

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 13.05.19.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 20.11.20 Bulletin 20/47.

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

60 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

71 Demandeur(s) : *Institut national de recherche en infor-
matique et en automatique (INRIA) Etablissement public
— FR, Université de Bordeaux Etablissement public —
FR et UNIVERSITE DE PARIS XI PARIS SUD Etablis-
sement public — FR.*

72 Inventeur(s) : CRESPEL Thomas, REUTER Patrick
et GRANIER Xavier.

73 Titulaire(s) : Institut national de recherche en infor-
matique et en automatique (INRIA) Etablissement public,
Université de Bordeaux Etablissement public, UNIVER-
SITE DE PARIS XI PARIS SUD Etablissement public.

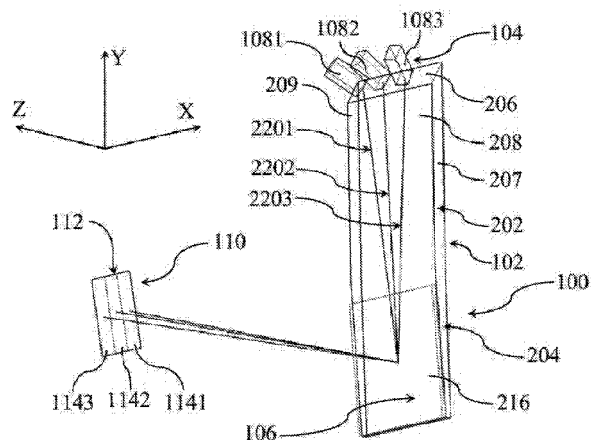
74 Mandataire(s) : Palacci Jérémie.

54 Affichage transparent.

57 [Affichage transparent

Un dispositif optique comprend un guide d'onde transpa-
rent (102), présentant une première portion d'expansion
(202) ; une deuxième portion d'expansion (204), reliée à la
première portion d'expansion (202), la deuxième portion
d'expansion (204) comprend une zone de sortie de guide
(216) ; une source de rayonnements lumineux (104) com-
prenant au moins deux sources lumineuses (1081, 1082,
1083) dirigées de manière à émettre un rayonnement lumi-
neux respectif (2201, 2202, 2203) dans la première portion
d'expansion (202), les sources lumineuses (1081, 1082,
1083) éclairant le guide d'onde transparent (102) ; et un élé-
ment optique holographique (106), disposé sur la deuxième
portion d'expansion (204) et agencé pour diffuser le rayon-
nement (2201, 2202, 2203) qui sort du guide d'onde (102).

Figure pour l'abrégé : Fig. 1]



Description

Titre de l'invention : Affichage transparent

- [0001] L'invention concerne le domaine des affichages transparents. Ces affichages sont souvent utilisés dans le cadre de la réalité augmentée. La réalité augmentée consiste à superposer des objets virtuels (images, vidéos) à des scènes réelles. L'utilisation de la réalité augmentée a fortement cru récemment, et ses applications se sont multipliées. En particulier, la réalité augmentée a trouvé nombre d'usages dans la culture et le patrimoine, dans le domaine militaire, en sciences, dans le médical, l'industrie ou le marketing.
- [0002] Les dispositifs de réalité augmentée sont généralement basés sur l'utilisation d'un écran qui reproduit une scène réelle sur laquelle des éléments de réalité augmentée sont ajoutés. Cela est par exemple réalisé au moyen de smartphones ou de casques de réalité augmentée. Ces dispositifs sont peu réalistes, ou peu pratiques à mettre en œuvre, ou les deux à la fois. En outre, ces dispositifs ne permettent pas d'observer directement la scène réelle, mais uniquement au travers d'un flux vidéo.
- [0003] On connaît également des dispositifs stéréoscopiques munis d'un guide d'onde partiellement cunéiforme couplés à un groupe de lentilles comprenant une lentille de Fresnel. Cependant, le groupe optique, et en particulier la lentille de Fresnel, ne sont pas transparents.
- [0004] On connaît encore des dispositifs comprenant un élément optique holographique par réflexion éclairé à distance par une paire de projecteurs déportés. Cependant, les projecteurs déportés rendent la mise en place de ce dispositif lourde et empêchent de le déplacer facilement. En outre, les projecteurs déportés doivent avoir une ligne de vue dégagée jusqu'au reste du dispositif, ce qui contraint le déplacement des utilisateurs et rend le dispositif très encombrant.
- [0005] Ces dispositifs présentent de nombreux désavantages, et viennent soit obstruer ou déformer la scène et donc nuire à l'effet de réalité augmentée, soit imposer des contraintes d'installation qui les rendent quasiment inutilisables dans la pratique. Enfin, la plupart des afficheurs stéréoscopiques connus nécessitent un suivi oculaire afin d'adapter les images au déplacement de l'œil ou l'utilisation de lunettes stéréoscopiques.
- [0006] L'invention vient améliorer la situation. A cet effet, l'invention propose un dispositif optique comprenant :
- un guide d'onde transparent, présentant une première portion d'expansion comprenant une paroi d'entrée reliée à deux parois opposées sensiblement parallèles, et une deuxième portion d'expansion, sensiblement en forme de coin, reliée à la première portion d'expansion de sorte que le coin rétrécit à partir de la première portion

d'expansion, la deuxième portion d'expansion comprenant une zone de sortie de guide et étant agencée de sorte qu'un rayonnement lumineux la pénétrant après avoir traversé la première portion d'expansion sort du guide d'onde au niveau de la zone de sortie de guide avec un angle supérieur à 74° ,

- une source de rayonnements lumineux comprenant au moins deux sources lumineuses dirigées vers la paroi d'entrée du guide d'onde de manière à émettre un rayonnement lumineux respectif dans la première portion d'expansion, les sources lumineuses éclairant le guide d'onde transparent entre les deux parois de la première portion d'expansion,

- un élément optique holographique, disposé sur la deuxième portion d'expansion à la zone de sortie et agencé pour diffuser le rayonnement qui sort du guide d'onde de manière sensiblement orthogonale à la direction d'incidence de ce rayonnement sur ledit élément optique holographique.

