

DESCRIPTION

TITRE DE L'INVENTION : ECRAN AUTOSTEREOSCOPIQUE, DIT DE QUALITE PHOTOGRAPHIQUE

5 1. Domaine technique de l'invention

L'invention concerne un écran autostéréoscopique et un procédé d'affichage d'une image autostéréoscopique sur un tel écran autostéréoscopique.

2. Arrière-plan technologique

10 L'autostéréoscopie est une technique permettant l'affichage d'images en relief sans exiger le port de lunettes spéciales de la part de l'observateur. Cette technique est connue en elle-même, en particulier des documents de brevets WO2006/024764, WO2014/041504, WO2013/140363, WO2014/016768, WO2019/063897, WO2019/207235, WO2022/175053 au nom du demandeur.

15 D'une manière générale, une image autostéréoscopique est constituée d'une pluralité de bandes d'images élémentaires imbriquées, correspondant chacune à des vues d'un même objet ou d'une même scène selon des points de vue différents. Un dispositif sélecteur, typiquement constitué par un réseau de lentilles cylindriques ou une barrière de parallaxe, est disposé devant l'écran d'affichage de manière à permettre la projection d'un couple d'images élémentaires correspondant à deux
20 points de vue différents de la scène, respectivement vers les deux yeux de l'observateur, ce qui crée une impression de relief dans le cerveau de l'observateur.

25 Le demandeur a déjà proposé un écran autostéréoscopique d'affichage d'une image à N points de vue comprenant une matrice de pixels agencés par lignes et par colonnes, chaque pixel étant composé d'une pluralité de sous-pixels de couleurs différentes. L'écran est en outre surmonté d'un réseau de lentilles cylindriques identiques présentant chacune une focale configurée pour pouvoir renvoyer à l'infini les rayons lumineux qui proviennent de l'écran. Le pas du réseau de lentilles cylindriques est précisément calculé de telle sorte que l'observateur voit, à une distance prédéterminée de l'écran, les images se succéder grâce à un effet

loupe du réseau de lentilles.

Cet effet loupe résulte du fait qu'une lentille placée à la bonne distance (sa focale) grossit le(s) sous-pixel(s) qui se trouve(nt) dans l'alignement de son axe optique et de la pupille de l'œil de l'observateur. Si la lentille grossit N fois, le(s) sous-pixel(s) vu(s) à travers la lentille est(sont) perçu(s) N fois plus large qu'il(s) n'est(sont) en réalité et masque pour l'œil qui en reçoit la lumière à travers cette lentille les N-1 autres sous-pixels qui ne sont pas dans l'alignement décrit précédemment.

Le principe même du réseau lenticulaire ne permet pas d'offrir au spectateur une parallaxe continue de la scène représentée sur un angle de 180°. L'angle d'observation est de ce fait subdivisé en bandes appelées « lobes », au sein desquels la parallaxe est en revanche discrétisée. Dans chaque lobe, on peut percevoir successivement les N points de vue. Lorsque l'on quitte un lobe, on retrouve la succession des N points de vue identiques dans le lobe suivant, et ainsi de suite sur toute la largeur de la zone d'observation de l'écran. La largeur angulaire des lobes est définie à la fois par le pas du réseau lenticulaire (son pitch) et par sa focale.

Les écrans autostéréoscopiques nécessitent de subdiviser les lobes en sous-parties discrètes, parfaitement discernable, dont la largeur individuelle dans le lobe ne peut pas excéder l'écart inter-pupillaire moyen, qui est de 6,5cm.

Aussi, l'une des clefs de la performance des écrans autostéréoscopiques actuellement proposés par le déposant est la maîtrise du pouvoir séparateur des composants optiques qui sont développés spécifiquement pour chaque dalle de pixels.

Pour des photographies autostéréoscopiques imprimées (et non des écrans autostéréoscopiques), il est possible d'inscrire un maximum de points d'impression ou de dots, jointifs mais bien différenciés les uns des autres, sur des supports offrant une bonne stabilité dimensionnelle. Grâce aux techniques d'impression actuellement mises en œuvre, le déposant parvient à imprimer 100 points par millimètre et même parfois plus, ce qui revient à visualiser des points de 10 microns ou moins.

Lorsque le spectateur se déplace devant une telle photo, il voit les différents

éléments de la scène bouger les uns par rapports aux autres, de manière continue et parfaitement conforme au volume physique d'origine, tel qu'il serait perçu s'il était vu à la même distance. Les deux yeux voient deux points-de-vue différents de la scène simultanément, ce qui permet au cerveau de reconstituer une sensation de relief parfaitement naturelle.

Il est a priori impossible de retrouver la qualité des photographies autostéréoscopiques avec des écrans dans la mesure où ces derniers sont constitués d'une matrice de pixels plus ou moins résolue, composée de lignes et de colonnes orthogonalement alignées et séparées les unes des autres par un masque noir composé de lignes et de colonnes opaques plus ou moins épaisses selon les dalles et qui forment un quadrillage autour des zones actives des pixels. Le rapport de surface entre le masque noir et les sous-pixels actifs colorés impacte la luminosité et le contraste de l'écran, mais aussi bien son pouvoir séparateur en autostéréoscopie.

Dans tout le texte, on considère que l'écran autostéréoscopique présente une qualité photographique lorsqu'il permet d'éliminer les sauts discrets lors du passage d'un couple stéréoscopique à un autre, dans les parties de l'image où la disparité est la plus importante.

En d'autres termes, on entend par « qualité photographique », une continuité du relief au sein du lobe, qui semble a priori non accessible à un écran autostéréoscopique sauf à l'équiper d'un système de tracking.

Outre la problématique du pouvoir séparateur, se pose aussi celle des moirés. En effet, le réseau lenticulaire grossit aussi bien les zones actives de la dalle de pixels que le masque noir qui les entoure. Il en résulte que certaines sous-parties du lobe d'observation peuvent sembler plus sombres ou plus lumineuses que d'autres. Ces variations de luminosité sont généralement perceptibles à la transition entre deux points-de-vue voisins. L'effet de moiré d'intensité lumineuse varie selon la structure particulière de la dalle et l'orientation de l'écran.

Les inventeurs ont cherché à surmonter le préjugé technique de la personne du métier selon lequel il serait a priori impossible de retrouver la qualité d'une image autostéréoscopique photographique (caractérisée par une continuité du relief

au sein du lobe) avec un écran équipé d'une dalle de pixels.

