(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

COURBEVOIE

(11) **N° de publication :** **3 144 875**
(à n'utiliser que pour les commandes de reproduction)

(21) **N° d'enregistrement national :** **23 14796**

(51) Int Cl[8] : ***G 02 B 30/29*** *(2024.01), G 02 B 27/01, H 04 N 13/366*

(12) **BREVET D'INVENTION** **B1**

(54) DISPOSITIF DE PROJECTION AÉRIENNE ET DÉMATÉRIALISÉE D'UNE IMAGE AUTOSTEREOSCOPIQUE OU D'UNE SÉQUENCE D'IMAGES AUTOSTEREOSCOPIQUES, EN PARTICULIER POUR UN USAGE DANS L'AUTOMOBILE.

(22) **Date de dépôt :** 21.12.23.

(30) **Priorité :** 05.01.23 FR 2300116.

(43) **Date de mise à la disposition du public de la demande :** 12.07.24 Bulletin 24/28.

(45) **Date de la mise à disposition du public du brevet d'invention :** 30.05.25 Bulletin 25/22.

(56) **Liste des documents cités dans le rapport de recherche :**

Se reporter à la fin du présent fascicule

(60) **Références à d'autres documents nationaux apparentés :**

◯ **Demande(s) d'extension :**

(71) **Demandeur(s) :** *ALIOSCOPY Société par actions simplifiée* — FR.

(72) **Inventeur(s) :** ALLIO Pierre, HIRSCH GERDOLLE Nicolas, MAINGREAUD Flavien et MARCELLIER Gilles.

(73) **Titulaire(s) :** ALIOSCOPY Société par actions simplifiée.

(74) **Mandataire(s) :** BRINGER IP.

FR 3 144 875 - B1

Description

Titre de l'invention : DISPOSITIF DE PROJECTION AÉRIENNE ET DÉMATÉRIALISÉE D'UNE IMAGE AUTOSTEREOSCOPIQUE OU D'UNE SÉQUENCE D'IMAGES AUTOSTEREOSCOPIQUES, EN PARTICULIER POUR UN USAGE DANS L'AUTOMOBILE

Domaine technique de l'invention

[0001] L'invention concerne un dispositif de projection aérienne et dématérialisée d'une image autostéréoscopique ou d'une séquence d'images autostéréoscopiques. L'invention est particulièrement destinée à un usage dans le domaine automobile, sans néanmoins être exclusivement destinée à cet usage.

Arrière-plan technologique

[0002] Un dispositif de projection aérienne et dématérialisée d'un objet est un dispositif qui permet de projeter une image de l'objet en avant d'une fenêtre pratiquée dans un boitier et qui donne à l'observateur l'illusion d'un objet tridimensionnel qui flotte dans l'espace.

[0003] Un tel dispositif est connu pour la projection d'objets réels. Un tel dispositif comprend typiquement un boitier (opaque ou non) dans lequel est ménagée une ouverture destinée à former une fenêtre d'observation de l'image dématérialisée, un système optique, en général une lentille, une lentille de Fresnel, un ensemble de lentilles ou un miroir concave, et un objet agencé à distance du système optique qui est configuré pour orienter l'image de l'objet vers la fenêtre d'observation.

[0004] Par exemple, le document US6817716 décrit un tel dispositif comprenant un compartiment inférieur dans lequel un objet réel est éclairé par une source de lumière, un compartiment supérieur comprenant une fenêtre d'observation ménagée en face avant, un miroir concave et un miroir plan semi-transparent incliné à 45 degrés sur l'axe optique du miroir concave sur lequel est centré la fenêtre d'observation, ledit miroir semi-transparent étant agencé entre la fenêtre d'observation et le miroir concave au droit de l'objet réel. Ainsi, l'objet éclairé se réfléchit partiellement dans le miroir semi-transparent incliné à 45 degrés en direction du miroir concave, qui renvoie les rayons lumineux à travers le miroir semi-transparent vers la fenêtre d'observation. L'observateur a alors l'impression de voir l'objet réel flotter en avant de la fenêtre d'observation.

[0005] Il a également déjà été proposé par le déposant dans le document WO2018/167410 un dispositif permettant la projection d'une image autostéréoscopique.

[0006] Ce dispositif comprend un boitier comprenant une paroi avant, une paroi arrière, reliées l'une à l'autre par une paroi supérieure et une paroi inférieure, ladite paroi avant comprenant une ouverture formant une fenêtre d'observation d'une image aérienne et dématérialisée de ladite image numérique autostéréoscopique.

[0007] Le dispositif comprend aussi un système optique comprenant au moins un miroir sphérique concave présentant un axe optique, une focale F, un centre de rayon de courbure C situé sur l'axe optique, le système optique étant agencé dans le boitier de sorte qu'il puisse orienter au moins une partie de la lumière incidente reçue vers la fenêtre d'observation pour y former une image aérienne et dématérialisée de l'image numérique autostéréoscopique.

[0008] L'image autostéréoscopique est projetée par un écran d'affichage d'images autostéréoscopiques à N points de vues surmonté d'un réseau de lenticules cylindriques formant un composant optique sélecteur des points de vues de l'image numérique autostéréoscopique à projeter, logé dans le boitier en regard du miroir sphérique à une distance sensiblement égale au double de la focale F, et écarté de l'axe optique du miroir sphérique, perpendiculairement à cet axe optique d'une distance au moins égale à la demie-hauteur de l'écran d'affichage, la hauteur étant définie selon l'axe perpendiculaire à l'axe optique.

[0009] Ce dispositif permet de manière avantageuse de visualiser des images autostéréoscopiques qui semblent flotter dans l'espace.

[0010] Les inventeurs ont cependant cherché à améliorer ce dispositif, en particulier pour des applications automobiles qui sont confrontées à des contraintes d'encombrement et de coûts.

[0011] En outre, les inventeurs ont cherché à améliorer la qualité de l'image autostéréoscopique perçue par l'observateur.

Objectifs de l'invention

[0012] L'invention vise à fournir un système de projection aérienne et dématérialisée d'une image autostéréoscopique qui pallie au moins certains des inconvénients des solutions connues.

[0013] L'invention vise aussi à fournir, dans au moins un mode de réalisation, un tel système de projection qui masque pour l'observateur les composants du système.

[0014] L'invention vise aussi à fournir, dans au moins un mode de réalisation, un tel système de projection dont les composants sont agencés sous la ligne de regard de l'observateur vers la zone de visualisation de l'image aérienne et dématérialisée.

[0015] L'invention vise aussi à fournir, dans au moins un mode de réalisation, un tel système qui peut être intégré sans difficulté particulière au sein d'un véhicule automobile pour la projection d'informations de conduite à destination du conducteur.

