

19 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
COURBEVOIE

11 N° de publication : 3 124 865  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

21 N° d'enregistrement national : 21 07238

51 Int Cl<sup>8</sup> : G 03 H 1/22 (2020.12), G 02 B 6/38

12

## DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 05.07.21.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la demande : 06.01.23 Bulletin 23/01.

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) : PSA Automobiles SA Société anonyme — FR, CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE Etablissement public — FR et UNIVERSITE PARIS-SACLAY Etablissement public national à caractère scientifique culturel et professionnel — FR.

72 Inventeur(s) : LOPEZ THOMAS, PRADERE LAETITIA, BARAT DAVID, Dagens Béatrice et CROUZIER Marius.

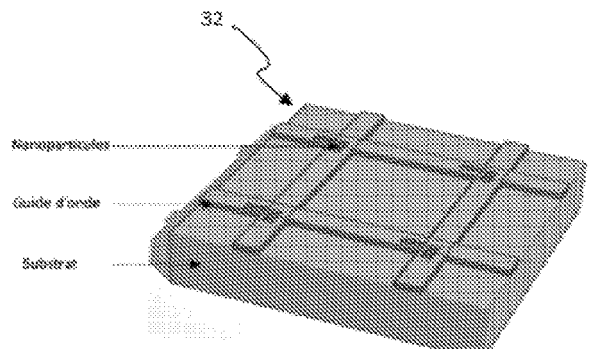
73 Titulaire(s) : PSA Automobiles SA Société anonyme, CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE Etablissement public, UNIVERSITE PARIS-SACLAY Etablissement public national à caractère scientifique culturel et professionnel.

74 Mandataire(s) : PSA AUTOMOBILES SA.

54 Modulateur spatial de lumière pour dispositif de projection d'image holographique.

57 La présente invention concerne un modulateur spatial de lumière (32) destiné à être illuminé par des sources de lumière cohérente pour former une image holographique, ledit modulateur comprenant :- un substrat sur lequel est formé au moins un treillis de guides d'onde définissant une résolution de l'image holographique; et- à chaque intersection entre deux guides d'onde d'un treillis, sont déposées deux chaînes de nanoparticules d'un matériau plasmonique et des nano-gouttes d'un matériau à changement d'indice contrôlable optiquement, chacune desdites chaînes de nanoparticules étant alignée dans la direction de l'un des deux guides d'ondes de l'intersection et lesdites nano-gouttes étant déposées au-dessus desdites chaînes de nanoparticules.

Figure pour l'abrégié : Figure 6



FR 3 124 865 - A1



## Description

### **Titre de l'invention : Modulateur spatial de lumière pour dispositif de projection d'image holographique**

#### **Domaine technique**

[0001] La présente invention se situe dans le domaine général de l'holographie dynamique, applicable à des dispositifs de projection d'image holographique tels que des afficheurs 3D ou des systèmes de réalité augmentée embarqués dans des véhicules, notamment de véhicules autonomes.

#### **Arrière-plan technologique**

[0002] L'holographie est une méthode de restitution d'une image 3D (tridimensionnelle) basée sur des figures d'interférences (communément appelées hologrammes) et des phénomènes de diffraction pour reconstruire en 3D un front d'onde émis d'un objet vers un observateur. L'utilisation de l'holographie pour la reconstruction et la visualisation d'image 3D est une solution envisageable car elle ne provoque pas de phénomènes de maux de tête ou autre inconfort que peuvent provoquer d'autres technologies 3D.

[0003] La réalité augmentée, dite AR (de l'anglais « Augmented Reality ») que l'on trouve de plus en plus dans le domaine automobile est une évolution technologique des systèmes Vision Tête Haute (VTH, en l'anglais « Head Up Display »). Pour l'essentiel, un système VTH comprend une unité de génération d'image (PGU pour « Picture Generation Unit » en anglais) qui génère une image. Le système VTH comprend aussi un système optique formé de plusieurs miroirs, possiblement orientables, et adapté pour qu'un observateur aperçoive l'image dans une zone située au-delà du parebrise à une distance de projection (environ 2 mètres devant le conducteur) et selon un certain angle  $\alpha$  par rapport à l'horizontale par un système optique. Un système « VTH » permet d'afficher, par exemple, des informations de vitesse, des pictogrammes ou encore des informations sur le véhicule dans le champ de vision du conducteur du véhicule lorsque ce dernier est en train de conduire ce véhicule.

[0004] La réalité augmentée dans le domaine automobile prend la forme d'une ou plusieurs images virtuelles projetées à une distance d'environ de 7 mètres devant le parebrise (voir plus). Les images de réalité virtuelle peuvent se superposer aux images d'un système VTH pour, par exemple, surligner des événements de la route, illuminer virtuellement un tracé GPS, etc. La [Fig.1] illustre un exemple de superposition d'une image issue d'un système VTH (image 1) superposée avec une image issue d'un système AR (image 2).

[0005] Des systèmes AR actuels adaptés pour le domaine automobile sont basés sur

l'intégration de plusieurs unités de génération d'image (ou d'une seule unité divisée en deux) et deux chemins optiques mis en œuvre par des miroirs d'optique réfractive : l'un pour la propagation d'une image d'un système VTH et l'autre pour la propagation d'une image d'un système AR.

- [0006] Le défaut principal des systèmes actuels est leur encombrement : les systèmes AR entièrement basés sur de l'optique classique ont des volumes minimaux approchant les 20 litres tandis que les systèmes VTH ont un volume de l'ordre de 5 litres. Les systèmes VTH et AR actuels sont difficilement intégrables sans réduction de leur encombrement.
- [0007] Les afficheurs 3D pour le domaine automobile sont une des tendance du véhicule du futur pour des intégrations dans le cockpit (combiné, écran central) mais aussi pour une intégration comme assistant conversationnel. Des interfaces Homme-Machine seraient alors plus intuitives car l'interaction avec des interfaces 3D est plus intuitive comparée à une interaction avec des interfaces 2D classiques.
- [0008] Les afficheurs 3D existants sont basés sur l'autostéréoscopie (avec ou sans suivi des yeux, « eye tracking » en anglais) qui produit une image différente pour l'œil gauche et pour l'œil droit d'un observateur ou comprennent des écrans plusieurs couches (en anglais « multilayer ») qui sont munis de plusieurs dalles LCD pour produire plusieurs plans image à différentes profondeurs.
- [0009] Les afficheurs 3D autostéréoscopiques souffrent du conflit « vergence/accommodation » c'est-à-dire que l'observateur focalise sur l'écran mais le contenu 3D jaillit devant cet écran. L'expérience 3D peut être dégradée voire « refusée » par l'observateur. Quant aux systèmes multicouches, ils ne permettent qu'un affichage sur plusieurs plans discrets en profondeur ou en jaillissement.
- [0010] Des modulateurs spatiaux de lumière, communément appelés SLM (de l'anglais « Spatial Light Modulator ») peuvent aussi être utilisés en tant qu'afficheur d'image holographique d'un système AR ou en tant qu'afficheur 3D.
- [0011] Le mécanisme de modulation d'un modulateur spatial de lumière repose sur une méthode qui modifie les propriétés du matériau de modulation et sur la manière dont le champ spatial d'un faisceau lumineux incident est modifié. Divers procédés comprenant des effets mécaniques, électro-optiques, thermo-optiques et magnéto-optiques peuvent être utilisés pour modifier les propriétés du matériau de modulation d'un modulateur spatial de lumière qui interagit avec une lumière incidente et transforme sa distribution de champ spatial. L'un des mécanismes de modulation les plus couramment utilisés aujourd'hui est le modulateur de lumière spatial électro-optique contenant des cristaux liquides comme matériau de modulation (LC-SLM de l'anglais « Liquid Crystal Spatial Light Modulator »). Ces modulateurs de type LC-SLM sont basés sur une matrice de pixels à cristaux liquides qui, par la modulation de

la phase d'une lumière cohérente, génère un hologramme à tout instant pour produire une vidéo en 2D ou 3D à la sortie d'un système optique. Les technologies silicium/cristaux liquides actuelles de ce type de modulateurs permettent aujourd'hui d'obtenir des tailles de pixels de 1 à 4  $\mu\text{m}$ , et des résolutions d'image jusqu'à 4160 x 2464 pixels.

[0012] Les systèmes RA de l'état de la technique qui utilisent des modulateurs spatiaux de lumière ne présentent pas une résolution suffisante pour permettre une démocratisation de l'holographie « dynamique », c'est-à-dire piloté par une unité de contrôle, notamment dans le domaine automobile.