3. Objectifs de l'invention

L'invention vise à fournir un écran autostéréoscopique dit de qualité photographique.

5 En particulier, l'invention vise à fournir un écran autostéréoscopique qui permet d'obtenir un continuum de la parallaxe, sans discrétisation perceptible des points de vue.

Ainsi, l'invention vise à fournir, dans au moins un mode de réalisation, un écran qui offre une sensation de parallaxe continue dans chaque lobe.

10 L'invention vise aussi à fournir un écran autostéréoscopique sans moiré notable, ni fantôme.

L'invention vise aussi à fournir un écran dit de qualité photographique, quelle que soit la structure des sous-pixels de la dalle de pixels qui équipe l'écran (sous-pixels verticaux ou horizontaux).

15 L'invention vise enfin à fournir un procédé d'affichage d'une image autostéréoscopique sur un écran selon l'invention.

4. Exposé de l'invention

Pour ce faire, l'invention concerne un écran d'affichage autostéréoscopique, dit de qualité photographique, d'une image autostéréoscopique à $M \times N$ points de
20 vue ordonnés de 1 à $M \times N$, N étant un entier impair et M étant un entier choisi parmi 1, 2, 3 et 6.

L'écran selon l'invention comprend une dalle de pixels agencés par lignes et par colonnes, chaque pixel étant composé d'une pluralité de P sous-pixels actifs de couleurs différentes et de zones inactives opaques formant une portion
25 d'interlignes et/ou d'intercolonnes noires de ladite dalle.

L'écran selon l'invention est caractérisé en ce qu'il comprend en outre un réseau ordonné de lentilles cylindriques monté sur ladite dalle de pixels, chaque lentille étant inclinée par rapport aux colonnes de l'écran d'un angle égal à $\arctan(1/12)$.

30 En outre, ledit réseau présente un pas de $N/2$ pixels de large et permet de

différencier les lentilles paires et impaires dudit réseau ordonné par des répartitions distinctes des zones actives de pixels et des zones noires de la dalle agencée sous chaque lentille paire et impaire.

Le réseau permet en outre de décoder chacun des $M \times N$ points-de-vue
5 répartis au sein de N blocs verticaux de 6 pixels de hauteur issus de M points-de-vue ($6/M$ pixels par point-de-vue), avec une itération périodique de chaque bloc dans l'axe d'une lentille toutes les 12 lignes si les sous-pixels de la dalle sont horizontaux, et répartis au sein de $P \times N$ blocs verticaux de $6/P$ sous-pixels de hauteur, issus de M/P points-de-vue ($6/M$ sous-pixels par point-de-vue), avec une
10 itération périodique de chaque bloc dans l'axe d'une lentille, toutes les $12/P$ lignes si les sous-pixels de la dalle sont verticaux.

En d'autres termes, l'écran présente la particularité de permettre de coder sur la dalle s'étendant sous les lentilles chacun des $M \times N$ points-de-vue avec $6/M$ pixels verticaux différents au sein de N blocs verticaux de 6 pixels de hauteur qui
15 se répètent, sous chaque lentille, toutes les 12 lignes si les sous-pixels de la dalle sont horizontaux, et avec $6/M$ sous-pixels verticaux différents au sein de $P \times N$ blocs verticaux de $6/P$ sous-pixels de hauteur qui se répètent, sous chaque lentille, toutes les $12/P$ lignes si les sous-pixels de la dalle sont verticaux.

Le réseau est configuré pour décoder par effet loupe chacun des $M \times N$
20 points-de-vue codés suivant le principe exposé ci-dessus.

L'écran selon l'invention présente aussi la particularité d'être équipé d'un réseau de lentilles cylindriques inclinés chacun par rapport aux colonnes de l'écran d'un angle égal à $\arctan(1/12)$, c'est-à-dire d'un angle de l'ordre de $4,76^\circ$. La fonction « $\arctan$ » désigne l'arc tangente. L'arc tangente d'un nombre réel est
25 la valeur d'un angle orienté dont la tangente vaut ce nombre.

L'écran présente également la particularité de disposer d'un réseau lenticulaire configuré pour permettre de distribuer sous chaque lentille, les points-de-vue sur 12 lignes consécutives si le sous-pixels sont horizontaux et $12/P$ lignes consécutives si les sous-pixels sont verticaux.

30 Dans toute la suite et pour simplifier la terminologie, on désigne par « mode horizontal » ou « version horizontale » de l'écran, l'écran formé de sous-pixels

horizontaux et par « mode vertical » ou « version verticale » de l'écran, l'écran formé de sous-pixels verticaux, étant entendu que cela ne présage pas de l'orientation portrait ou paysage de l'écran. Le mode horizontal et le mode vertical ne caractérisent que l'orientation des sous-pixels et non l'orientation portrait ou

5 paysage de l'écran.

Dans toute la suite et, sauf mentions contraires, pour simplifier la terminologie, on désigne par pixel, les zones actives du pixel qui permettent d'adresser du contenu et par espace noir, les zones inactives opaques des pixels qui forment les interlignes et/ou les intercolonnes de l'écran.

10 En mode horizontal, avec une pente de 4.76° , chaque lentille du réseau lenticulaire traverse un ensemble de blocs verticaux élémentaires de 6 pixels, puis un espace noir, avant de rencontrer un nouvel ensemble de blocs élémentaires de 6 pixels. Il convient de noter que toutes les matrices de pixels présentent une zone opaque noire entre chaque ligne de pixels actif, mais cette ligne, partie constitutive

15 du pixel permet, selon son pourcentage dans le pixel, de bénéficier d'un bon pouvoir séparateur.