[0016] L'invention vise aussi à fournir, dans au moins un mode de réalisation, un tel système de projection qui soit compact et constitué d'un nombre limité de composants.

[0017] L'invention vise aussi à fournir, dans au moins un mode de réalisation, un tel système de projection qui permette différentes configurations pour s'adapter à différentes contraintes d'intégration et d'usage.

[0018] L'invention vise enfin à fournir un dispositif d'affichage d'informations de conduite pour un conducteur d'un véhicule automobile comprenant un système de projection selon l'invention.

Exposé de l'invention

[0019] Pour ce faire, l'invention concerne un système de projection aérienne et dématérialisée d'une image autostéréoscopique à destination d'un observateur dont les yeux sont positionnés au sein d'un espace tridimensionnel prédéterminé, dit boite à œil.

[0020] Le système selon l'invention est caractérisé en ce qu'il comprend :

- un dispositif optique comprenant au moins un composant optique convergent au comportement identique à celui d'un miroir concave présentant un rayon de courbure R et une focale F, ledit dispositif optique étant agencé par rapport à ladite boite à œil de manière à pouvoir diriger les rayons lumineux qu'il reçoit vers une fenêtre de visualisation observable depuis ladite boite à œil,
- un écran d'affichage autostéréoscopique agencé par rapport audit dispositif optique de manière que les rayons lumineux qu'il émet puisse atteindre ladite fenêtre de visualisation, après réflexion sur ledit composant optique convergent, et en ayant parcouru une distance d égale au double de la focale F , ledit écran comprenant :
  - une matrice de pixels de N lignes et M colonnes, chaque pixel étant composé d'une pluralité de sous-pixels de couleurs différentes,
  - un réseau lenticulaire surmontant ladite matrice de pixels, et présentant un pas P déterminé à partir d'un pas P', dit pas nominal, d'un écran autostéréoscopique, dit écran nominal, présentant des caractéristiques d'usage identiques à celle de l'écran du système et destiné à être observé en vision directe à une distance correspondant à la distance d'usage dudit écran du système, par la formule $P=P'.(1-C/(S.M))$ où C est le nombre de parties de points-de-vue visibles simultanément depuis ladite distance d'usage à l'intérieur de ladite boite à œil, lorsque ledit écran nominal de pas P' est agencé dans ledit système de projection à la place dudit écran, et S est le nombre

de points-de-vue différents adressés par chaque pixel de ladite matrice.

[0021] Le système selon l'invention met ainsi en œuvre un écran autostéréoscopique spécifique et spécialement conçu à cette seule fin, pour permettre d'observer le reflet dématérialisé d'une image autostéréoscopique réfléchie par un composant optique convergent. Un tel composant optique convergent est par exemple un miroir concave ou une optique holographique. Un tel composant optique convergent a un comportement identique à un miroir concave. Dans toute la suite, on utilise principalement la terminologie de miroir concave pour faciliter la lecture, mais il est entendu que ce miroir concave peut être remplacé par une optique holographique sans modifier les effets techniques de l'invention.

[0022] En particulier, un écran autostéréoscopique conçu pour une observation directe n'est pas adapté à une utilisation au sein d'un dispositif de dématérialisation de l'écran mettant en œuvre une réflexion de l'écran sur un miroir concave.

[0023] En effet, un tel dispositif de dématérialisation de l'écran doit permettre de retrouver dans le lobe principal de l'écran (qui désigne l'espace devant l'écran dans lequel les points-de-vue différents de l'image autostéréoscopique se succèdent à une distance privilégiée d'observation de l'écran, dite distance de teinte plate et correspondant à la distance à laquelle chaque œil de l'observateur ne perçoit qu'un point-de-vue de l'image sur toute la surface de l'écran) toutes les caractéristiques visées : nombre de points de vue, distance de teinte plate et répartition des points-de-vue sur la matrice de pixels. Or, la pratique montre qu'un miroir concave altère l'ensemble de ces caractéristiques de sorte qu'un écran autostéréoscopique conçu pour une vision directe est peu ou pas adapté à une utilisation dans un dispositif mettant en œuvre un miroir concave.

[0024] Lorsque l'on positionne un écran au double de la distance focale d'un miroir concave ou devant tout autre système optique ayant le même comportement, un élément optique holographique par exemple, dont la surface utile serait au moins égale à celle de l'écran, on obtient en retour une image réfléchie de l'écran de taille identique mais inversée (échelle -1).

[0025] Les déformations induites par le miroir concave nécessitent d'introduire de nouvelles règles de définition des paramètres du réseau lenticulaire, différentes de celles d'un réseau en vision directe. Pour que le double immatériel réfléchi de l'écran ait les propriétés autostéréoscopiques voulues, il s'avère nécessaire de modifier les caractéristiques du réseau lenticulaire de l'écran. La présence d'un miroir concave transforme tous les paramètres décrits précédemment. Pour conserver les caractéristiques voulues, le pas du réseau doit être diminué dans des proportions telles que l'écran ne serait plus observable en vision directe. Les inventeurs ont réussi à

déterminer le niveau de correction du pas à apporter pour permettre cette observation réfléchie dans un miroir concave.

[0026] Cette réduction du pas est obtenue selon l'invention à partir du pas *P'* d'un écran autostéréoscopique, dit écran nominal, présentant des caractéristiques d'usage identiques à celle de l'écran du système mais destiné à être observé en vision directe à une distance correspondant à la distance d'usage dudit écran du système, par la formule $P=P'.(1-C/S.M)$, où *C* est le nombre de parties de points-de-vue visibles simultanément depuis ladite distance d'usage à l'intérieur de la boite à œil, lorsque ledit écran nominal de pas *P'* est agencé dans ledit système de projection à la place dudit écran, *S* est le nombre de points-de-vue différents de l'image adressés par chaque pixel de ladite matrice de pixels et M est le nombre de pixels par ligne de la matrice de pixels.

[0027] A titre d'exemple, pour un adressage au sous-pixel à partir d'une matrice de pixels dont chaque pixel comprend 3 sous-pixels de couleur différente, alors S est égal à 3. Ainsi, le pas P est obtenu par la formule $P=P'.(1-C/(3.M))$.

[0028] Si la même matrice est utilisée pour un adressage au pixel entier, alors *S* est égal à 1 et le pas P est obtenu par la formule $P=P'.(1-C/M)$.

[0029] Dans toute la suite et pour faciliter la lecture, on considère un adressage au sous-pixel et une matrice dont chaque pixel est formé de 3 sous-pixels, étant entendu que les enseignements techniques apportés s'appliquent *mutatis mutandis* à un adressage au pixel entier et/ou à des matrices comprenant un nombre de sous-pixels distinct de 3.

