

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

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international



WIPO | PCT



(10) Numéro de publication internationale
WO 2012/080648 A1

(43) Date de la publication internationale
21 juin 2012 (21.06.2012)

(51) Classification internationale des brevets :
H04N 13/00 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2011/052958

(22) Date de dépôt international :
13 décembre 2011 (13.12.2011)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
1060564 15 décembre 2010 (15.12.2010) FR

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) :
FRANCE TELECOM [FR/FR]; 6 place d'Alleray, F-75015 Paris (FR).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : FOUR-
NIER, Jérôme [FR/FR]; 32 avenue Beauséjour, F-35310
Mordelles (FR). CHEN, Wei [CN/FR]; 266 rue de Fou-

gères, F-35000 Rennes (FR). GICQUEL, Jean-Charles
[FR/FR]; 25 rue de Lorgetil, F-35000 Rennes (FR).

(74) Mandataire : FRANCE TELECOM R&D/PIV/BRE-
VETS; FROGER Marie-Hélène, 38-40 rue du Général Le-
clerc, F-92794 Issy Moulineaux Cedex 9 (FR).

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

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre
de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH,
GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ,

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : METHOD AND DEVICE SERVING TO OPTIMIZE THE VIEWING OF STEREOSCOPIC IMAGES

(54) Titre : PROCÉDÉ ET DISPOSITIF SERVANT À OPTIMISER LA VISUALISATION D'IMAGES STÉRÉOSCOPIQUES

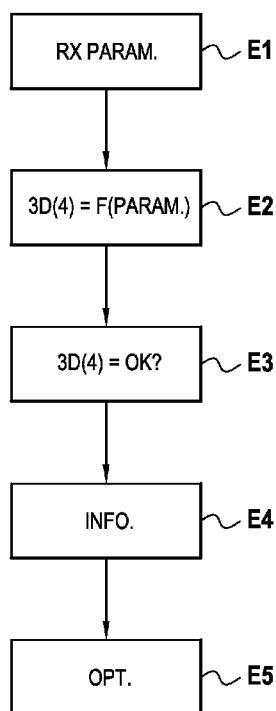


FIG.3

(57) Abstract : Method of evaluating a chain (1) for producing and viewing stereoscopic images of a scene (2), implemented by a computer (10), comprising:- a step (E1) of obtaining picture-capture parameters and viewing parameters characterizing said production and viewing chain (1), - a step (E3) of evaluating a viewing quality criterion as a function of said picture-capture parameters and of said viewing parameters, said viewing quality criterion comprising a viewing comfort criterion evaluated by verifying that, for any real depth (z) of the scene (2), the restored depth (Z) lies in a predetermined interval (ZminD0F, ZmaxD0F). The method is such that the viewing quality criterion furthermore comprises a criterion of preserving shapes or dimensions and that it comprises: - a step (E3) of evaluating the criterion of preserving shapes or dimensions by verifying that the shape or the dimension of the restored objects of the scene is not modified, - a step (E4) of issuing a warning when at least one of the viewing comfort or preservation of shapes or dimensions criteria is not satisfied.

(57) Abrégé : Procédé d'évaluation d'une chaîne (1) de production et de visualisation d'images stéréoscopiques d'une scène (2), mis en œuvre par un ordinateur (10), comprenant : - une étape (E1) d'obtention de paramètres de prises de vue et de paramètres de visualisation caractérisant ladite chaîne (1) de production et de visualisation, - une étape (E3) d'évaluation d'un critère de qualité de visualisation en fonction desdits paramètres de prises de vues et desdits paramètres de visualisation, ledit critère de qualité de visualisation comprenant un critère confort de visualisation

[Suite sur la page suivante]

WO 2012/080648 A1



UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Déclarations en vertu de la règle 4.17 :

— *relative à la qualité d'inventeur (règle 4.17.iv))*

Publiée :

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

évalué en vérifiant que, pour toute profondeur réelle (z) de la scène (2), la profondeur restituée (Z) est comprise dans un intervalle (Z_{minD0F} , Z_{maxD0F}) prédéterminé. Le procédé est tel que le critère de qualité de visualisation comprend en outre un critère de conservation des formes ou des dimensions et qu'il comprend: - une étape (E3) d'évaluation du critère de conservation des formes ou des dimensions en vérifiant que la forme ou la dimension des objets restitués de la scène n'est pas modifiée, - une étape (E4) d'émission d'un avertissement lorsque au moins un des critères confort de visualisation ou conservation des formes ou des dimensions n'est pas satisfait.

PROCEDE ET DISPOSITIF D'EVALUATION D'UNE CHAINE DE PRODUCTION ET DE VISUALISATION D'IMAGES STEREOSCOPIQUES

5 Arrière-plan de l'invention

L'invention se rapporte au domaine de la production et de la visualisation d'images stéréoscopiques.

L'impression de relief obtenue lors de la visualisation d'images stéréoscopiques dépend des conditions de prises de vue et des conditions de visualisation.

10 Lorsque la prise de vue est effectuée à l'aide de deux caméras, les conditions de prise de vue peuvent être caractérisées par trois paramètres principaux : la distance inter-caméras (aussi appelée entraxe), la distance focale des caméras et la distance de convergence des deux caméras. Les conditions de visualisation peuvent également être caractérisées par trois paramètres principaux : la taille de l'écran, la distance de visualisation et la distance inter-pupillaire. D'autres
15 paramètres peuvent également être pris en compte (taille du capteur des caméras, etc.).

Des paramètres inadaptés peuvent conduire à des effets indésirables comme la distorsion non voulue du relief, un effet de miniaturisation ou de gigantisme des objets, etc. Des logiciels qui visent à éviter ces effets indésirables ont donc été proposés. En particulier, il est connu de calculer une valeur d'entraxe en fonction des autres paramètres de prise de vue et des
20 paramètres de visualisation. Le créateur des images en relief (réalisateur 3D, caméraman) peut alors régler l'entraxe des caméras à la valeur calculée.

Cette solution n'est toutefois pas applicable dans le cas d'une caméra à deux objectifs fixes l'un par rapport à l'autre, dont l'entraxe ne peut pas être réglé.

Il est également connu qu'un mauvais choix des paramètres de prise de vue, pour des
25 paramètres de visualisation donnés, peut provoquer une divergence des yeux et donc rendre la visualisation stéréoscopique impossible. A cet égard, il est connu d'estimer, en fonction de paramètres de prise de vue et de paramètres de visualisation, un risque de divergence de yeux, et d'émettre un avertissement en cas de risque de divergence. Le créateur des images en relief peut alors décider d'utiliser d'autres paramètres de prise de vue pour éviter ce risque de divergence.

30 Toutefois, même en l'absence de risque de divergence des yeux, la visualisation d'images stéréoscopiques peut être inconfortable pour le spectateur. Il existe donc un besoin d'amélioration de la production et de la visualisation d'images stéréoscopiques.

Objet et résumé de l'invention

35 L'invention propose un procédé d'évaluation d'une chaîne de production et de visualisation d'images stéréoscopiques d'une scène, mis en œuvre par un ordinateur, comprenant :
- une étape d'obtention de paramètres de prise de vue et de paramètres de visualisation caractérisant ladite chaîne de production et de visualisation,

- une étape d'évaluation d'un critère de qualité de visualisation en fonction desdits paramètres de prise de vue et desdits paramètres de visualisation, et
- une étape d'émission d'un avertissement lorsque ledit critère de qualité de visualisation n'est pas vérifié.

5 Le critère de qualité de visualisation comprend un critère confort de visualisation évalué en vérifiant que, pour toute profondeur réelle de la scène, la profondeur restituée est comprise dans un intervalle prédéterminé.

 Le critère de qualité de visualisation peut comprendre en outre un critère de conservation des formes ou des dimensions et le procédé peut comprendre:

- 10 - une étape d'évaluation du critère de conservation des formes ou des dimensions en vérifiant que la forme ou la dimension des objets restitués de la scène n'est pas modifiée,
- une étape d'émission d'un avertissement lorsque au moins un des critères confort de visualisation ou conservation des formes ou des dimensions n'est pas satisfait

15 Corrélativement, l'invention propose un dispositif d'évaluation d'une chaîne de production et de visualisation d'images stéréoscopiques d'une scène, comprenant :

- des moyens d'obtention de paramètres de prise de vue et de paramètres de visualisation caractérisant ladite chaîne de production et de visualisation,
- des moyens d'évaluation d'un critère de qualité de visualisation en fonction desdits paramètres de prise de vue et desdits paramètres de visualisation, et
- 20 - des moyens d'émission d'un avertissement lorsque ledit critère de qualité de visualisation n'est pas vérifié,

 dans lequel ledit critère de qualité de visualisation comprend un critère confort de visualisation évalué en vérifiant que, pour toute profondeur réelle de la scène, la profondeur restituée est comprises dans un intervalle prédéterminé.

25 Le critère de qualité de visualisation peut comprendre en outre un critère de conservation des formes ou des dimensions et en ce que le dispositif peut comprendre:

- des moyens d'évaluation du critère de conservation des formes ou des dimensions en vérifiant que la forme ou la dimension des objets restitués de la scène n'est pas modifiée,
- des moyens d'émission d'un avertissement lorsque au moins un des critères confort de
- 30 visualisation et conservation des formes ou des dimensions n'est pas satisfait

 On a constaté que, même en l'absence de risque de divergence des yeux, la visualisation d'images stéréoscopiques peut être inconfortable pour le spectateur. Ainsi, en estimant un critère de confort de visualisation, il est possible de vérifier que les paramètres obtenus correspondent à une visualisation confortable et, si ce n'est pas le cas, d'émettre un

35 avertissement. Si nécessaires, d'autres paramètres de prise de vue peuvent alors être utilisés en réponse à l'avertissement, pour garantir une visualisation confortable.

 Plus précisément, le critère de confort de visualisation proposé par l'invention est un critère qui tient compte de la profondeur de mise au point de l'œil humain (ou DOF pour « *Depth*

Of Focus » en anglais) en fonction de la distance de visualisation. Lors de la vision « normale » (c'est-à-dire la vision d'une même scène par les deux yeux, par opposition à la vision d'images stéréoscopiques où chaque œil voit une image spécifique), les fonctions d'accommodation et de convergence du système visuel humain sont corrélées. Ainsi, pour garantir le confort de visualisation, la présente invention considère que les fonctions d'accommodation et de convergence du système visuel humain doivent également rester corrélées lors de la visualisation d'images stéréoscopiques.

Des études perceptuelles montrent que le couple accommodation/convergence des yeux reste corrélé pour des profondeurs restituées du premier plan et de l'arrière-plan de la scène visualisée allant jusqu'à des seuils déterminés de part et d'autre de l'écran de visualisation. Ainsi, selon l'invention, le critère de confort de visualisation peut être estimé en vérifiant que, pour toute profondeur réelle de la scène, la profondeur restituée est comprise dans un intervalle prédéterminé.

Concrètement, dans une première variante, le critère confort de visualisation est évalué par :

- une étape de détermination d'un seuil de profondeur restituée d'avant-plan et d'un seuil de profondeur restituée d'arrière-plan,
- une étape de détermination de la profondeur restituée d'avant-plan et de la profondeur restituée d'arrière-plan, et
- une étape de comparaison desdites profondeurs restituées avec lesdits seuils.

Dans une deuxième variante, le critère confort de visualisation est évalué par :

- une étape de détermination d'un seuil de profondeur restituée d'avant-plan et d'un seuil de profondeur restituée d'arrière-plan,
- une étape de détermination d'un seuil de profondeur réelle d'avant-plan et d'un seuil de profondeur réelle d'arrière-plan en fonction desdits seuils de profondeur restituée, et
- une étape de comparaison des profondeurs réelles d'avant-plan et d'arrière-plan de la scène avec lesdits seuils de profondeur réelle.

Les deux techniques précitées permettent d'évaluer facilement le critère de confort de visualisation, notamment lorsque les paramètres de prises de vue précisent les profondeurs réelles de l'avant-plan et de l'arrière-plan de la scène.

Selon une troisième variante, le critère confort de visualisation est évalué par :

- une étape de détermination d'un seuil de profondeur restituée d'avant-plan et d'un seuil de profondeur restituée d'arrière-plan,
- une étape de détermination d'un seuil de disparité horizontale non-croisée et d'un seuil de disparité horizontale croisée en fonction desdits seuils de profondeur restituée, et
- une étape de comparaison d'une disparité horizontale maximale des images stéréoscopiques avec lesdits seuils de disparité.

La disparité horizontale maximale présente dans les images stéréoscopiques peut être déterminée par une analyse des images. Ainsi, la technique précitée permet d'évaluer le critère de confort de visualisation, notamment lorsque les paramètres de prise de vue ne précisent pas les profondeurs réelles de l'avant-plan et de l'arrière-plan de la scène.

5 Dans un mode de réalisation, le procédé d'évaluation comprend une étape d'optimisation incluant la détermination d'une valeur optimisée d'au moins un paramètre de prise de vue permettant de vérifier le critère de qualité de visualisation.

L'étape d'optimisation peut comprendre :

- une étape de détermination d'une première valeur du paramètre de prise de vue délimitant une
10 plage dans laquelle le critère de confort de visualisation est satisfait,
- une étape de détermination d'au moins une deuxième valeur du paramètre de prise de vue avec laquelle le critère de conservation des formes ou des dimensions est satisfait,
- une étape de sélection de la première valeur si la deuxième valeur n'est pas dans ladite plage ou de sélection de la deuxième valeur si la deuxième valeur est dans ladite plage.

15 Autrement dit, l'invention propose une priorisation de critères de qualité de visualisation en imposant que le critère de confort de visualisation soit vérifié de manière prioritaire par la ou les valeurs optimisées. La vérification d'autres critères comme des critères de conservation des formes et/ou des dimensions est considérée moins prioritaire.