N étant un entier impair, le réseau ordonné de l'écran présente un pas $N/2$ non entier, ce qui permet de différencier les lentilles paires des lentilles impaires en y opposant au moins partiellement la distribution des zones lumineuses (zones

20 actives des pixels) de la distribution des zones noires (zones opaques des pixels) de l'écran. En d'autres termes, si l'on numérote les lentilles du réseau ordonné, de la gauche de l'écran vers la droite de l'écran, la dalle de pixels sous les lentilles paires présente la même répartition des zones de pixels actifs et des zones noires de l'écran, et la dalle de pixels sous les lentilles impaires de l'écran présente la même

25 répartition des zones de pixels actifs et des zones noires de l'écran, la répartition des lentilles paires étant distincte de la répartition des lentilles impaires de l'écran. Si l'on superposait la portion de la dalle de pixels sous une lentille paire avec la portion de dalle de pixels sous une lentille impaire, on constaterait donc qu'au

30 moins une partie des zones sombres de la dalle sous la lentille paire est en regard d'au moins une partie des zones actives de la dalle sous la lentille impaire et au moins une portion des zones actives de la dalle sous la lentille paire est en regard

d'au moins une portion des zones sombres de la dalle sous la lentille impaire.

Pour un réseau à $11 \times M$ points-de-vue (N est égal à 11), les lentilles présentent un pas de 5,5 pixels de large (dans la définition non simplifiée du pixel). Pour un réseau à $7 \times M$ points-de-vue (N est égal à 7), les lentilles présentent un pas de 3,5 pixels de large.

Le réseau de l'écran selon l'invention permet de décoder par effet loupe chacun des $M \times N$ points-de-vue répartis au sein de N blocs verticaux de 6 pixels de hauteur issus de M points-de-vue ($6/M$ pixels par point-de-vue), avec une itération périodique de chaque bloc dans l'axe d'une lentille toutes les 12 lignes si les sous-pixels de la dalle sont horizontaux, et répartis au sein de $P \times N$ blocs verticaux de $6/P$ sous-pixels de hauteur, issus de M/P points-de-vue ($6/M$ sous-pixels par point-de-vue), avec une itération périodique de chaque bloc dans l'axe d'une lentille, toutes les $12/P$ lignes si les sous-pixels de la dalle sont verticaux.

Dans la version horizontale, l'avantage de disposer de blocs verticaux (aussi désignés par la terminologie de blocs élémentaires) de 6 pixels est d'offrir l'alternative d'attribuer à chacun de ces pixels le même point-de-vue ou bien des points-de-vue différents.

Lorsque la scène représentée est peu profonde, cela pose peu de problème d'afficher le même point-de-vue, dit point-de-vue principal, sur les 6 pixels consécutifs d'un bloc élémentaire.

En revanche, la qualité perçue se dégrade lorsque la disparité est plus importante. La focalisation parfaite des réseaux entraîne alors une perception nette de la discrétisation des contenus en grande profondeur ou en fort jaillissement et cela nuit à l'expérience photographique (parallaxe continue) visée. Lorsque la translation horizontale d'un détail contrasté dans l'image excède 2 ou 3 lentilles lors d'un changement de point-de-vue, la discrétisation est excessive et il devient alors indispensable d'augmenter le nombre de points-de-vue. Bien que cela se fasse au détriment de la résolution initiale des points-de-vue principaux affichés, l'amélioration de la qualité perçue est manifeste.

Si l'on affecte à chacun des 6 pixels de chaque bloc élémentaire un point-

de-vue légèrement différent, la discrétisation disparaît dans les scènes à forte disparité.

L'écran selon l'invention permet ainsi d'afficher des points-de-vue, dits points-de-vues intermédiaires, entre les N points-de-vue principaux de l'image à afficher. Ces points-de-vue intermédiaires sont légèrement décalés entre chaque point-de-vue principal pour les distribuer au sein de chaque bloc élémentaire. Le continuum entre les points-de-vue principaux successifs crée un effet de profondeur de champ photographique dans les arrières plans lointains et les avants plans en fort jaillissement au lieu d'une discrétisation ostensible.

En d'autres termes, l'écran selon l'invention est remarquable en ce qu'il permet d'utiliser des groupes de 6 pixels de haut par pixel principal (dont il fait partie) pour coder des points-de-vue légèrement différents pour remplir par un continuum la succession discrète des points-de-vue principaux pour se rapprocher de la qualité des images photographiques autostéréoscopiques.

Grâce à cette approche nouvelle, que nous désignons dans tout le texte par « l'effet tuilage », l'objectif visé de retrouver sur un écran la continuité de la parallaxe d'images photographiques imprimées est atteint.

En particulier, dans une image en relief, la disparité entre points-de-vue s'accroît à mesure que l'on s'éloigne du plan de l'écran (aussi dit plan de collimation). Le chevauchement entre points-de-vue mitoyens, désigné en langue anglaise par le terme de « crosstalk », est identique sur tout l'écran et il affecte l'ensemble de l'image affichée mais il ne se révèle que dans les parties de l'image où la disparité entre points-de-vue est importante.

Les inventeurs ont notamment réalisé que le flou photographique, c'est potentiellement de l'information associée à du relief, mais aussi la matérialisation de la profondeur de champ. Les inventeurs ont donc cherché, contrairement au préjugé du domaine technique, à ce que la profondeur ou le jaillissement dans une image se matérialise par un fondu progressif et non par une discrétisation entre points-de-vue. L'impression globale visée est celle d'une image profonde et continue, dans laquelle le fondu entre points-de-vue s'accroît à mesure que les objets s'éloignent du plan de collimation, assimilé comme plan de mise au point.

La discrétisation entre points-de-vue se matérialise lorsque des détails identifiables dans l'image se répètent à plusieurs reprises. Lorsque la disparité dans une scène est importante et le nombre de points-de-vue insuffisant pour la répartir harmonieusement entre chacun, il est fréquent que des objets contrastés éloignés du plan de collimation soient dégradés par la perception de fantômes.

A contrario, les détails profonds de plusieurs points-de-vue peuvent se chevaucher simultanément, avec une atténuation de l'intensité et du contraste de la redondance perçue à mesure que l'on s'éloigne du point-de-vue central, ainsi, il se reforme visuellement un seul objet même si son image demeure un peu floue.

L'écran selon l'invention offre la possibilité d'adapter le nombre de points-de-vue affichés (en modifiant la valeur de M) selon la disparité dans l'image, en profondeur comme en jaillissement, avec pour arbitre les fantômes des détails aux limites du volume. Ce nouvel écran offre au spectateur une parallaxe continue au sein du lobe, sans discrétisation apparente, mais avec à la place un floutage progressif des détails à mesure que l'on atteint les limites du volume.

Cette approche va à l'encontre des écrans proposés jusqu'à présent où la recherche d'une parfaite discrétisation des points-de-vue était visée et considérée comme la voie à suivre pour offrir un écran de bonne qualité.