[0030] A titre d'exemple, si on fait réfléchir une mire de couleurs affichée sur un écran autostéréoscopique nominal dans un miroir concave, l'image réfléchie de cette mire de couleurs, en retour, présente à la teinte plate choisie initialement un nombre de barre de couleurs correspondant à un pas projeté ayant gagné au moins deux ou trois lentilles pour la totalité du réseau par rapport à l'écran.

[0031] Par exemple, pour un écran à 5 points de vue, si l'observateur perçoit, à une distance quelconque de l'écran, 5 barres de couleurs sur l'écran, cela signifie qu'il s'est écarté de la distance de teinte plate au point que le pas projeté s'est agrandi ou a diminué de 5 sous-pixels, c'est-à-dire du pas d'une lentille. Si l'observateur perçoit 10 barres de couleur, c'est que le pas projeté s'est agrandi ou a diminué de 10 sous-pixels, soit deux lentilles. Si l'écran affiche une seule couleur, c'est que l'observateur est à la distance de teinte plate.

[0032] Dans la mesure où il est possible de connaitre très exactement le pas du réseau lenticulaire d'un écran nominal, par exemple au $100^{ème}$ de micron près, il devient possible de corriger l'effet du miroir concave sur le chemin optique qui relie la surface de l'écran réel aux yeux de l'utilisateur en passant par l'image réelle dématérialisée conjuguée, en usinant un nouveau réseau lenticulaire au pas corrigé.

[0033] On s'aperçoit que cela revient à créer une teinte plate en vision directe hors du dispositif de projection à une distance très faible de l'écran. Cela revient donc à réduire considérablement le pas du réseau lenticulaire par rapport à un usage en vision directe.

[0034] Si un écran nominal à 5 points de vue placé dans le dispositif de projection permet de visualiser 12 barres de couleurs à la distance de teinte plate voulue de 1 m par exemple (dans l'hypothèse où l'écran affiche 5 couleurs distinctes, chaque couleur correspondant à un point-de-vue), et puisque le pas d'une lentille correspond à 5 couleurs en vision directe, 12 barres de couleurs en réflexion dans le miroir concave représentent les $12/5^{èmes}$ du pas des lentilles. Il est nécessaire de réduire le réseau lenticulaire de cette valeur pour l'adapter au dispositif selon l'invention et de la diviser par le nombre total de lentilles pour calculer l'incidence exacte sur le pas qui sera appliqué à l'usinage du réseau lenticulaire de l'écran destiné à être agencé dans le dispositif de projection.

[0035] Cela permet d'obtenir un système dont l'image autostéréoscopique dématérialisée et réfléchie par le miroir permet de retrouver toutes les caractéristiques prévues dans le lobe central.

[0036] Pour la première fois, il devient possible de déterminer simplement la correction du pas à apporter à un écran autostéréoscopique nominal, pour son intégration dans un dispositif mettant en œuvre un miroir concave, par la connaissance du pas de l'écran nominal et en déterminant le nombre de parties de points-de-vue visibles simultanément depuis ladite distance d'usage à l'intérieur de ladite boite à œil, lorsque cet écran est logé dans le dispositif selon l'invention.

[0037] Comme on l'a vu précédemment, cette détermination du nombre de parties de points-de-vue visibles simultanément peut être facilitée en affichant une mire de couleurs sur l'écran, ce qui permet de compter, depuis ladite boite à œil correspondant à la distance d'usage de l'écran, le nombre de bandes de couleurs visibles simultanément.

[0038] Avantageusement et selon l'invention, le système comprend en outre:

- un boitier comprenant une paroi opaque avant s'étendant en face dudit observateur et une paroi supérieure opaque reliée à ladite paroi avant et s'étendant parallèlement à un plan, dit plan horizon, ladite paroi supérieure étant munie d'une ouverture supérieure,
- un miroir face avant incliné d'un angle α par rapport à l'horizontale en s'étendant au moins partiellement au-dessus de ladite ouverture supérieure, ledit miroir présentant une surface réfléchissante orientée vers ledit observateur,
- ledit composant optique convergent est agencé au pied du miroir face avant, en regard de ladite ouverture et orienté de manière à ce que sa surface réfléchissante soit orientée vers ledit miroir incliné s'étendant au-dessus de

ladite ouverture supérieure, ledit composant optique convergent présentant un axe optique formant un angle δ' par rapport à l'horizontale;

– ledit écran d'affichage autostéréoscopique est incliné d'un angle θ par rapport à la verticale, agencé sous la paroi supérieure opaque à une distance du milieu de l'image du composant optique convergent formé par le miroir incliné égale au rayon de courbure dudit composant optique convergent,

– lesdits angles α, δ' et θ étant liés par les relations suivantes :

[0039] $\delta'=2.\delta$ où $\delta=45°-\alpha$

[0040] $\theta=\beta$ où β est l'angle formé, par rapport à l'horizontale, par la direction du regard de l'observateur, depuis la boite à œil, vers ladite fenêtre de visualisation et dirigé vers le centre du reflet du miroir concave.

[0041] Ainsi et selon cette variante avantageuse, le système comprend un miroir plan face avant incliné qui s'étend au moins partiellement au-dessus d'une ouverture ménagée dans une paroi à travers laquelle des rayons réfléchis par un composant optique convergent peuvent passer pour se réfléchir dans le miroir plan face avant et former, au niveau d'une zone de visualisation prédéterminée, une image dématérialisée de l'image à l'origine de ses rayons.

[0042] En outre, le volume occupé par le système est divisé en deux parties, chacune de part et d'autre d'un plan médian, dit plan horizon.

[0043] Ce plan horizon est matérialisé par la paroi supérieure du système, qui est de préférence réalisé en un matériau opaque. Cette paroi supérieure est percée d'une ouverture et le miroir incliné d'un angle α par rapport à l'horizontale s'étend au moins partiellement au-dessus de cette ouverture.

[0044] Selon un mode de réalisation de l'invention, le miroir face avant traverse l'ouverture supérieure de manière à délimiter une portion de miroir s'étendant au-dessus du plan horizon visible par l'observateur et une portion du miroir s'étendant sous le plan horizon, masquée par lesdites parois opaques du boitier.

[0045] Selon l'invention, le haut de ce miroir vient vers l'observateur et le bas du miroir s'en éloigne. D'autres inclinaisons sont possibles en fonction des utilisations et contraintes d'intégration.

[0046] La partie émergente du miroir est par exemple de même taille que la partie cachée en dessous du plan horizon.

