémenté de la mémoire d'histogramme à l'adresse désignée est supérieur au contenu de la mémoire de pic (M1).

18. Capteur selon l'une des revendications 13 à 17, caractérisé en ce qu'il comporte une mémoire (MLC) pour le stockage, pendant une trame d'image entière, de la première ligne d'image, et des moyens pour comparer le niveau d'éclairement global de la première ligne d'une image à l'éclairement global de la première ligne de l'image précédente.

19. Capteur selon l'une des revendications 13 à 18, de type matriciel, caractérisé en ce qu'il comporte des points photosensibles maintenus en permanence dans l'obscurité, sur la première ligne d'image seulement, et des moyens pour retrancher des pixels utiles du reste de la ligne une valeur de correction de bruit de ligne déduite des moyennes des signaux fournis par les points photosensibles maintenus dans l'obscurité.

20. Application du procédé selon l'une des revendications 1 à 12 ou du capteur selon l'une des revendications 13 à 19 à la radiologie médicale.

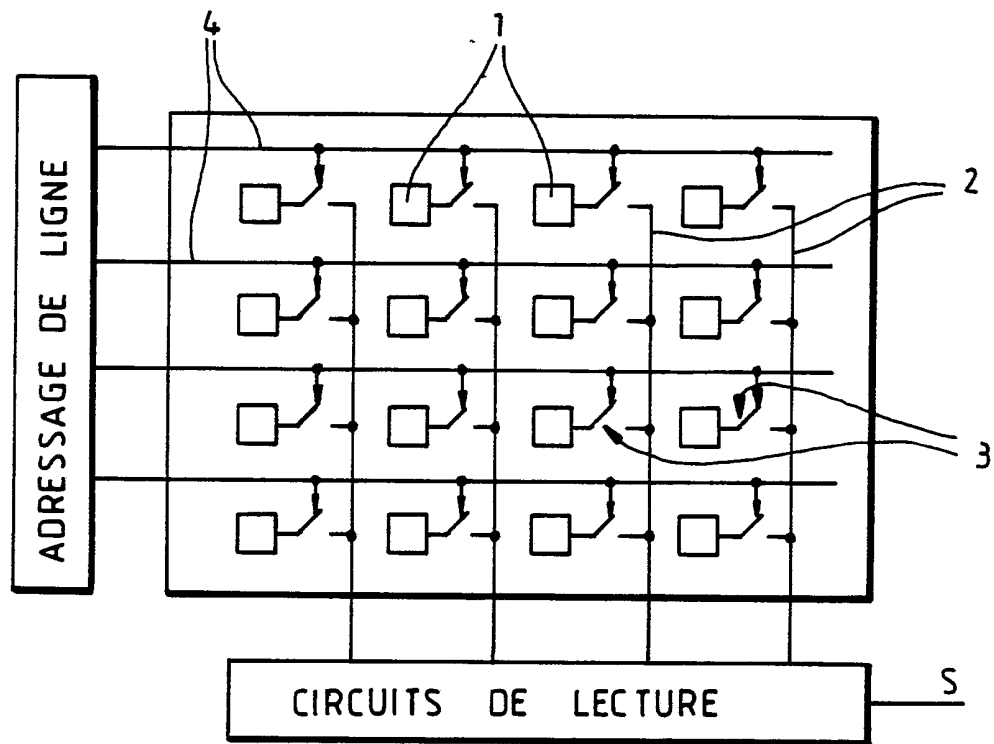