[0013] En effet, d'une part, le champ visuel d'une image holographique, dû à un angle de diffraction de l'hologramme, est lié à la taille d'un pixel du modulateur et le nombre et la taille des pixels jouent un rôle sur la résolution de l'image holographique. Par ailleurs, le produit de la taille de l'image par le champs de vue est proportionnel au nombre de pixels du modulateur. Ainsi, pour obtenir un hologramme de  $10^{12}$  pixels, qui permettrait d'obtenir une résolution correcte d'une image holographique, un champs de vue de  $60^\circ$  et une image de 50 cm sont nécessaires. Toutefois, les modulateurs actuels ne permettent que des champs visuels d'environ  $20^\circ$  ce qui induit des résolutions insuffisantes des images holographiques.

[0014] Il est nécessaire de prévoir des modulateurs spatiaux de lumière qui fournissent des images holographiques de résolution élevée et qui procurent des champs de vue au-delà de ceux produits aujourd'hui par des modulateurs spatiaux de lumière.

### **Résumé de la présente invention**

[0015] Un objet de la présente invention est d'augmenter la résolution des modulateurs spatiaux de lumière.

[0016] Un autre objet de la présente invention est d'améliorer les dispositifs de projection d'image holographique.

[0017] Selon un premier aspect, la présente invention concerne un modulateur spatial de lumière destiné à être illuminé par des sources de lumière cohérente pour former une image holographique, ledit modulateur comprenant :

- un substrat sur lequel est formé au moins un treillis de guides d'onde définissant une résolution de l'image holographique ; et
- à chaque intersection entre deux guides d'onde d'un treillis, sont déposées deux chaînes de nanoparticules d'un matériau plasmonique et des nano-gouttes d'un matériau à changement d'indice contrôlable optiquement, chacune desdites chaînes de nanoparticules étant alignée dans la direction de l'un des deux guides d'ondes de l'intersection et lesdits nano-gouttes étant déposées au-dessus desdites chaînes de nanoparticules.

- [0018] Selon un exemple de réalisation particulier et non limitatif, le matériau à changement d'indice contrôlable optiquement est un cristal liquide.
- [0019] Selon un exemple de réalisation particulier et non limitatif, le matériau à changement d'indice contrôlable optiquement est un matériau photostrictif ou à chargement de phase.
- [0020] Selon un exemple de réalisation particulier et non limitatif, le matériau plasmonique est de l'or, de l'argent, du cuivre ou de l'aluminium.
- [0021] Selon un exemple de réalisation particulier et non limitatif, la structure noyau-enveloppe du matériau plasmonique est de type métal-diélectrique.
- [0022] Selon un exemple de réalisation particulier et non limitatif, les guides d'onde sont formés à partir d'un matériau diélectrique.
- [0023] Selon un exemple de réalisation particulier et non limitatif, les guides d'ondes d'un treillis sont structurés pour former un motif géométrique.
- [0024] Selon un deuxième aspect, la présente invention concerne un procédé de génération d'une image holographique mis en œuvre par un modulateur spatial de lumière selon le premier aspect de la présente invention. Le procédé comprend les étapes suivantes pour activer un pixel de l'image holographique : obtention d'une information concernant l'activation d'un couple de sources lumineuses associées à deux guides d'onde relatifs à une intersection d'un treillis de guides d'onde ; émission d'une première onde lumineuse proche-infrarouge par une source lumineuse associée à l'un des deux guides d'onde, cette onde se propageant dans ledit guide d'onde et excitant des chaînes de nanoparticules déposées dans la même direction que ledit guide d'onde : et émission d'une deuxième onde lumineuse proche-infrarouge par une source lumineuse associée à l'autre des deux guides d'onde, ladite onde se propageant dans ledit autre guide d'onde et excitant des chaînes de nanoparticules déposées dans la même direction que cet autre guide d'onde.
- [0025] Selon un troisième aspect, la présente invention concerne un dispositif de projection d'image holographique comprenant au moins un modulateur spatial de lumière selon le premier aspect de la présente invention.
- [0026] Selon un quatrième aspect, la présente invention concerne un véhicule comprenant au moins un modulateur spatial de lumière selon le premier aspect de la présente invention.

### **Brève description des figures**

- [0027] D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention ressortiront de la description des exemples de réalisation particuliers et non limitatifs de la présente invention ci-après, en référence aux figures 1 à 9 annexées, sur lesquelles :
- [0028] [Fig.1] illustre schématiquement la projection d'images par un système de réalité

- augmentée et d'un système Tête Haute d'un véhicule, selon l'état de la technique ;
- [0029] [Fig.2] illustre schématiquement la projection d'images dans un véhicule 10, selon un exemple de réalisation particulier et non limitatif de la présente invention ;
- [0030] [Fig.3] illustre schématiquement le champ de vision associé à une position de conduite du véhicule 10, selon un exemple de réalisation particulier et non limitatif de la présente invention ;
- [0031] [Fig.4] illustre schématiquement un dispositif de projection d'image holographique pour un véhicule 10, selon un exemple de réalisation particulier et non limitatif de la présente invention.
- [0032] [Fig.5] illustre schématiquement une unité de contrôle configurée pour fournir au des informations nécessaires à la génération d'une ou plusieurs images holographiques à un modulateur spatial de lumière, selon un exemple de réalisation particulier et non limitatif de la présente invention ;
- [0033] [Fig.6] illustre schématiquement un modulateur spatial de lumière 32 selon un exemple de réalisation particulier et non limitatif de la présente invention ;
- [0034] [Fig.7] illustre schématiquement un adressage des pixels par un modulateur spatial de lumière 32 selon un exemple de réalisation particulier et non limitatif de la présente invention ;
- [0035] [Fig.8] illustre schématiquement la mise en œuvre d'une fonction d'hologramme par un modulateur spatial de lumière 32 selon un exemple de réalisation particulier et non limitatif de la présente invention ; et
- [0036] [Fig.9] illustre un organigramme des différentes étapes d'un procédé de projection d'image holographique, selon un exemple de réalisation particulier de la présente invention.

### **Description des exemples de réalisation**

- [0037] Un modulateur spatial de lumière, un procédé et dispositif de projection d'image holographique vont maintenant être décrits dans ce qui va suivre en référence conjointement aux figures 1 à 9. Des mêmes éléments sont identifiés avec des mêmes signes de référence tout au long de la description qui va suivre.
- [0038] Selon un exemple particulier et non limitatif de réalisation, la présente invention concerne un modulateur spatial de lumière à très haute résolution qui, une fois illuminé par des sources laser, est intégrable comme écran holographique 3D pour une application d'affichage 3D ou inséré dans un système RA par exemple pour l'automobile. Le modulateur spatial de lumière comprend un substrat sur lequel est formé au moins un treillis de guides d'onde définissant une résolution de l'image holographique ; et à chaque intersection entre deux guides d'onde d'un treillis, sont déposées deux chaînes de nanoparticules d'un matériau plasmonique et des nano-gouttes d'un matériau à changement d'indice contrôlable optiquement, chacune desdites chaînes de nano-

particules étant alignée dans la direction de l'un des deux guides d'ondes de l'intersection et lesdits nano-gouttes étant déposées au-dessus desdites chaînes de nanoparticules.

- [0039] L'adressage des pixels est réalisé par les chaînes de nanoparticules tandis que la modulation de phase (la fonction « d'hologramme ») est réalisée par les nano-gouttes déposées au-dessus des nanoparticules.
- [0040] L'utilisation de chaînes de nanoparticules d'un matériau plasmonique et de nano-gouttes d'un matériau à changement d'indice contrôlable optiquement, permet d'augmenter significativement le nombre de pixels et donc la résolution de l'image holographique projetée sans pour autant devoir augmenter l'encombrement de la partie optique d'un dispositif de projection d'image holographique tel qu'un système RA ou VTH ou un afficheur 3D. D'un autre côté, l'intégration d'un tel modulateur spatial de lumière dans un système RA actuel permet d'améliorer la résolution des images holographiques projetées sans besoin d'éléments optiques réfractifs supplémentaires. Leur intégration peut également induire une réduction de l'encombrement de la partie optique d'un tel système car l'encombrement lié à l'agrandissement de l'image projetée est moindre.
- [0041] Par ailleurs, l'utilisation de la technologie holographique pour l'affiche d'image 3D procure un confort pour l'observation comparée à d'autres technologies 3D.
- [0042] Typiquement, la présente invention permet d'obtenir des modulateurs spatiaux de lumière ayant des tailles de pixels inférieures au micromètre alors que la taille des pixels de modulateurs spatiaux actuels est de l'ordre de 1 à 4  $\mu\text{m}$ .
- [0043] [Fig.2] illustre schématiquement la projection d'images dans un véhicule 10, selon un exemple de réalisation particulier et non limitatif de la présente invention.
- [0044] La [Fig.2] présente une vue de l'intérieur d'un véhicule 10, notamment de la partie avant de l'habitacle du véhicule 10 comprenant notamment le volant, le tableau de bord, et le pare-brise 100 du véhicule 10.
- [0045] Le véhicule 10 correspond par exemple à un véhicule à moteur thermique, à moteur(s) électrique(s) ou encore un véhicule hybride avec un moteur thermique et un ou plusieurs moteurs électriques. Le véhicule 1 correspond ainsi par exemple à un véhicule terrestre, par exemple une automobile, un camion, un car.
- [0046] Le véhicule 10 embarque par exemple un ensemble de capteurs configurés pour obtenir des données sur l'environnement du véhicule 10, ces données ou une partie d'entre elles étant notamment utilisées pour la conduite en mode autonome du véhicule 10. Ce ou ces capteurs correspondent par exemple à des capteurs d'un ou plusieurs systèmes de détection d'objet dans l'environnement du véhicule 10, les données obtenues de ce ou ces capteurs permettant par exemple de détecter des objets dans l'environnement du véhicule 10, par exemple devant le véhicule 10. Ce ou ces