[0007] Ce dispositif est très avantageux de par sa transparence. L'avantage d'une telle transparence est double : la réalisation de la superposition d'images se fait sur une scène derrière l'afficheur, et, lorsque l'afficheur est éteint, celui-ci ne se voit presque pas.

[0008] Dans diverses variantes, le dispositif peut présenter une ou plusieurs des caractéristiques suivantes :

[0009] - les sources lumineuses sont disposées de sorte que l'élément optique holographique forme pour chaque rayonnement lumineux respectif une image en deux dimensions respective visible depuis une sous-zone de vue respective sensiblement parallèle à ladite zone de sortie de guide, les sous-zones de vue respectives ne présentant sensiblement pas de recouvrement ou d'espacement entre elles,

[0010] - les sous-zones de vue voisines sont séparées entre elles d'une distance environ égale à 3 cm, et de manière préférée comprise entre environ 2,8 cm et 3,3 cm,

[0011] - une source lumineuse donnée et la source lumineuse voisine de la source lumineuse voisine de la source lumineuse donnée projettent des images correspondant à deux points de vue d'une même scène en trois dimensions séparés d'une distance d'environ 6 cm, de manière préférée comprise entre environ 5,6 cm et 6,6 cm,

[0012] - au moins une source lumineuse projette des images définissant une séquence vidéo,

[0013] - les sources lumineuses sont monochromatiques,

[0014] - les sources lumineuses sont polychromatiques,

[0015] - au moins une source lumineuse est un projecteur laser,

[0016] - l'élément optique holographique est un élément optique holographique à transmission,

[0017] - l'élément optique holographique est en forme de dalle et est plaqué contre une paroi de la deuxième portion d'expansion.

- [0018] D'autres caractéristiques et avantages de l'invention seront exposés en détail dans la description ci-après, faite en référence aux dessins annexés, sur lesquels :
- [0019] - [fig.1] représente une vue en perspective d'un dispositif optique selon l'invention,
- [0020] - [fig.2] représente une vue en coupe longitudinale du dispositif optique de la figure 1 sans l'élément optique holographique du dispositif optique, et
- [0021] - [fig.3] représente un détail de la figure 2, au voisinage de la paroi d'entrée du dispositif optique.
- [0022] Les dessins annexés contiennent, pour l'essentiel, des éléments de caractère certain. Ils pourront donc non seulement servir à mieux faire comprendre la présente invention, mais aussi contribuer à sa définition, le cas échéant.
- [0023] Il est fait référence aux figures 1, 2 et 3.
- [0024] Afin de définir les orientations des éléments du dispositif selon l'invention, la figure 1 présente un repère. Pour la description des figures 2 et 3, les directions correspondent à celles de ce repère.
- [0025] Un dispositif optique 100 selon l'invention comprend un guide d'onde 102, une source de rayonnements lumineux 104 et un élément optique holographique 106.
- [0026] Selon l'invention, le guide d'onde 102 est du type cunéiforme et est essentiellement transparent. Le guide d'onde 102 présente une première portion d'expansion 202 et une deuxième portion d'expansion 204.
- [0027] La première portion d'expansion 202 présente sensiblement la forme d'un parallélépipède ouvert sur une de ses faces, dont la longueur s'étend selon la direction Y du repère de la figure 1 et la largeur selon la direction X du repère de la figure 1.
- [0028] La première portion d'expansion 202 présente ainsi une paroi d'entrée 206, une première paroi 208 et une deuxième paroi 210. La première paroi 208 et la deuxième paroi 210 sont opposées s'étendent sensiblement dans le plan (X ; Y). La paroi d'entrée 206 relie les parois parallèles 208 et 210, et la face ouverte du parallélépipède correspond à la face qui devrait être opposée à la paroi d'entrée 206. Les deux autres faces du parallélépipède sont référencées 207 et 209. En variante, les faces 207 et 209 ne sont pas des parallélogrammes et/ou ne sont pas parallèles entre elles. La première portion d'expansion 202 n'a alors plus une forme générale de parallélépipède, mais la première paroi 208 et la deuxième paroi 210 restent sensiblement planes et parallèles entre elles, et la paroi d'entrée 206 continue de les relier.
- [0029] La deuxième portion d'expansion 204 présente la forme d'un coin qui s'étend principalement selon la direction Y. La deuxième portion d'expansion 204 est reliée à la première portion d'expansion 202, de sorte que le coin rétrécit à partir de la première portion d'expansion 202. Dans l'exemple décrit ici, la deuxième portion d'expansion 204 est reliée à la première paroi 208 et à la deuxième paroi 210, de sorte que la première portion d'expansion 202 et la deuxième portion d'expansion 204 sont

d'un seul tenant.