20 La première valeur peut être une valeur d'entraxe représentant un seuil au-delà duquel le critère de confort de visualisation n'est pas satisfait, ladite au moins une deuxième valeur comprenant une valeur d'entraxe pour laquelle le critère de conservation des formes et/ou des dimensions est satisfait, l'étape de sélection comprenant la sélection d'une valeur minimale.

25 La première valeur peut être un écart représentant un seuil en-deçà duquel le critère de confort de visualisation n'est pas satisfait, ladite au moins une deuxième valeur comprenant un écart pour lequel le critère de conservation des formes est satisfait, l'étape de sélection comprenant la sélection d'un écart maximal.

30 La première valeur peut être une valeur de focale représentant un seuil au-delà duquel le critère de confort de visualisation n'est pas satisfait, ladite au moins une deuxième valeur comprenant une valeur de focale pour laquelle le critère de conservation des formes est satisfait et une valeur de focale pour laquelle le critère de conservation des dimensions est satisfait, l'étape de sélection comprenant la sélection d'une valeur minimale

Le procédé d'évaluation peut comprendre une étape d'affichage de ladite valeur optimisée sur une interface homme/machine.

35 Dans ce cas, l'utilisateur peut prendre en compte les valeurs affichées pour régler un appareil de prise de vue.

Le procédé d'évaluation peut comprendre une étape de commande d'un appareil de prise de vue en fonction de ladite valeur optimisée. Dans ce cas, l'étape d'obtention peut comprendre l'obtention de paramètres de prises de vue et/ou d'images stéréoscopiques de la part

de l'appareil de prise de vue, ladite valeur optimisée étant déterminée en fonction des paramètres de prises de vue et/ou des images stéréoscopiques obtenues de la part de l'appareil de prise de vue.

Dans ce cas, un appareil de prise de vue est réglé automatiquement en fonction de la ou des valeurs optimisées.

L'étape d'optimisation peut comprendre une étape de détermination d'une valeur optimisée d'un entraxe et une étape de détermination d'une valeur optimisée d'une distance de convergence d'un appareil de prise de vue, en fonction d'une distance focale déterminée.

Cette variante est particulièrement intéressante dans le cas d'une prise de vue où un caméraman peut imposer une distance focale.

L'étape d'optimisation peut comprendre une étape de détermination d'une valeur optimisée d'au moins une distance de prise de vue, d'une distance de convergence et d'une distance focale d'un appareil de prise de vue en fonction d'un entraxe déterminé.

Cette variante est particulièrement intéressante dans le cas d'une prise de vue avec un appareil de prise de vue comprenant deux objectifs fixes l'un par rapport à l'autre, dont l'entraxe ne peut pas être modifié.

L'étape d'optimisation peut comprendre une étape de détermination d'une valeur optimisée d'une distance focale d'un appareil de prise de vue en fonction d'un entraxe et d'une distance de convergence déterminés.

Dans cette variante, priorité est donnée à la modification de la distance focale.

Selon un mode de réalisation, l'étape d'obtention comprend l'obtention de métadonnées associées à des images stéréoscopiques, lesdites métadonnées incluant au moins certains desdits paramètres de prise de vue desdites images stéréoscopiques.

L'utilisation de métadonnées permet de facilement obtenir les paramètres de prises de vue. L'utilisateur ne doit pas introduire manuellement tous les paramètres.

L'invention vise aussi un programme d'ordinateur comportant des instructions pour l'exécution des étapes d'un procédé d'évaluation conforme à l'invention lorsque ledit programme est exécuté par un ordinateur.

Ce programme peut utiliser n'importe quel langage de programmation, et être sous la forme de code source, code objet, ou de code intermédiaire entre code source et code objet, tel que dans une forme partiellement compilée, ou dans n'importe quelle autre forme souhaitable.

L'invention vise aussi un support d'enregistrement ou support d'informations lisible par un ordinateur, et comportant des instructions d'un programme d'ordinateur tel que mentionné ci-dessus.

Les supports d'enregistrement mentionnés ci-avant peuvent être n'importe quelle entité ou dispositif capable de stocker le programme. Par exemple, le support peut comporter un moyen de stockage, tel qu'une ROM, par exemple un CD ROM ou une ROM de circuit

microélectronique, ou encore un moyen d'enregistrement magnétique, par exemple une disquette (floppy disc) ou un disque dur.

D'autre part, les supports d'enregistrement peuvent correspondre à un support transmissible tel qu'un signal électrique ou optique, qui peut être acheminé via un câble électrique ou optique, par radio ou par d'autres moyens. Le programme selon l'invention peut être en particulier téléchargé sur un réseau de type Internet.

Alternativement, les supports d'enregistrement peuvent correspondre à un circuit intégré dans lequel le programme est incorporé, le circuit étant adapté pour exécuter ou pour être utilisé dans l'exécution du procédé en question.

Brève description des dessins

D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention ressortiront de la description faite ci-dessous, en référence aux dessins annexés qui en illustrent un exemple de réalisation dépourvu de tout caractère limitatif. Sur les figures :

- la figure 1 est une vue schématique d'une chaîne de production et de visualisation d'images stéréoscopiques,
- la figure 2 représente un dispositif d'évaluation selon un mode de réalisation de l'invention,
- la figure 3 représente les principales étapes d'un procédé d'évaluation selon un mode de réalisation de l'invention,
- la figure 4 illustre des étapes permettant l'évaluation d'un critère de confort de visualisation,
- les figures 5 à 8 représentent des exemples d'applications du dispositif d'évaluation de la figure 2,
- les figures 9 à 11 représentent des exemples de déroulement de l'étape d'optimisation du procédé d'évaluation de la figure 3, et
- les figures 12 et 13A et 13B sont des tableaux indiquant des formules utilisées dans la modélisation d'espace restitué par une chaîne de production et de visualisation d'images stéréoscopiques.

Description détaillée de modes de réalisation

Dans le cadre de la présente description, des images stéréoscopiques peuvent être notamment des images fixes (par exemple, des photographies ou des dessins) ou des images variables (cinéma, télévision,...).

La **figure 1** représente schématiquement une chaîne de production et de visualisation 1 d'images stéréoscopiques. Une scène 2 est filmée par un appareil de prise de vue 3 en trois

dimensions. Les images filmées par l'appareil de prise de vue 3 sont transmises vers un appareil de visualisation 4 où elles sont visionnées par un spectateur 5.

L'appareil de prise de vue 3 comprend par exemple deux caméras montées sur un support appelé « Rig 3D » permettant de régler la distance entre les caméras et la distance de convergence des caméras. Dans une variante, l'appareil de prise de vue 3 comprend une caméra à deux objectifs fixes l'un par rapport à l'autre. La distance entre les deux caméras ou entre les deux objectif de l'unique caméra est appelé « entraxe ».

L'appareil de visualisation 4 comprend un écran configuré pour mettre en œuvre une technique d'affichage d'images stéréoscopiques. Dans une variante, les images stéréoscopiques filmées par l'appareil de prise de vue 3 sont transmises par un réseau de télécommunications vers l'appareil de visualisation 4. Dans une autre variante, les images stéréoscopiques filmées par l'appareil de prise de vue 3 sont mémorisées sur un support d'information, par exemple un disque optique, et le support d'information est lu par un lecteur relié à l'écran de l'appareil de visualisation 4.

La chaîne de production et de visualisation 1 peut être caractérisée par différents paramètres. En particulier, la scène 2 et l'appareil de prise de vue 3 peuvent être caractérisés par des paramètres de prise de vue. La visualisation des images sur l'appareil de visualisation 4 peut être caractérisée par des paramètres de visualisation. Eventuellement, des effets spéciaux ou artistiques souhaités par le créateur des images stéréoscopiques peuvent être caractérisés par des paramètres d'effet.

Les paramètres de prise de vue peuvent comprendre :

- $d_{\text{foreground}}$: la distance (ou profondeur) du premier plan de la scène 2,
- $d_{\text{background}}$: la distance (ou profondeur) de l'arrière plan de la scène 2,
- D_{ROI} : la distance d'intérêt de la scène 2,
- f : la distance focale des caméras de l'appareil de prise de vue 3,
- b : l'entraxe de l'appareil de prise de vue 3,
- W_{capteur} : largeur du capteur des caméras de l'appareil de prise de vue 3,
- la définition du capteur des caméras de l'appareil de prise de vue 3,
- α : l'angle de convergence des caméras de l'appareil de prise de vue 3,
- d_c : distance de convergence des caméras de l'appareil de prise de vue 3.

Les paramètres de visualisation peuvent comprendre :

- E : la distance entre le spectateur 5 et l'écran de l'appareil de visualisation 4,
- B : l'écart interoculaire du spectateur 5,
- la taille de l'écran de l'appareil de visualisation 4,
- la définition de l'écran de l'appareil de visualisation 4, et
- M : un facteur de grandissement de l'image (rapport entre la taille de l'écran de visualisation et celle du capteur des caméras).

Les paramètres d'effet peuvent inclure :

- γ : un facteur représentant un effet de distorsion de la profondeur (compression, étirement), et
- Ω : un facteur représentant un effet de distorsion de la proportion des objets (gigantisme, miniaturisation).

5 Les paramètres précités influencent le relief restitué par l'appareil de visualisation 4. Ainsi, la présente invention propose d'évaluer une chaîne de production et de visualisation d'images stéréoscopiques. Dans une variante, la présente invention propose également d'optimiser une chaîne de production et de visualisation d'images stéréoscopiques. En référence à **la figure 2**, on décrit un dispositif d'évaluation 10 conforme à l'invention.

10 Le dispositif d'évaluation 10 présente l'architecture matérielle d'un ordinateur. Il comprend notamment un microprocesseur 11, une mémoire non-volatile 12, une mémoire volatile 13, une interface homme/machine 14 et une unité de communication 15. Le microprocesseur 11 permet d'exécuter des programmes mémorisés dans la mémoire non-volatile 12, en utilisant la mémoire volatile 13. L'interface homme/machine 14 permet par exemple à un utilisateur du
15 dispositif d'évaluation 10 d'introduire des données et de lire des informations. L'unité de communication 15 permet au dispositif d'évaluation 10 de communiquer avec d'autres équipements.

La mémoire non-volatile 12 comprend un programme d'ordinateur qui permet la mise en œuvre d'un procédé d'évaluation conforme à l'invention lorsqu'il est exécuté par le
20 microprocesseur 11. La mémoire non-volatile 12 est donc un exemple de support d'information conforme à l'invention.

Le dispositif d'évaluation pourrait également être implémenté dans tout équipement composant une chaîne vidéo de bout en bout (caméra stéréoscopique, codeur, décodeur, téléviseur, etc.).

25 La **figure 3** représente les principales étapes d'un procédé d'évaluation conforme à l'invention. Plus précisément, la figure 3 concerne une variante dans lequel le dispositif d'évaluation 10 effectue également une optimisation.

A l'étape E1, le dispositif d'évaluation 10 obtient des paramètres caractérisant une chaîne de production et de visualisation d'images stéréoscopiques. Les paramètres obtenus
30 peuvent inclure la totalité ou une partie des paramètres de prise de vue, des paramètres de visualisation et des paramètres d'effets précités. En référence aux figures 5 à 8, on décrit ci-après de manière plus précise différentes variantes de mise en œuvre de l'étape E1 d'obtention des paramètres.

Ensuite, à l'étape E2, le dispositif d'évaluation 10 détermine des paramètres
35 caractérisant le relief restitué par la chaîne de production et de visualisation, en fonction des paramètres obtenus à l'étape E1.

A cet effet, le dispositif d'évaluation 10 modélise le relief restitué dans un repère noté $R(O, X, Y, Z)$ par rapport au relief réel dans un repère noté $r(o, x, y, z)$. Le tableau de la figure 12

indique les équations permettant cette modélisation, dans le cas d'une prise de vue parallèle (angle de convergence $\alpha = 0^\circ$). Les tableaux des figures 13A et 13B indiquent les équations correspondantes, dans le cas d'une prise de vue avec convergence physique (angle de convergence $\alpha \neq 0^\circ$) entre les axes optiques des caméras réelles ou virtuelles utilisées pour la

génération de contenus synthétiques (films d'animation, etc.).

Les paramètres déterminés par le dispositif d'évaluation 10 à l'étape E2 sont par exemple :

- La profondeur restituée Z en fonction de la profondeur réelle z .
- La distorsion horizontale D_x en fonction de la profondeur réelle z .
- La distorsion verticale D_y en fonction de la profondeur réelle z .
- La distorsion de profondeur D_z en fonction de la profondeur réelle z .
- L'erreur de forme D_{xz} en fonction de la profondeur réelle z .
- La disparité horizontale maximale d_{Hmax} présente sur les images stéréoscopiques.
- La disparité verticale maximale d_{Vmax} présente sur les images stéréoscopiques.
- La distance de visualisation optimale E_{opt} .

Parmi les paramètres précités, Z , D_x , D_y , D_z , et D_{xz} sont des fonctions qui varient avec z , et d_{Hmax} , d_{Vmax} et E_{opt} sont des valeurs réelles.

La distance de visualisation optimale E_{opt} peut par exemple être déterminée en utilisant la formule suivante : $E_{opt} = H / (DefV * 2 * \tan(n / (360 * 60)))$, où H représente la hauteur de l'écran de visualisation et $DefV$ sa définition verticale. En effet, des tests perceptuels ont montré que la distance de visualisation optimale dépend de la définition verticale de l'écran, soit une minute d'arc maximum entre chaque ligne des images destinées respectivement à l'œil droit et à l'œil gauche. Les procédés d'affichage stéréoscopiques ont donc une influence sur la distance de visualisation (système entrelacé ligne, système à restitution alternée, etc.).