systèmes de détection d'objet sont par exemple associés à ou compris dans un ou plusieurs systèmes d'aide à la conduite, dits systèmes ADAS (de l'anglais « Advanced Driver-Assistance System » ou en français « Système d'aide à la conduite avancé »).

[0047] Le ou les capteurs associés à ces systèmes de détection d'objet correspondent par exemple à un ou plusieurs des capteurs suivants :

[0048] - un ou plusieurs radars à ondes millimétriques arrangés sur le véhicule 10, par exemple à l'avant, à l'arrière, sur chaque coin avant/arrière du véhicule ; chaque radar est adapté pour émettre des ondes électromagnétiques et pour recevoir les échos de ces ondes renvoyées par un ou plusieurs objets, dans le but de détecter des obstacles et leurs distances vis-à-vis du véhicule ; et/ou

[0049] - un ou plusieurs LIDAR(s) (de l'anglais « Light Detection And Ranging », ou « Détection et estimation de la distance par la lumière » en français), un capteur LIDAR correspondant à un système optoélectronique composé d'un dispositif émetteur laser, d'un dispositif récepteur comprenant un collecteur de lumière (pour collecter la partie du rayonnement lumineux émis par l'émetteur et réfléchi par tout objet situé sur le trajet des rayons lumineux émis par l'émetteur) et d'un photodétecteur qui transforme la lumière collectée en signal électrique ; un capteur LIDAR permet ainsi de détecter la présence d'objets situés dans le faisceau lumineux émis et de mesurer la distance entre le capteur et chaque objet détecté ; et/ou

[0050] - une ou plusieurs caméras (associées ou non à un capteur de profondeur) pour l'acquisition d'une ou plusieurs images de l'environnement autour du véhicule se trouvant dans le champ de vision de la ou les caméras.

[0051] Le véhicule 10 embarque également par exemple un système de navigation, lequel utilise par exemple des informations de géolocalisation fournies par un système de positionnement par satellites tels que le système GPS (de l'anglais « Global Positioning System » ou en français « Système mondial de positionnement ») ou le système Galileo. Ces informations de géolocalisation sont combinées à des données de cartographie, notamment routière, pour afficher le tracé de l'itinéraire sur une carte obtenue à partir des données de cartographie.

[0052] Le véhicule 10 embarque avantageusement un dispositif de projection d'image holographique.

[0053] Le dispositif de projection d'image holographique comprend par exemple un ou plusieurs projecteurs intégrés par exemple dans la planche de bord. Un tel dispositif de projection d'image holographique ou de contenus graphiques correspond par exemple à un afficheur 3D ou à un système RA ou VTH, lequel permet l'incrustation d'objets virtuels dans le champ de vision du conducteur, par exemple sur le pare-brise du véhicule 10, de manière à superposer les objets virtuels sur la scène routière réelle. La projection de l'image holographique est par exemple contrôlée par un ou plusieurs cal-

culateurs du système embarqué du véhicule 10, par exemple par le calculateur du système d'info-divertissement, dit calculateur IVI (de l'anglais « In-Vehicle Info-tainment » ou en français « Info-divertissement embarqué ») du véhicule 10.

- [0054] L'image holographique est avantageusement affichée sur une surface 101 par projection des données d'images sous la forme d'un faisceau lumineux émis par un modulateur spatial de lumière 32. La surface 101 correspond par exemple à une lamelle opaque arrangée sur la planche de bord du véhicule 10, par exemple au-dessus et en arrière du volant par rapport à un point de vue correspondant au point de vue selon lequel un conducteur est censé regarder la route devant lui lorsqu'il conduit le véhicule 10.
- [0055] L'image holographique comprend avantageusement un ensemble d'objets graphiques chacun représentatif d'un paramètre ou d'un état de fonctionnement du véhicule 10. A titre d'exemple, l'ensemble d'objets graphiques représente des paramètres ou état de fonctionnement du véhicule 10 correspondant à tout ou partie des informations suivantes, selon toutes combinaisons possibles :
- [0056] - une information représentative de vitesse instantanée ; et/ou
- [0057] - une information représentative de rotation d'un arbre moteur (aussi appelé information de compte-tours) ; et/ou
- [0058] - une information représentative d'un kilométrage parcouru ; et/ou
- [0059] - une information représentative d'un niveau de carburant ou de l'état de charge de la batterie dans le cas d'un véhicule électrique ; et/ou
- [0060] - une information représentative d'une température d'un liquide de refroidissement moteur ; et/ou
- [0061] - au moins une information représentative d'un témoin d'alerte (par exemple témoin de charge de la batterie, témoin de pression d'huile moteur, témoin de température d'huile moteur ou de liquide de refroidissement, témoin de défaillance des freins, etc.), correspondant par exemple à un pictogramme s'affichant ou prenant une couleur déterminée en cas d'alerte ; et/ou
- [0062] - au moins une information représentative d'un témoin d'avertissement (par exemple témoin de niveau d'huile moteur, témoin d'air bag (aussi appelé coussin gonflable), témoin d'usure des plaquettes de frein, etc.), correspondant par exemple à un pictogramme s'affichant ou prenant une couleur déterminée en cas d'avertissement ; et/ou
- [0063] - au moins une information représentative d'un témoin de signalisation de fonctionnement d'un système embarqué (témoin de feux de positionnement, de croisement ou de route, témoin de feux de détresse, témoin de désembuage de lunette arrière, etc.), correspondant par exemple à un pictogramme s'affichant ou prenant une couleur déterminée en cas de mise en opération du système embarqué.
- [0064] l'ensemble d'objets graphiques peuvent aussi représenter des informations

contextuelles ou d'environnement du véhicule 10 correspondent à tout ou partie des informations suivantes, selon toutes combinaisons possibles :

- [0065] - des informations représentatives de cartographie de l'environnement du véhicule 10, par exemple obtenues d'un système de navigation embarqué dans le véhicule ou d'un système de navigation installé sur un dispositif de communication mobile (par exemple un téléphone intelligent (de l'anglais « smartphone ») relié en communication sans fil avec le véhicule 10, ou plus spécifiquement avec le système embarqué du véhicule 10 comprenant le ou les calculateurs en charge de contrôler la projection de la première image et de la deuxième image ; et/ou
- [0066] - des informations représentatives de navigation du véhicule, par exemple un tracé de l'itinéraire à suivre par le véhicule, la position courant du véhicule, la vitesse instantanée du véhicule, la limitation de vitesse applicable sur la portion de route sur laquelle circule le véhicule 10 ; ces informations sont par exemple obtenues du système de navigation embarqué dans le véhicule ou du système de navigation installé sur un dispositif de communication mobile ; et/ou
- [0067] - une information représentative d'un objet détecté dans l'environnement, par exemple la présence d'un véhicule précédent le véhicule 10, la présence d'un piéton ou d'un animal sur la chaussée devant le véhicule 10, la présence d'un panneau de signalisation routière, la présence d'un objet immobile sur la chaussée, la présence d'une entrée d'un tunnel, etc. ; cette ou ces informations sont par exemple obtenues d'un ou plusieurs capteurs de détection d'objet embarqués dans le véhicule 10 et par exemple associés à un ou plusieurs systèmes ADAS du véhicule 10 ; selon une variante, ces informations sont reçues d'un autre véhicule ou de l'infrastructure relié(e) au véhicule 10 en communication sans fil selon un mode de communication véhicule vers tout, dit V2X (de l'anglais « vehicle-to-everything ») comprenant des modes de communication véhicule à véhicule, dit V2V (de l'anglais « vehicle-to-vehicle »), de véhicule à infrastructure V2I (de l'anglais « vehicle-to-infrastructure ») et/ou de véhicule à piéton V2P (de l'anglais « vehicle-to-pedestrian ») ; et/ou
- [0068] - une information représentative d'un évènement détecté dans l'environnement, par exemple une information sur une perturbation sur la route, par exemple un accident, un embouteillage, une information sur des conditions climatiques particulières et pouvant perturber la circulation (neige, brouillard, pluie, verglas) ; cette ou ces informations sont par exemple obtenues d'un ou plusieurs capteurs de détection d'objet embarqués dans le véhicule 10 et par exemple associés à un ou plusieurs systèmes ADAS du véhicule 10 ; selon une variante, ces informations sont reçues d'un autre véhicule ou de l'infrastructure relié(e) au véhicule 10 en communication sans fil selon un mode de communication véhicule vers tout, dit V2X (de l'anglais « vehicle-to-everything ») comprenant des modes de communication véhicule à véhicule, dit V2V (de l'anglais