- [0030] La deuxième portion d'expansion 204 présente une troisième paroi 212 et une quatrième paroi 214. La troisième paroi 212 et la quatrième paroi 214 forment le coin selon un angle de coin Acoin. La troisième paroi 212 est reliée à la première paroi 208 et forme un angle obtus avec celle-ci, tandis que la quatrième paroi 214 est reliée à la deuxième paroi 210 et s'exprime sensiblement dans le même plan que cette dernière. En variante, la troisième paroi 212 et la quatrième paroi 214 peuvent toutes deux présenter une inclinaison respectivement par rapport à la première paroi 208 et à la deuxième paroi 210 dont la somme est égale à l'angle de coin Acoin.
- [0031] Le guide d'onde 102 présente un indice de réfraction Nguide supérieur à celui du milieu dans lequel le guide 102 est plongé. Ce milieu est ici de l'air. La paroi d'entrée 206, la première paroi 208 et la deuxième paroi 210, la troisième paroi 212 et la quatrième paroi 214 forment des dioptries du guide d'onde 102.
- [0032] Dans ce qui suit, l'angle d'incidence d'un rayon lumineux sur un dioptré est défini par rapport à la normale à ce dioptré au point d'incidence.
- [0033] L'indice du milieu dans lequel se situe le guide d'onde 102 et l'indice de réfraction Nguide définissent ensemble un angle limite de réfraction Alimite tel qu'un rayon incident sur l'un des dioptries avec un angle d'incidence A est :
- [0034] – totalement réfléchi, si l'angle d'incidence A est supérieur à l'angle limite de réfraction Alimite, ou
- réfracté, si son angle d'incidence A est inférieur à l'angle limite de réfraction Alimite.
- [0035] Lorsque le rayonnement lumineux est réfracté, il traverse le dioptré et sort de celui-ci dans une direction de sortie présentant un angle de sortie Asortie satisfaisant les lois de Snell-Descartes. Cet angle de sortie est d'autant plus proche de 90° que l'angle d'incidence A est proche de l'angle limite de réfraction Alimite.
- [0036] La source de rayonnements lumineux 104 comprend plusieurs sources lumineuses, dirigées vers la paroi d'entrée 206. Ici, la source de rayonnement lumineux 104 comprend trois sources lumineuses 1081, 1082, 1083. Chaque source lumineuse 1081, 1082, 1083 est adaptée pour émettre un rayonnement lumineux respectif 2201, 2202, 2203. Dans l'exemple décrit ici, le nombre de projecteurs est de trois, à des fins de simplifier la description et les dessins. Cependant, la source de rayonnements lumineux 104 peut comprendre davantage de sources lumineuses.
- [0037] Le guide d'onde 102 est apte à guider chaque rayonnement lumineux respectif 2201, 2202, 2203 à travers la première portion d'expansion 202 et la deuxième portion d'expansion 204.
- [0038] Les sources lumineuses 1081, 1082, 1083 sont de préférence des sources de lumière laser. La lumière laser présente une grande cohérence spatiale, ce qui augmente la

qualité de reconstruction d'un hologramme produit par l'élément optique holographique 106. Dans l'exemple décrit ici, les sources lumineuses sont des picoprojecteurs laser par balayage « *focus free* ». Ce caractère « *focus free* » est facultatif, et permet que tous les projecteurs présentent une image nette au niveau de l'élément optique holographique 106.

- [0039] Par souci de clarté, seule la source lumineuse 1081 et son rayonnement lumineux 2201 sont représentés sur les figures 2 et 3. Cependant, ce qui va être décrit s'applique à l'identique aux sources lumineuses 1082, 1083 et à leurs rayonnements lumineux 2202, 2203.
- [0040] Le rayonnement lumineux 2201 est émis à travers la première portion d'expansion 202 avec un angle d'incidence A_0 par rapport à la normale à la première paroi 208. Afin que le rayonnement lumineux 2201 ne sorte pas de la première portion d'expansion 202, l'angle d'émission A_0 est choisi supérieur à l'angle limite de réfraction A_{limite} du guide d'onde 102. Comme la première paroi 208 et la deuxième paroi 210 sont parallèles, le rayonnement lumineux 2201 se propage le long de la première portion d'expansion 202 sans sortir de cette dernière et sans que l'angle d'incidence ne change sensiblement.
- [0041] Après plusieurs réflexions, le rayonnement lumineux 2201 atteint la face ouverte et pénètre la deuxième portion d'expansion 204. Le rayonnement lumineux 2201 subit une pluralité de réflexions successives contre la troisième paroi 212 et la quatrième paroi 214. Ici, du fait de l'angle entre la troisième paroi 212 et la quatrième paroi 214, l'angle d'incidence va progressivement diminuer avec chaque réflexion d'un incrément de réflexion égal à l'angle de coin A_{coin} .
- [0042] Lorsque l'angle d'incidence du rayonnement lumineux 2201 devient inférieur à l'angle limite de réfraction A_{limite} , le rayonnement lumineux 2201 sort du guide d'onde 102 avec un angle de sortie A_{sortie} .
- [0043] L'angle d'incidence A_0 et l'angle de coin A_{coin} sont choisis de sorte que le rayonnement lumineux 2201 sort toujours à travers la troisième paroi 212, dans une portion de la troisième paroi appelée zone de sortie de guide 216.
- [0044] La première paroi 208 et la troisième paroi 212 du guide d'onde 102 sont légèrement bombées, comme décrit dans la demande de brevet WO 2003/013151. Cet aspect n'est pas représenté sur les figures, à des fins de lisibilité. Cela permet de forcer le rayonnement lumineux 2201 à sortir du côté de la troisième paroi 212. En effet, si les parois 208 et 212 étaient parfaitement planes, une partie des rayons sortiraient par la quatrième face 214, avec pour conséquence de former au niveau de l'élément optique holographique 106 une image striée présentant des zones sombres.
- [0045] Du fait de la loi de Snell-Descartes, plus l'angle de coin A_{coin} est faible, plus la valeur minimale que l'angle de sortie A_{sortie} peut prendre est grande, c'est-à-dire

proche de 90° . Ainsi, plus l'angle de coin Acoin est faible, plus le rayonnement lumineux 2201 sort avec une incidence rasante par rapport à la zone de sortie de guide 216. En outre, plus l'angle de coin Acoin est faible, plus le rayonnement lumineux 2201 va subir un grand nombre de réflexions et parcourir une grande distance de propagation à travers le guide d'onde 102 avant d'en sortir.