[0047] Au pied du miroir incliné se trouve le miroir concave (aussi désigné par la terminologie de composant optique convergent), orienté de telle sorte que la face concave et réfléchissante soit tournée vers le haut, en regard de l'ouverture supérieure pratiquée dans la paroi supérieure.

[0048] Ainsi le miroir concave se réfléchit dans la partie du miroir plan face avant incliné qui s'étend au-dessus de l'ouverture supérieure et y forme une image verticale comme si le miroir concave était placé verticalement derrière ce dernier.

[0049] A une distance égale au rayon de courbure du miroir concave en partant du milieu de l'image de ce dernier formé par le miroir face avant incliné se trouve l'écran autostéréoscopique, sous la paroi supérieure, dos tourné à l'observateur. Le bord haut de l'écran se trouve au voisinage de la paroi supérieure, juste en dessous de cette dernière, ce qui le rend invisible pour l'observateur. Cet écran est incliné d'un angle θ par rapport à la verticale.

[0050] L'image affichée par cet écran est visible à l'identique de l'autre côté du plan horizon, sous la forme d'une image conjuguée à l'échelle -1. En effet, tous les rayons lumineux émanant de l'écran et touchant l'image du miroir concave sont refocalisés à une distance équivalente au-dessus du plan horizon pour former une image non matérielle conjuguée de l'écran et néanmoins réelle au sens optique, visible par l'observateur placé en face du dispositif.

[0051] Les rayons lumineux provenant de l'écran sont réfléchis vers le bas par la partie du miroir plan face avant incliné s'étendant sous le plan horizon, puis ils se réfléchissent sur le miroir concave vers le haut et sont réfléchis une seconde fois par la partie visible du miroir plan face avant incliné, qui les dirige vers les yeux de l'observateur. La courbure concave du miroir dirige les rayons de telle manière que ceux provenant d'un point donné de l'écran semblent se croiser sur la partie homologue de l'image conjuguée de l'écran au-dessus du plan de l'horizon, créant l'illusion qu'ils émanent réellement de cet endroit. Pour l'observateur dont les yeux se situent sur leur trajectoire, ces rayons forment ensemble une image analogue à celle de l'écran et à ce qu'il affiche, ce dernier restant invisible directement sous le plan horizon.

[0052] L'écran autostéréoscopique est doté d'un réseau lenticulaire spécifique, tel que décrit précédemment, de telle sorte que l'image visible par l'observateur conserve les paramètres autostéréoscopiques attendus après avoir été réfléchie par le miroir concave. Le pas du réseau lenticulaire est ajusté par rapport à celui d'un écran observé en direct, sans réflexion par un miroir concave, afin de compenser la modification de son pas apparent après réflexion dans un miroir concave ou bien après transmission à travers un composant optique convergent, qu'il s'agisse d'une lentille de même rayon et de même focale ou bien un composant optique holographique. Plus précisément, la perspective conique résultant de la réflexion ou de la transmission à travers un composant optique convergent modifie le pas perçu. Grâce à la correction préalable du pas, le dispositif permet d'afficher une image tridimensionnelle au-dessus du plan horizon, à l'identique de celle d'un écran autostéréoscopique observé en direct.

[0053] Depuis la boite à œil et au niveau de la fenêtre de visualisation, l'observateur perçoit une image en relief aérienne et dématérialisée, sans voir le composant optique convergent ni l'écran situé sous le plan horizon.

[0054] Avantageusement et selon l'invention, ledit angle α est de 36°, ledit angle β de 20°, ledit angle δ' de 18° et ledit angle θ de 20°.

[0055] Selon cette variante avantageuse, les angles sont déterminés pour qu'un observateur dont l'axe du regard vers la zone de projection forme un angle de 20° par rapport à l'horizontale puisse percevoir l'image autostéréoscopique avec un miroir incliné à 36° par rapport à l'horizontale, ce qui correspond à l'inclinaison standard d'un parebrise d'un véhicule automobile.

[0056] Un dispositif selon cette variante peut donc être intégré à un véhicule automobile pour assurer la projection aérienne et dématérialisée d'une image autostéréoscopique à destination d'un conducteur.

[0057] Le cas échéant, le miroir incliné est formé par un parebrise d'un véhicule automobile et ladite paroi supérieure opaque dudit boitier est formée par une portion de la plage avant du véhicule.

[0058] Bien entendu, d'autres applications peuvent être visées par un système selon l'invention et les valeurs d'angles ne sont pas figées et peuvent varier en fonction des conditions d'usage et des applications dans le but de maintenir le même résultat.

[0059] L'invention concerne aussi un dispositif d'affichage d'informations de conduite d'un véhicule automobile comprenant un pare-brise, un volant et une planche avant s'étendant entre le pare-brise et le volant, caractérisé en ce que ledit dispositif d'affichage comprend un système de projection selon l'invention dans lequel ledit miroir incliné est formé par ledit pare-brise, ladite paroi opaque est formée par ladite planche avant au sein de laquelle est ménagée une ouverture pour former ladite ouverture supérieure de projection de ladite image autostéréoscopique, ledit composant optique convergent et ledit écran autostéréoscopique étant logés sous la planche avant, de telle sorte qu'un conducteur du véhicule assis en face dudit parebrise puisse visualiser des informations de conduite par projection aérienne et dématérialisée d'images autostéréoscopiques affichées sur ledit écran d'affichage dans une zone de projection prédéterminée s'étendant au-dessus de ladite planche avant.

[0060] Ainsi et selon l'invention, la plage avant du véhicule automobile fait office de paroi supérieure et s'étend selon le plan horizon et le parebrise fait office (sous certaines conditions d'angle par rapport à la verticale, de forme et de traitements de surface) de miroir face avant incliné. La plage avant d'un véhicule automobile est l'espace sensiblement plat situé entre le tableau de bord et le parebrise du véhicule. Cet espace peut donc utilement faire office de portion supérieure opaque s'étendant selon le plan horizon du système selon l'invention. Dans le cas où la courbure du parebrise serait

suffisamment régulière et homogène, elle pourrait compléter la courbure concave du miroir principal qui devra être ajustée pour en tenir compte.

[0061] Les rayons émis par l'écran autostéréoscopique sont réfléchis par la partie du pare-brise située en dessous de l'ouverture dans la planche de bord. Il est nécessaire que l'écran soit légèrement incliné pour que son image conjuguée soit orthogonale à l'axe du regard et éviter les déformations en trapèze. Les rayons sont ensuite réfléchis vers le bas, en direction du miroir concave, puis vers la partie du pare-brise au-dessus de l'ouverture dans la planche de bord, où ils sont dirigés en direction de la boîte à œil.