« vehicle-to-vehicle »), de véhicule à infrastructure V2I (de l'anglais « vehicle-to-infrastructure ») et/ou de véhicule à piéton V2P (de l'anglais « vehicle-to-pedestrian ») ; selon une autre variante, ces informations sont reçues d'un ou plusieurs serveurs du « cloud » (ou « nuage » en français) via un réseau sans fil cellulaire de type 4G ou 5G.

- [0069] Bien entendu, la liste des informations affichées via l'image holographique est donnée à titre d'exemple et n'est pas limitée aux exemples ci-dessus.
- [0070] [Fig.3] illustre schématiquement un champ de vision associé à une position de conduite du véhicule 10, selon un exemple de réalisation particulier et non limitatif de la présente invention.
- [0071] La [Fig.3] illustre la partie avant du véhicule 10 selon une vue de dessus. Le champ de vision 210 est associé à un point de vue 21 qui correspond au point de vue selon lequel un conducteur est censé regarder la route devant lui lorsqu'il conduit le véhicule 10. Ce point de vue 21 est par exemple positionné au milieu du siège conducteur (avant gauche dans le sens de circulation du véhicule 10 selon l'exemple particulier de la [Fig.3], à l'endroit de la tête du conducteur si le conducteur était assis dans le siège conducteur. Le point de vue 21 est par exemple positionné au centre d'un appui-tête reposant sur le siège conducteur lorsque le siège est équipé d'un tel appui-tête.
- [0072] Le champ de vision 210 s'étend par exemple autour d'un axe de vision principale 211, et couvre une zone entre une limite verticale supérieure (formant par exemple un angle de  $15^\circ$  avec l'axe 211 depuis le point de vue 21), une limite verticale inférieure (formant par exemple un angle de  $15^\circ$  avec l'axe 211 depuis le point de vue 21), une limite latérale droite (formant par exemple un angle de  $20$  ou  $25^\circ$  avec l'axe 211 depuis le point de vue 21) et une limite latérale gauche (formant par exemple un angle de  $25$  ou  $30^\circ$  avec l'axe 211 depuis le point de vue 21).
- [0073] Un objet graphique 2100 correspondant à un élément de l'image holographique est avantageusement projeté ou affiché à l'intérieur du champ de vision 210, pour s'assurer que le conducteur regarde la route ou l'environnement devant le véhicule 10 selon ce champ de vision 210.
- [0074] L'objet graphique 2100 dépend par exemple du type d'information projetée sur la surface 101. L'objet graphique 2100 correspond par exemple à une représentation d'un panneau d'avertissement, d'un véhicule, par exemple automobile, ou d'un piéton, une flèche indiquant la direction à suivre. L'objet graphique 2100 est par exemple semi-transparent pour permettre au conducteur de voir l'environnement routier au travers de cet objet graphique 2100.
- [0075] Lorsque la projection de l'image holographique a pour objectif d'alerter le conducteur du véhicule 10 sur un danger potentiel, l'objet graphique est par exemple

affiché à l'endroit d'un objet détecté devant le véhicule 10, pour attirer l'attention du conducteur sur cet objet détecté. L'objet graphique 2100 correspond à un élément virtuel ajouté par incrustation ou superposition de cet élément virtuel sur un élément du monde réel.

- [0076] Le mouvement de l'objet graphique 2100 suit par exemple le mouvement d'un objet détecté devant le véhicule 10, le mouvement de l'objet détecté correspondant par exemple au déplacement de l'objet détecté, le cas échéant, relativement au déplacement du véhicule 10. Selon une variante, l'objet graphique 2100 est initialement affiché dans une première position avant de suivre le mouvement de l'objet détecté.
- [0077] [Fig.4] illustre schématiquement un dispositif de projection d'image holographique pour un véhicule 10, selon un exemple de réalisation particulier et non limitatif de la présente invention.
- [0078] Le dispositif de projection d'image holographique 3 comprend une unité de contrôle 31 configurée pour le traitement de données reçues de capteurs du véhicule 10 et/ou de systèmes embarqués dans le véhicule 10 et/ou de dispositifs distants et reliés au véhicule 10. L'unité de contrôle 31 est avantageusement configurée pour fournir des informations nécessaires à la génération d'une ou plusieurs images holographiques à partir des données reçues.
- [0079] Le dispositif de projection d'image holographique 3 comprend un modulateur spatial de lumière 32 ([Fig.6]) configuré pour générer un faisceau lumineux représentatif d'une image holographique à partir d'informations issues de l'unité de contrôle 31.
- [0080] Le dispositif de projection d'image holographique 3 comprend au moins une source de lumière cohérente (par exemple laser) 34 formée, par exemple de diode laser RGB (de l'anglais « Red, Green, Blue », en français Rouge, Vert Bleu).
- [0081] Selon un exemple de réalisation particulier et non limitatif, les sources lumineuses sont adaptées pour émettre des ondes lumineuses proche-infrarouges (700nm à 1600nm).
- [0082] Le dispositif de projection d'image holographique 3 comprend également un dispositif réfléchissant 33 associé au modulateur spatial de lumière 32. Le dispositif réfléchissant 33 est configuré pour orienter le faisceau lumineux émis par le modulateur spatial de lumière 32 vers la surface 101 pour affichage de l'image holographique dans le champ de vision du point de vue 21.
- [0083] Selon une variante, le dispositif de projection d'image holographique 3 ne comprend pas de tel(s) dispositif(s) réfléchissant(s), le modulateur spatial de lumière 32 étant alors arrangé de manière à projeter le faisceau lumineux directement sur la surface 101.
- [0084] Selon une variante optionnelle de réalisation, le dispositif de projection d'image holographique 3 comprend en outre des moyens optiques (par exemple un arrangement de lentilles optiques non représenté) configurés pour focaliser l'image holographique

dans le plan image.

- [0085] Le dispositif de projection d'image holographique 3 est par exemple configuré pour la mise en œuvre des opérations décrites en regard des figures 6, 7 et 8 et/ou des étapes du procédé décrit en regard de la [Fig.9].
- [0086] [Fig.5] illustre schématiquement une unité de contrôle 31 configurée pour fournir au des informations nécessaires à la génération d'une ou plusieurs images holographiques au modulateur spatial de lumière 32, selon un exemple de réalisation particulier et non limitatif de la présente invention.
- [0087] L'unité de contrôle 31 correspond par exemple à un dispositif embarqué dans le véhicule 10, par exemple un calculateur.
- [0088] L'unité de contrôle 31 est par exemple configuré pour la mise en œuvre de tout ou partie des opérations décrites regard des figures 6, 7 et 8 et/ou des étapes du procédé décrit en regard de la [Fig.9]. Des exemples d'une telle unité de contrôle 31 comprennent, sans y être limités, un équipement électronique embarqué tel qu'un ordinateur de bord d'un véhicule, un calculateur électronique tel qu'une UCE (« Unité de Commande Electronique »). Les éléments de l'unité de contrôle 31, individuellement ou en combinaison, peuvent être intégrés dans un unique circuit intégré, dans plusieurs circuits intégrés, et/ou dans des composants discrets. L'unité de contrôle 31 peut être réalisée sous la forme de circuits électroniques ou de modules logiciels (ou informatiques) ou encore d'une combinaison de circuits électroniques et de modules logiciels.
- [0089] L'unité de contrôle 31 comprend un (ou plusieurs) processeur(s) 40 configurés pour exécuter des instructions pour la réalisation des étapes du procédé et/ou pour l'exécution des instructions du ou des logiciels embarqués dans l'unité de contrôle 31. Le processeur 40 peut inclure de la mémoire intégrée, une interface d'entrée/sortie, et différents circuits connus de l'homme du métier. L'unité de contrôle 31 comprend en outre au moins une mémoire 41 correspondant par exemple une mémoire volatile et/ou non volatile et/ou comprend un dispositif de stockage mémoire qui peut comprendre de la mémoire volatile et/ou non volatile, telle que EEPROM, ROM, PROM, RAM, DRAM, SRAM, flash, disque magnétique ou optique.
- [0090] Le code informatique du ou des logiciels embarqués comprenant les instructions à charger et exécuter par le processeur est par exemple stocké sur la mémoire 41.
- [0091] Selon différents modes de réalisation particuliers, l'unité de contrôle 31 est couplée en communication avec d'autres dispositifs ou systèmes similaires et/ou avec des dispositifs de communication, par exemple une TCU (de l'anglais « Telematic Control Unit » ou en français « Unité de Contrôle Télématique »), par exemple par l'intermédiaire d'un bus de communication ou au travers de ports d'entrée / sortie dédiés.