- [0046] Dans l'exemple décrit ici, l'angle de coin Acoin est compris entre 0 et 20° . De préférence, l'angle de coin Acoin est inférieur à 10° . Dans l'exemple représenté schématiquement sur les figures 1 à 3, l'angle de coin Acoin vaut 2° . Dans un prototype développé par la Demanderesse, le guide d'onde 102 est en polyméthacrylate de méthyle (PMMA), d'indice de réfraction 1,49 et l'angle de sortie minimum vaut 74° si la paroi de sortie était parfaitement plane, pour un angle de coin de 2° . Avec la paroi courbée du guide d'onde 102, l'angle de sortie minimum vaut en pratique environ entre 75° et 85° .
- [0047] L'élément optique holographique 106 est disposé au niveau de la zone de sortie de guide 216. L'élément optique holographique 106 est agencé pour dévier le rayonnement lumineux 2201 (ou les rayonnements 2202 et 2203) sortant au niveau de la zone de sortie de guide 216. Le rayonnement lumineux 2201 sort de l'élément optique holographique 106 dans une direction de sortie du dispositif optique 100 sensiblement orthogonale à la direction de sortie du guide d'onde 102.
- [0048] L'élément optique holographique 106 présente une figure d'interférence enregistrée en son intérieur. La figure d'interférence est associée à une fonction de transfert qui transforme par diffraction un front d'onde incident particulier en une image optique réelle en deux dimensions, laquelle image est produite dans l'espace au niveau d'une zone de vue où est situé un diffuseur lors de l'enregistrement.
- [0049] Ainsi, lorsqu'une image est projetée en entrée du guide d'onde 102 de sorte qu'elle éclaire la totalité de l'élément optique holographique 106, un utilisateur ayant un œil au niveau de la zone de vue observe l'image en deux dimensions qui est diffusée par l'élément optique holographique 106 et qui correspond à l'image projetée en entrée du guide d'onde 102.
- [0050] Comme on le verra plus bas, le dispositif optique 100 tire avantage du fait que l'élément optique holographique 106 produit une image optique réelle décalée lorsque la source lumineuse en entrée du guide d'onde n'est pas orientée selon la direction Y dans le plan (X ; Y).
- [0051] Le fait que la source de rayonnement lumineux 104, le guide d'onde 102 et l'élément optique holographique 106 soient collés les uns aux autres rend le dispositif optique 100 compact et facilite sa fabrication. En effet, un dispositif dans lequel ces éléments seraient physiquement éloignés serait plus compliqué à monter et à calibrer.
- [0052] Dans le mode de réalisation décrit ici, l'élément optique holographique 106 a une

forme de dalle. L'élément optique holographique est plaqué contre la troisième paroi 212 au niveau de la zone de sortie de guide 216. Cela permet que l'élément optique holographique 106 récupère le rayonnement lumineux 2201 dès sa sortie du guide d'onde 102, avant qu'il n'ait trop divergé.

- [0053] La figure d'interférence de l'élément optique holographique 106 diffracte le front d'onde d'un rayonnement lumineux incident en un autre front d'onde prédéterminé, ce par quoi il dévie de 90° ce rayonnement lumineux incident. L'élément optique holographique 106 est sélectif, c'est-à-dire qu'il ne dévie que des rayonnements lumineux incidents selon une plage angulaire prédéterminée et une plage de longueurs d'onde prédéterminée, ces plages définissant une plage de sélectivité connue sous le nom de sélectivité de Bragg.
- [0054] La plage de sélectivité présente un angle d'incidence optimal, appelé angle de Bragg, pour lequel l'efficacité de la diffraction en chaque point de l'élément optique holographique 106 est optimale. L'efficacité de la diffraction de l'élément optique holographique 106 décroît à mesure que la direction d'incidence d'un rayonnement lumineux diffère angulairement de la direction d'incidence optimale. Hors de la plage de sélectivité, il n'y a pas de diffraction au sein de l'élément optique holographique 106. En l'absence de diffraction, l'élément optique holographique 106 est transparent.
- [0055] La plage de sélectivité définit donc un cône dont le sommet est le centre de l'élément optique holographique 106 et dont l'axe est sensiblement selon la direction Y. Les rayons hors de la plage de sélectivité ne sont pas déviés. En particulier, la lumière provenant d'une direction orthogonale au plan de l'élément optique holographique 106 n'est pas déviée ou déformée par ce dernier.
- [0056] L'élément optique holographique 106 présente dans l'exemple décrit une plage angulaire pour la plage de sélectivité de $\pm 10^\circ$. Un élément optique holographique 106 avec une sélectivité trop importante limite l'espacement entre les sources lumineuses les plus éloignées entre elles, ce qui réduit le champ de vue du dispositif optique 100 dans la direction X.
- [0057] L'élément optique holographique 106 est ainsi quasi-transparent. En effet, la plage de sélectivité implique une efficacité de diffraction quasi-nulle dans la direction Z, et donc une quasi-transparence.
- [0058] Le guide d'onde 102 étant lui-même transparent, le dispositif optique 100 est donc transparent hors de la plage de sélectivité. Par conséquent, la transparence du dispositif optique 100 est quasi-totale depuis un point de vue selon la direction Z. Lorsqu'on l'observe selon la direction Z, le dispositif optique 100 permet donc de voir une scène disposée physiquement derrière lui.
- [0059] L'élément optique holographique 106 présente un comportement optique de type lentille convergente, avec une distance focale fixe entre l'élément optique holo-

graphique 106 et le foyer image. Dans l'exemple décrit ici, la distance focale est sensiblement égale à 25 cm, et le type de lentille équivalente est une lentille de Fresnel, car de grande dimension. Cependant, contrairement à une lentille de Fresnel, l'élément optique holographique est transparent lorsque vu dans la direction Z.