Avantageusement et selon l'invention, chaque pixel de ladite dalle de pixels est composé d'une pluralité de P sous-pixels horizontaux de couleurs différentes juxtaposés les uns sur les autres dans le sens des colonnes, de manière à pouvoir coder chacun des $M \times N$ points-de-vue avec $6/M$ pixels verticaux différents, qui se répètent, sous chaque lentille, toutes les 12 lignes, M étant égal à 1, 2, 3 ou 6.

En d'autres termes, l'écran selon l'invention permet, dans la version horizontale, d'afficher au choix :

- N points-de-vue principaux, codés chacun avec 6 pixels verticaux différents et jointifs (cas où M est égal à 1),
- $2 \times N$ points-de-vue codés chacun avec 3 pixels verticaux différents (cas où M est égal à 2),
- $3 \times N$ points-de-vue codés chacun avec 2 pixels verticaux distincts (cas

où M est égal à 3),

- 6xN points-de-vue codés chacun avec un seul pixel (cas où M est égal à 6).

5 Avantageusement et selon l'invention, chaque pixel de ladite dalle de pixels est composé d'une pluralité de P sous-pixels verticaux de couleurs différentes juxtaposés les uns à côté des autres dans le sens des lignes de manière à pouvoir coder chacun des MxN points-de-vue avec 6/M sous-pixels verticaux différents, qui se répètent, sous chaque lentille, toutes les 12/P lignes, M étant égal à 3 ou 6.

10 En d'autres termes, l'écran selon l'invention permet, dans la version verticale, d'afficher au choix :

- 3xN points-de-vue codés chacun avec 2 sous-pixels verticaux distincts (cas où M est égal à 3),
- 6xN points-de-vue codés chacun avec un seul sous-pixel (cas où M est

15 égal à 6).

 En outre, l'écran selon l'invention dispose de lobes plus étroits que les écrans précédemment proposés par le déposant. Pour ce faire, les composants optiques présentent des focales relativement longues afin de resserrer le lobe autant que possible sans dégrader le confort de positionnement du spectateur. Cela permet

20 d'augmenter le pouvoir de résolution et de continuité angulaire. Des lobes plus étroits multiplient les zones de transition mais ils divisent également l'espace d'observation devant l'écran en bandes moins larges, où plusieurs spectateurs peuvent se placer simultanément et très confortablement, à différentes distances.

 L'invention va ainsi à l'encontre d'un préjugé de la personne du métier qui

25 considère qu'une largeur de lobe plus importante est indissociable de la qualité d'un écran autostéréoscopique. Contrairement à ce que l'on pouvait penser, la qualité d'image perçue lorsque les 6 pixels d'un bloc élémentaire appartiennent à un même point-de-vue de haute résolution est comparable à celle que l'on obtient lorsque l'on

 « tuile » dans ce bloc élémentaire des points-de-vue intermédiaires de moindre

30 résolution au lieu d'étaler le point-de-vue principal. Autrement dit, un affichage à très grand pouvoir séparateur théorique ne s'avère pas meilleur qu'un affichage

présentant un chevauchement partiel de points-de-vue intermédiaires par effet de « tuilage ». En revanche, au lieu que les détails profonds ne discrétisent quand le pouvoir séparateur est optimisé, ils s'étalent à la façon d'un effet de profondeur de champ en un flou d'apparence circulaire. Les points de vue intermédiaires s'étalent
5 horizontalement et verticalement à la fois ce qui permet cette amélioration quasi isotrope de l'image résultante.

Les humains sont accoutumés aux flous de profondeur de champ et il est physiologiquement inévitable de percevoir du flou dans les plans les plus reculés d'une image relief. Le cerveau admet sans difficulté que le flou résulte de
10 l'éloignement de ces plans et cela n'altère pas le sentiment de netteté globale que nous percevons par ailleurs dans l'image.

Selon une variante de l'invention, l'écran présente la particularité d'être équipé d'une dalle de pixels, qui lorsqu'il est orienté en mode horizontal
15 (respectivement en mode vertical), présente des colonnes (respectivement des lignes) séparées les unes des autres par des intercolonnes noires (respectivement des interlignes noires) dont la largeur (respectivement la hauteur) avoisine celle des zones actives des pixels de la dalle. Ces surfaces noires forment un masque noir dont la surface avoisine la surface active de l'écran. Cela permet de disposer
20 d'excellents niveaux de contraste.

En outre, selon cette variante et dans le cas des sous-pixels horizontaux, les zones actives et sombres des portions de la dalle agencées sous les lentilles paires et impaires sont opposées les unes aux autres. En d'autres termes, les zones actives sous les lentilles paires correspondent aux zones sombres sous les lentilles impaires
25 et les zones sombres sous les lentilles impaires correspondent aux zones sombres sous les lentilles impaires.

Avantageusement et selon l'invention, N est égal à 7 ou 11.

Les inventeurs ont déterminé que des réseaux lenticulaires plus fins, qui
30 permettent de n'afficher que 7 ou 11 points de vue principaux, permettent de marginaliser davantage encore l'effet de structure. Cela étant, rien n'empêche bien

sûr d'utiliser un nombre différent de points-de-vue.

Avantageusement et selon l'invention, P est égal à 3.

Selon cette variante, chaque pixel de la matrice de pixels est composé,
5 lorsque ledit écran est orienté dans le mode horizontal, de trois sous-pixels
horizontaux de couleurs différentes juxtaposés les uns sur les autres dans le sens
des colonnes et lesdites colonnes sont séparées les unes des autres par un espace
inter-colonne noir. Bien entendu, lorsque cet écran est orienté dans un mode
vertical, chaque pixel de la matrice est composé de trois sous-pixels verticaux de
10 couleurs différentes juxtaposés les uns à côté des autres dans le sens des lignes et
lesdites lignes sont séparées les unes des autres par un espace interligne noir.

Rien n'empêche néanmoins d'utiliser des dalles de pixels dont chaque pixel
est constitué de quatre sous-pixels. En particulier, il existe des dalles, qui aux trois
couleurs habituelles, le rouge, le vert et le bleu s'ajoute sur un sous-pixel blanc.

15

Avantageusement et selon l'invention, ladite matrice de pixels est une dalle
de pixels 8K.