- [0092] Selon un mode de réalisation particulier et non limitatif, L'unité de contrôle 31 comprend un bloc 42 d'éléments d'interface pour communiquer avec des dispositifs externes, par exemple un serveur distant ou le « cloud », d'autres nœuds du réseau ad hoc. Les éléments d'interface du bloc 42 comprennent une ou plusieurs des interfaces suivantes :
- [0093] - interface radiofréquence RF, par exemple de type Bluetooth® ou Wi-Fi®, LTE (de l'anglais « Long-Term Evolution » ou en français « Evolution à long terme »), LTE-Advanced (ou en français LTE-avancé) ;
- [0094] - interface USB (de l'anglais « Universal Serial Bus » ou « Bus Universel en Série » en français) ;
- [0095] - interface HDMI (de l'anglais « High Definition Multimedia Interface », ou « Interface Multimedia Haute Definition » en français) ;
- [0096] - interface LIN (de l'anglais « Local Interconnect Network », ou en français « Réseau interconnecté local »).
- [0097] Selon un autre mode de réalisation particulier, L'unité de contrôle 31 comprend une interface de communication 43 qui permet d'établir une communication avec d'autres dispositifs (tels que d'autres calculateurs du système embarqué) via un canal de communication 430. L'interface de communication 43 correspond par exemple à un transmetteur configuré pour transmettre et recevoir des informations et/ou des données via le canal de communication 430. L'interface de communication 43 correspond par exemple à un réseau filaire de type CAN (de l'anglais « Controller Area Network » ou en français « Réseau de contrôleurs »), CAN FD (de l'anglais « Controller Area Network Flexible Data-Rate » ou en français « Réseau de contrôleurs à débit de données flexible »), FlexRay (standardisé par la norme ISO 17458) ou Ethernet (standardisé par la norme ISO/IEC 802-3).
- [0098] Selon un mode de réalisation particulier supplémentaire, l'unité de contrôle 31 peut fournir des signaux de sortie à un ou plusieurs dispositifs externes, tels qu'un écran d'affichage 440, un ou des haut-parleurs 450 et/ou d'autres périphériques 460 (par exemple le modulateur spatial de lumière 32) via respectivement des interfaces de sortie 44, 45 et 46. Selon une variante, l'un ou l'autre des dispositifs externes est intégré à l'unité de contrôle 31.
- [0099] [Fig.6] illustre schématiquement un modulateur spatial de lumière 32 selon un exemple de réalisation particulier et non limitatif de la présente invention.
- [0100] Le modulateur spatial de lumière 32 est destiné à être illuminé par les sources de lumière 34 pour former une image holographique. Ces sources de lumière 34 sont pilotées (activées/désactivées) par des informations issues de l'unité de contrôle 31 pour former une image holographique. L'image holographique correspond à un ensemble de pixels très souvent organisé sous forme de treillis, à chaque pixel étant

associées des informations, par exemple des niveaux de gris codés sur 8, 10 ou 12 bits pour chaque canal couleur d'un espace couleur déterminé, par exemple RGB.

- [0101] L'image holographique est par exemple générée pour représenter graphiquement des informations sur l'état de fonctionnement du véhicule 10 ou sur le contexte ou l'environnement dans lequel évolue le véhicule 10. Ces informations sont par exemple reçues de capteurs et/ou de systèmes embarqués dans le véhicule et mesurant des paramètres de contrôle du véhicule 10.
- [0102] L'image holographique issue du modulateur spatial de lumière 32 est projetée sous la forme d'un faisceau lumineux sur la surface 101 par dispositif réfléchissant 33 ([Fig.4]).
- [0103] Bien entendu, la génération et la projection ne se limite pas à une seule image mais s'étendent à la génération et à la projection d'une séquence de images, par exemple à une fréquence d'image égale à par exemple 24, 30 ou 60 images par seconde.
- [0104] Le modulateur spatial de lumière 32 comprend un substrat, par exemple en silice ( $\text{SiO}_2$ ), sur lequel est formé au moins un treillis de guides d'onde définissant une résolution de l'image holographique.
- [0105] Par treillis de guides d'onde, il faut entendre un ensemble de guides d'onde organisé pour former au moins une intersection entre deux guides d'onde.
- [0106] Par exemple, la largeur de chaque guide d'onde est de l'ordre de 500 nm et l'espacement entre les guides d'onde est de l'ordre de 500 nm.
- [0107] Selon un exemple particulier de réalisation non limitatif, les guides d'onde sont formés à partir d'un matériau diélectrique, par exemple en silice ( $\text{SiO}_2$ ).
- [0108] Selon un exemple particulier de réalisation non limitatif, les guides d'ondes d'un treillis sont structurés pour former un motif géométrique.
- [0109] Selon une variante, telle qu'illustrée sur la [Fig.6], un treillis de guides d'onde forme une matrice de lignes et de colonnes parallèles de guide d'onde. A chaque intersection de deux guides d'onde correspond alors un pixel de l'image holographique. Sur l'exemple de la [Fig.6], 4 intersections sont représentées d'une matrice de guides d'onde. Chaque intersection correspond à un pixel de l'image holographique.
- [0110] Selon une variante, un treillis de guides d'onde forme un motif triangulaire ou hexagonal de guides d'onde.
- [0111] Selon la présente invention, à chaque intersection entre deux guides d'onde d'un treillis, sont déposées deux chaînes de nanoparticules (nanostructures de dimension de l'ordre du nanomètre) d'un matériau plasmonique et des nano-gouttes (gouttes de dimension de l'ordre du nanomètre) d'un matériau à changement d'indice contrôlable optiquement. Chaque chaîne de nanoparticules est alignée dans la direction de l'un des deux guides d'ondes d'une intersection et les nano-gouttes sont déposées au-dessus des chaînes de nanoparticules telle qu'illustré sur la [Fig.6].