[0062] Selon une variante avantageuse, le parebrise est incliné de 36° par rapport à l'horizontale et le miroir concave est incliné de 20° par rapport à la verticale pour assurer une image verticale de ce dernier vu en reflet dans le parebrise, pour un observateur dont l'axe du regard forme un angle de l'ordre de 20° avec la zone de projection souhaitée de l'image aérienne et dématérialisée. Le paramètre important est la presque verticalité de l'image du miroir concave dans la partie réfléchissante du parebrise. Des petites modifications de position et d'angle de tous les composants rétablissent, chacune, la position, la taille et l'inclinaison de l'image virtuelle de l'écran, juste en dessus du plan horizon.

[0063] Ainsi, selon cette variante de réalisation, le système de projection permet de projeter vers les yeux de l'observateur des informations du tableau de bord (par exemple les compteurs de vitesse, des informations de navigation, GPS, etc.) en les affichant sur l'écran autostéréoscopique. Ces informations sont alors projetées par le pare-brise et le miroir concave vers les yeux du conducteur. Le système selon cette variante met à profit la présence du parebrise et exploite sa partie inférieure, généralement opaque, pour en faire un miroir face avant. Un éventuel traitement du pare-brise peut être nécessaire pour le doter de cette fonctionnalité réfléchissante.

[0064] Avantageusement et selon l'invention, le miroir concave présente un rayon de courbure de 300 mm et une focale de 150 mm.

[0065] Bien entendu, d'autres miroirs peuvent être utilisés sans remettre en cause le principe de l'invention.

[0066] L'invention concerne aussi un procédé de réalisation d'un système de projection aérienne et dématérialisée d'une image autostéréoscopique à destination d'un observateur dont les yeux sont positionnés au sein d'un espace tridimensionnel prédéterminé, dit boite à œil, ledit procédé comprend les étapes suivantes :

- sélection d'un écran autostéréoscopique, dit écran nominal, présentant des caractéristiques d'usage prédéterminées et formé d'une matrice de pixels de N lignes et de M colonnes et surmontée d'un réseau lenticulaire de pas P' prédéterminé,

- agencement dudit écran nominal dans un système de projection comprenant un composant optique convergent au comportement identique à celui d'un miroir concave de rayon R et de focale *F*, ledit composant optique convergent étant agencé par rapport à ladite boite à œil de manière à pouvoir diriger les rayons lumineux qu'il reçoit vers une fenêtre de visualisation observable depuis ladite boite à œil, ledit écran nominal étant agencé par rapport au composant optique convergent de manière que les rayons lumineux qu'il émet puissent atteindre ladite fenêtre de visualisation, après réflexion sur ledit composant optique convergent, les rayons lumineux ayant parcouru une distance *d* égale au double de la focale *F*,
- affichage d'une mire de couleurs sur ledit écran autostéréoscopique nominal,
- calcul du nombre C de couleurs observées simultanément depuis ladite distance d'usage à l'intérieur de ladite boite à œil,
- fabrication d'un écran autostéréoscopique, dit écran dédié, présentant les mêmes caractéristiques d'usage prédéterminées que celles dudit écran nominal et un réseau lenticulaires de pas P calculé par la formule $P=P'.(1-C/(S.M))$ où *S* est le nombre de points-de-vue différents adressés par chaque pixel de ladite matrice,
- remplacement dudit écran nominal par ledit écran dédié.

[0067] Les avantages et effet techniques du dispositif de projection selon l'invention s'appliquent *mutatis mutandis* au procédé de mise au point d'un système projection aérienne et dématérialisée selon l'invention.

[0068] L'invention concerne également un système de projection aérienne et dématérialisée d'une image autostéréoscopique et un dispositif d'affichage d'informations de conduite d'un véhicule automobile, caractérisés en combinaison par tout ou partie des caractéristiques mentionnées ci-dessus ou ci-après.

Liste des figures

[0069] D'autres buts, caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description suivante donnée à titre uniquement non limitatif et qui se réfère aux figures annexées dans lesquelles :

- la [Fig.1] est une vue schématique du système de projection selon un premier mode de réalisation de l'invention,
- la [Fig.2] est une vue du dispositif d'affichage d'informations de conduite d'un véhicule automobile selon un mode de réalisation de l'invention,
- la [Fig.3] est une vue schématique d'un écran autostéréoscopique d'un système de projection selon un mode de réalisation de l'invention.

[0070] **Description détaillée d'un mode de réalisation de l'invention**

[0071] Sur les figures, les échelles et les proportions ne sont pas strictement respectées et ce, à des fins d'illustration et de clarté.

[0072] Les éléments identiques, similaires ou analogues sont désignés par les mêmes références dans toutes les figures.

[0073] Les modes de réalisation décrits en lien avec les figures concernent l'affichage d'une image autostéréoscopique.

[0074] La [Fig.1] illustre schématiquement un système selon un mode de réalisation de l'invention destiné à être intégré au sein d'un véhicule automobile tel que représenté schématiquement par la [Fig.2].

[0075] Sur la [Fig.1], les lignes pointillées représentent les cheminements des rayons lumineux et les images conjuguées de l'image et du miroir concave.

[0076] Le système comprend un boitier opaque 30 comprenant une paroi supérieure 20 munie d'une ouverture 22 à travers laquelle s'étend un miroir face avant incliné 10.

[0077] Ce miroir face avant 10 est incliné d'un angle α par rapport à l'horizontale. Le miroir 10 présente une surface réfléchissante orientée vers l'observateur. Cet observateur se situe à droite du dispositif et regarde vers une zone de projection 18 prédéterminée.

[0078] Le miroir face avant 10 délimite une portion de miroir s'étendant au-dessus du plan horizon visible par l'observateur et une portion du miroir s'étendant sous le plan horizon masqué par le boitier 30.

[0079] Le système comprend également un miroir concave 14 agencé au pied du miroir face avant 10, en regard de l'ouverture 22 et orienté de manière que sa surface concave et réfléchissante soit orientée vers le miroir face avant incliné 10.

[0080] Ce miroir concave a par exemple un rayon de 300 mm, une focale de 150 mm pour une zone utile de 150 mm, soit F/1. Le miroir présente un axe optique formant un angle δ' par rapport à l'horizontale.

[0081] Le système comprend également un écran d'affichage 16 d'une image autostéréoscopique incliné d'un angle θ par rapport à la verticale.

[0082] L'écran est agencé sous la paroi supérieure opaque à une distance du milieu de l'image du miroir concave formé par le miroir incliné, égale au rayon de courbure du miroir concave 14.

[0083] L'inclinaison de l'écran 16 doit permettre aux rayons lumineux émis d'atteindre le miroir plan incliné 10 pour que ces rayons puissent être réfléchis vers le bas en direction du miroir concave 14.