FIG.1

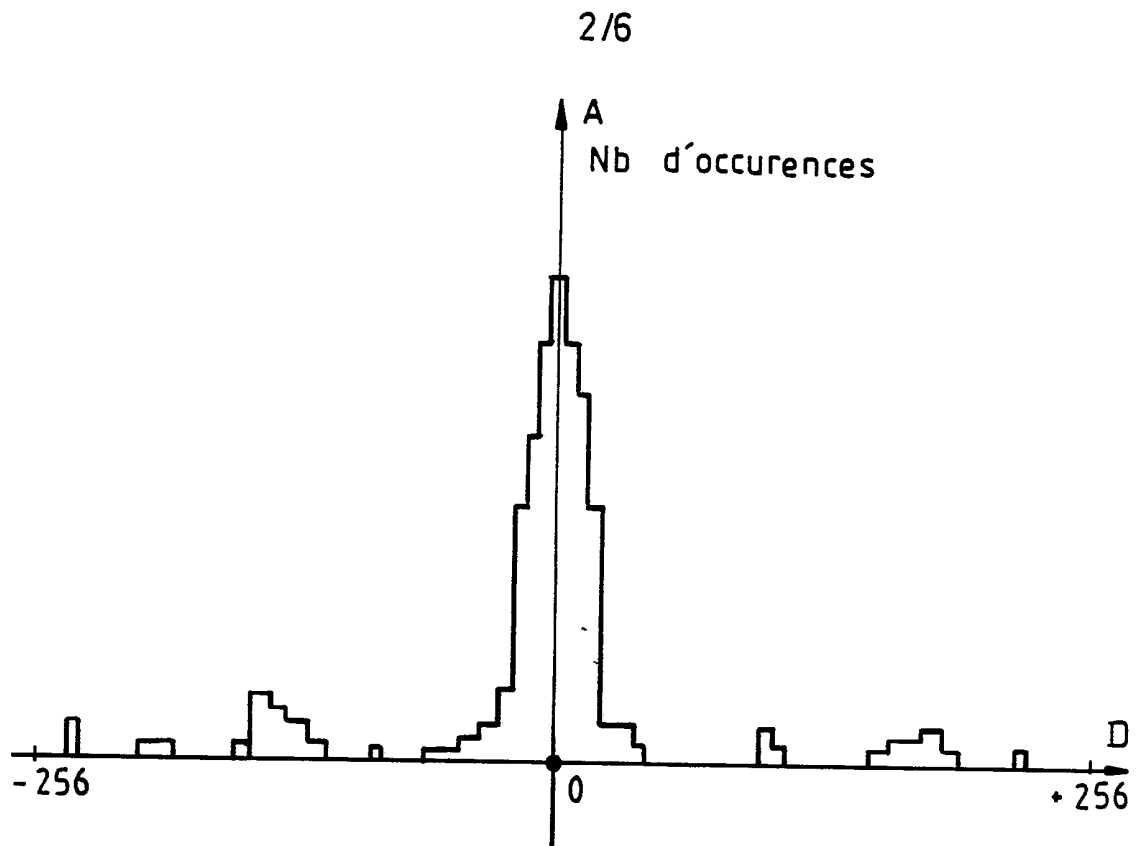


FIG. 2

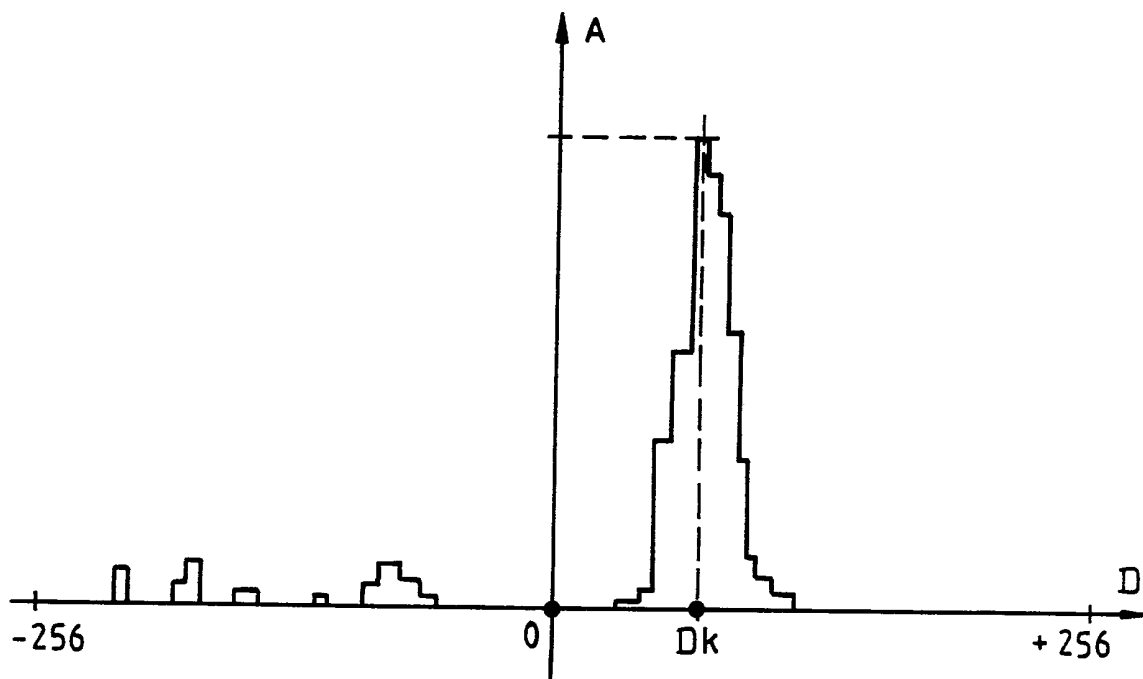


FIG. 3

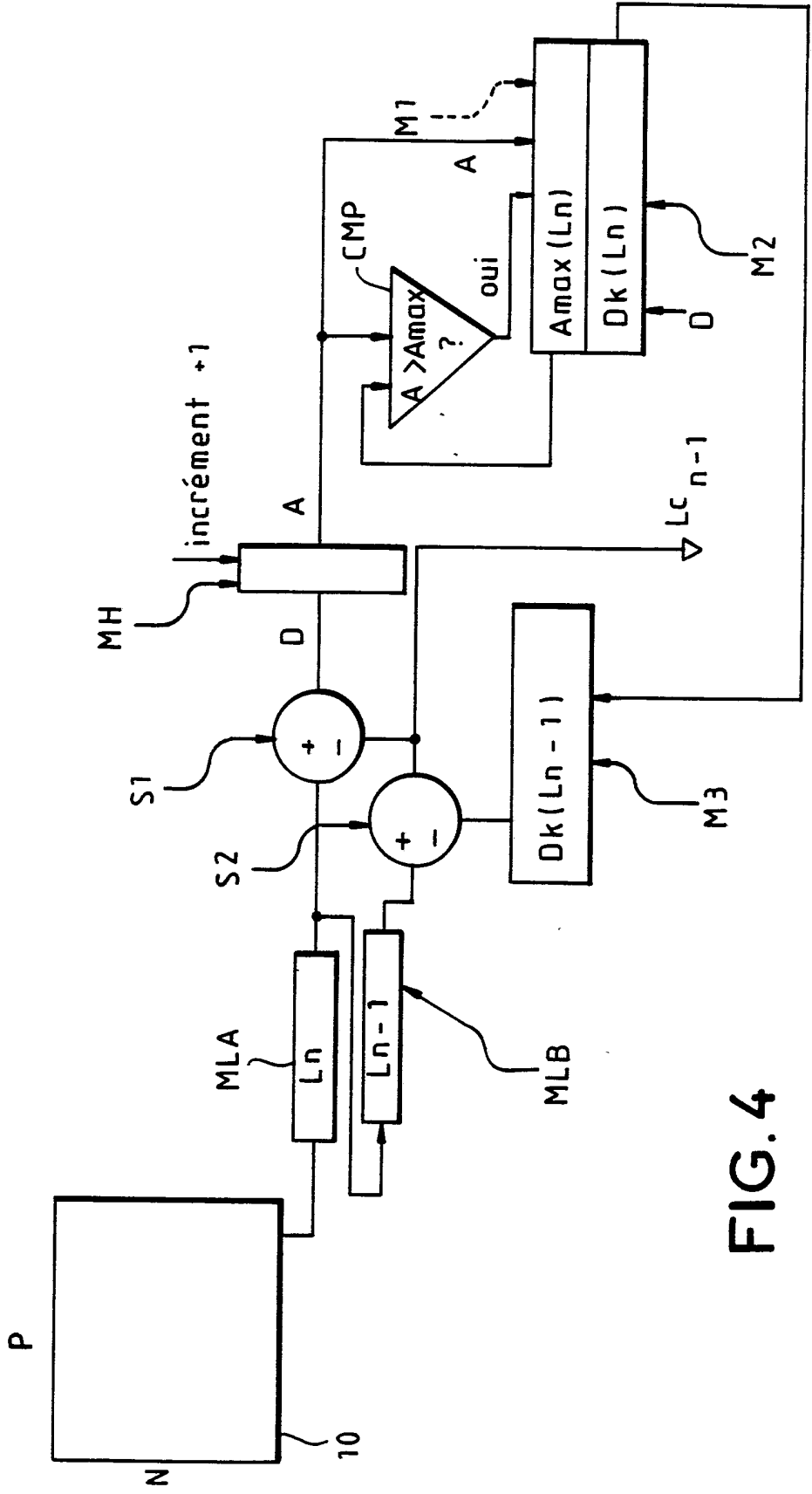


FIG. 4

4/6

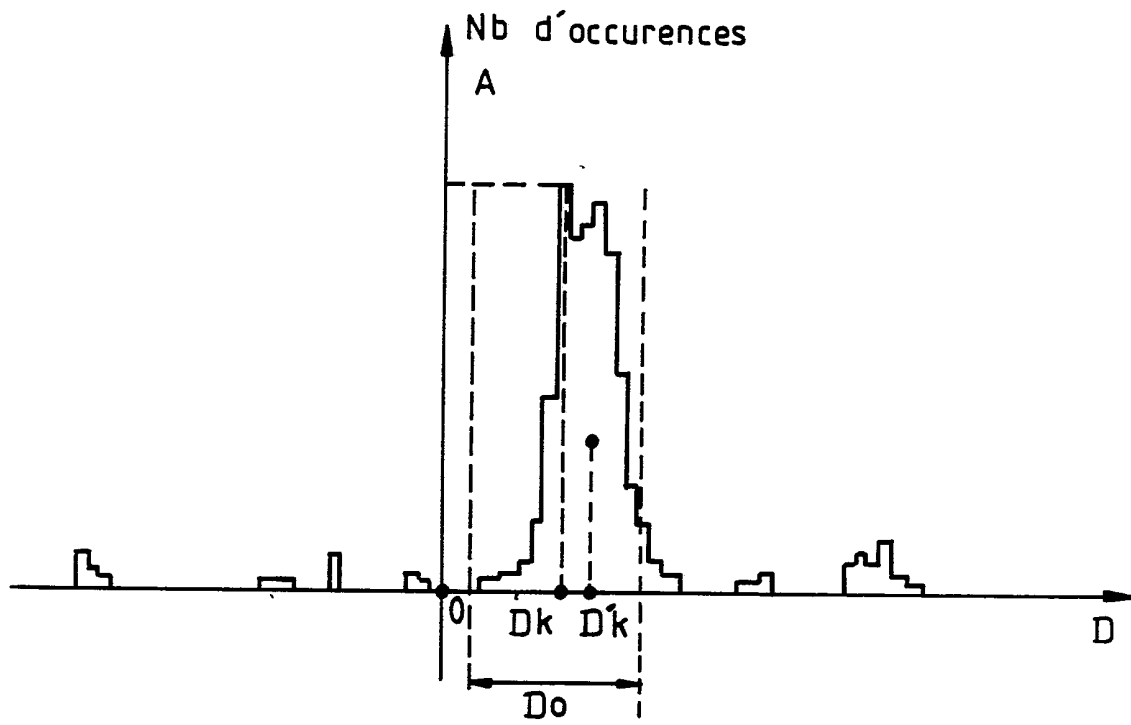


FIG. 5

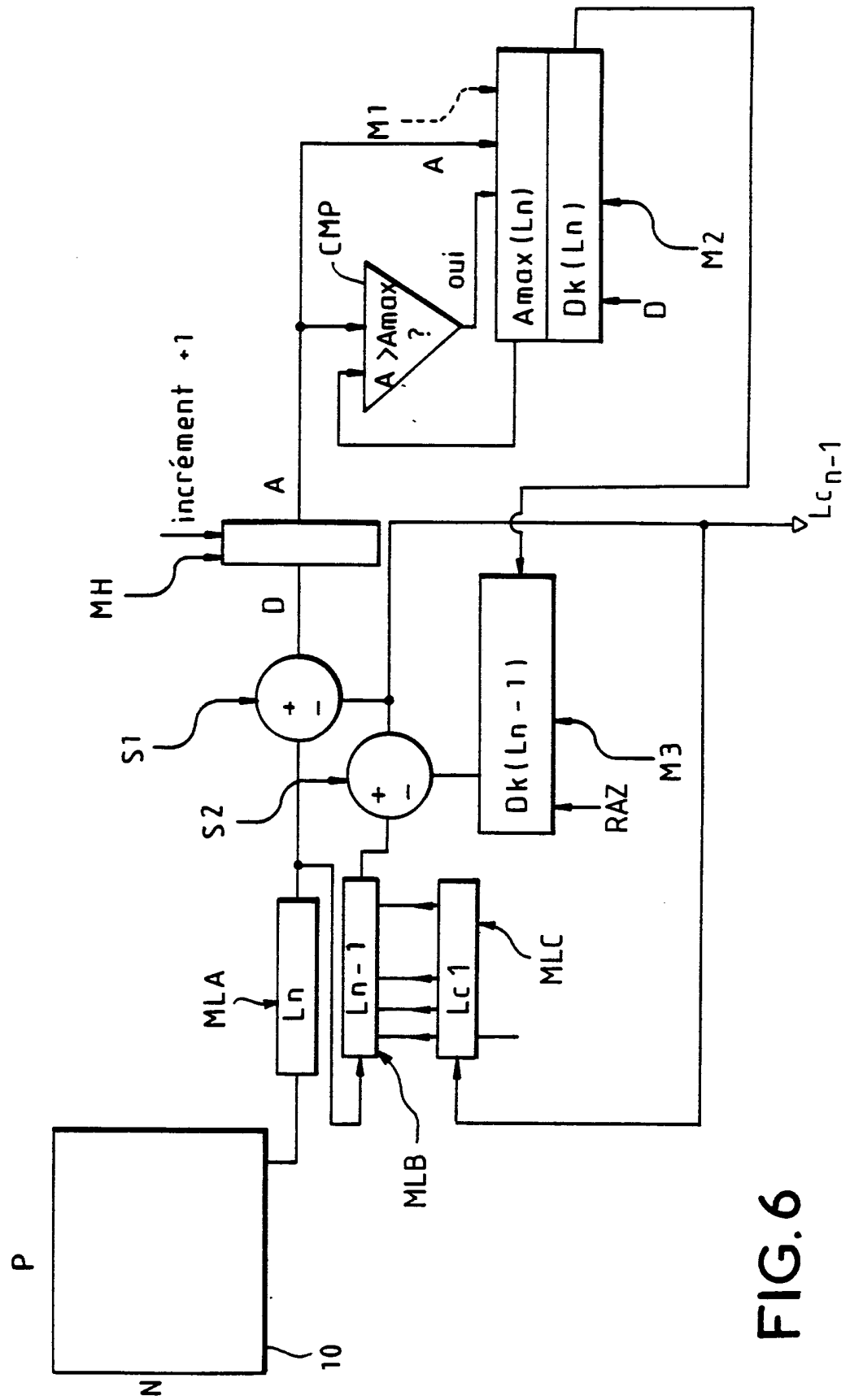


FIG. 6

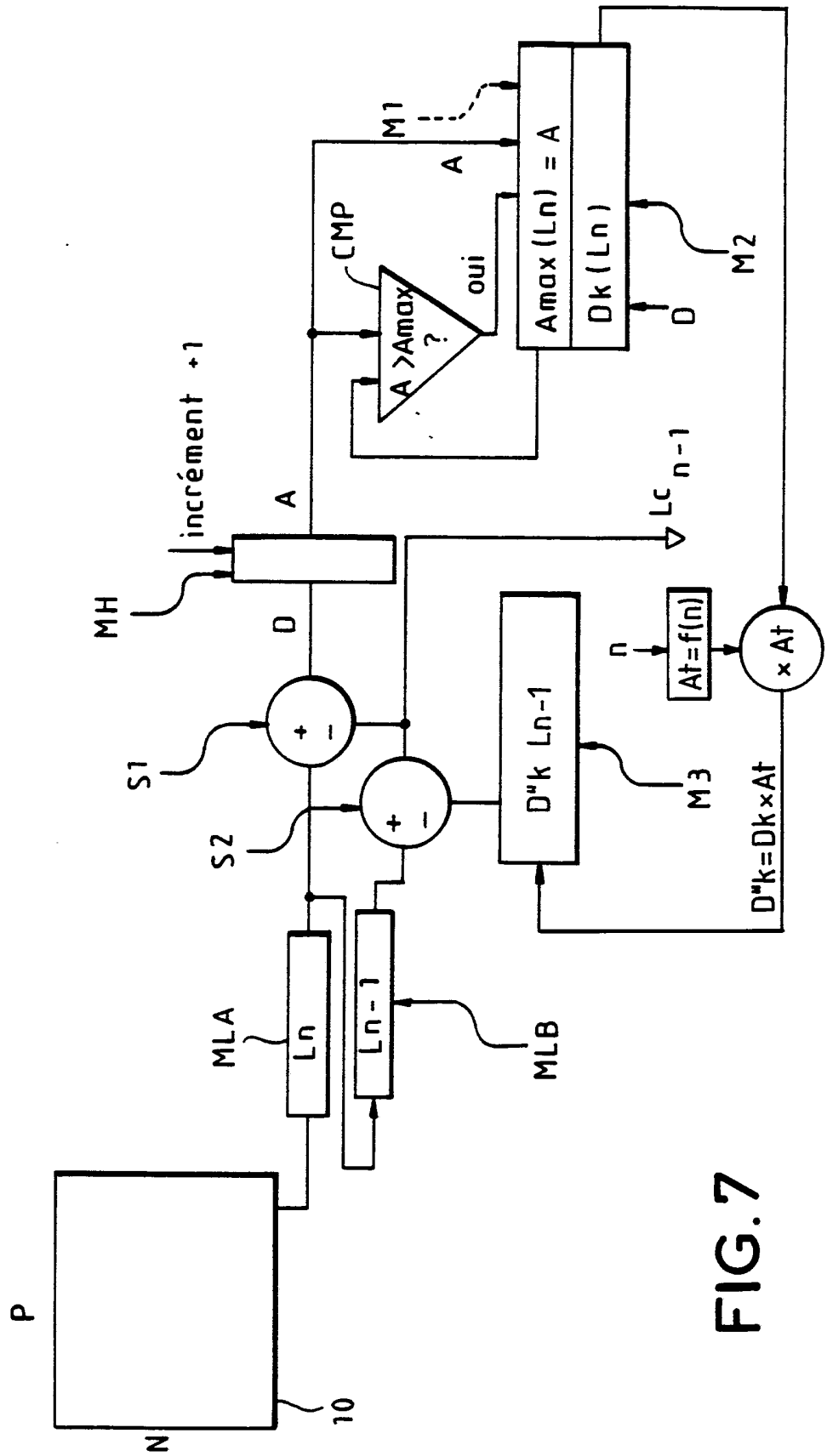


FIG. 7

INSTITUT NATIONAL
de la
PROPRIETE INDUSTRIELLE

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

N° d'enregistrement
national

FR 9200476
FA 468974

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