- [0112] Par exemple, les nanoparticules ont une taille de 100 à 250 nm.
- [0113] Le modulateur spatial de lumière 32 permet d'obtenir des tailles de pixels inférieures à 500nm conduisant à des champs de vue de plus de 60° et à des résolution très élevée d'image holographique, bien supérieure à celles des images holographiques actuelles.
- [0114] Dans une première opération, une information est obtenue à partir de l'unité de contrôle 31 concernant l'activation d'un couple de sources lumineuses 34 associées à deux guides d'onde associés à une intersection d'un treillis de guides d'onde.
- [0115] Dans une deuxième opération, une onde lumineuse proche-infrarouge est émise par une source lumineuse 34, cette onde se propage dans un guide d'onde et interagit avec les nanoparticules. Les chaînes de nanoparticules le long de ce guide d'onde sont alors dites excitées et se comportent alors comme des concentrateurs de lumière à une échelle sub-longueur d'onde. Un pixel est dit activé, c'est-à-dire qu'il concentre suffisamment d'énergie lumineuse, si et seulement si deux chaînes de nanoparticules d'une intersection sont excitées simultanément.
- [0116] L'adressage individuel des pixels de l'image holographique est contrôlé par injection ou non de lumière dans les deux guides d'onde de chaque intersection d'un treillis de guides d'onde, aux longueurs d'onde adéquates, c'est-à-dire correspondant aux résonances respectives des chaînes de nanoparticules.
- [0117] Selon un exemple, illustré à la figure 7, 4 guides d'onde sont représentés formant 4 intersections. L'adressage des pixels est ici mis en place en référencant les colonnes  $x_1$  et  $x_2$  et les lignes  $y_1$  et  $y_2$ . Deux sources lumineuses sont associées à chaque guide d'onde : des sources lumineuses  $\lambda_{x1}$  et  $\lambda_{x2}$  sont associées aux lignes  $y_1$  et  $y_2$  et des sources lumineuses  $\lambda_{y1}$  et  $\lambda_{y2}$  sont associées aux colonnes  $x_1$  et  $x_2$ . Selon l'exemple, deux pixels sont activés : un premier pixel correspondant à l'intersection entre la colonne  $x_1$  et la ligne  $y_2$  et un second pixel correspondant à la colonne  $x_2$  et à la ligne  $y_1$ . Le premier pixel est activé lorsque la source lumineuse  $\lambda_{x1}$  de la ligne  $y_2$  et la source lumineuse  $\lambda_{y2}$  de la colonne  $x_1$  émettent une onde lumineuse, et le second pixel est activé lorsque la source lumineuse  $\lambda_{x2}$  de la ligne  $y_1$  et la source lumineuse  $\lambda_{y1}$  de la colonne  $x_2$  émettent une onde lumineuse.
- [0118] Les sources lumineuses sont contrôlées à partir des informations issues de l'unité de contrôle 31.
- [0119] On peut noter que selon cet exemple, l'adressage des pixels est illustré avec un seul treillis de guides d'onde mais l'adressage des pixels peut aussi être mis en œuvre pour plusieurs treillis de guides d'ondes superposés.
- [0120] Le modulateur 32 met aussi en œuvre également une fonction dite d'hologramme. Cette fonction est réalisée par les nano-gouttes qui assurent une modulation de phase de l'onde lumineuse incidente visible. En effet, lorsqu'un pixel est activé, le champ

optique généré par les chaînes de nanoparticules exerce sur les molécules des nano-gouttes (réalisées dans un matériau à changement d'indice contrôlable) situées à proximité, un couple optique qui a comme effet de faire varier leur orientation tel qu'illustré à la [Fig.8]. Cette orientation varie continûment avec la puissance optique, et induit une variation d'indice du matériau de ces nano-gouttes, notamment le long de l'axe perpendiculaire à la surface du substrat. Avec une épaisseur suffisante de matériau à changement d'indice contrôlable et une gamme contrôlée de puissance « déposée », chaque pixel peut induire un déphasage à une onde réfléchie sur sa surface sub-longueur d'onde variant continûment de 0 à  $2\pi$ .

- [0121] Selon un exemple de réalisation particulier et non limitatif, le matériau plasmonique est de l'or (Au), de l'argent (Ag), du cuivre (Cu) ou de l'aluminium (Al).
- [0122] Selon un exemple de réalisation particulier et non limitatif, les nano-gouttes sont structurées en matrices méso-structurées.
- [0123] Selon un exemple de réalisation particulier et non limitatif, le matériau à changement d'indice contrôlable optiquement est un cristal liquide.
- [0124] Selon un exemple de réalisation particulier et non limitatif, le matériau à changement d'indice contrôlable optiquement est un matériau photostrictif ou à changement de phase.
- [0125] Selon un exemple de réalisation particulier et non limitatif, la structure noyau-enveloppe du matériau plasmonique est de type métal-diélectrique.
- [0126] [Fig.9] illustre un organigramme des différentes étapes d'un procédé de projection d'image holographique, selon un exemple de réalisation particulier et non limitatif de la présente invention. Le procédé est par exemple mis en œuvre par le dispositif de projection holographique 3 de la [Fig.3].
- [0127] Dans une première étape 51, une information est obtenue à partir de l'unité de contrôle 31 concernant l'activation d'un couple de sources lumineuses 34 associées à deux guides d'onde associés à une intersection d'un treillis de guides d'onde.
- [0128] Dans une seconde étape 52, une première onde lumineuse proche-infrarouge est émise par une source lumineuse 34 associée à l'un des deux guides d'onde, cette onde se propage dans ce guide d'onde et excite les chaînes de nanoparticules déposées dans la même direction que ce guide d'onde.
- [0129] Dans une troisième étape 53, une deuxième onde lumineuse proche-infrarouge est émise par une source lumineuse 34 associée à l'autre des deux guides d'onde, cette onde se propage dans cet autre guide d'onde et excite les chaînes de nanoparticules déposées dans la même direction que cet autre guide d'onde.
- [0130] Bien entendu, la présente invention ne se limite pas aux exemples de réalisation décrits ci-avant mais s'étend à un modulateur spatial de lumière qui inclurait des éléments secondaires sans pour cela sortir de la portée de la présente invention.

[0131] La présente invention concerne également un véhicule, par exemple automobile ou plus généralement un véhicule autonome à moteur terrestre, comprenant le modulateur spatial de lumière de la [Fig.6].

## Revendications

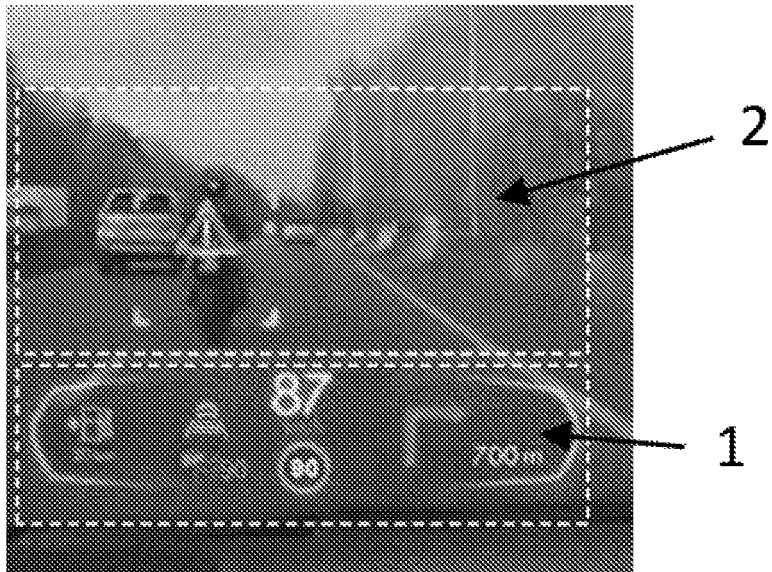
- [Revendication 1] Modulateur spatial de lumière (32) destiné à être illuminé par des sources de lumière cohérente pour former une image holographique, ledit modulateur comprenant :
- un substrat sur lequel est formé au moins un treillis de guides d'onde définissant une résolution de l'image holographique ; et
  - à chaque intersection entre deux guides d'onde d'un treillis, sont déposées deux chaînes de nanoparticules d'un matériau plasmonique et des nano-gouttes d'un matériau à changement d'indice contrôlable optiquement, chacune desdites chaînes de nanoparticules étant alignée dans la direction de l'un des deux guides d'ondes de l'intersection et lesdits nano-gouttes étant déposées au-dessus desdites chaînes de nanoparticules.
- [Revendication 2] Modulateur spatial de lumière selon la revendication 1, dans lequel le matériau à changement d'indice contrôlable optiquement est un cristal liquide.
- [Revendication 3] Modulateur spatial de lumière selon la revendication 1, dans lequel le matériau à changement d'indice contrôlable optiquement est un matériau photostrictif ou à chargement de phase.
- [Revendication 4] Modulateur spatial de lumière selon l'une des revendications 1 à 3, dans lequel le matériau plasmonique est de l'or, de l'argent, du cuivre ou de l'aluminium.
- [Revendication 5] Modulateur spatial de lumière selon l'une des revendications 1 à 3, dans lequel la structure noyau-enveloppe du matériau plasmonique est de type métal-diélectrique.
- [Revendication 6] Modulateur spatial de lumière selon l'une des revendications 1 à 5, dans lequel les guides d'onde sont formés à partir d'un matériau diélectrique.
- [Revendication 7] Modulateur spatial de lumière selon l'une des revendications 1 à 6, dans lequel les guides d'ondes d'un treillis sont structurés pour former un motif géométrique.
- [Revendication 8] Procédé de génération d'une image holographique mis en œuvre par un modulateur spatial de lumière selon l'une des revendications 1 à 7, ledit procédé comprenant les étapes suivantes pour activer un pixel de l'image holographique :
- obtention d'une information concernant l'activation d'un couple de sources lumineuses associées à deux guides d'onde relatifs à une intersection d'un treillis de guides d'onde ;

- émission d'une première onde lumineuse proche-infrarouge par une source lumineuse associée à l'un des deux guides d'onde, cette onde se propageant dans ledit guide d'onde et excitant des chaînes de nanoparticules déposées dans la même direction que ledit guide d'onde : et  
- émission d'une deuxième onde lumineuse proche-infrarouge par une source lumineuse associée à l'autre des deux guides d'onde, ladite onde se propageant dans ledit autre guide d'onde et excitant des chaînes de nanoparticules déposées dans la même direction que cet autre guide d'onde.