Ensuite, en fonction des paramètres obtenus à l'étape E1 et/ou des paramètres caractérisant le relief restitué déterminé à l'étape E2, le dispositif d'évaluation 10 évalue, à l'étape E3, des critères de qualité de visualisation. Plus précisément, le dispositif d'évaluation 10 évalue un critère d'absence de divergence des yeux, un critère de confort de visualisation relatif à la profondeur de mise au point, un critère de confort de visualisation relatif à la disparité verticale maximale, un critère de conservation des formes, un critère de conservation des dimensions et un critère de conservation de la profondeur. En variante, seuls certains des critères précités sont évalués. Dans un mode de réalisation, le critère de qualité de visualisation comprend le critère de confort de visualisation relatif à la profondeur de mise au point et le critère de conservation des formes ou des dimensions.

L'évaluation d'un critère d'absence de divergence des yeux est connue de l'homme du métier et ne sera pas décrite en détail.

Le critère de confort de visualisation relatif à la profondeur de mise au point vise à vérifier que les fonctions d'accommodation et de convergence du système visuel du spectateur

restent corrélées lors de la visualisation d'images stéréoscopiques, comme dans le cas de la vision « normale ». La **figure 4** illustre différentes manières d'évaluer ce critère. Les étapes représentées sur la figure 4 constituent des sous-étapes de l'étape E3 de la figure 3.

Des études perceptuelles montrent que le couple accommodation/convergence des yeux reste corrélé pour des profondeurs restituées du premier et de l'arrière plan de la scène visualisée allant jusqu'à 0.2 dioptries de part et d'autre de l'écran de visualisation. Une distance plus élevée peut toutefois être admise sans nuire au confort de visualisation, pour des durées de visualisation limitées.

Ainsi, si DOF représente la dioptrie maximale admissible de part et d'autre de l'écran de l'appareil de visualisation, le critère de confort de visualisation est vérifié si, pour toute profondeur z de la scène réelle, la profondeur restituée Z est comprise dans l'intervalle $[Z_{\min\text{DOF}} ; Z_{\max\text{DOF}}]$ où :

- $Z_{\min\text{DOF}} = 1 / (1/E + \text{DOF})$ est un seuil de profondeur restituée d'avant-plan et,
- $Z_{\max\text{DOF}} = 1 / (1/E - \text{DOF})$ est un seuil de profondeur restituée d'arrière-plan.

Selon une première variante, les seuils $Z_{\min\text{DOF}}$ et $Z_{\max\text{DOF}}$ sont déterminés en fonction de la distance E de visualisation et de la dioptrie maximale DOF (étape F1). Comme expliqué précédemment, la distance E est obtenue à l'étape E1. La dioptrie maximale DOF peut être un paramètre préenregistré dans le programme. En variante, la valeur de DOF peut être introduite par l'utilisateur ou obtenue différemment à l'étape E1.

Ensuite, la profondeur restituée $Z_{\text{foreground}}$ de l'avant-plan de la scène et la profondeur restituée $Z_{\text{background}}$ de l'arrière-plan de la scène sont déterminés (étape F2), notamment en fonction respectivement de la profondeur réelle $z_{\text{foreground}}$ de l'avant-plan de la scène (correspondant au paramètre $d_{\text{foreground}}$ précité) et de la profondeur réelle $z_{\text{background}}$ de l'arrière-plan de la scène (correspondant au paramètre $d_{\text{background}}$). A cet effet, on peut utiliser la relation entre Z et z donnée dans le tableau de la figure 12.

Enfin, le critère de confort de visualisation est évalué en comparant la profondeur restituée $Z_{\text{foreground}}$ au seuil $Z_{\min\text{DOF}}$ et la profondeur restituée $Z_{\text{background}}$ au seuil $Z_{\max\text{DOF}}$ (étape F3). Plus précisément, si $Z_{\text{foreground}} \geq Z_{\min\text{DOF}}$ et $Z_{\text{background}} \leq Z_{\max\text{DOF}}$, alors le critère est vérifié et dans le cas contraire, le critère n'est pas vérifié.

Selon une deuxième variante, les seuils $Z_{\min\text{DOF}}$ et $Z_{\max\text{DOF}}$ sont déterminés (étape G1) comme à l'étape F1 de la première variante.

Ensuite, un seuil de profondeur réelle $z_{\min\text{DOF}}$ de l'avant-plan de la scène et un seuil de profondeur réelle $z_{\max\text{DOF}}$ de l'arrière-plan de la scène sont déterminés (étape G2) en fonction des seuils $Z_{\min\text{DOF}}$ et $Z_{\max\text{DOF}}$. A cet effet, on peut utiliser la relation inverse à la relation entre la profondeur restituée Z et la profondeur réelle z .

Enfin, le critère de confort de visualisation est évalué en comparant profondeur réelle $z_{\text{foreground}}$ de l'avant-plan de la scène au seuil $z_{\min\text{DOF}}$ et de la profondeur réelle $z_{\text{background}}$ de l'arrière-

plan de la scène au seuil $z_{\max\text{DOF}}$ (étape F3). Plus précisément, si $z_{\text{foreground}} \geq z_{\min\text{DOF}}$ et $z_{\text{background}} \leq z_{\max\text{DOF}}$, alors le critère est vérifié et dans le cas contraire, le critère n'est pas vérifié.

Selon une troisième variante, les seuils $z_{\min\text{DOF}}$ et $z_{\max\text{DOF}}$ sont déterminés (étape H1) comme à l'étape F1 de la première variante.

5 Ensuite, un seuil de disparité horizontale non croisée maximale d_{Hncmax} et un seuil de disparité horizontale croisée maximale d_{Hcmax} sont déterminés (étape H2) en fonction respectivement des seuils $z_{\max\text{DOF}}$ et $z_{\min\text{DOF}}$. A cet effet, on utilise les relations suivantes : $d_{\text{Hncmax}} = B (1 - E / z_{\max\text{DOF}})$ et $d_{\text{Hcmax}} = B (E / z_{\min\text{DOF}} - 1)$.

10 Enfin, le critère de confort de visualisation est évalué en comparant la disparité horizontale maximale d_{Hmax} déterminée à l'étape E2 avec les seuils d_{Hncmax} et d_{Hcmax} (étape F3). Plus précisément, si $d_{\text{Hmax}} \leq d_{\text{Hncmax}}$ et $d_{\text{Hmax}} \leq d_{\text{Hcmax}}$, alors le critère est vérifié et dans le cas contraire, le critère n'est pas vérifié.

15 Le critère de confort de visualisation relatif à la disparité verticale maximale vise à vérifier que la disparité verticale maximale d_{Vmax} présente sur les images stéréoscopiques n'introduit pas un inconfort de visualisation. En effet, des tests perceptuels ont permis de constater qu'une disparité verticale supérieure à environ 3 minutes d'arc a une influence négative sur le confort de visualisation.

20 Les équations données en fin de description montrent qu'en cas de prise de vue parallèle, la disparité verticale est normalement nulle. Cependant, en cas de prise de vue convergeant, la disparité verticale maximale d_{Vmax} est non nulle et peut être déterminée (à l'étape E2) en fonction des paramètres obtenus à l'étape E1.

25 Un problème d'ajustement géométrique (décalage vertical, rotation) ou optique (différence de focale) des deux caméras de l'appareil de prise de vue 3 peut également introduire une disparité verticale maximale d_{Vmax} non nulle. Dans ce cas, la valeur de d_{Vmax} peut être déterminée (à l'étape E2) par un algorithme, par exemple en fonction du contenu des images stéréoscopiques.

30 Ainsi, le critère de confort de visualisation relatif à la disparité verticale maximale est évalué en comparant la disparité verticale maximale d_{Vmax} (déterminée à l'étape E2) avec un seuil $DV_{\max}$ égal par exemple à 3 minutes d'arc. Plus précisément, si $d_{\text{Vmax}} \leq DV_{\max}$ alors le critère est vérifié, et si non le critère n'est pas vérifié.

Le critère de conservation des formes vise à vérifier que les objets ne sont pas déformés dans l'espace restitué. Ce critère est vérifié si $D_x = D_y = D_z = \gamma$.

Le critère de conservation des dimensions vise à vérifier que les objets ne sont pas déformés ni modifiés en taille dans l'espace restitué. Ce critère est vérifié si $D_x = D_y = D_z = 1$.

35 Enfin, le critère de conservation de la profondeur est vérifié si $Z = z$.

Après avoir évalué les critères précités (étape E3), le dispositif d'évaluation 10 fournit des informations à l'utilisateur sur le relief restitué, à l'étape E4. Par exemple, ces informations sont affichées sur un écran faisant partie de l'interface homme/machine 14. Les informations

affichées correspondent aux paramètres déterminés à l'étape E2 et aux critères déterminés à l'étape E3.

Par exemple, un graphe représentant la profondeur restituée Z en fonction de la profondeur réelle z est affiché. Cela permet à l'utilisateur de visualiser la relation entre Z et z .

Pour chacun des critères évalués à l'étape E3, un symbole peut être affiché pour représenter que le critère est satisfait ou non. L'affichage d'un symbole représentant qu'un critère n'est pas satisfait est un exemple d'émission d'un avertissement au sens de l'invention. Dans un mode de réalisation, un tel avertissement est émis si au moins un critère parmi le critère de confort de visualisation relatif à la profondeur de mise au point et le critère de conservation des formes ou des dimensions n'est pas satisfait.

Les informations affichées à l'étape E4 permettent à l'utilisateur du dispositif d'évaluation 10 de vérifier si le relief restitué correspond à ses souhaits ou non. Selon l'application envisagée, ces informations peuvent être prises en compte de différentes manières, comme décrit plus en détail en références aux figures 5 à 8.

Comme expliqué précédemment, dans une variante, le procédé d'évaluation conforme à l'invention comprend également une étape E5 d'optimisation. L'étape E5 d'optimisation vise à déterminer des nouveaux paramètres de prise de vue lorsque les informations affichées à l'étape E4 montrent que le relief restitué n'est pas conforme au souhait de l'utilisateur. Des exemples de déroulement de l'étape E5 sont décrits plus en détail ci-après en références aux figures 9 à 11.

On décrit maintenant un premier exemple d'application du dispositif d'évaluation 10 et du procédé d'évaluation de la figure 3, en référence à la **figure 5**.

L'interface homme/machine 14 du dispositif d'évaluation 10 comprend un écran sur lequel est affichée une interface 20. L'interface 20 comprend quatre fenêtres 21 à 24.

La fenêtre 21 permet à l'utilisateur d'introduire des paramètres d'entrées incluant les paramètres de prise de vue, les paramètres de visualisation et les paramètres d'effet précités (étape E1).

La fenêtre 22 affiche des informations relatives aux paramètres déterminés à l'étape E2. Ainsi, dans l'exemple représenté, la fenêtre 22 affiche un graphe 25 représentant la relation entre Z et z , et un cadre 26 indiquant la valeur de la disparité horizontale maximale d_{Hmax} .

La fenêtre 23 affiche des informations relatives aux critères évalués à l'étape E3. Ainsi, dans l'exemple représenté, le symbole 27 « DIV : OK » indique que le critère d'absence de divergence des yeux est vérifié, et le symbole 28 « DOP : X » indique que le critère de confort de visualisation relatif à la profondeur de mise au point n'est pas vérifié. L'affichage du symbole 28 est un exemple d'émission d'un avertissement au sens de l'invention.

Enfin, la fenêtre 24 affiche des informations relatives aux paramètres optimaux déterminés à l'étape E5. Ainsi, dans l'exemple représenté, la fenêtre 24 comprend un cadre 29 indiquant la valeur optimale de l'entraxe b et un cadre 30 indiquant la valeur optimale de la distance focale f .

Dans ce premier exemple d'application, un utilisateur désirant créer des images stéréoscopiques peut introduire (étape E1, fenêtre 21) les paramètres qu'il envisage d'utiliser. En consultant les informations affichées dans les fenêtres 22 et 23, il peut vérifier que les paramètres qu'il envisage d'utiliser correspondent au relief restitué qu'il souhaite obtenir. Si ce n'est pas le cas, l'utilisateur peut décider de changer certains des paramètres de prises de vue, par exemple en utilisant les paramètres optimaux affichés dans la fenêtre 24.

Ainsi, selon un exemple, si le symbole 28 indique que le critère de confort de visualisation relatif à la profondeur de mise au point n'est pas vérifié, l'utilisateur peut décider d'utiliser une autre valeur d'entraxe que celle envisagée initialement.

On décrit maintenant un deuxième exemple d'application du dispositif d'évaluation 10 et du procédé d'évaluation de la figure 3, en référence à la **figure 6**.

La figure 6 représente un système 40 de production et de diffusion d'images stéréoscopiques en direct. Le système 40 comprend un dispositif d'évaluation 10 relié à un appareil de prise de vue 3 qui filme une scène 2. Les images filmées par l'appareil de prise de vue 3 sont mises en forme selon un format stéréoscopique, codées et diffusées par un réseau de télécommunication 42 vers des dispositifs de visualisation 4. Les fonctions de mise en forme, de codage et de diffusion sont représentées par un unique bloc fonctionnel 41 sur la figure 6, mais elles peuvent être réalisées par plusieurs entités matérielles.

Dans le système 40, l'entraxe b de l'appareil de prise de vue 3 peut être commandé. Le dispositif d'évaluation 10 détermine une valeur optimale pour l'entraxe b de l'appareil de prise de vue 3, et utilise cette valeur comme consigne pour commander l'appareil de prise de vue 3. Ainsi, un caméraman peut régler la distance focale f de l'appareil de prise de vue 3 en fonction de la scène 2, et l'entraxe b sera commandé automatiquement par le dispositif d'évaluation 10.

Plus précisément, dans l'exemple représenté, le dispositif d'évaluation 10 obtient, par une liaison 43, la distance focale f , l'entraxe b et la distance de convergence dc de l'appareil de prise de vue 3.

Les paramètres de visualisation sont introduits par l'utilisateur du dispositif d'évaluation 10. Par exemple, l'utilisateur sélectionne un service cible dans une liste prédéfinie, dans laquelle chaque service cible correspond notamment à une distance de visualisation E prédéfinie. La liste de service cible contient par exemple un service « Télévision » et un service « WebTV » correspondant à une distance de visualisation inférieure à celle du service « Télévision ».