[0084] Cet écran est équipé d'un réseau lenticulaire dont le pas est déterminé pour pouvoir compenser sa modification apparente après réflexion par le miroir concave.

[0085] La [Fig.3] illustre schématiquement un écran autostéréoscopique 16 comprenant une matrice de pixels 16a agencés par lignes et par colonnes, chaque pixel étant composé d'une pluralité de sous-pixels de couleurs différentes affectés chacun à un point-de-

vue de l'image autostéréoscopique à afficher. L'écran comprend également un réseau lenticulaire 16b qui surmonte la matrice 16a. Chaque lentille est inclinée d'un angle non nul par rapport à la direction des colonnes de la matrice (par exemple de 18°). Selon d'autres modes de réalisation, il est également possible d'utiliser un réseau vertical.

[0086] Comme indiqué précédemment, rien n'empêche d'utiliser un adressage au pixel des points-de-vue de l'image. Dans toute la suite, on considère un adressage au sous-pixels de pixels formés chacun de trois sous-pixels de couleurs différentes (autrement dit, S est égal à 3).

[0087] Le pas P du réseau 16b de l'écran 16 est déterminé à partir du pas P', dit pas nominal, d'un écran autostéréoscopique, dit écran nominal, présentant des caractéristiques d'usage identiques à celle de l'écran du système et destiné à être observé en vision directe à une distance correspondant à la distance d'usage de l'écran du système, par la formule P=P'.(1-C/3.M) où C est le nombre de parties de points-de-vue visibles simultanément depuis la distance d'usage à l'intérieur de la boite à œil, lorsque ledit écran nominal de pas P' est agencé dans ledit système de projection à la place dudit écran, et M est la résolution horizontale de la matrice de pixels.

[0088] Par exemple, si on considère un écran de 5 pouces à 5 points de vue et de résolution 800 x 480. Cet écran est placé à une distance de 300 mm du miroir concave au format carré de 150 mm de côté, dont la focale est de 150 mm et le rayon de courbure de 300 mm. Une fois placé dans le système, l'observateur visualise depuis la boite à œil 12 barres de couleurs (dans l'hypothèse où on affiche sur l'écran une couleur par point-de-vue). Le pas d'une lentille correspondant à 5 couleurs en vision directe, 12 barres de couleurs en réflexion dans le miroir concave représentent les $12/5^{èmes}$ du pas des lentilles.

[0089] Dans la mesure où on affiche un point-de-vue image par sous-pixel, le nombre de lentilles du réseau de l'écran considéré est égal à (800 pixels x 3)/5, c'est-à-dire 480 lentilles.

[0090] La correction totale de pas est donc égale à 12 / 5 = 2,4 lentilles.

[0091] Cela correspond à une correction par lentille égale à 2,4 /480 = 0,005.

[0092] Autrement dit, le pas des lentilles doit donc être réduit de 0.5%.

[0093] Si le pas P' connu d'une lentille est de 0,270 mm, la correction de pas nécessaire revient à enlever 0,00135 mm par lentille.

[0094] Bien que cette valeur de 1.35 microns semble relativement petite, son incidence est en réalité considérable pour une observation optimale de l'image autostéréoscopique réfléchie par le miroir concave. Cette correction est déterminante pour pouvoir exploiter un écran autostéréoscopique en réflexion dans un miroir concave.

[0095] Dans le mode de réalisation de la [Fig.1], l'angle α est de 36°, l'angle β de 20°, l'angle δ' de 18°, l'angle δ de 9° et l'angle θ de 20°.

[0096] La [Fig.2] illustre schématiquement le système de la [Fig.1] intégré dans un véhicule pour former un dispositif d'affichage d'informations de conduite d'un véhicule automobile comprenant un pare-brise 100, un volant 110 et une planche avant 200 s'étendant entre le pare-brise 100 et le volant 110.

[0097] Le pare-brise 100 forme le miroir incliné du système de projection et la planche avant 200 forme la paroi opaque supérieure du système de projection.

[0098] Cette planche avant 200 comprend une ouverture 220 qui forme l'ouverture à travers laquelle les rayons lumineux projetés par le miroir concave (non visible sur la [Fig.2]) se réfléchissent dans le pare-brise 100.

[0099] Le pare-brise 100 s'étend au-dessus de l'ouverture pour y recevoir les rayons lumineux projetés par le miroir concave.

[0100] En outre, l'écran autostéréoscopique (non visible sur la figure) doit être incliné de manière à ce que les rayons émis par ce dernier puissent se réfléchir dans le pare-brise.

[0101] A titre d'exemple, le pare-brise présente une inclinaison de 36° par rapport à l'horizontale (α=36°), le miroir concave présente un axe optique présentant une inclinaison de 18° par rapport à l'horizontale et l'écran autostéréoscopique présente une inclinaison de 20° par rapport à la verticale (θ=20°) de telle manière qu'un conducteur dont le regard présente un angle de 20° par rapport à l'horizontale (β=20°) puisse visualiser l'image de l'écran au niveau de la zone de visualisation prédéterminée qui s'étend au-dessus de la face avant du véhicule.

[0102] L'homme du métier comprend aisément que l'écran autostéréoscopique et le miroir concave du système de projection sont logés dans un logement agencé sous la planche avant 200 selon la configuration décrite en lien avec la [Fig.1].

[0103] Ainsi, le conducteur du véhicule peut visualiser des informations de conduite, qui sont projetées depuis l'écran d'affichage autostéréoscopique, vers une zone de projection prédéterminée qui s'étend au-dessus de la planche avant 200, entre le pare-brise 100 et le conducteur.

[0104] Le système selon l'invention peut également faire l'objet de modifications pour s'adapter à certaines contraintes d'utilisation. Il est par exemple possible de s'écarter des valeurs théoriques des angles mentionnés dans le document ou d'agencer l'écran à une distance différente de la distance théorique du miroir concave.

[0105] Par exemple, si la distance de l'écran au centre du reflet du miroir concave est inférieure ou supérieure au double de la focale du miroir concave, le système peut toujours permettre la visualisation d'une image autostéréoscopique, mais l'image réelle dématérialisée se trouvera alors plus proche (ou plus éloignée) de l'observateur, en étant agrandie (ou rétrécie).

[0106] Il est aussi est possible de changer volontairement la valeur de θ, en acceptant de rencontrer des petites déformations en trapèze de l'image, pour corriger le sentiment de verticalité de l'image de l'écran afin d'avoir des objets affichés cohérents en orientation avec la surface du tableau de bord par exemple. Ainsi, il est possible de choisir un angle θ de 12° au lieu de l'angle théorique de 20° pour certaines applications.