- [0060] L'élément optique holographique 106 présente en outre un comportement de type diffuseur anisotropique. Le comportement de type diffuseur anisotropique permet à l'élément optique holographique 106 de diffuser chaque point de l'image holographique dans toute la zone de vue correspondante. L'image holographique est ainsi visible dans toute la zone de vue correspondante. Cette diffusion est ciblée, en ce sens que l'élément optique holographique 106 ne diffuse pas de lumière provenant de la plage de sélectivité hors des zones de vue.
- [0061] Dans l'exemple décrit ici, l'élément optique holographique 106 est du type élément optique holographique par transmission. Les éléments optiques holographiques par transmission présentent une sélectivité plus large que les éléments optiques holographiques par réflexion. Cela offre plus de liberté sur l'espacement des sources lumineuses ou leur nombre (à espacement fixé) qu'avec un élément optique holographique par réflexion. Néanmoins, un élément optique holographique par réflexion pourrait également être utilisé.
- [0062] La source lumineuse 1081 présente un axe d'illumination 3021. Cet axe présente une rotation d'angle $X1$ autour de l'axe X dans le plan (Y ; Z). L'angle $X1$ est complémentaire avec l'angle d'incidence $A0$. L'axe d'illumination 3021 et l'axe X définissent un axe 3101 perpendiculaire à l'axe 3021 dans le plan (Y ; Z) tel que l'axe d'illumination 3021, l'axe X et l'axe 3101 forment un repère orthonormé.
- [0063] Les sources lumineuses 1081, 1082 et 1083 sont séparées selon l'axe X d'une distance choisie. Dans l'exemple décrit ici, la distance entre deux sources lumineuses voisines est constante, et égale à 17 mm. Afin d'éclairer la même zone de l'élément optique holographique 106, la source lumineuse 1081 et la source lumineuse 1083 sont orientées à rotation par rapport à l'axe 3101. Cet angle dépend de la distance entre deux sources lumineuses voisines et de la distance entre la paroi d'entrée 206 et l'élément optique holographique 106.
- [0064] Dans le plan (Y ; Z), la source lumineuse 1081 éclaire avec une première demi-largeur angulaire autour de l'axe d'illumination 3021 qui est référencée 3061 sur la figure 3. Dans le plan (X ; axe d'illumination 3021), la source lumineuse 1081 éclaire avec une deuxième demi-largeur angulaire autour de l'axe d'illumination 3021 qui n'est pas représentée sur les figures.
- [0065] Dans la première portion d'expansion 202, le rayonnement lumineux 2201 ne s'étend pas dans la direction Z, du fait des réflexions sur la première paroi 208 et la deuxième paroi 210. A l'inverse, il est libre de s'étendre dans la direction X.

- [0066] Une fois dans la deuxième portion d'expansion 204, la situation diffère. En effet, l'amplitude de l'extension dans la direction X ne change pas par rapport à la première portion d'expansion 202. En revanche, l'angle de coin Acoin induit une extension dans la direction Y dont l'amplitude est très importante par rapport à celle dans la direction Z. En outre, l'angle de coin Acoin provoque une sortie progressive du rayonnement lumineux 2201.
- [0067] Ainsi, et en rapport avec l'image produite à 90° par rapport aux repères évoqués plus haut, l'expansion dans la première portion d'expansion 202 sera par la suite qualifiée d'horizontale (car elle vient influencer sur la direction X), et l'expansion dans la deuxième portion d'expansion 204 sera par la suite qualifiée de verticale (car elle vient influencer sur la direction Y après déviation par l'élément optique holographique 106). Plus la distance de propagation du rayonnement lumineux 2201 à travers le guide d'onde 102 est importante, plus les expansions verticale et horizontale sont importantes.
- [0068] Comme évoqué plus haut, l'élément optique holographique 106 est agencé pour former une image en deux dimensions visible sensiblement au niveau d'une zone de vue 112 dans un plan de vue 110 du dispositif optique 100 à une distance de vue prédéterminée de l'élément optique holographique 106. Le plan de vue 110 du dispositif optique 100 est sensiblement parallèle à l'élément optique holographique 106 et à la troisième paroi 212. La distance de vue est intrinsèque à l'élément optique holographique 106. Dans l'exemple décrit ici, la distance de vue est d'environ 50 cm.
- [0069] Dans l'exemple décrit ici, la source lumineuse 1082 est sensiblement orientée selon l'axe Y dans le plan (X ; Y), et l'image produite par l'élément optique holographique 106 correspond à une portion référencée 1142 de la zone de vue 112. La source lumineuse 1081 et la source lumineuse 1083 sont, comme on l'a vu, décalées par rapport à l'axe Y, de sorte que l'image produite par l'élément optique holographique 106 pour celles-ci correspond respectivement à une portion référencée 1141 et à une portion référencée 1143 de la zone de vue 112.
- [0070] Pour une source lumineuse donnée, la largeur de l'image optique réelle produite, et la distance entre l'élément optique holographique 106 et la zone de vue 112 sont fixées par la figure d'interférence enregistrée sur l'élément optique holographique 106.
- [0071] Comme la largeur de l'image produite est fixée, il est aisé de placer les sources lumineuses afin de produire un continuum d'images. De plus, ces images ne dépendent que de la source lumineuse dont elles sont issues, de sorte que de nombreuses applications sont possibles. L'espacement entre les sources lumineuses 1081, 1082 et 1083 est choisi de sorte que les zones 1141, 1142 et 1143 sont sensiblement contiguës et sans recouvrement. Pour note, si deux sources lumineuses sont trop proches entre elles, alors leurs images respectives produites par l'élément optique holographique 106

présenteront un recouvrement. Inversement, si elles sont trop espacées, alors un vide existera entre les deux images produites dans la zone de vue 112.