Dans une variante, les paramètres de prises de vue ne comprennent pas les profondeurs $z_{\text{foreground}}$ et $z_{\text{background}}$ de la scène 2. Dans ce cas, le dispositif d'évaluation 10 obtient également les images filmées par l'appareil de prise de vue 3 par une liaison 44.

En fonction des paramètres obtenus, et éventuellement de l'analyse des images obtenues pour déterminer les disparités horizontales croisée et non croisées, le dispositif d'évaluation détermine une consigne de commande pour la valeur de l'entraxe b , et l'envoie à l'appareil de prise de vue 3.

En pratique, les liaisons 43, 44 et 45 peuvent correspondre à un unique câble reliant l'appareil de prise de vue 3 au dispositif d'évaluation 10. En variante, le dispositif d'évaluation 10 peut être intégré à l'appareil de prise de vue 3.

On décrit maintenant un troisième exemple d'application du dispositif d'évaluation 10 et du procédé d'évaluation de la figure 3, en référence à la **figure 7**.

La figure 7 représente un système 50 de postproduction d'images stéréoscopiques. Le système 50 comprend un dispositif d'évaluation 10 relié à un support d'information 51 par une liaison 52. Le support d'information 51 mémorise des images stéréoscopiques associées à des métadonnées. Les métadonnées comprennent des paramètres de prises de vue des images stéréoscopiques.

Le dispositif d'évaluation 10 peut obtenir des paramètres de visualisation, par exemple comme décrit précédemment en référence à la figure 6. Par ailleurs, lorsque les métadonnées ne comprennent pas les profondeurs $z_{\text{foreground}}$ et $z_{\text{background}}$ de la scène filmées, le dispositif d'évaluation 10 obtient également les images filmées mémorisées sur le support d'information 10.

En fonction des paramètres obtenus, et éventuellement de l'analyse des images obtenues pour déterminer les disparités horizontales croisée et non croisées, le dispositif d'évaluation 10 peut afficher des informations relatives au relief restitué, par exemple sur une interface similaire à l'interface 20 de la figure 5.

On décrit maintenant un quatrième exemple d'application du dispositif d'évaluation 10 et du procédé d'évaluation de la figure 3, en référence à la **figure 8**.

La figure 8 représente un système 60 de mesure de la qualité de service d'un service de télévision en relief. Le système 60 comprend un dispositif d'évaluation 10 relié à un décodeur 61 par une liaison 62. En variante, le décodeur 61 est intégré dans le dispositif d'évaluation 10.

Le décodeur 61 obtient un flux vidéo d'images stéréoscopiques diffusées dans un réseau 63. Le flux contient des métadonnées comprenant des paramètres de prise de vue des images stéréoscopiques. Ainsi, le décodeur 61 décode le flux vidéo et transmet les métadonnées, et éventuellement les images, au dispositif d'évaluation 10. Le dispositif d'évaluation 10 peut alors afficher des informations relatives au relief restitué, de manière similaire au cas de la figure 7.

On décrit maintenant, en référence à la **figure 9**, un premier exemple de déroulement de l'étape E5 d'optimisation. Dans cet exemple, l'étape E5 vise à déterminer des valeurs optimales pour l'entraxe b et pour la distance de convergence d_c , permettant de vérifier le critère de confort de visualisation relatif à la profondeur de mise au point, et si possible le critère de conservation des formes et le critère de conservation de dimension. L'algorithme décrit en référence à la figure 9 est notamment adapté à une application du type de celle représentée à la figure 6, dans laquelle la distance focale f est imposée par le caméraman, l'entraxe b et la distance de convergence d_c pouvant être commandés par le dispositif d'évaluation 10.

Ci-après, on utilise les indices i et f pour désigner des valeurs initiales et finales, respectivement.

A l'étape J1, le dispositif d'évaluation 10 détermine des valeurs initiales b_i et dc_i pour l'entraxe et la distance de convergence. Par exemple, le dispositif d'évaluation 10 utilise les valeurs b et dc obtenues à l'étape E1.

En variante, le dispositif d'évaluation 10 détermine des valeurs initiales b_i et dc_i pour lesquelles la conservation des formes et des dimensions est vérifiée pour la distance d'intérêt D_{ROI} . En effet, dans des conditions de tournage normales, le caméraman dispose du libre choix de la focale de prise de vue. Par exemple, si celui-ci veut filmer un objet assez éloigné, il utilisera une focale longue (téléobjectif). Au contraire, s'il désire avoir une vue panoramique de la scène, il utilisera une focale courte (grand angle). La focale de prise de vue a donc de fortes chances de ne pas être celle correspondant à une conformité totale entre le relief réel et le relief restitué. En conséquence, l'utilisation courante de focales variables a conduit à la définition de la conformité relative des formes et des dimensions, dans le cas d'une focale différente de celle définie pour la conformité totale. Cette conformité doit permettre une meilleure visualisation de l'objet du plus grand intérêt. Pour cela, la conformité relative est définie pour imposer une reproduction conforme du relief à l'endroit où se situe l'objet intéressant. Toutefois, la conformité des formes et des dimensions ne sera réalisée complètement qu'à la distance d'intérêt D_{ROI} de la scène. Plus les objets seront éloignés de la distance d'intérêt, plus ceux-ci seront perçus déformés.

Le simple fait de changer la focale implique l'évolution des autres facteurs tels que l'entraxe ainsi que la distance de convergence suivant des lois géométriques précises. Les hypothèses posées se résument par la conservation des formes ($D_{XZ}=1$) ainsi que par des distorsions latérales et en profondeur égales à l'unité ($D_Z=1$ et $D_X=1$).

Ainsi, dans cette variante, le dispositif d'évaluation 10 détermine des valeurs initiales b_i et dc_i sur la base des équations suivantes :

$$\begin{aligned}
 & - \quad b_i = \beta \cdot B \text{ avec } \beta = \frac{f}{f_T} \text{ et } f_T = \frac{E}{M} \text{ c'est-à-dire la focale nécessaire pour une conformité} \\
 & \text{totale.} \\
 & - \quad dc_i = \frac{f \cdot b}{2 \cdot h} \text{ avec } h = \frac{B}{2 \cdot M} - \frac{E - M \cdot f}{2 \cdot M \cdot D_{ROI}} \cdot b
 \end{aligned}$$

Ensuite, à l'étape J2, le dispositif d'évaluation 10 détermine quatre valeurs pour l'entraxe b :

- une valeur permettant d'assurer que $Z_{\text{foreground}} \geq Z_{\text{minDOF}}$:

$$b_{f, \text{minDOF}} = \frac{B \cdot z_{\text{foreground}} \cdot (E - Z_{\text{minDOF}})}{M \cdot f \cdot Z_{\text{minDOF}} \cdot \left(1 - \frac{z_{\text{foreground}}}{d_{ci}} \right)}$$

- une valeur permettant d'assurer que $Z_{\text{background}} \leq Z_{\text{maxDOF}}$:

$$b_{f,\text{maxDOF}} = \frac{B \cdot z_{\text{background}} \cdot (E - Z_{\text{maxDOF}})}{M \cdot f \cdot Z_{\text{maxDOF}} \cdot \left(1 - \frac{z_{\text{background}}}{d_{ci}}\right)}$$

- une valeur permettant d'assurer la conservation des formes ($D_{xz}=1$) :

$$b_{f,Dxz} = \frac{B \cdot D_{ROI}}{E - M \cdot f \cdot \left(1 - \frac{D_{ROI}}{d_{ci}}\right)}$$

- 5 - une valeur permettant d'assurer la conservation des dimensions ($D_x=1$):

$$b_{f,Dx} = \frac{M \cdot f \cdot B - B \cdot D_{ROI}}{M \cdot f \cdot \left(1 - \frac{D_{ROI}}{d_{ci}}\right)}$$

Puis, à l'étape J3, le dispositif d'évaluation 10 détermine la valeur optimale pour l'entraxe b_f en sélectionnant la plus petite des valeurs déterminées à l'étape J2. Si les valeurs de $b_{f,Dxz}$ et de $b_{f,Dx}$ sont égales, on sélectionne $b_{f,Dx}$ si la distorsion en profondeur Dz est comprise entre 0.5 et 2 pour la distance d'intérêt D_{ROI} .

Les valeurs $b_{f,\text{minDOF}}$ et $b_{f,\text{maxDOF}}$ représentent des seuils au-delà desquels les conditions correspondantes ne sont plus vérifiées. Ainsi, pour toute valeur de b_f inférieure ou égale au minimum de $b_{f,\text{minDOF}}$ et $b_{f,\text{maxDOF}}$, le critère de confort de visualisation sera respecté.

Autrement dit, si les valeurs $b_{f,Dxz}$ et $b_{f,Dx}$ sont supérieures au minimum de $b_{f,\text{minDOF}}$ et $b_{f,\text{maxDOF}}$, la sélection de la valeur minimale aura pour effet que le critère de confort de visualisation sera respecté, mais pas les critères de conservation des formes et des dimensions. Par contre, si la valeur $b_{f,Dxz}$ et/ou $b_{f,Dx}$ est inférieure au minimum de $b_{f,\text{minDOF}}$ et $b_{f,\text{maxDOF}}$, la sélection de la valeur minimale aura pour effet que le critère de confort de visualisation sera respecté et que le critère de conservation des formes et/ou des dimensions sera également respecté.

A l'étape J4, cette étape pouvant être facultative et laissée au libre choix de l'utilisateur, le dispositif d'évaluation 10 détermine quatre valeurs pour la distance de convergence dc :

- une valeur permettant d'assurer que $Z_{\text{foreground}} \geq Z_{\text{minDOF}}$:

$$dc_{f,\text{minDOF}} = \frac{M \cdot f \cdot Z_{\text{minDOF}} \cdot z_{\text{foreground}} \cdot b_f}{M \cdot f \cdot Z_{\text{minDOF}} \cdot b_f + B \cdot Z_{\text{minDOF}} \cdot z_{\text{foreground}} - E \cdot B \cdot z_{\text{foreground}}}$$

- une valeur permettant d'assurer que $Z_{\text{background}} \leq Z_{\text{maxDOF}}$:

$$dc_{f,\text{maxDOF}} = \frac{M \cdot f \cdot Z_{\text{maxDOF}} \cdot z_{\text{background}} \cdot b_f}{M \cdot f \cdot Z_{\text{maxDOF}} \cdot b_f + B \cdot Z_{\text{maxDOF}} \cdot z_{\text{background}} - E \cdot B \cdot z_{\text{background}}}$$

- une valeur permettant d'assurer la conservation des formes ($D_{xz}=1$) :

$$dc_{f,Dxz} = \frac{M.f.b_f.D_{ROI}}{M.f.b_f + B.D_{ROI} - E.b_f}$$

- une valeur permettant d'assurer la conservation des dimensions ($D_x=1$) :

$$dc_{f,Dx} = \frac{M.f.b_f.D_{ROI}}{M.f.b_f + B.D_{ROI} - M.B.f}$$

Puis, à l'étape J5, le dispositif d'évaluation 10 détermine la valeur optimale pour la distance de convergence en sélectionnant parmi des valeurs déterminées à l'étape J4. Plus précisément :

Si $b_f = b_{f,\min DOF}$ alors dc_f prend la valeur de $dc_{f,\max DOF}$ ou $dc_{f,Dxz}$ ou $dc_{f,Dx}$

- comprise entre $z_{foreground}$ et dc_i la plus proche de dc_i (si elle existe et si $dc_i > z_{foreground}$)
- inférieure à dc_i et la plus proche de dc_i (si elle existe)
- sinon $dc_f = dc_i$

Si $b_f = b_{f,\max DOF}$ alors dc_f prend la valeur de $dc_{f,\min DOF}$ ou $dc_{f,Sxz}$ ou $dc_{f,Dx}$

- comprise entre dc_i et d_{ROI} et la plus proche de dc_i (si elle existe et si $dc_i < d_{ROI}$)
- supérieure à dc_i et la plus proche de dc_i (si elle existe et si $dc_i > d_{ROI}$)
- sinon $dc_f = dc_i$

Si $b_f = b_{f,Dxz}$ ou $b_f = b_{f,Dx}$ alors $dc_f = dc_i$

Grâce aux étapes J1 à J5, il est donc possible de déterminer une valeur d'entraxe optimale b_f et éventuellement une nouvelle valeur de distance de convergence optimale dc_f , qui permettent d'assurer que le critère de confort de visualisation relatif à la distance de mise au point est vérifié, et éventuellement d'assurer également que le critère de conservation des formes est vérifié.

On décrit maintenant, en référence à la **figure 10**, un deuxième exemple de déroulement de l'étape E5 d'optimisation. Dans cet exemple, l'étape E5 vise à déterminer une nouvelle valeur de distance de prise de vue et une valeur optimale pour la distance focale f , permettant de vérifier le critère de confort de visualisation relatif à la profondeur de mise au point, et si possible le critère de conservation des formes et le critère de conservation de dimension. L'algorithme décrit en référence à la figure 10 est notamment adapté à une prise de vue avec un appareil de prise de vue 3 à deux objectifs fixes l'un par rapport à l'autre, dans lequel l'entraxe b ne peut pas être modifié.

A l'étape K1, le dispositif d'évaluation 10 détermine des valeurs initiales f_i et dc_i pour la distance focale et la distance de convergence. Par exemple, le dispositif d'évaluation 10 utilise les valeurs f et dc obtenues à l'étape E1.