Une telle dalle de pixels permet d'exploiter les plus hautes résolutions
actuellement disponibles. Une telle dalle est par exemple une dalle 31,5'' (80,01
20 cm) de résolution 7680x4320 pixels, qui orientée en mode portrait présente une
matrice de pixels formés chacun de batônnets RVB horizontaux.

En effet, plus la résolution de l'écran est élevée, plus il est possible d'y
afficher un grand nombre de points de vue simultanément. Il est alors possible soit
d'utiliser ces points-de-vue additionnels pour élargir le lobe en diminuant la focale
25 à pas constant, soit de réduire la largeur occupée par chaque point-de-vue dans le
lobe en lui consacrant une sous partie du lobe plus étroite, afin de se rapprocher
d'un effet photographique.

L'invention concerne aussi un procédé d'affichage autostéréoscopique de
30 qualité photographique d'une image autostéréoscopique à MxN points de vue
ordonnés de 1 à MxN, N étant un entier impair et M étant un entier choisi parmi 1,

2, 3 et 6, caractérisé en ce qu'il comprend :

- la sélection d'un écran d'affichage autostéréoscopique selon l'invention,
- la distribution sous chaque lentille des $M \times N$ points-de-vue répartis au sein de N blocs verticaux de 6 pixels de hauteur issus de M points-de-vue (6/ M pixels par point-de-vue), avec une itération périodique de chaque bloc dans l'axe d'une lentille toutes les 12 lignes si les sous-pixels de la dalle sont horizontaux, et répartis au sein de $P \times N$ blocs verticaux de 6/ P sous-pixels de hauteur, issus de M/P points-de-vue (6/ M sous-pixels par point-de-vue), avec une itération périodique de chaque bloc dans l'axe d'une lentille, toutes les 12/ P lignes si les sous-pixels de la dalle sont verticaux.

En d'autres termes, le procédé d'affichage autostéréoscopique selon l'invention permet la distribution sous chaque lentille des $M \times N$ points-de-vue de l'image au sein de N blocs élémentaires qui se répètent toutes les 12 lignes consécutives si les pixels de l'écran sont formés de sous-pixels horizontaux ou au sein de $N \times P$ blocs élémentaires qui se répètent toutes les 12/ P lignes consécutives si les pixels de l'écran sont formés de sous-pixels verticaux.

Les avantages et effets techniques de l'écran selon l'invention s'appliquent *mutatis mutandis* à un procédé d'affichage selon l'invention.

Avantageusement et selon l'invention, chacun des $M \times N$ points-de-vue de l'image sont codés, pour une dalle formée de sous-pixels horizontaux, avec 6/ M pixels verticaux différents au sein des N blocs élémentaires de 6 pixels de hauteur, M étant égal à 1, 2, 3 ou 6.

Avantageusement et selon l'invention, chacun des $M \times N$ points-de-vue de l'image sont codés, pour une dalle formée de sous-pixels verticaux, avec 6/ M sous-pixels verticaux différents au sein de $P \times N$ blocs élémentaires de 6/ P sous-pixels de hauteur, M étant égal à 3 ou 6.

Lorsque l'écran selon l'invention est orienté en mode sous-pixels verticaux, les pixels se retrouvent dans une configuration selon laquelle les sous-pixels s'étendent verticalement et sont P fois plus hauts que larges. Dans le cas où chaque pixel est formé de trois sous-pixels RVB (cas où P est égal à 3), chaque pixel carré
5 est formé de trois sous-pixels verticaux juxtaposés horizontalement.

L'adressage du contenu ne se fait plus au pixel comme pour l'écran selon la variante horizontale, mais au sous-pixel. La répartition des points-de-vue (aussi désignée par le terme « mix ») peut alors se faire sur un ensemble de 4 lignes consécutives (12/3) au lieu de 12. A nombre de points-de-vue équivalent, les points-
10 de-vue s'étalent alors horizontalement dans des proportions trois fois supérieures au mix de la version horizontale.

Chaque point-de-vue est encodé sur au moins deux lignes, ce qui offre ici encore la possibilité soit d'utiliser moins de points-de-vue de plus haute résolution, soit de « tuiler » des points-de-vue intermédiaires en fonction de la profondeur du
15 relief dans la scène.

Dans la version sous-pixels verticaux, le sous-pixel d'un même point-de-vue sous la lentille adjacente se trouve 4 lignes plus bas et sur la couleur suivante. Dans le cas où N est égal à 11, on obtient ainsi deux possibilités d'encodage : 33 points-de-vue codés chacun avec 2 sous-pixels verticaux différents (cas où M est
20 égale à 3) ou 66 points-de-vue codés chacun avec un seul sous-pixel (cas où M est égale à 6).

Quelle que soit la version de l'écran (horizontale ou verticale), le procédé selon l'invention permet d'adapter le nombre de points-de-vue affichés selon la
25 disparité dans l'image, en profondeur comme en jaillissement, avec pour arbitre les fantômes des détails aux limites du volume.

On peut soit utiliser moins de points-de-vue de plus haute résolution, soit « tuiler » des points-de-vue intermédiaires en fonction de la profondeur du relief dans la scène.

30 L'invention concerne également un écran d'affichage et un procédé d'affichage caractérisés en combinaison par tout ou partie des caractéristiques

mentionnées ci-dessus ou ci-après.

5. Liste des figures

D'autres buts, caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description suivante donnée à titre uniquement non limitatif et qui se

5 réfère aux figures annexées dans lesquelles :

- [Fig. 1] est une vue schématique d'un écran d'affichage selon un mode de réalisation de l'invention,
- [Fig. 2] est une vue schématique d'un écran d'affichage selon un mode de réalisation de l'invention, à onze points-de-vue principaux,
- 10 – [Fig. 3] est une vue schématique d'un écran d'affichage selon un autre mode de réalisation de l'invention, à sept points-de-vue principaux et orienté en mode portrait,
- [Fig. 4] est une vue schématique d'un écran d'affichage selon un autre mode de réalisation de l'invention, à sept points-de-vue
- 15 – [Fig. 5] est une vue schématique d'un écran d'affichage selon un autre mode de réalisation de l'invention, à quarante-deux points-de-vue et orienté en mode portrait

6. Description détaillée d'un mode de réalisation de l'invention

20 Sur les figures, les échelles et les proportions ne sont pas strictement respectées et ce, à des fins d'illustration et de clarté.