- [0072] Dans l'exemple décrit ici, comme les sources lumineuses 1081, 1082 et 1083 sont choisies de sorte que les zones 1141, 1142 et 1143 sont sensiblement contiguës et sans recouvrement dans la zone de vue 112, on peut considérer que celles-ci constituent une partition de la zone de vue 112. Pour cette raison, elles seront par la suite désignées en tant que sous-zones de vue 1141, 1142, 1143. Plus généralement, la zone de vue 112 peut être partitionnée en autant de sous-zones de vues qu'il y a de sources lumineuses, dans la direction X.
- [0073] Cette partition est ici réalisée de sorte que deux sous-zones de vue voisines dans la direction X soient séparées d'une demi-distance interpupillaire. Dans l'exemple décrit ici, la zone de vue 112 mesure 9 cm dans la direction X, et 10 cm dans la direction Y. Les sous-zones de vue 1141, 1142, 1143 mesurent ici chacune 3 cm de large dans la direction X. Ainsi, les sous-zones de vue extérieures 1141 et 1143 sont espacées d'une distance interpupillaire.
- [0074] Chaque source lumineuse 1081 (respectivement 1082, 1083) produit donc une image en deux dimensions au niveau de la sous-zone de vue 1141 (respectivement 1142, 1143) qui est visible lorsqu'un utilisateur place ses deux yeux dans la zone de vue 112. En projetant des images au niveau de la source lumineuse 1081 et de la source lumineuse 1083 qui correspondent à deux points de vue d'une même scène en trois dimensions séparés d'une distance interpupillaire, ses yeux voient chacun une image distincte de la même scène, ce qui produit un effet de stéréoscopie. Cet effet est obtenu sans suivi oculaire ni équipement spécifique. Ainsi, le dispositif optique 100 produit un effet d'autostéréoscopie lorsque l'utilisateur place ses yeux au niveau des sous-zones de vue 1141 et 1143.
- [0075] La production de l'élément optique holographique 106 peut être réalisée comme suit. Tout d'abord, une figure d'interférence est enregistrée au sein d'un élément holographique appelé « maître » au moyen d'optiques spécifiques et selon une procédure relativement coûteuse. Ensuite, on utilise l'élément holographique maître pour produire l'élément optique holographique 106 en série. Cette dernière étape est relativement peu coûteuse, ce qui permet de produire en grand nombre des éléments optiques holographiques, une fois l'élément holographique maître produit. Ainsi, la production en série du dispositif optique selon l'invention est possible.
- [0076] L'image holographique peut être monochromatique ou polychromatique. Pour réaliser une image polychromatique, on enregistre dans l'élément optique holographique 106 la superposition d'une figure d'interférence pour une lumière rouge, pour une lumière verte et pour une lumière bleue. Cela est également appelé multiplexage en longueur d'onde, ou superposition d'hologramme. Les sources lumineuses

1081, 1082, 1083 éclairent ensuite l'élément optique holographique 106 chacune avec une lumière comprenant une composante rouge, une composante verte et une composante bleue. La lumière de chaque composante de couleur différente est diffractée indépendamment des deux autres et leur superposition forme une image polychromatique.

- [0077] Si dans l'exemple décrit ici la source lumineuse 1082 est relativement peu utile, elle prend tout son intérêt lorsque le nombre de sources augmente. En effet, la Demanderesse a réalisé un prototype à 5 sources lumineuses, ce qui génère 3 points de vue autostéréoscopiques possibles, et considère pouvoir utiliser jusqu'à au moins 9 sources lumineuses, formant 7 points de vue autostéréoscopiques. La pluralité de points de vue autostéréoscopiques permet à un utilisateur se déplaçant autour de l'image holographique stéréoscopique de voir cette dernière sous un angle différent, toujours en relief et de manière stéréoscopique. Cela renforce l'immersion produite par le dispositif optique 100 en introduisant un effet de parallaxe horizontale.
- [0078] Dans l'exemple décrit ici, la distance entre deux les centres de sous-zones de vue voisines est de 3 cm dans la direction X, de sorte que deux sous-zones de vues ayant une sous-zone de vue voisine commune soient séparées d'une distance interpupillaire entre elles. Plus généralement, la distance interpupillaire moyenne variant entre 5,6 cm et 6,6 cm, cette distance pourra varier entre 2,8 cm et 3,3 cm.
- [0079] En variante, dans un dispositif optique avec N sources lumineuses, les centres de sous-zones de vue voisines peuvent être séparés d'une distance égale à 6 cm (respectivement entre 5,6 cm et 6,6 cm) divisé par un nombre entier M strictement inférieur à N. Lorsqu'un utilisateur dispose les yeux dans une des paires de sous-zones, celles-ci sont séparées par M-1 sous-zones. En projetant dans chaque sous-zone une fraction de scène correspondant au découpage en N points de vue, l'effet de stéréoscopie est alors amélioré lorsque l'utilisateur déplace ses yeux entre différentes paires de sous-zones, car il est rendu progressif. On peut par exemple réaliser un dispositif optique à 9 sources lumineuses où les centres des sous-zones de vue sont distants de 2 cm pour obtenir 6 vues stéréoscopiques.
- [0080] Le nombre de sources lumineuses est contraint par le fait que l'angle de champ total des sources lumineuses doit être inférieur à la sélectivité de Bragg de l'élément optique holographique 106.
- [0081] En variante, les sources peuvent être groupées de manière à définir des groupes de sous-zones de vue séparés à distance les uns des autres de sorte que chaque groupe affiche une image holographique stéréoscopique via au moins deux sous-zones de vue. Les groupes de sous-zones de vue sont agencés de sorte que les sous-zones de vue de deux groupes distincts ne peuvent pas être perçues par la même personne. Les groupes sont en outre suffisamment espacés entre eux pour que deux personnes puissent simul-