Ensuite, à l'étape K2, le dispositif d'évaluation 10 détermine des nouvelles valeurs pour la profondeur réelle d'avant-plan $z_{\text{foreground}}$, la profondeur réelle d'arrière-plan $z_{\text{background}}$ et la distance d'intérêt D_{ROI} . Plus précisément, le dispositif d'évaluation détermine :

- deux valeurs de $z_{\text{foreground}}$ permettant d'assurer que $Z_{\text{foreground}} \geq Z_{\text{minDOF}}$:

$$z_{\text{background}_f} = \frac{-\zeta \pm \sqrt{\delta}}{2} \text{ et } \delta = \zeta^2 - 4.v.\rho$$

$$\text{Avec } \begin{cases} \zeta = (dc_i - z_{\text{background}_i}) \left(1 - \frac{M.b_i.Z_{\text{maxDOF}}.f_i}{B.D_{\text{ROI}}.(E - Z_{\text{maxDOF}})} \right) \\ \rho = - \frac{M.b_i.Z_{\text{maxDOF}}.f_i.[D_{\text{ROI}}.(dc_i - z_{\text{background}_i}) - z_{\text{background}_i}.dc_i + z_{\text{background}_i}^2]}{B.D_{\text{ROI}}.(E - Z_{\text{maxDOF}})} \end{cases}$$

10

- deux valeurs de $z_{\text{background}}$ permettant d'assurer que $Z_{\text{background}} \leq Z_{\text{maxDOF}}$:

$$z_{\text{foreground}_f} = \frac{-\zeta \pm \sqrt{\delta}}{2} \text{ et } \delta = \zeta^2 - 4.v.\rho$$

$$\text{Avec } \begin{cases} \zeta = (dc_i - z_{\text{foreground}_i}) \left(1 - \frac{M.b_i.Z_{\text{minDOF}}.f_i}{B.D_{\text{ROI}}.(E - Z_{\text{minDOF}})} \right) \\ \rho = - \frac{M.b_i.Z_{\text{minDOF}}.f_i.[D_{\text{ROI}}.(dc_i - z_{\text{foreground}_i}) - z_{\text{foreground}_i}.dc_i + z_{\text{foreground}_i}^2]}{B.D_{\text{ROI}}.(E - Z_{\text{minDOF}})} \end{cases}$$

- deux valeurs D_{ROI} permettant d'assurer la conservation des formes ($D_{\text{xz}}=1$) :

$$D_{\text{ROI}_f} = \frac{-\zeta \pm \sqrt{\delta}}{2} \text{ et } \delta = \zeta^2 - 4.v.\rho$$

$$\text{Avec } \begin{cases} \zeta = (dc_i - D_{\text{ROI}_i}) \left(1 - \frac{M.b_i.f_i + E.b.D_{\text{ROI}_i}}{B.D_{\text{ROI}_i}} \right) \\ \rho = (dc_i - D_{\text{ROI}_i}) \left(\frac{-E.b_i}{B} \right) \end{cases}$$

Ensuite, à l'étape K3, le dispositif d'évaluation 10 détermine des écarts entre valeurs

initiales et finales :

$$\Delta_{\text{foreground}} = z_{\text{foreground}_f} - z_{\text{foreground}_i}$$

$$\Delta_{\text{background}} = z_{\text{background}_f} - z_{\text{background}_i}$$

$$\Delta_{D_{\text{xz}}=1} = D_{\text{ROI}_f} - D_{\text{ROI}_i}$$

Puis, à l'étape K4, le dispositif d'évaluation 10 détermine un écart Δ en sélectionnant le plus élevé des écarts de l'étape K3. En sélectionnant l'écart Δ le plus grand, on donne priorité à la vérification du critère de confort de visualisation relatif à la profondeur de mise au point, et si possible on vérifie également le critère de conservation des formes, voire des dimensions.

5 En effet, les écarts $\Delta_{\text{foreground}}$ et $\Delta_{\text{background}}$ représentent des seuils en-deçà desquels les conditions correspondantes ne sont plus vérifiées. Ainsi, pour toute valeur de Δ supérieure ou égale au maximum de $\Delta_{\text{foreground}}$ et $\Delta_{\text{background}}$, le critère de confort de visualisation sera respecté.

Autrement dit, si l'écart $\Delta_{D_{xz}=1}$ est inférieur au maximum de $\Delta_{\text{foreground}}$ et $\Delta_{\text{background}}$, la sélection de la valeur maximale aura pour effet que le critère de confort de visualisation sera respecté, mais pas le critère de conservation des formes. Par contre, si l'écart $\Delta_{D_{xz}=1}$ est supérieur au maximum de $\Delta_{\text{foreground}}$ et $\Delta_{\text{background}}$, la sélection de la valeur maximale aura pour effet que le critère de confort de visualisation sera respecté et que le critère de conservation des formes sera également respecté.

15 Enfin, à l'étape K4, le dispositif d'évaluation 10 détermine des nouvelles valeurs pour la distance d'avant plan $d_{\text{foreground},f}$, la distance d'arrière plan $d_{\text{background},f}$, la distance d'intérêt $D_{\text{ROI},f}$, la distance de convergence dc et la distance focale f :

$$\begin{aligned} d_{\text{foreground},f} &= d_{\text{foreground},i} + \Delta \\ dc_f &= dc_i + \Delta \\ D_{\text{ROI},f} &= D_{\text{ROI},i} + \Delta \\ d_{\text{background},f} &= d_{\text{background},i} + \Delta \\ f_f &= f_i \frac{D_{\text{ROI},f}}{D_{\text{ROI},i}} \end{aligned}$$

20 Dans une application du type de celle représentée à la figure 5, l'utilisateur d'un appareil de prise de vue 3 à entraxe b fixe peut, en fonction des valeurs précitées affichées dans la fenêtre 24, s'approcher ou s'éloigner de la scène 2 et modifier la focale pour garder le cadre constant.

On décrit maintenant, en référence à la **figure 11**, un troisième exemple de déroulement de l'étape E5 d'optimisation. Dans cet exemple, l'étape E5 vise à déterminer une valeur optimale pour la distance focale f , permettant de vérifier le critère de confort de visualisation relatif à la profondeur de mise au point, et si possible le critère de conservation des formes et le critère de conservation des dimensions.

A l'étape L1, le dispositif d'évaluation 10 détermine une valeur initiale f_i pour la distance focale. Par exemple, le dispositif d'évaluation 10 utilise la valeur f obtenue à l'étape E1.

30 Ensuite, à l'étape L2, le dispositif d'évaluation 10 détermine quatre valeurs pour la distance focale f :

- une valeur permettant d'assurer que $Z_{\text{foreground}} \geq Z_{\text{minDOF}}$:

$$f_{\min DOF} = \frac{(E - Z_{\min DOF}).B.z_{foreground}}{M.b.Z_{\min DOF} \cdot \left(1 - \frac{z_{foreground}}{d_c}\right)}$$

- une valeur permettant d'assurer que $Z_{background} \leq Z_{\max DOF}$:

$$f_{\max DOF} = \frac{(E - Z_{\max DOF}).B.z_{background}}{M.b.Z_{\max DOF} \cdot \left(1 - \frac{z_{background}}{d_c}\right)}$$

- une valeur permettant d'assurer la conservation des formes ($D_{xz}=1$) :

$$5 \quad f_{D_{xz}=1} = \frac{E.b - B.D_{ROI}}{M.b \cdot \left(1 - \frac{D_{ROI}}{dc}\right)}$$

- une valeur permettant d'assurer la conservation des dimensions ($D_x=1$):

$$f_{D_x=1} = \frac{B.D_{ROI}}{M \cdot [B - b \cdot \left(1 - \frac{D_{ROI}}{dc}\right)]}$$

Puis, à l'étape L3, le dispositif d'évaluation 10 détermine la valeur optimale pour la focale f en sélectionnant la plus petite des valeurs déterminées à l'étape L2. Si les valeurs de $f_{D_{xz}}$

10 et de f_{D_x} sont égales, on sélectionne $f_{D_{xz}}$ si la distorsion en profondeur Dz est comprise entre 0.5 et 2 pour la distance d'intérêt D_{ROI} .

En sélectionnant la valeur optimale de la distance focale f de la sorte, on donne priorité à la vérification du critère de confort de visualisation relatif à la profondeur de mise au point, et si possible on vérifie également le critère de conservation des formes, voire des dimensions.

En effet, les valeurs $f_{\min DOF}$ et $f_{\max DOF}$ représentent des seuils au-delà desquels les conditions correspondantes ne sont plus vérifiées. Ainsi, pour toute valeur de f inférieure ou égale au minimum de $f_{\min DOF}$ et $f_{\max DOF}$, le critère de confort de visualisation sera respecté.

Autrement dit, si les valeurs $f_{D_{xz}=1}$ et $f_{D_x=1}$ sont supérieures au minimum de $f_{\min DOF}$

20 et $f_{\max DOF}$, la sélection de la valeur minimale aura pour effet que le critère de confort de visualisation sera respecté, mais pas les critères de conservation des formes et des dimensions. Par contre, si la valeur $f_{D_{xz}=1}$ et/ou $f_{D_x=1}$ est inférieure au minimum de $f_{\min DOF}$ et $f_{\max DOF}$, la sélection de la valeur minimale aura pour effet que le critère de confort de visualisation sera respecté et que le critère de conservation des formes et/ou des dimensions sera également respecté.

L'algorithme de la figure 9, 10 ou 11 peut être utilisé, en fonction des contraintes de l'application et/ou des paramètres que l'utilisateur accepte de modifier. Les contraintes de l'application et les paramètres pouvant être modifiés sont par exemple précisés à l'étape E1.

De manière générale, au cours des étapes J2 et J3, K3 et K4 ou L2 et L3, la détermination d'une valeur optimisée d'un paramètre de prise de vue, c'est-à-dire de b_f , de Δ ou de f_f , comprend :

- La détermination d'une première valeur du paramètre de prise de vue délimitant une plage dans laquelle le critère de confort de visualisation est vérifié. Il s'agit du minimum de $b_{f,\min DOF}$ et $b_{f,\max DOF}$ dans le cas de la figure 9, du maximum de $\Delta_{\text{foreground}}$ et $\Delta_{\text{background}}$ dans le cas de la figure 10, et du minimum de $f_{\min DOF}$ et $f_{\max DOF}$ dans le cas de la figure 11.
- La détermination d'au moins une deuxième valeur du paramètre de prise de vue avec laquelle un critère de conservation des formes ou des dimensions est vérifié. Il s'agit de $b_{f,Dxz}$ et/ou $b_{f,Dx}$ dans le cas de la figure 9, de $\Delta_{Dxz=1}$ dans le cas de la figure 10, et de $f_{Dxz=1}$ et $f_{Dx=1}$ dans le cas de la figure 11.
- La sélection de la première valeur si la deuxième valeur n'est pas dans ladite plage ou de sélection de la deuxième valeur si la deuxième valeur est dans ladite plage.

On a donné ci-dessus plusieurs équations pouvant être utilisées pour déterminer des paramètres de prise de vue optimaux. Ces équations sont basées sur les équations obtenues avec la prise de vue parallèle qui sont moins complexes que celles liées à la prise de vue avec convergence physique des caméras. On démontre que le long de l'axe de la profondeur restituée Z ($X=Y=0$), la valeur de Z et des distorsions en profondeur sont équivalentes avec une erreur relative inférieure à l'échantillonnage des écrans. Pour cette raison, l'optimisation du relief et des distorsions propose donc des nouveaux paramètres de prise de vue calculés à partir des équations issues de la prise de vue parallèle.

REVENDEICATIONS

1. Procédé d'évaluation d'une chaîne (1) de production et de visualisation d'images stéréoscopiques d'une scène (2), mis en œuvre par un ordinateur (10), comprenant :

- 5 - une étape (E1) d'obtention de paramètres de prise de vue et de paramètres de visualisation caractérisant ladite chaîne (1) de production et de visualisation,
- une étape (E3) d'évaluation d'un critère de qualité de visualisation en fonction desdits paramètres de prise de vue et desdits paramètres de visualisation, ledit critère de qualité de visualisation comprenant un critère confort de visualisation évalué en vérifiant que, pour toute profondeur réelle
- 10 (z) de la scène (2), la profondeur restituée (Z) est comprise dans un intervalle ($Z_{\min DOF}$, $Z_{\max DOF}$) prédéterminé,
- caractérisé en ce que le critère de qualité de visualisation comprend en outre un critère de conservation des formes ou des dimensions et en ce que le procédé comprend:
- une étape (E3) d'évaluation du critère de conservation des formes ou des dimensions en vérifiant
- 15 que la forme ou la dimension des objets restitués de la scène n'est pas modifiée,
- une étape (E4) d'émission d'un avertissement lorsque au moins un des critères confort de visualisation ou conservation des formes ou des dimensions n'est pas satisfait.

- 20 2. Procédé d'évaluation selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comporte une étape (E5) d'optimisation incluant la détermination d'une valeur optimisée (b_f , d_{Cf} , f_f , $d_{\text{foreground}}$, f_r , $d_{\text{background}}$, f_r , D_{ROI} , f_r) d'au moins un paramètre de prise de vue permettant de vérifier le critère de qualité de visualisation,
- caractérisé en ce que l'étape (E5) d'optimisation comprend :
- 25 - une étape (J2, K3, L2) de détermination d'une première valeur du paramètre de prise de vue délimitant une plage dans laquelle le critère de confort de visualisation est satisfait,
- une étape (J2, K3, L2) de détermination d'au moins une deuxième valeur du paramètre de prise de vue avec laquelle le critère de conservation des formes ou des dimensions est satisfait,
- une étape (J3, K4, L3) de sélection de la première valeur si la deuxième valeur n'est pas dans
- 30 ladite plage ou de sélection de la deuxième valeur si la deuxième valeur est dans ladite plage.