La figure 1 illustre schématiquement un écran 10 d'affichage d'une image autostéréoscopique à 6xN points de vue comprenant une matrice de pixels 20 agencés par lignes et par colonnes. En d'autres termes, dans le mode de réalisation décrit, M est égal à 6.

La matrice de pixels est surmontée d'un réseau de lentilles 30 cylindriques (aussi désigné par la terminologie de « réseau lenticulaire ») inclinées chacune par rapport aux colonnes d'un angle égal à $\arctan(1/12)$, c'est-à-dire d'un angle de 4,76°. Sur la figure 1, l'inclinaison représentée est accentuée uniquement à des fins

30 d'illustration.

Ce réseau de lentilles 30 cylindriques présente un pas de $N/2$ pixels de large, de telle sorte que chaque lentille du réseau s'étende au-dessus d'un bloc vertical de six zones actives de pixels d'une colonne de l'écran, dit bloc élémentaire, puis d'un espace inter-colonne noir et d'un nouveau bloc élémentaire de six zones actives de pixels de la colonne suivante et ainsi de suite jusqu'au bas de l'écran.

Comme indiqué précédemment, chaque pixel est composé d'une pluralité de 3 sous-pixels actifs (P est égal à 3) de couleurs différentes et de zones inactives opaques formant une portion d'interlignes et/ou d'intercolonnes noires de la dalle. Cela étant, on désigne par le terme « pixel » (et par souci de simplification) les zones actives du pixel qui permettent d'adresser du contenu et par les termes « espace noir », les zones inactives opaques des pixels qui forment les interlignes et/ou les intercolonnes de l'écran.

La référence 26 illustre un pixel au sens de l'invention, dans sa version non simplifiée, c'est-à-dire l'ensemble formé de la zone active du pixel et de la zone noire qui entoure cette zone active de pixel.

Le réseau lenticulaire est par exemple un réseau fabriqué suivant le procédé décrit dans la demande WO2020/178506 au nom du demandeur.

La figure 2 illustre schématiquement une portion d'une dalle de pixels d'un écran selon un mode de réalisation de l'invention comprenant des sous-pixels horizontaux et sur laquelle on a représenté une lentille 30 du réseau lenticulaire. Cet écran est conçu pour afficher une image à onze points-de-vue principaux (c'est-à-dire que N est égal à 11).

Pour ce faire, la dalle de pixels (ou matrice de pixels) comprend une pluralité de pixels 26 agencés par lignes et par colonnes. Chaque pixel 26 est formé de trois sous-pixels horizontaux de couleurs différentes et correspondant aux composantes R, V, B.

Les colonnes de pixels sont séparées les unes des autres par un espace inter-colonne noir 24 d'une largeur sensiblement égale à la largeur d'une zone active du pixel 26 de l'écran. Sur la figure 2, ces colonnes noires sont représentées en blanc à des fins de clarté.

Chaque lentille 30 du réseau de lentilles cylindriques est inclinée par rapport aux colonnes de l'écran d'un angle égal à $\arctan(1/12)$, c'est-à-dire à $4,76^\circ$.

Le réseau est conçu de telle sorte que son pas soit de 5,5 pixels de large (11/2). Chaque lentille du réseau 30 s'étend au-dessus d'un ensemble de blocs 5 verticaux 22 de six pixels d'une colonne de l'écran, dit bloc élémentaire 22, puis d'un ensemble d'espaces intercolonnes noirs de hauteur équivalente et d'un nouvel ensemble de blocs élémentaires de six pixels de la colonne suivante et ainsi de suite jusqu'au bas de l'écran.

Un tel écran permet d'afficher $11 \times M$ points-de-vue, M étant un entier qui 10 peut prendre comme valeur, 1, 2, 3 ou 6.

Sur la figure 2, on a représenté les onze points-de-vue principaux par des chiffres romains en italique. Ainsi, si l'on prend le bloc élémentaire référencé 22, le point-de-vue principal de ce bloc est le point-de-vue *I*. Le bloc élémentaire 15 suivant de la même colonne encode le point-de-vue *II*.

On constate que sous la lentille 30 représentée, la première ligne de blocs élémentaires encode les points-de-vue impairs (*I*, *3*, *5*, *7*, *9* et *11*) et la 2^{ème} ligne de blocs élémentaires encode les points-de-vue pairs (*2*, *4*, *6*, *8* et *10*).

Les onze points-de-vue principaux sont donc entrelacés, sous la lentille, sur douze lignes consécutives en version horizontale. Si l'écran est conçu en mode 20 vertical, les onze points-de-vue sont alors entrelacés sur quatre lignes consécutives (dans la mesure où on peut alors adresser les sous-pixels et non les pixels entiers).

Comme on l'observe sur la figure 2, pour retrouver le même point-de-vue sous la lentille représentée, il faut se décaler d'une colonne sur la droite et de douze lignes vers le bas. On comprend donc bien que si l'observateur visualise avec un 25 œil le point de vue *I* et s'il se décale légèrement vers la gauche (le déplacement de l'observateur est inverse du décalage horizontal des points-de-vue adressés à l'œil du fait de la présence de la lentille), il verra ensuite le point de vue *2*, puis le point de vue *3*, et ainsi de suite jusqu'au point de vue *11*. Ces onze points-de-vue sont entrelacés sur douze lignes de la dalle de pixels.

30 Pour chaque bloc élémentaire, on peut aussi assigner aux autres pixels de ce bloc élémentaire, des points-de-vue intermédiaires entre ledit point-de-vue

principal du bloc et le point-de-vue principal du bloc suivant (en d'autres termes, on peut afficher une image à $11 \times M$ points-de-vues, avec M choisi parmi 1, 2, 3 et 6).

5 L'axe optique du réseau 30 lenticulaire coupe les pixels traversés avec un angle 4.76° . Cela permet d'aligner successivement chacun des six pixels d'un bloc élémentaire traversés avec des sous parties de l'angle solide occupé par chaque point-de-vue principal.

Un pixel étant formé de trois sous-pixels, chaque bloc élémentaire 22 de six pixels est donc constitué de dix-huit sous-pixels horizontaux empilés. La traversée
10 d'un bloc élémentaire de six pixels est donc en réalité la traversée progressive de ces dix-huit sous-pixels.