X	US-A-4 713 694 (ZWIRN) * colonne 3, ligne 19 - colonne 5, ligne 19 * * colonne 5, ligne 53 - colonne 6, ligne 60 * * colonne 7, ligne 4 - ligne 33 *	1-4, 6, 13
A	---	5, 14, 17
X	US-A-4 214 271 (JONES ET AL.) * colonne 2, ligne 45 - colonne 3, ligne 17 * * colonne 3, ligne 57 - colonne 4, ligne 42 * * colonne 4, ligne 50 - colonne 6, ligne 41 *	1-4, 6
A	---	13, 17
A	EP-A-0 393 763 (TELECOMMUNICATIONS RADIOELECTRIQUES ET TELEPHONIQUES T.R.T.) * colonne 4, ligne 20 - ligne 50 * * colonne 5, ligne 14 - ligne 39 * * colonne 6, ligne 34 - ligne 55 * * colonne 7, ligne 34 - colonne 8, ligne 18 * * colonne 8, ligne 30 - ligne 48 *	1-7, 10, 13, 15, 17
A	DE-A-3 533 922 (OLYMPUS OPTICAL CO. TTD.) * abrégé; figure 14 * -----	12, 19
		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.5)
		H04N5
Date d'achèvement de la recherche		Examineur
17 SEPTEMBRE 1992		DUHR R. H. J. E.

3

EPO FORM 1503 03.92 (P0413)

CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES

X : particulièrement pertinent à lui seul
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un
autre document de la même catégorie
A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication
ou arrière-plan technologique général
O : divulgation non-écrite
P : document intercalaire

T : théorie ou principe à la base de l'invention
E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure
à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date
de dépôt ou qu'à une date postérieure.
D : cité dans la demande
L : cité pour d'autres raisons
.....
& : membre de la même famille, document correspondant