- 3. Procédé d'évaluation selon la revendication 2, dans lequel la première valeur est une valeur d'entraxe ($b_{f, \min DOF}$, $b_{f, \max DOF}$) représentant un seuil au-delà duquel le critère de confort de visualisation n'est pas satisfait, ladite au moins une deuxième valeur comprend une
- 35 valeur d'entraxe ($b_{f, Dxz}$) pour laquelle le critère de conservation des formes est satisfait et une

valeur d'entraxe ($b_{f,Dx}$) pour laquelle le critère de conservation des dimensions est satisfait, l'étape de sélection comprenant la sélection d'une valeur minimale.

4. Procédé d'évaluation selon la revendication 2, dans lequel la première valeur est un écart ($\Delta_{\text{foreground}}$, $\Delta_{\text{background}}$) représentant un seuil en-deçà duquel le critère de confort de visualisation n'est pas satisfait, ladite au moins une deuxième valeur comprend un écart ($\Delta_{D_{xz}=1}$) pour lequel le critère de conservation des formes est satisfait, l'étape de sélection comprenant la sélection d'un écart maximal.

5. Procédé d'évaluation selon la revendication 2, dans lequel la première valeur est une valeur de focale ($f_{\min DOF}$, $f_{\max DOF}$) représentant un seuil au-delà duquel le critère de confort de visualisation n'est pas satisfait, ladite au moins une deuxième valeur comprend une valeur de focale ($f_{D_{xz}}$) pour laquelle le critère de conservation des formes est satisfait et une valeur de focale (f_{D_x}) pour laquelle le critère de conservation des dimensions est satisfait, l'étape de sélection comprenant la sélection d'une valeur minimale.

6. Procédé d'évaluation selon la revendication 2, comprenant une étape d'affichage de ladite valeur optimisée sur une interface homme/machine (14).

7. Procédé d'évaluation selon la revendication 2, comprenant une étape de commande d'un appareil de prise de vue (3) en fonction de ladite valeur optimisée.

8. Procédé d'évaluation selon la revendication 7, dans lequel l'étape (E1) d'obtention comprend l'obtention de paramètres de prises de vue et/ou d'images stéréoscopiques de la part de l'appareil de prise de vue (3), ladite valeur optimisée étant déterminée en fonction des paramètres de prises de vue et/ou des images stéréoscopiques obtenues de la part de l'appareil de prise de vue (3).

9. Procédé d'évaluation selon la revendication 2, dans lequel l'étape (E5) d'optimisation comprend une étape (J3) de détermination d'une valeur optimisée d'un entraxe (b_f) et une étape (J5) de détermination d'une valeur optimisée d'une distance de convergence (dc_f) d'un appareil de prise de vue (3), en fonction d'une distance focale (f) déterminée.

10. Procédé d'évaluation selon la revendication 2, dans lequel l'étape (E5) d'optimisation comprend une étape (K5) de détermination d'une valeur optimisée d'au moins une

distance de prise de vue ($d_{\text{foreground}, f}$, $d_{\text{background}, f}$, $D_{\text{ROI}, f}$), d'une distance de convergence (dc_f) et d'une distance focale (f_f) d'un appareil de prise de vue (3) en fonction d'un entraxe (b) déterminé.

11. Procédé d'évaluation selon la revendication 2, dans lequel l'étape (E5) d'optimisation comprend une étape (L3) de détermination d'une valeur optimisée d'une distance focale (f_f) d'un appareil de prise de vue (3) en fonction d'un entraxe (b) et d'une distance de convergence (dc) déterminés.

12. Procédé d'évaluation selon la revendication 1, dans lequel l'étape (E1) d'obtention comprend l'obtention de métadonnées associées à des images stéréoscopiques, lesdites métadonnées incluant au moins certains desdits paramètres de prise de vue desdites images stéréoscopiques.

13. Programme d'ordinateur comportant des instructions pour l'exécution des étapes d'un procédé d'évaluation selon la revendication 1 lorsque ledit programme est exécuté par un ordinateur.

14. Support d'informations lisible par un ordinateur, et comportant des instructions d'un programme d'ordinateur selon la revendication 13.

15. Dispositif d'évaluation (10) d'une chaîne (1) de production et de visualisation d'images stéréoscopiques d'une scène (2), comprenant :

- des moyens (15) d'obtention de paramètres de prise de vue et de paramètres de visualisation caractérisant ladite chaîne (1) de production et de visualisation,

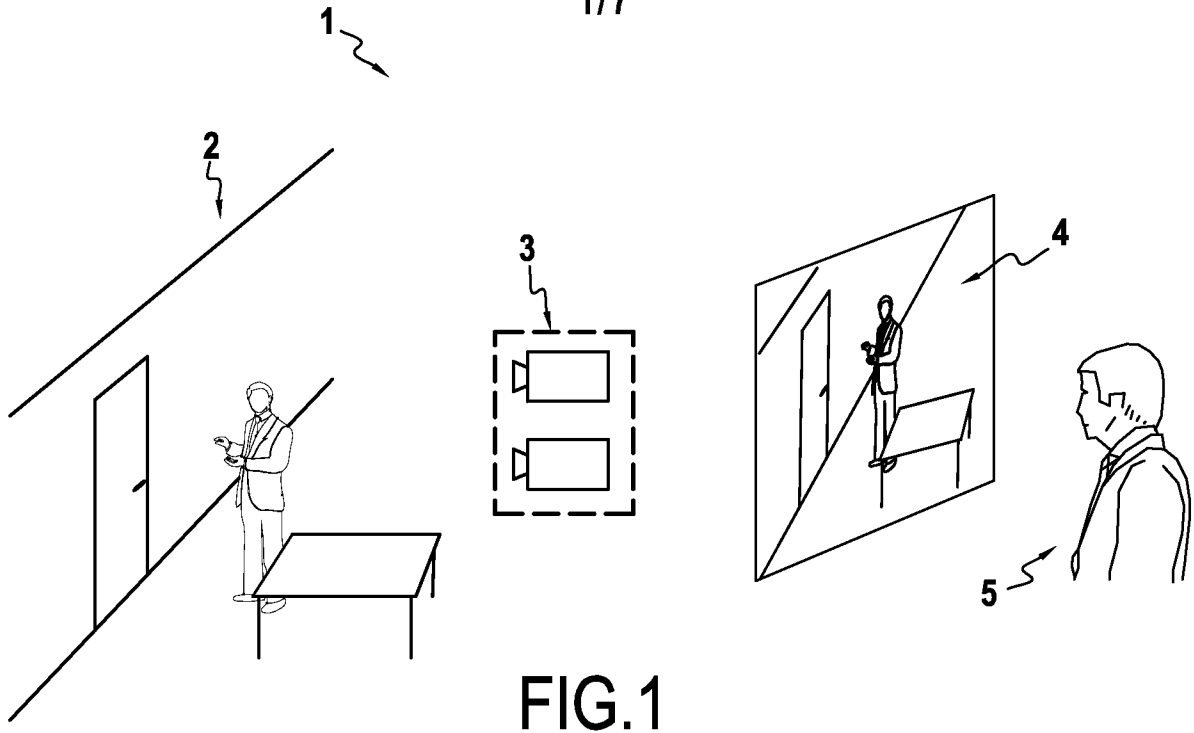
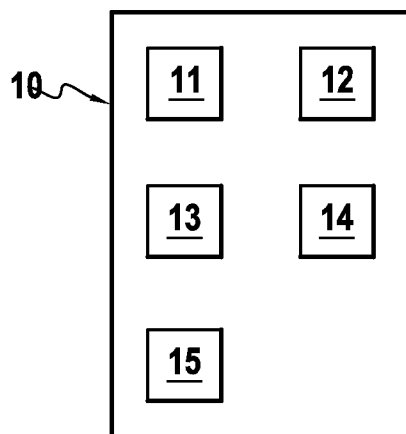
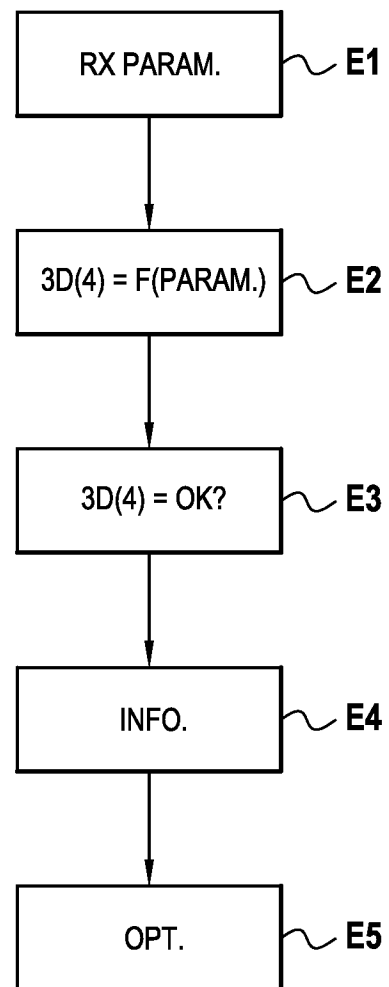
- des moyens (11) d'évaluation d'un critère de qualité de visualisation en fonction desdits paramètres de prise de vue et desdits paramètres de visualisation, ledit critère de qualité de visualisation comprenant un critère confort de visualisation évalué en vérifiant que, pour toute profondeur réelle (z) de la scène (2), la profondeur restituée (Z) est comprise dans un intervalle (Z_{minDOF} , Z_{maxDOF}) prédéterminé,

caractérisé en ce que le critère de qualité de visualisation comprend en outre un critère de conservation des formes ou des dimensions et en ce que le dispositif comprend:

- des moyens d'évaluation du critère de conservation des formes ou des dimensions en vérifiant que la forme ou la dimension des objets restitués de la scène n'est pas modifiée,

- des moyens (14) d'émission d'un avertissement lorsque au moins un des critères confort de visualisation et conservation des formes ou des dimensions n'est pas satisfait.