Lorsque l'on assigne un point-de-vue distinct à chacun des six pixels d'un bloc élémentaire 22, dix-huit cas de recouvrement partiel interviennent donc en définitive.

15 Les sous-pixels traversés doivent donc être assimilés à des points théoriques, situés au barycentre de la surface considérée.

Lorsque les six pixels d'un bloc élémentaire sont affectés à six points-de-vue différents, les chevauchements sont manifestes et les mélanges inévitables. Pourtant, la qualité ressentie est supérieure à celle obtenue avec des points-de-vue
20 principaux de meilleure résolution.

L'écran selon le mode de réalisation de la figure 2 permet donc, au choix d'exploiter des contenus à 11, 22, 33 ou 66 points-de-vue :

- 11 points-de-vue principaux codés chacun avec six pixels verticaux différents et jointifs (M est égal à 1),
- 25 - 22 points-de-vue codés chacun avec trois pixels verticaux différents (M est égal à 2),
- 33 points-de-vue codés chacun avec deux pixels verticaux différents (M est égal à 3),
- 66 points-de-vue codés chacun avec un seul pixel (M est égal à 6).

30

La figure 3 illustre schématiquement une portion d'une dalle de pixels d'un

écran selon un autre mode de réalisation de l'invention, orienté en mode sous-pixels horizontaux et destinée à afficher sept point-de-vues principaux (N est égal à 7).

La différence par rapport à l'écran de la figure 2 est le réseau lenticulaire qui présente un pas de 3,5 pixels au lieu de 5,5 pixels.

5 Chaque lentille du réseau 30 de lentilles cylindriques est également inclinée chacune par rapport aux colonnes de l'écran d'un angle égal à $\arctan(1/12)$, c'est-à-dire à $4,76^\circ$.

Les sept points-de-vue principaux sont distribués sous chaque lentille sur douze lignes consécutives, suivant le même principe que celui expliqué en lien avec
10 la figure 2.

On observe sur la figure 3 les répartitions différentes des zones actives des zones opaques sous les deux premières lentilles, représentatives des lentilles impaires et des lentilles paires. En particulier, la portion de la dalle de pixel sous le point de vue 1 de la première lentille correspond à une zone opaque sous la
15 deuxième lentille, et la portion opaque adjacente du point de vue 1 sous la première lentille correspondant au point de vue 2 sous la deuxième lentille.

On constate bien que si l'on superposait la portion de la dalle de pixels sous la première lentille (caractéristique d'une lentille impaire) avec la portion de dalle de pixels sous la deuxième lentille (caractéristique d'une lentille paire), les zones
20 actives de la lentille paire correspondent aux zones opaques de la lentille impaire et les zones opaques de la lentille paire correspondent aux zones actives de la lentille impaire.

La figure 5 illustre le même écran que celui de la figure 3, à la différence
25 près qu'on a assigné à chaque pixel de l'écran, un point-de-vue image distinct. L'écran permet donc d'afficher une image à 42 points-de-vue (N est égal à 7 et M est égal à 6).

On observe que dans le premier bloc élémentaire de la première colonne représentée, les points-de-vue 42, 41, 40, 39, 38 et 37 sont assignés aux six pixels
30 du bloc élémentaire. Dans le bloc élémentaire adjacent de la deuxième colonne, les points-de-vue 12, 11, 10, 09, 08 et 07 sont assignés aux six pixels du bloc

élémentaire. Dans le bloc élémentaire suivant de la troisième colonne, les points-de-vue 24, 23, 22, 21, 20 et 19 sont assignés aux six pixels du bloc élémentaire, et ainsi de suite pour les 7 blocs élémentaires agencés sous la première lentille sur les 12 premières lignes de la dalle de pixels. Les 7 blocs élémentaires sont
5 représentés schématiquement par des rectangles en pointillés entourant chacun six pixels consécutifs dans le sens des colonnes.

En d'autres termes, pour chacun des 7 blocs élémentaires, on a assigné un des 42 points-de-vue à l'un des pixels du bloc élémentaire et on a assigné aux autres pixels de ce bloc élémentaire un des 5 points-de-vue suivants dans la série des 42
10 points-de-vue. Pour le premier bloc élémentaire de la première colonne, le point-de-vue 37 peut être considéré comme le point de vue principal et les points-de-vue 38, 39, 40, 41 et 42 peuvent être considérés comme les points-de-vue intermédiaires, formés par les points-de-vue suivant dans la série des 42 points-de-vue.

15 Sous la première lentille représentée, les douze premières lignes de l'écran permettent ainsi d'afficher les 42 points-de-vue de l'image. On observe que le point-de-vue 42 se retrouve sous la première lentille, à la deuxième colonne et à la 13^{ème} ligne. Le point-de-vue 12 de la première ligne et de la deuxième colonne se retrouve sur la troisième colonne à la 13^{ème} ligne, et ainsi de suite pour chacun des
20 points-de-vue. Le même motif est répété pour chaque lentille et sur tout l'écran (non représenté sur la figure à des fins de clarté).

La figure 4 illustre un écran conçu pour afficher au maximum 42 points-de-vue, mais avec une orientation en sous-pixels verticaux. Cet écran présente donc
25 aussi un réseau lenticulaires incliné par rapport aux colonnes de l'écran d'un angle correspondant à $4,76^\circ$. Les sept points-de-vue principaux sont répartis, sous les lentilles, sur quatre lignes consécutives (au lieu de 12 pour la version sous-pixels horizontaux), dans la mesure où on peut alors adresser les sous-pixels et non les pixels entiers.

30 Ainsi, on constate que le point-de-vue 1 est encodé par le sous-pixel blanc du premier pixel en haut à gauche de la figure. On retrouve le point-de-vue 1 à la

5^{ème} ligne et 2^{ème} colonne de l'écran, sous cette même lentille, encodé par le sous-pixel gris clair du pixel et à la 9^{ème} ligne et 3^{ème} colonne de l'écran, encodé par le sous-pixel noir du pixel. Il en est de même pour l'ensemble des sept point-de-vue de l'image.

- 5 A l'instar de l'écran en mode sous-pixels horizontaux, on a la possibilité soit d'utiliser moins de points-de-vue de plus haute résolution, soit de « tuiler » des points-de-vue intermédiaires en fonction de la profondeur du relief dans la scène.