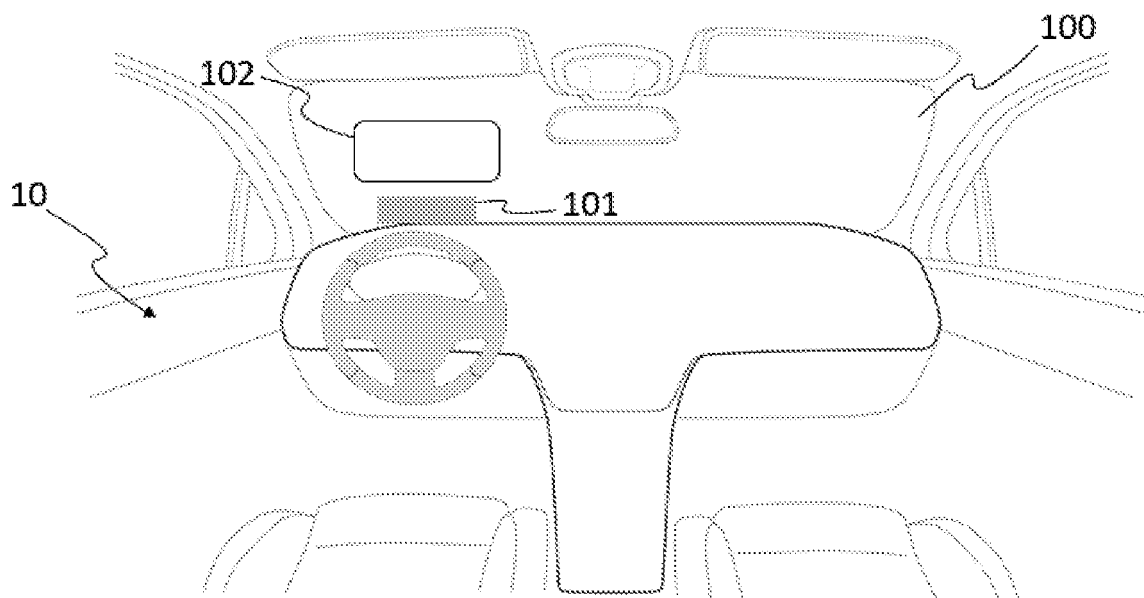
[Revendication 9] Dispositif de projection d'image holographique comprenant au moins un modulateur spatial de lumière selon l'une des revendications 1 à 6.

[Revendication 10] Véhicule comprenant au moins un modulateur spatial de lumière selon l'une des revendications 1 à 7.

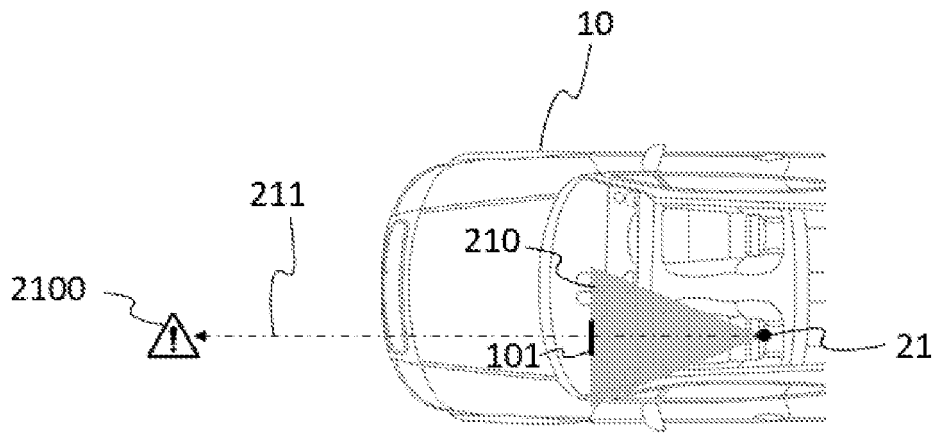
[Fig. 1]



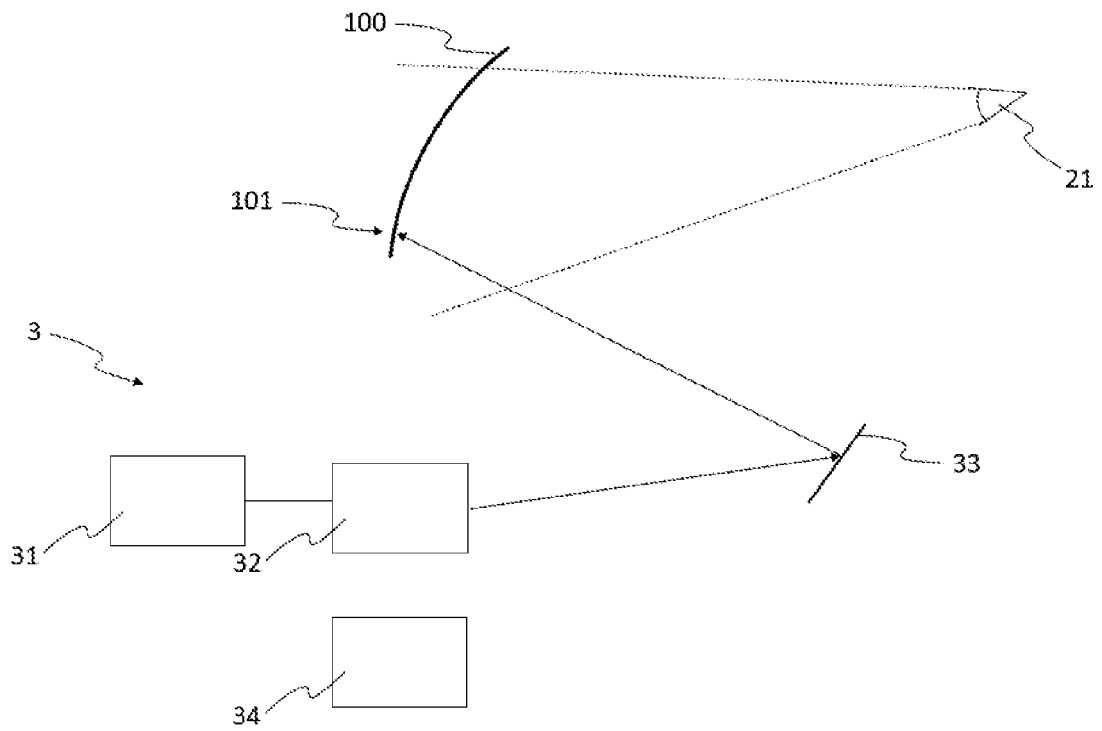
[Fig. 2]



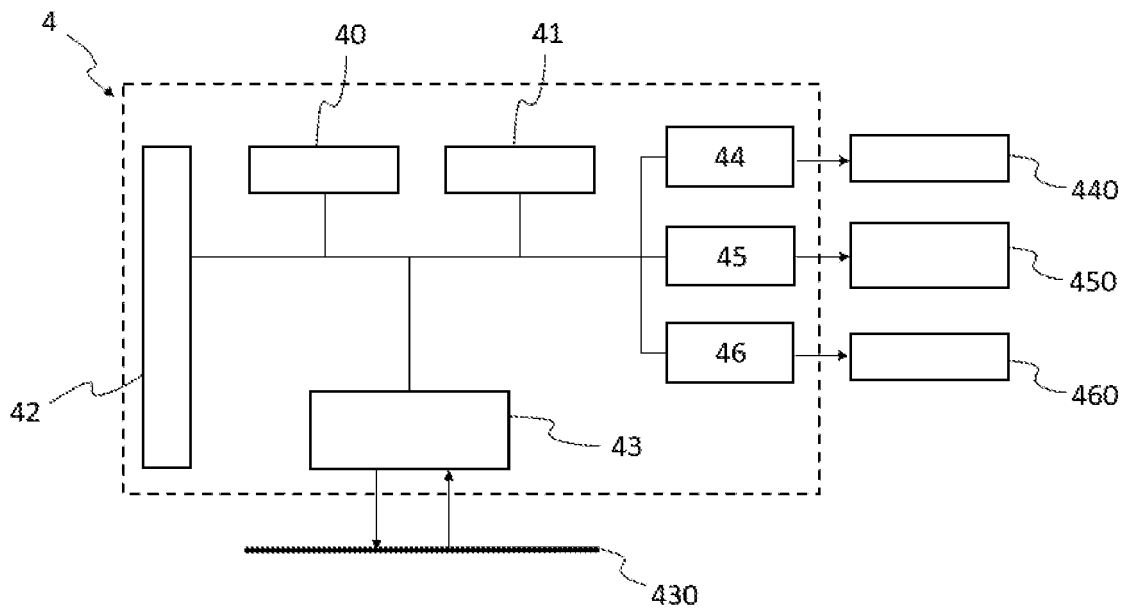
[Fig. 3]