1/7



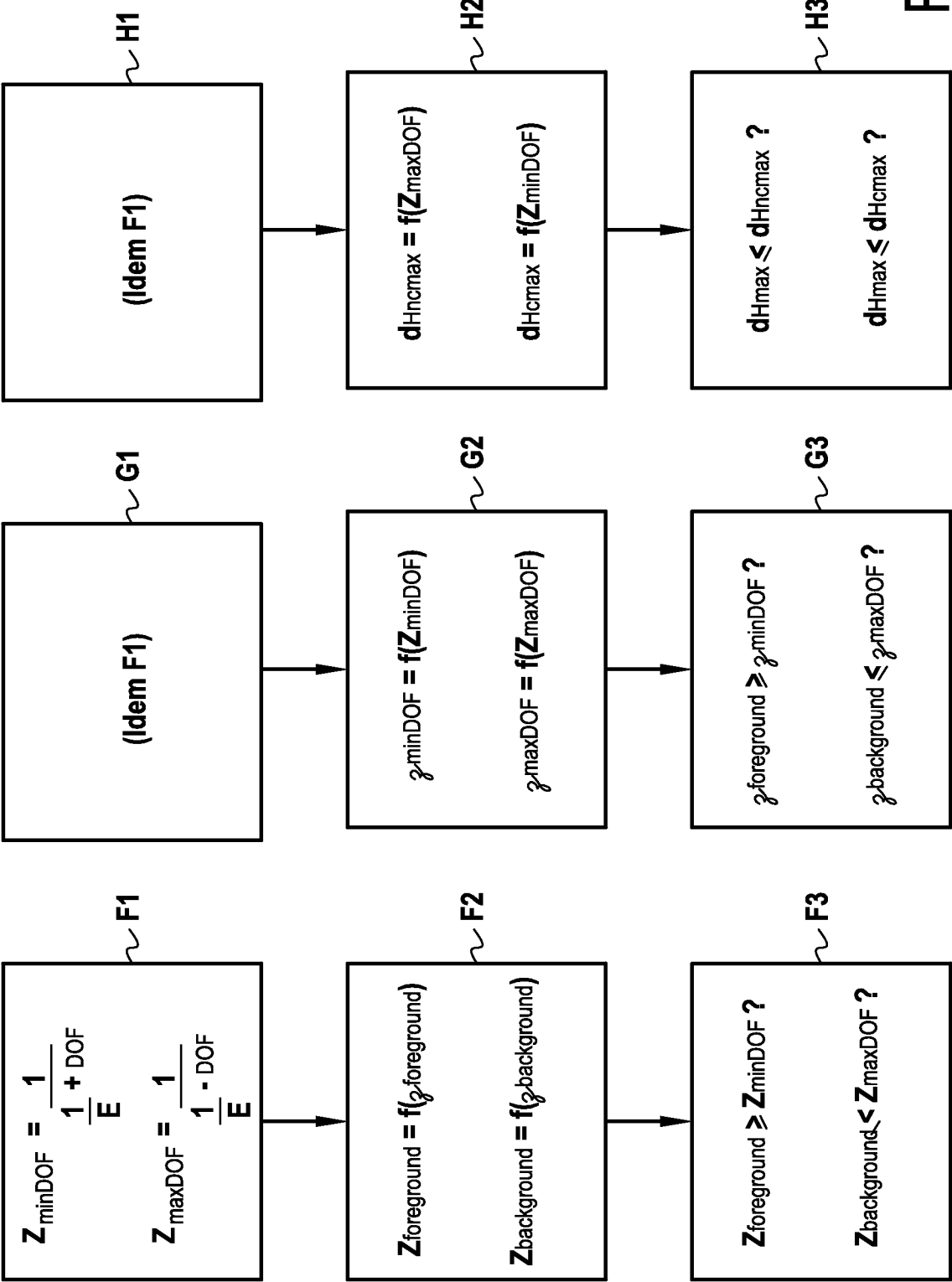


FIG.4

3/7

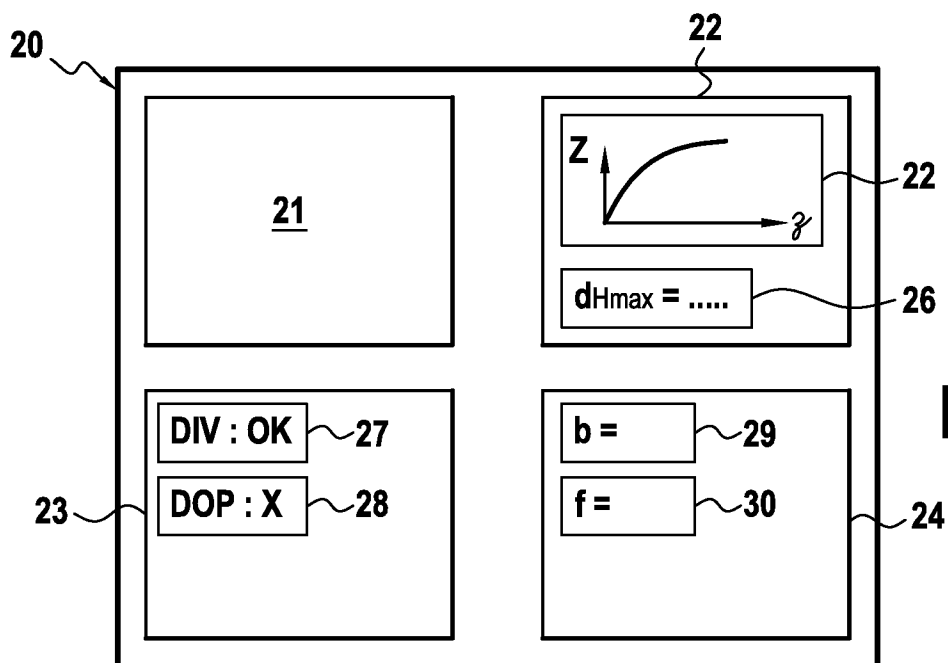


FIG. 5

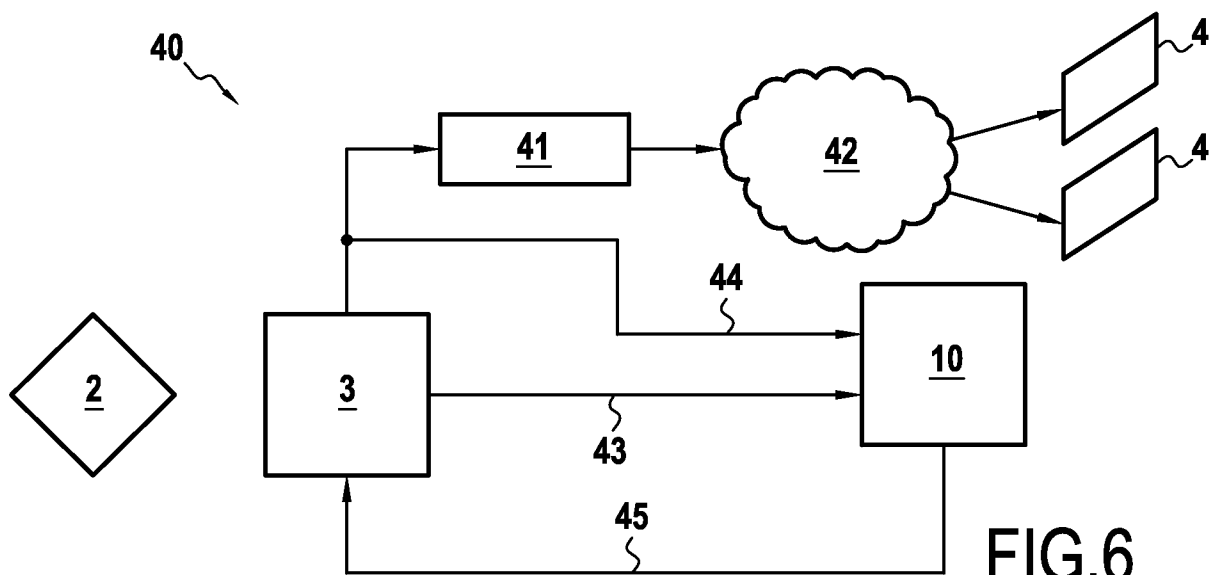


FIG. 6

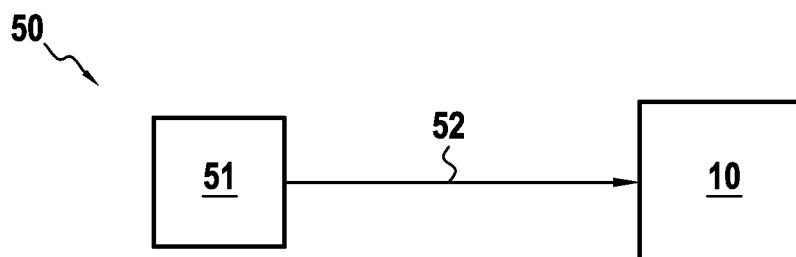


FIG. 7

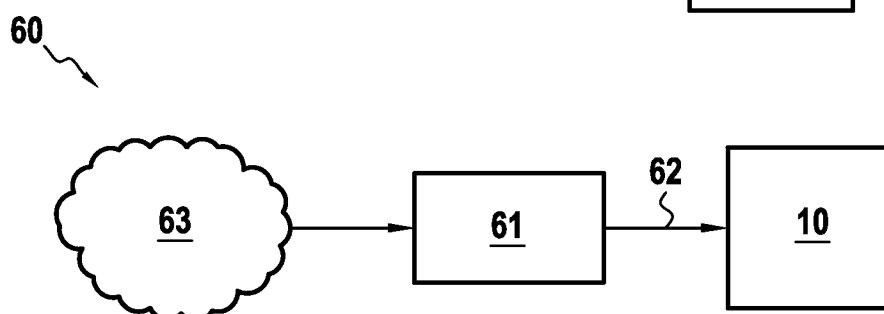


FIG. 8

4/7

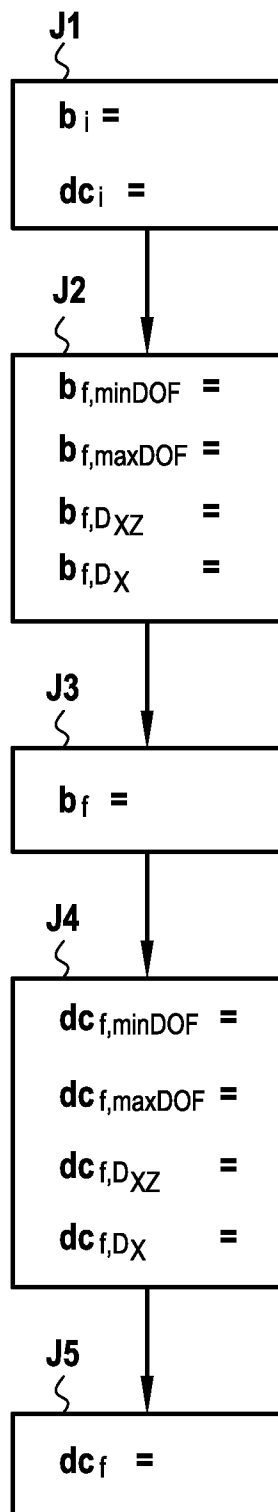
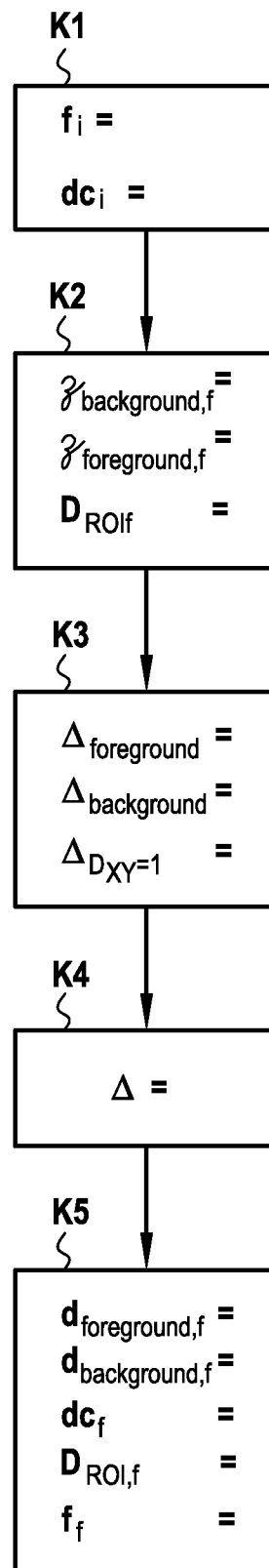
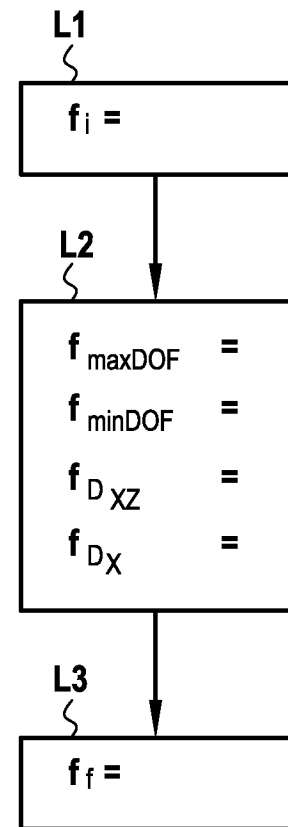


FIG.11

5/7

Paramètre	PDV parallèle
Disparité horizontale	$d_H = f.b \left(\frac{1}{d_c} - \frac{1}{z} \right)$
Disparité verticale	$d_V = 0$
Position horizontale restituée	$X = \frac{M.B.f.x}{B.z + M.f.b \left(1 - \frac{z}{d_c} \right)}$
Position verticale restituée	$Y = \frac{M.B.f.y}{B.z + M.f.b \left(1 - \frac{z}{d_c} \right)}$
Profondeur restituée	$Z = \frac{E.B.z}{B.z + M.f.b \left(1 - \frac{z}{d_c} \right)}$
Distorsion latérale	$D_x = \frac{\partial X}{\partial x} = \frac{M.B.f}{B.z + M.f.b \left(1 - \frac{z}{d_c} \right)}$
Distorsion verticale	$D_y = \frac{\partial Y}{\partial y} = \frac{M.B.f}{B.z + M.f.b \left(1 - \frac{z}{d_c} \right)}$
Distorsion en profondeur	$D_z = \frac{\partial Z}{\partial z} = \frac{E.B.M.f.b}{\left[B.z + M.f.b \left(1 - \frac{z}{d_c} \right) \right]^2}$
Erreur de forme	$D_{xz} = \frac{D_z}{D_x} = \frac{E.b}{B.z + M.f.b \left(1 - \frac{z}{d_c} \right)}$

FIG.12

Paramètre	PDV avec convergence physique
Dispanité horizontale	$d_H = f \cdot \left[\frac{x \cos \frac{\alpha}{2} + z \sin \frac{\alpha}{2} \cdot \cos \frac{\alpha}{2}}{-x \sin \frac{\alpha}{2} + z \cos \frac{\alpha}{2} \cdot \sin \frac{\alpha}{2}} - \frac{b \cos \frac{\alpha}{2}}{x \cos \frac{\alpha}{2} - z \sin \frac{\alpha}{2} \cdot \cos \frac{\alpha}{2}} + \frac{b \sin \frac{\alpha}{2}}{x \sin \frac{\alpha}{2} + z \cos \frac{\alpha}{2} \cdot \sin \frac{\alpha}{2}} \right]$
Dispanité verticale	$d_V = f \cdot \left[\frac{y}{-x \sin \frac{\alpha}{2} + z \cos \frac{\alpha}{2} \cdot \sin \frac{\alpha}{2}} - \frac{y}{x \sin \frac{\alpha}{2} + z \cos \frac{\alpha}{2} \cdot \sin \frac{\alpha}{2}} \right]$
Position horizontale restituée	$X = \frac{M \cdot B \cdot f \cdot \left\{ \tan \left[\arctan \left(\frac{b+2x}{2z} \right) - \alpha \right] - \tan \left[\arctan \left(\frac{b-2x}{2z} \right) - \alpha \right] \right\}}{2 \cdot \left\{ B + M \cdot f \cdot \left[\tan \left[\arctan \left(\frac{b-2x}{2z} \right) - \alpha \right] + \tan \left[\arctan \left(\frac{b+2x}{2z} \right) - \alpha \right] \right] \right\}}$
Position verticale restituée	$Y = \frac{M \cdot B \cdot f \cdot \left[\frac{y}{z \cos \alpha + \left(x + \frac{b}{2} \right) \sin \alpha} - \frac{y}{z \cos \alpha - \left(x - \frac{b}{2} \right) \sin \alpha} \right]}{2 \cdot \left\{ B + M \cdot f \cdot \left[\tan \left[\arctan \left(\frac{b-2x}{2z} \right) - \alpha \right] + \tan \left[\arctan \left(\frac{b+2x}{2z} \right) - \alpha \right] \right] \right\}}$
Profondeur restituée	$Z = \frac{E \cdot \left[\cos^2 \frac{\alpha}{2} \cdot x^2 + b \cos \frac{\alpha}{2} \cdot x + \left(\frac{b^2}{4} - x^2 \right) \cdot \sin^2 \frac{\alpha}{2} \right]}{\left(\cos^2 \frac{\alpha}{2} - 2 \cdot \frac{M \cdot f}{B} \cdot \cos \frac{\alpha}{2} \cdot \sin \frac{\alpha}{2} + b \cdot \cos \frac{\alpha}{2} \cdot \sin \frac{\alpha}{2} + \frac{M \cdot f}{B} \cdot \left(\cos^2 \frac{\alpha}{2} - \sin^2 \frac{\alpha}{2} \right) \right) \cdot \left[x + \left(\frac{b^2}{4} - x^2 \right) \cdot \left(\sin^2 \frac{\alpha}{2} + 2 \cdot \frac{M \cdot f}{B} \cdot \cos \frac{\alpha}{2} \cdot \sin \frac{\alpha}{2} \right) \right]}$
Distorsion latérale	$D_x = \frac{M \cdot f \cdot x \cdot \left[\left(\cos^2 \frac{\alpha}{2} - 2 \cdot \frac{M \cdot f}{B} \cdot \cos \frac{\alpha}{2} \cdot \sin \frac{\alpha}{2} + b \cdot \cos \frac{\alpha}{2} \cdot \sin \frac{\alpha}{2} + \frac{M \cdot f}{B} \cdot \left(\cos^2 \frac{\alpha}{2} - \sin^2 \frac{\alpha}{2} \right) \right) \cdot \left(\frac{b^2}{4} - x^2 \right) + \left(\frac{b^2}{4} - x^2 \right) \cdot \left(\sin^2 \frac{\alpha}{2} + 2 \cdot \frac{M \cdot f}{B} \cdot \cos \frac{\alpha}{2} \cdot \sin \frac{\alpha}{2} \right) \right]}{\left[\left(\cos^2 \frac{\alpha}{2} - 2 \cdot \frac{M \cdot f}{B} \cdot \cos \frac{\alpha}{2} \cdot \sin \frac{\alpha}{2} + b \cdot \cos \frac{\alpha}{2} \cdot \sin \frac{\alpha}{2} + \frac{M \cdot f}{B} \cdot \left(\cos^2 \frac{\alpha}{2} - \sin^2 \frac{\alpha}{2} \right) \right) \cdot \left(\frac{b^2}{4} - x^2 \right) + \left(\frac{b^2}{4} - x^2 \right) \cdot \left(\sin^2 \frac{\alpha}{2} + 2 \cdot \frac{M \cdot f}{B} \cdot \cos \frac{\alpha}{2} \cdot \sin \frac{\alpha}{2} \right) \right]^2}$