 Quel que soit le mode de réalisation, le réseau lenticulaire présente un angle
10 qui permet de répartir chaque point-de-vue à la fois verticalement et horizontalement. Ces points-de-vue sont dits « principaux » lorsqu'un même point-de-vue peut occuper seul l'ensemble des pixels d'un bloc élémentaire vertical et ils sont dits « intermédiaires » lorsque plusieurs points-de-vue légèrement décalés sont
15 « tuilés » dans ce même bloc et viennent compléter le point-de-vue principal. Les points-de-vue intermédiaires peuvent être considérés comme des points-de-vue de remplissage, qui comblent les sauts discrets de parallaxe entre points-de-vue principaux, de façon à offrir au spectateur une sensation de parallaxe continue. Ils servent à lisser les sauts de parallaxe éventuellement perceptibles entre points-de-vue principaux.

- 20 L'invention a été décrite avec un M fixe au sein de l'image. En d'autres termes, le nombre de points-de-vue est déterminé de manière uniforme en fonction de la disparité visée dans l'image. Cela étant, il est possible d'utiliser l'écran avec une variation dynamique du nombre de points-de-vue (et donc de l'entier M) au sein d'une même image en fonction de la disparité. Par exemple, on peut prévoir
25 que M est fixé à 1 ou 2 pour peu de relief et que M est fixé à 3 ou 6 pour plus de relief. Cela permet de ne limiter qu'aux zones de fort relief d'une image, le besoin de générer de l'informations 3D avec un grand nombre de points-de-vue différents.

REVENDICATIONS

1. Écran (10) d'affichage autostéréoscopique, dit de qualité photographique, d'une
5 image autostéréoscopique à $M \times N$ points de vue ordonnés de 1 à $M \times N$, N étant
un entier impair et M étant un entier choisi parmi 1, 2, 3 et 6, ledit écran
comprenant une dalle de pixels (20) agencés par lignes et par colonnes, chaque
pixel (26) étant composé d'une pluralité de P sous-pixels actifs de couleurs
différentes et de zones inactives opaques formant une portion d'interlignes et/ou
10 d'intercolonnes noires de ladite dalle,
caractérisé en ce qu'il comprend en outre un réseau ordonné de lentilles
cylindriques (30) monté sur ladite dalle de pixels, chaque lentille étant inclinée
par rapport aux colonnes de l'écran d'un angle égal à $\arctan(1/12)$, ledit réseau
présentant un pas de $N/2$ pixels de large de manière à pouvoir d'une part
15 différencier les lentilles (30) paires et impaires dudit réseau ordonné par des
répartitions distinctes des zones actives de pixels (26) et des zones noires (24)
de la dalle agencée sous chaque lentille paire et impaire, et, d'autre part décoder
chacun des $M \times N$ points-de-vue répartis au sein de N blocs verticaux de 6 pixels
de hauteur issus de M points-de-vue ($6/M$ pixels par point-de-vue), avec une
20 itération périodique de chaque bloc dans l'axe d'une lentille toutes les 12 lignes
si les sous-pixels de la dalle sont horizontaux, et répartis au sein de $P \times N$ blocs
verticaux de $6/P$ sous-pixels de hauteur, issus de M/P points-de-vue ($6/M$ sous-
pixels par point-de-vue), avec une itération périodique de chaque bloc dans
l'axe d'une lentille, toutes les $12/P$ lignes si les sous-pixels de la dalle sont
25 verticaux.
2. Écran (10) d'affichage autostéréoscopique selon la revendication 1, caractérisé
en ce que chaque pixel (26) de ladite dalle de pixels est composé d'une pluralité
de P sous-pixels horizontaux de couleurs différentes juxtaposés les uns sur les
autres dans le sens des colonnes, de manière à pouvoir coder chacun des $M \times N$
30 points-de-vue avec $6/M$ pixels verticaux différents, qui se répètent, sous chaque
lentille, toutes les 12 lignes, M étant égal à 1, 2, 3 ou 6.

3. Écran (10) d'affichage autostéréoscopique selon la revendication 1, caractérisé en ce que chaque pixel (26) de ladite dalle de pixels est composé d'une pluralité de P sous-pixels verticaux de couleurs différentes juxtaposés les uns à côté des autres dans le sens des lignes de manière à pouvoir coder chacun des MxN points-de-vue avec 6/M sous-pixels verticaux différents, qui se répètent, sous chaque lentille, toutes les 12/P lignes, M étant égal à 3 ou 6.
4. Écran selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que N est égal à 11.
5. Écran selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que P est égal à 3.
6. Écran selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que ladite dalle de pixels (20) est une dalle de pixels 8K.
7. Procédé d'affichage autostéréoscopique de qualité photographique d'une image autostéréoscopique à MxN points de vue ordonnés de 1 à MxN, N étant un entier impair et M étant un entier choisi parmi 1, 2, 3 et 6, caractérisé en ce qu'il comprend :
 - œ la sélection d'un écran (10) d'affichage autostéréoscopique selon l'une des revendications 1 à 6,
 - œ la distribution sous chaque lentille (30) des MxN points-de-vue répartis au sein de N blocs verticaux de 6 pixels de hauteur issus de M points-de-vue (6/M pixels par point-de-vue), avec une itération périodique de chaque bloc dans l'axe d'une lentille toutes les 12 lignes si les sous-pixels de la dalle sont horizontaux, et répartis au sein de PxN blocs verticaux de 6/P sous-pixels de hauteur, issus de M/P points-de-vue (6/M sous-pixels par point-de-vue), avec une itération périodique de chaque bloc dans l'axe d'une lentille, toutes les 12/P lignes si les sous-pixels de la dalle sont verticaux.
8. Procédé selon la revendication 7, caractérisé en ce que chacun des MxN points-de-vue de l'image sont codés, pour une dalle formée de sous-pixels horizontaux, avec 6/M pixels verticaux différents au sein des N blocs élémentaires de 6 pixels de hauteur, M étant égal à 1, 2, 3 ou 6.
9. Procédé selon la revendication 7, caractérisé en ce que chacun des MxN points-

de-vue de l'image sont codés, pour une dalle formée de sous-pixels verticaux, avec $6/M$ sous-pixels verticaux différents au sein de $P \times N$ blocs élémentaires de $6/P$ sous-pixels de hauteur, M étant égal à 3 ou 6.