tanément observer chacune un groupe sans se gêner. Cela permet de réaliser un affichage autostéréoscopique multi-utilisateurs.

- [0082] Le dispositif optique 100, par sa transparence au voisinage de la zone de sortie de guide 216, permet donc d'afficher un hologramme tout en étant transparent. Cela permet d'incruster un hologramme dans une scène réelle, visible à travers le dispositif optique 100, sans que des éléments visibles ne nuisent à l'immersion, ce qui ouvre des possibilités de mise en œuvre de réalité augmentée totalement nouvelles.
- [0083] Un plus grand nombre de sources lumineuses, disposées de manière plus rapprochées et avec un élément optique holographique formant des zones de vue plus étroites, pourrait permettre de réaliser des transitions plus lisses au passage d'un point de vue stéréoscopique à l'autre. Ces transitions plus lisses renforcent l'immersion et la sensation que l'objet virtuel est réel.
- [0084] Il est également possible d'avoir recours à un système opto-mécanique pour déplacer une ou des sources lumineuses, ou leur image, sur la largeur de l'entrée du guide d'onde. Si ce déplacement est effectué à haute fréquence, ou asservi avec du suivi oculaire, il serait possible de démultiplier la densité de points de vue.
- [0085] Dans ce qui précède, il a été décrit un exemple dans lequel les sources lumineuses projettent des images. Cependant, le dispositif de l'invention est compatible avec l'affichage de vidéos, puisque l'élément optique holographique sert principalement à diffuser et dévier la lumière issue des sources lumineuses. Il est donc possible d'afficher une vidéo ou des contenus calculés en temps réel et/ou interactifs avec un effet d'autostéréoscopie avec un support transparent, ce qui est particulièrement novateur.
- [0086] En outre, bien que l'exemple décrit ici soit lié à une application stéréoscopique, d'autres applications peuvent être envisagées, y compris en plaçant les sources lumineuses de manière à obtenir des sous-zones de vue qui sont séparées, ou qui au contraire se recouvrent. De même, il serait envisageable de prévoir un déplacement des sources lumineuses au cours du temps afin de réaliser un effet particulier.

Revendications

[Revendication 1]

Dispositif optique, comprenant :

- un guide d'onde transparent (102), présentant une première portion d'expansion (202) comprenant une paroi d'entrée (206) reliée à deux parois opposées (208, 210) sensiblement parallèles, et une deuxième portion d'expansion (204), sensiblement en forme de coin, reliée à la première portion d'expansion (202) de sorte que le coin rétrécit à partir de la première portion d'expansion (202), la deuxième portion d'expansion (204) comprenant une zone de sortie de guide (216) et étant agencée de sorte qu'un rayonnement lumineux (2201, 2202, 2203) la pénétrant après avoir traversé la première portion d'expansion (202) sort du guide d'onde (102) au niveau de la zone de sortie de guide (216) avec un angle supérieur à 74° ,
- une source de rayonnements lumineux (104) comprenant au moins deux sources lumineuses (1081, 1082, 1083) dirigées vers la paroi d'entrée (206) du guide d'onde (102) de manière à émettre un rayonnement lumineux respectif (2201, 2202, 2203) dans la première portion d'expansion (202), les sources lumineuses (1081, 1082, 1083) éclairant le guide d'onde transparent (102) entre les deux parois opposées (208, 210) de la première portion d'expansion (202),
- un élément optique holographique (106), disposé sur la deuxième portion d'expansion (204) à la zone de sortie (216) et agencé pour diffuser le rayonnement (2201, 2202, 2203) qui sort du guide d'onde (102) de manière sensiblement orthogonale à la direction d'incidence de ce rayonnement (2201, 2202, 2203) sur ledit élément optique holographique (106).

[Revendication 2]