Distorsion verticale	$D_y = \frac{\partial Y}{\partial y} = \frac{M.B.f^2}{2} \left\{ B + M.f \left[\tan \arctan \left(\frac{b-2x}{2z} \right) - \alpha \right] + \tan \arctan \left(\frac{b+2x}{2z} \right) - \alpha \right\}$ $\frac{1}{z \cos \alpha + \left(x + \frac{b}{2} \right) \sin \alpha - z \cos \alpha - \left(x - \frac{b}{2} \right) \sin \alpha}$
Distorsion en profondeur	$D_z = \frac{M.f}{E} \left[\frac{M.f}{B} \left[\cos^2 \frac{\alpha}{2} \cdot x^2 + 4 \left(\frac{b^2}{4} - x^2 \right) \cos \frac{\alpha}{2} \sin \frac{\alpha}{2} \cdot x + b \left(\frac{b^2}{4} - x^2 \right) \sin^2 \frac{\alpha}{2} \right] \right. \\ \left. \left[\left(\cos^2 \frac{\alpha}{2} - 2 \cdot \frac{M.f}{B} \cos \frac{\alpha}{2} \sin \frac{\alpha}{2} \right) x^2 + b \left[\cos \frac{\alpha}{2} \sin \frac{\alpha}{2} + \frac{M.f}{B} \left(\cos^2 \frac{\alpha}{2} \sin \frac{\alpha}{2} \right) \right] x + \left(\frac{b^2}{4} - x^2 \right) \left(\sin^2 \frac{\alpha}{2} + 2 \cdot \frac{M.f}{B} \cos \frac{\alpha}{2} \sin \frac{\alpha}{2} \right) \right] \right]^2$
Erreur de forme	$D_{\alpha} = \frac{E}{B.z} \left[b \cos^2 \frac{\alpha}{2} \cdot x^2 + 4 \left(\frac{b^2}{4} - x^2 \right) \cos \frac{\alpha}{2} \sin \frac{\alpha}{2} \cdot x + b \left(\frac{b^2}{4} - x^2 \right) \sin^2 \frac{\alpha}{2} \right] \\ \left(\cos^2 \frac{\alpha}{2} - 2 \cdot \frac{M.f}{B} \cos \frac{\alpha}{2} \sin \frac{\alpha}{2} \right) x^2 + b \left[\cos \frac{\alpha}{2} \sin \frac{\alpha}{2} + \frac{M.f}{B} \left(\cos^2 \frac{\alpha}{2} \sin \frac{\alpha}{2} \right) \right] x + \left(\frac{b^2}{4} - x^2 \right) \left(\sin^2 \frac{\alpha}{2} + 2 \cdot \frac{M.f}{B} \cos \frac{\alpha}{2} \sin \frac{\alpha}{2} \right)$

FIG.13B

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/FR2011/052958

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. H04N13/00
ADD.

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

B. FIELDS SEARCHED

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

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

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

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 1 089 573 A2 (SHARP KK [JP]) 4 April 2001 (2001-04-04)	1-15
Y	the whole document	1-15
X	EP 1 085 769 A2 (SHARP KK [JP]) 21 March 2001 (2001-03-21)	1-15
Y	0051-0101; figures 1-3, 7, 8	1-15
Y	EP 0 641 132 A1 (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD [JP]) 1 March 1995 (1995-03-01) abstract; claim 1; figures 1, 2, 5-11	1-15
Y	US 2008/043095 A1 (VETRO ANTHONY [US] ET AL) 21 February 2008 (2008-02-21) abstract; figures 7, 8 0002-0006; 0034-0037; 0046-0051; 0088-0089; 0095-0099;	1-15
	----- -/-	



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

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

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

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

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

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

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

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

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

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

29 February 2012

Date of mailing of the international search report

08/03/2012

Name and mailing address of the ISA/

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

Authorized officer

Löser, Eberhard

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/FR2011/052958

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2006/192851 A1 (SUGAHARA TAKAYUKI [JP] ET AL) 31 August 2006 (2006-08-31) 0025-0028; abstract -----	1-15
X	US 2005/089212 A1 (MASHITANI KEN [JP] ET AL) 28 April 2005 (2005-04-28) 0003; 0015; 0020-0025; 0042; 0061; 0071-0080; 0193-0197; 0202; 0208-0214; 0239-0245; 0328-0329; 0344; claims 31-35 -----	1-15
Y	EP 1 619 903 A1 (SONY CORP [JP]; SHARP KK [JP]; SANYO ELECTRIC CO [JP]) 25 January 2006 (2006-01-25) the whole document -----	1-15
A	US 4 647 965 A (IMSAND DONALD J [US]) 3 March 1987 (1987-03-03) abstract; claim 1; figure 2 -----	1-15
A	EP 1 883 250 A1 (ERA KAZUNARI [JP]) 30 January 2008 (2008-01-30) 0028 figures 2, 3D -----	1-15
X	US 2002/030675 A1 (KAWAI TOMOAKI [JP]) 14 March 2002 (2002-03-14) the whole document -----	1-15
X	US 5 175 616 A (MILGRAM PAUL [CA] ET AL) 29 December 1992 (1992-12-29) column 4 - column 27 -----	1-15

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/FR2011/052958

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 1089573	A2	04-04-2001	EP 1089573 A2 04-04-2001
		GB 2354389 A	21-03-2001
		GB 2354391 A	21-03-2001
		JP 3568195 B2	22-09-2004
		JP 2001148869 A	29-05-2001
		US 6798406 B1	28-09-2004
EP 1085769	A2	21-03-2001	EP 1085769 A2 21-03-2001
		JP 2001142166 A	25-05-2001
		US 6512892 B1	28-01-2003
EP 0641132	A1	01-03-1995	DE 69417824 D1 20-05-1999
		DE 69417824 T2	12-08-1999
		EP 0641132 A1	01-03-1995
US 2008043095	A1	21-02-2008	EP 1978755 A2 08-10-2008
		JP 2008259171 A	23-10-2008
		US 2008043095 A1	21-02-2008
US 2006192851	A1	31-08-2006	NONE
US 2005089212	A1	28-04-2005	US 2005089212 A1 28-04-2005
		US 2011090217 A1	21-04-2011
		US 2011102427 A1	05-05-2011
		US 2011102428 A1	05-05-2011
		US 2011103680 A1	05-05-2011
		US 2011157173 A1	30-06-2011
		US 2011157174 A1	30-06-2011
		US 2011157319 A1	30-06-2011
		US 2011193861 A1	11-08-2011
		US 2012044249 A1	23-02-2012
EP 1619903	A1	25-01-2006	CN 1788497 A 14-06-2006
		EP 1619903 A1	25-01-2006
		JP 4490074 B2	23-06-2010
		JP 2004334833 A	25-11-2004
		KR 20060023957 A	15-03-2006
		US 2007257902 A1	08-11-2007
		WO 2004093469 A1	28-10-2004
US 4647965	A	03-03-1987	NONE
EP 1883250	A1	30-01-2008	AU 2006244955 A1 16-11-2006
		CA 2607633 A1	16-11-2006
		CN 101208960 A	25-06-2008
		EP 1883250 A1	30-01-2008
		JP 4283785 B2	24-06-2009
		JP 2006319469 A	24-11-2006
		KR 20080005924 A	15-01-2008
		US 2009310935 A1	17-12-2009
		WO 2006121050 A1	16-11-2006
US 2002030675	A1	14-03-2002	JP 2002095018 A 29-03-2002
		US 2002030675 A1	14-03-2002
US 5175616	A	29-12-1992	NONE

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2011/052958

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
INV. H04N13/00
ADD.

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

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

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

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

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

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	EP 1 089 573 A2 (SHARP KK [JP]) 4 avril 2001 (2001-04-04)	1-15
Y	le document en entier	1-15
X	EP 1 085 769 A2 (SHARP KK [JP]) 21 mars 2001 (2001-03-21)	1-15
Y	0051-0101; figures 1-3, 7, 8	1-15
Y	EP 0 641 132 A1 (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD [JP]) 1 mars 1995 (1995-03-01) abrégé; revendication 1; figures 1, 2, 5-11	1-15
Y	US 2008/043095 A1 (VETRO ANTHONY [US] ET AL) 21 février 2008 (2008-02-21) abrégé; figures 7, 8 0002-0006; 0034-0037; 0046-0051; 0088-0089; 0095-0099; ----- -/-	1-15



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



Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

29 février 2012

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

08/03/2012

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

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

Fonctionnaire autorisé

Löser, Eberhard

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2011/052958

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	US 2006/192851 A1 (SUGAHARA TAKAYUKI [JP] ET AL) 31 août 2006 (2006-08-31) 0025-0028; abrégé	1-15
X	US 2005/089212 A1 (MASHITANI KEN [JP] ET AL) 28 avril 2005 (2005-04-28) 0003; 0015; 0020-0025; 0042; 0061; 0071-0080; 0193-0197; 0202; 0208-0214; 0239-0245; 0328-0329; 0344; revendications 31-35	1-15
Y	EP 1 619 903 A1 (SONY CORP [JP]; SHARP KK [JP]; SANYO ELECTRIC CO [JP]) 25 janvier 2006 (2006-01-25) le document en entier	1-15
A	US 4 647 965 A (IMSAND DONALD J [US]) 3 mars 1987 (1987-03-03) abrégé; revendication 1; figure 2	1-15
A	EP 1 883 250 A1 (ERA KAZUNARI [JP]) 30 janvier 2008 (2008-01-30) 0028 figures 2, 3D	1-15
X	US 2002/030675 A1 (KAWAI TOMOAKI [JP]) 14 mars 2002 (2002-03-14) le document en entier	1-15
X	US 5 175 616 A (MILGRAM PAUL [CA] ET AL) 29 décembre 1992 (1992-12-29) colonne 4 - colonne 27	1-15

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2011/052958

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 1089573	A2	04-04-2001	EP 1089573 A2	04-04-2001
			GB 2354389 A	21-03-2001
			GB 2354391 A	21-03-2001
			JP 3568195 B2	22-09-2004
			JP 2001148869 A	29-05-2001
			US 6798406 B1	28-09-2004
EP 1085769	A2	21-03-2001	EP 1085769 A2	21-03-2001
			JP 2001142166 A	25-05-2001
			US 6512892 B1	28-01-2003
EP 0641132	A1	01-03-1995	DE 69417824 D1	20-05-1999
			DE 69417824 T2	12-08-1999
			EP 0641132 A1	01-03-1995
US 2008043095	A1	21-02-2008	EP 1978755 A2	08-10-2008
			JP 2008259171 A	23-10-2008
			US 2008043095 A1	21-02-2008
US 2006192851	A1	31-08-2006	AUCUN	
US 2005089212	A1	28-04-2005	US 2005089212 A1	28-04-2005
			US 2011090217 A1	21-04-2011
			US 2011102427 A1	05-05-2011
			US 2011102428 A1	05-05-2011
			US 2011103680 A1	05-05-2011
			US 2011157173 A1	30-06-2011
			US 2011157174 A1	30-06-2011
			US 2011157319 A1	30-06-2011
			US 2011193861 A1	11-08-2011
			US 2012044249 A1	23-02-2012
EP 1619903	A1	25-01-2006	CN 1788497 A	14-06-2006
			EP 1619903 A1	25-01-2006
			JP 4490074 B2	23-06-2010
			JP 2004334833 A	25-11-2004
			KR 20060023957 A	15-03-2006
			US 2007257902 A1	08-11-2007
			WO 2004093469 A1	28-10-2004
US 4647965	A	03-03-1987	AUCUN	
EP 1883250	A1	30-01-2008	AU 2006244955 A1	16-11-2006
			CA 2607633 A1	16-11-2006
			CN 101208960 A	25-06-2008
			EP 1883250 A1	30-01-2008
			JP 4283785 B2	24-06-2009
			JP 2006319469 A	24-11-2006
			KR 20080005924 A	15-01-2008
			US 2009310935 A1	17-12-2009
			WO 2006121050 A1	16-11-2006
US 2002030675	A1	14-03-2002	JP 2002095018 A	29-03-2002
			US 2002030675 A1	14-03-2002
US 5175616	A	29-12-1992	AUCUN	