Revendications

[Revendication 1] Système de projection aérienne et dématérialisée d'une image autostéréoscopique à destination d'un observateur dont les yeux sont positionnés au sein d'un espace tridimensionnel prédéterminé, dit boite à œil, ledit système étant caractérisé en ce qu'il comprend :

- un dispositif optique comprenant au moins un composant optique convergent (14) au comportement identique à celui d'un miroir concave présentant un rayon de courbure *R* et une focale *F*, ledit dispositif optique étant agencé par rapport à ladite boite à œil de manière à pouvoir diriger les rayons lumineux qu'il reçoit vers une fenêtre de visualisation observable depuis ladite boite à œil,
- un écran d'affichage autostéréoscopique (16) agencé par rapport audit dispositif optique de manière que les rayons lumineux qu'il émet puisse atteindre ladite fenêtre de visualisation, après réflexion sur ledit composant optique convergent (14), et en ayant parcouru une distance *d* égale au double de la focale *F*, ledit écran comprenant :
  - une matrice de pixels de N lignes et M colonnes, chaque pixel étant composé d'une pluralité de sous-pixels de couleurs différentes,
  - un réseau lenticulaire surmontant ladite matrice de pixels, et présentant un pas *P* déterminé à partir d'un pas *P'*, dit pas nominal, d'un écran autostéréoscopique, dit écran nominal, présentant des caractéristiques d'usage identiques à celle de l'écran du système et destiné à être observé en vision directe à une distance correspondant à la distance d'usage dudit écran du système, par la formule $P=P'.(1-C/(S.M))$ où *C* est le nombre de parties de points-de-vue visibles simultanément depuis ladite distance d'usage à l'intérieur de ladite boite à œil, lorsque ledit écran nominal de pas *P'* est agencé dans ledit système de projection à la place dudit écran, et *S* est le nombre de points-de-vue différents adressés par chaque pixel de ladite matrice.

[Revendication 2] Système selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comprend en outre:

- un boitier (30) comprenant une paroi opaque (20) avant s'étendant en face dudit observateur et une paroi supérieure opaque reliée à ladite paroi avant et s'étendant parallèlement à un plan, dit plan horizon, ladite paroi supérieure étant munie d'une ouverture (22) supérieure,
- un miroir face avant (10) incliné d'un angle α par rapport à l'horizontale en s'étendant au moins partiellement au-dessus de ladite ouverture supérieure (22), ledit miroir face avant présentant une surface réfléchissante orientée vers ledit observateur,

et en ce que :

- ledit composant optique convergent (14) est agencé au pied du miroir face avant, en regard de ladite ouverture (22) et orienté de manière à ce que sa surface réfléchissante soit orientée vers ledit miroir face avant incliné (10) s'étendant au-dessus de ladite ouverture supérieure, ledit composant optique convergent présentant un axe optique formant un angle δ' par rapport à l'horizontale;
- ledit écran d'affichage autostéréoscopique (16) est incliné d'un angle θ par rapport à la verticale, agencé sous la paroi supérieure opaque (20) à une distance du milieu de l'image du composant optique convergent formé par le miroir face avant incliné, égale au rayon de courbure dudit composant optique convergent,
- lesdits angles α, δ' et θ étant liés par les relations suivantes :
  - $\delta'=2.\delta$ où $\delta=45°-\alpha$
  - $\theta=\beta$ où β est l'angle formé, par rapport à l'horizontale, par la direction du regard de l'observateur, depuis la boite à œil, vers ladite fenêtre de visualisation et dirigé vers le centre du reflet du composant optique convergent.

[Revendication 3] Système selon la revendication 2, caractérisé en ce que ledit miroir face avant (10) incliné d'un angle α par rapport à l'horizontale

traverse ladite ouverture (22) supérieur de manière à délimiter une portion de miroir s'étendant au-dessus du plan horizon visible par l'observateur et une portion du miroir s'étendant sous le plan horizon masquée par lesdites parois opaques du boitier.

[Revendication 4] Système de projection selon l'une des revendications 2 ou 3, caractérisé en ce que ledit angle α est de 36°, ledit angle β de 20°, ledit angle δ' de 18° et ledit angle θ de 20°.

[Revendication 5] Système de projection selon l'une des revendications 1 à 4 caractérisé en ce que ledit composant optique convergent est un miroir concave ou une optique holographique.

[Revendication 6] Système de projection selon la revendication 5, caractérisé en ce que ledit composant optique convergent est un miroir concave (14) présentant un rayon de courbure de 300 mm et une focale de 150 mm.

[Revendication 7] Dispositif d'affichage d'informations de conduite d'un véhicule automobile comprenant un pare-brise (100), un volant (110) et une planche avant (200) s'étendant entre le pare-brise (100) et le volant (110), caractérisé en ce que ledit dispositif d'affichage comprend un système de projection selon l'une des revendications 2 à 4, dans lequel ledit miroir face avant incliné est formé par ledit pare-brise, ladite paroi opaque est formé par ladite planche avant au sein de laquelle est ménagée une ouverture (220) pour former ladite ouverture supérieure de projection de ladite image autostéréoscopique, ledit composant optique convergent et ledit écran autostéréoscopique étant logés sous la planche avant, de telle sorte qu'un conducteur du véhicule assis en face dudit parebrise puisse visualiser des informations de conduite par projection aérienne et dématérialisée d'images autostéréoscopiques affichés sur ledit écran d'affichage dans une zone de projection prédéterminée s'étendant au-dessus de ladite planche avant.