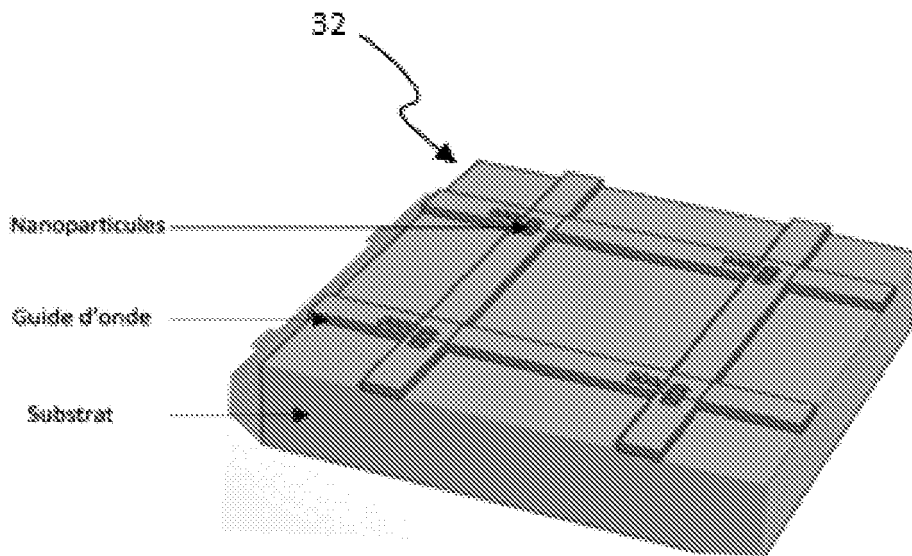
[Fig. 4]



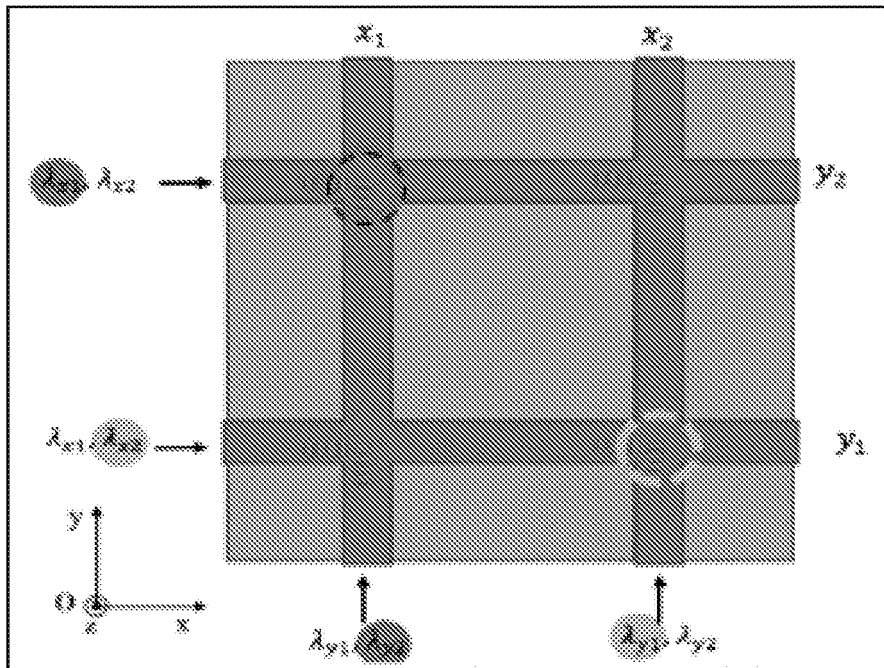
[Fig. 5]



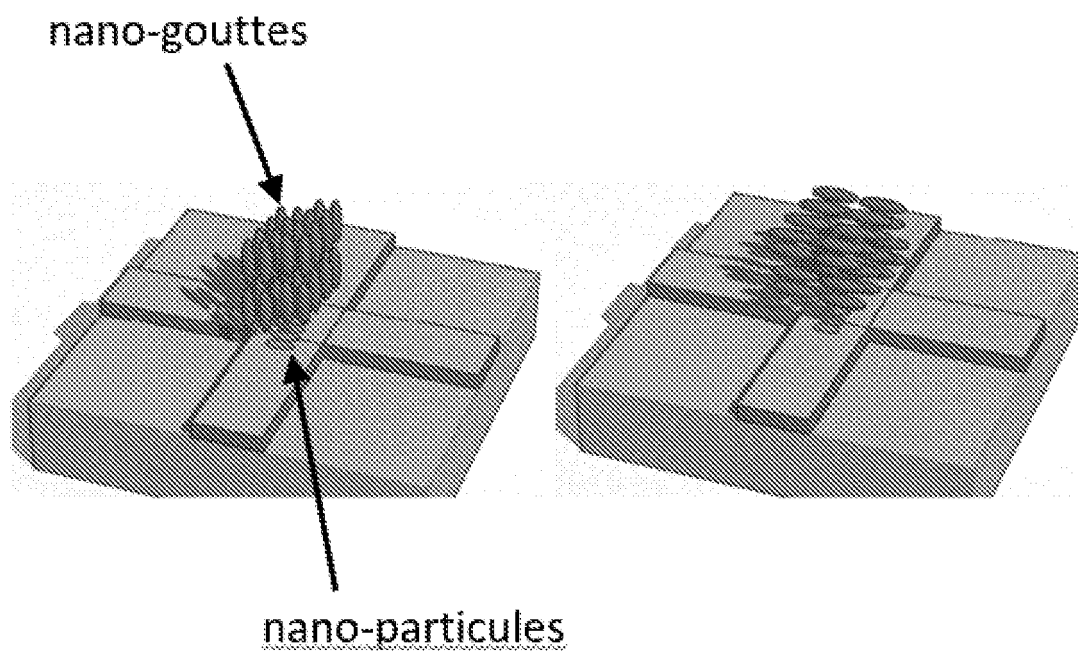
[Fig. 6]



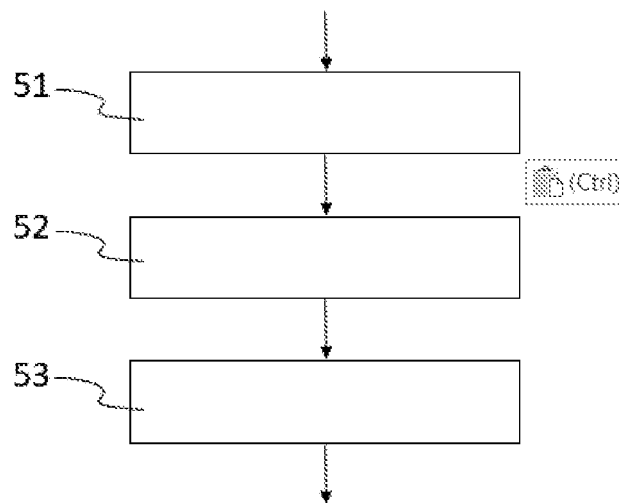
[Fig. 7]



[Fig. 8]



[Fig. 9]



**RAPPORT DE RECHERCHE  
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement  
national

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

**FA 897122**  
**FR 2107238**

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		
<b>A</b>	<p><b>BERTIN HERVE ET AL: "Periodic and Disordered Plasmonic Nanostructures Arrays for Visualization Application", 2017 ASIA COMMUNICATIONS AND PHOTONICS CONFERENCE (ACP), THE OPTICAL SOCIETY, 10 novembre 2017 (2017-11-10), pages 1-3, XP033523280, [extrait le 2019-02-21] * le document en entier *</b></p> <p style="text-align: center;">-----</p>	<b>1-10</b>	<p><b>G03H1/22</b> <b>G02B6/38</b></p>
			<p><b>DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)</b></p>
			<p><b>G02F</b></p>
		Date d'achèvement de la recherche <b>7 février 2022</b>	Examineur <b>Sittler, Gilles</b>
<p>CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS</p> <p>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</p>		<p>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 ..... &amp; : membre de la même famille, document correspondant</p>	