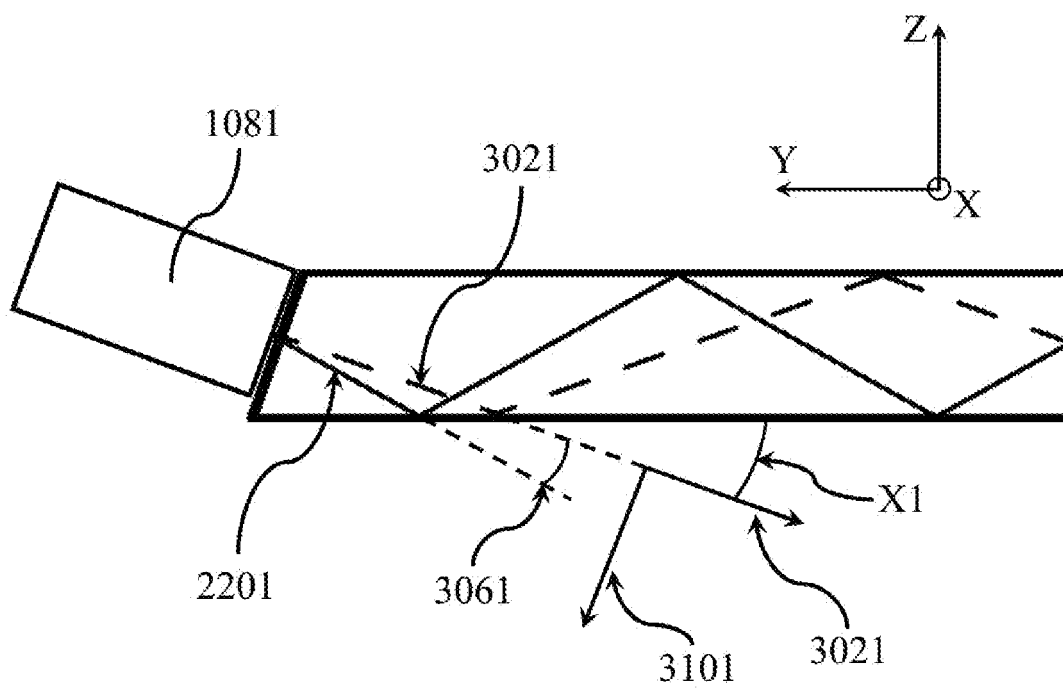
Dispositif selon la revendication 1, dans lequel les sources lumineuses (1081, 1082, 1083) sont disposées de sorte que l'élément optique holographique (106) forme pour chaque rayonnement lumineux respectif (2201, 2202, 2203) une image en deux dimensions respective visible depuis une sous-zone de vue respective (1141, 1142, 1143) sensiblement parallèle à ladite zone de sortie de guide (216), les sous-zones de vue respectives (1141, 1142, 1143) ne présentant sensiblement pas de recouvrement ou d'espacement entre elles.

[Revendication 3]

Dispositif selon la revendication 2, dans lequel les sous-zones de vue (1141, 1142, 1143) voisines sont séparées entre elles d'une distance environ égale à 3 cm, et de manière préférée comprise entre environ

- 2,8 cm et 3,3 cm.
- [Revendication 4] Dispositif selon la revendication 3, dans lequel une source lumineuse donnée (1081) et la source lumineuse (1083) voisine de la source lumineuse voisine (1082) de la source lumineuse donnée (1081) projettent des images correspondant à deux points de vue d'une même scène en trois dimensions séparés d'une distance d'environ 6 cm, de manière préférée comprise entre environ 5,6 cm et 6,6 cm.
- [Revendication 5] Dispositif selon l'une des revendications précédentes, dans lequel au moins une source lumineuse (1081, 1082, 1083) projette des images définissant une séquence vidéo.
- [Revendication 6] Dispositif selon l'une des revendications précédentes, dans lequel les sources lumineuses (1081, 1082, 1083) sont monochromatiques
- [Revendication 7] Dispositif selon l'une des revendications 1 à 5, dans lequel les sources lumineuses (1081, 1082, 1083) sont polychromatiques.
- [Revendication 8] Dispositif optique selon l'une des revendications précédentes, dans lequel au moins une source lumineuse (1081, 1082, 1083) est un projecteur laser.
- [Revendication 9] Dispositif optique selon l'une des revendications précédentes, dans lequel l'élément optique holographique (106) est un élément optique holographique à transmission.
- [Revendication 10] Dispositif optique selon l'une des revendications précédentes, dans lequel l'élément optique holographique (106) est en forme de dalle et est plaqué contre une paroi (212) de la deuxième portion d'expansion (204).

[Fig. 3]



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

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

N° d'enregistrement
national

FA 869987
FR 1904968

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	WO 2017/069946 A1 (MICROSOFT TECHNOLOGY LICENSING LLC [US]) 27 avril 2017 (2017-04-27) * abrégé; figures 2A, 2B * * alinéa [0022] - alinéa [0033] * * alinéas [0001], [0011] * -----	1-10	G02B27/22 G02B6/10
A	WO 2008/038016 A1 (CAMBRIDGE FLAT PROJECTION [GB]; LARGE TIMOTHY [GB]) 3 avril 2008 (2008-04-03) * abrégé * * figures 1-9 * * page 3 - page 6 * -----	1-10	
A	WO 2008/040960 A1 (CAMBRIDGE FLAT PROJECTION [GB]; TRAVIS ADRIAN [GB] ET AL.) 10 avril 2008 (2008-04-10) * abrégé; figures 2-7 * * page 3 - page 7 * -----	1-10	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			G02B
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
27 mars 2020		Jakober, François	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1904968 FA 869987**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.
Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **27-03-2020**
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 2017069946 A1	27-04-2017	CN 108351614 A	31-07-2018
		EP 3365733 A1	29-08-2018
		US 2017115487 A1	27-04-2017
		WO 2017069946 A1	27-04-2017

WO 2008038016 A1	03-04-2008	EP 2069835 A1	17-06-2009
		JP 5450066 B2	26-03-2014
		JP 2010505224 A	18-02-2010
		KR 20090073122 A	02-07-2009
		US 2010150498 A1	17-06-2010
		US 2012207434 A1	16-08-2012
		WO 2008038016 A1	03-04-2008

WO 2008040960 A1	10-04-2008	AT 489650 T	15-12-2010
		EP 2082268 A1	29-07-2009
		JP 5348721 B2	20-11-2013
		JP 2010506204 A	25-02-2010
		KR 20090075809 A	09-07-2009
		US 2010091254 A1	15-04-2010
		US 2012207432 A1	16-08-2012
WO 2008040960 A1	10-04-2008		