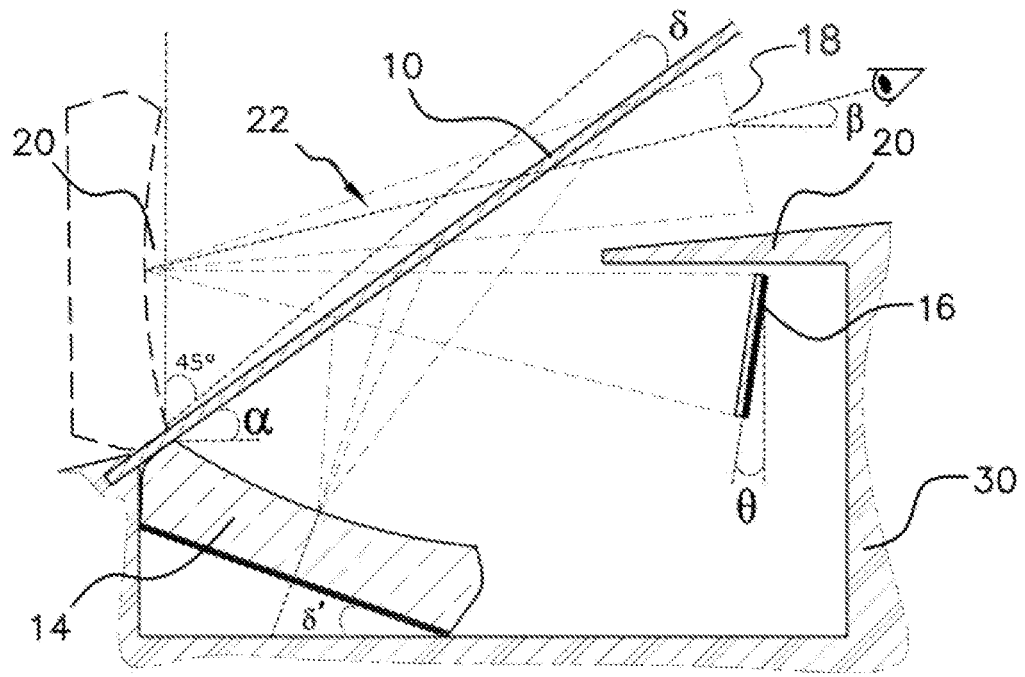
[Revendication 8] Procédé de réalisation d'un système projection aérienne et dématérialisée d'une image autostéréoscopique à destination d'un observateur dont les yeux sont positionnés au sein d'un espace tridimensionnel prédéterminé, dit boite à œil, ledit procédé comprend les étapes suivantes :

- sélection d'un écran autostéréoscopique, dit écran nominal, présentant de caractéristiques d'usage prédéterminées et

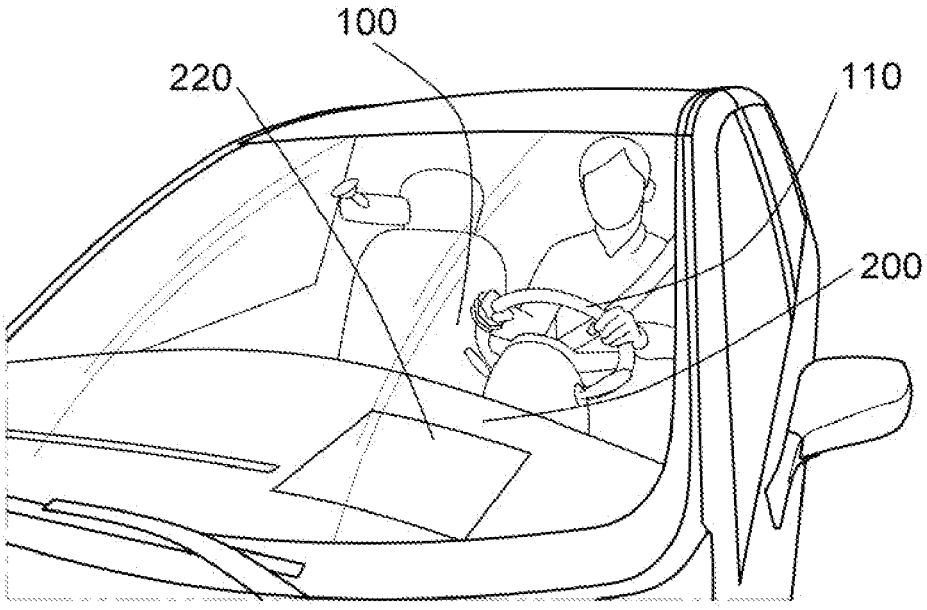
formé d'une matrice de pixels de N lignes et M colonnes, chaque pixel étant composé d'une pluralité de sous-pixels de couleurs différentes, et surmontée d'un réseau lenticulaires de pas P' prédéterminé,

- agencement dudit écran nominal dans un système de projection comprenant un composant optique convergent au comportement identique à celui d'un miroir concave de rayon R et de focale *F*, ledit composant optique convergent étant agencé par rapport à ladite boite à œil de manière à pouvoir diriger les rayons lumineux qu'il reçoit vers une fenêtre de visualisation observable depuis ladite boite à œil, ledit écran nominal étant agencé par rapport au composant optique convergent de manière que les rayons lumineux qu'il émet puisse atteindre ladite fenêtre de visualisation, après réflexion sur ledit composant optique convergent, les rayons lumineux ayant parcourus une distance *d* égale au double de la focale *F*,
- affichage d'une mire de couleurs sur ledit écran autostéréoscopique nominal,
- calcul du nombre C de couleurs observées simultanément depuis ladite distance d'usage à l'intérieur de ladite boite à œil,
- fabrication d'un écran autostéréoscopique, dit écran dédié, présentant les mêmes caractéristiques d'usage prédéterminées que celles dudit écran nominal et un réseau lenticulaires de pas P calculé par la formule $P=P'.(1-C/(S.M))$ où et *S* est le nombre de points-de-vue différents adressés par chaque pixel de ladite matrice,
- remplacement dudit écran nominal par ledit écran dédié.

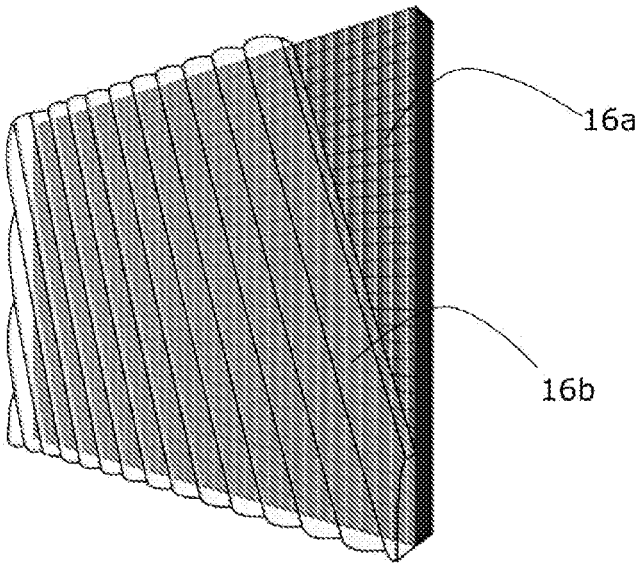
[Fig. 1]



[Fig. 2]



[Fig. 3]



RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveauté) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.
Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

☐ Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.

[x] Le demandeur a maintenu les revendications.

☐ Le demandeur a modifié les revendications.

☐ Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.

☐ Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.

☐ Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

☐ Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.

[x] Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.

☐ Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.

☐ Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION

NEANT

2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN TECHNOLOGIQUE GENERAL

WO 2018/167410 A1 (ALIOSCOPY [FR])
20 septembre 2018 (2018-09-20)

JP 2021 067909 A (NIPPON SEIKI CO LTD)
30 avril 2021 (2021-04-30)

3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND DE LA VALIDITE DES PRIORITES

NEANT