



(11) **EP 3 517 830 B1**

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention  
de la délivrance du brevet:  
**11.01.2023 Bulletin 2023/02**

(51) Classification Internationale des Brevets (IPC):  
**F21S 41/275<sup>(2018.01)</sup> F21S 41/20<sup>(2018.01)</sup>**  
**F21S 41/143<sup>(2018.01)</sup> F21S 41/145<sup>(2018.01)</sup>**  
**F21S 41/255<sup>(2018.01)</sup>**

(21) Numéro de dépôt: **19154542.5**

(52) Classification Coopérative des Brevets (CPC):  
**F21S 41/275; F21S 41/143; F21S 41/145;**  
**F21S 41/255; F21S 41/285; F21W 2102/155**

(54) **DISPOSITIF D'ECLAIRAGE DE LA ROUTE A SURFACE GENERATRICE DE CAUSTIQUE  
CONTROLEE FORMANT UN FAISCEAU D'ECLAIRAGE**

STRASSENBELEUCHTUNGSVORRICHTUNG MIT KONTROLLIERTER KAUSTIK ERZEUGENDER  
OBERFLÄCHE, DIE EINEN LICHTSTRAHL BILDET

ROAD LIGHTING DEVICE WITH A CONTROLLED CAUSTIC GENERATING SURFACE FORMING  
A LIGHT BEAM

(84) Etats contractants désignés:  
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB  
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO  
PL PT RO RS SE SI SK SM TR**

(74) Mandataire: **Valeo Visibility**  
**Service Propriété Industrielle**  
**c/o Valeo Vision**  
**34, rue Saint André**  
**93012 Bobigny (FR)**

(30) Priorité: **30.01.2018 FR 1850755**

(43) Date de publication de la demande:  
**31.07.2019 Bulletin 2019/31**

(56) Documents cités:  
**EP-A1- 2 525 141 EP-A1- 2 607 778**  
**EP-A2- 2 390 562 EP-A2- 3 130 840**  
**DE-A1- 19 530 950 DE-A1- 19 700 845**  
**DE-B4- 19 700 845 JP-A- 2013 051 168**  
**JP-A- 2016 004 607 US-A1- 2002 154 515**  
**US-A1- 2015 210 207 US-A1- 2015 300 589**

(73) Titulaire: **Valeo Vision**  
**93012 Bobigny Cedex (FR)**

(72) Inventeur: **LE CORRE, Jérôme**  
**93012 BOBIGNY Cedex (FR)**

**EP 3 517 830 B1**

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la publication de la mention de la délivrance du brevet européen au Bulletin européen des brevets, toute personne peut faire opposition à ce brevet auprès de l'Office européen des brevets, conformément au règlement d'exécution. L'opposition n'est réputée formée qu'après le paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

## Description

**[0001]** La présente invention se rapporte au domaine des dispositifs d'éclairage de véhicule présentant une coupure, soit une ligne de démarcation nette entre la zone éclairée et la zone sombre.

**[0002]** L'une des techniques classiques pour obtenir un tel faisceau, tel qu'un faisceau de croisement, est un module optique comprenant un réflecteur elliptique et une lentille convergente. Une source de lumière est placée au premier foyer du réflecteur elliptique et le foyer de la lentille convergente est placé au deuxième foyer du réflecteur elliptique. Pour réaliser la coupure du faisceau, on place un cache qui fait obstacle à une partie des rayons au niveau du foyer. De ce fait le faisceau projeté présente une coupure dont la forme correspond à celle du cache.

**[0003]** Un des problèmes de ce type de module optique est que le cache génère un chromatisme au niveau de la coupure du faisceau. Autrement dit, au niveau de la coupure, on observe une coloration de cette dernière, en particulier une ligne rouge et une ligne bleue superposées. Le document US 2015/300589 A1 divulgue une solution alternative permettant de réaliser un faisceau d'éclairage présentant une ligne de coupure.

**[0004]** Il existe également des solutions techniques comprenant uniquement un réflecteur, notamment construit à partir de sections paraboliques, permettant de réaliser un tel faisceau.

**[0005]** Le problème technique que vise à résoudre l'invention est donc de réaliser un dispositif d'éclairage employant une solution alternative permettant de générer un faisceau d'éclairage à coupure avec un chromatisme restreint, voire sans chromatisme.

**[0006]** Pour résoudre ce problème, la demanderesse a eu l'idée d'utiliser des caustiques.

**[0007]** Les caustiques sont un phénomène optique connu depuis longtemps. Elles sont par exemple observables au fond d'une piscine éclairée par le soleil. Elles y forment des motifs fluctuants formant globalement un maillage de lignes de lumière plus concentrées et donc plus lumineuses, avec entre les mailles des zones plus sombres. Ces lignes et zones sombres sont dues aux différentes fluctuations de la surface de l'eau. Ces fluctuations forment localement des variations d'orientation autour de la forme globalement plane de la surface de l'eau. Ainsi, en fonction des variations locales rencontrées, les rayons vont être déviés différemment, certains se rapprochant et formant les lignes plus concentrées et donc plus lumineuses, et d'autres s'écartant et formant les zones sombres. Le maillage varie en fonction de l'agitation de la surface.

**[0008]** Depuis quelques années, des chercheurs se sont intéressés à des méthodes pour utiliser ce phénomène sur des surfaces fixes présentant des variations locales, de manière à générer des caustiques complexes de forme contrôlée. Notamment, ils ont développé différentes méthodes pour calculer des surfaces réfractrices

formées d'un matériau transparent avec une distribution et un agencement de variations locales, de manière à ce que, lorsque ces surfaces réfractrices sont éclairées, celles-ci permettent, à partir d'une source de lumière donnée, de former un motif sur un écran.

**[0009]** Dans certains travaux, ce motif, dit motif cible, correspond physiquement à une image distordue du motif que forment en relief les variations locales, dit motif objet.

**[0010]** La demanderesse c'est aperçu que de telles surfaces pouvaient être utilisées dans des dispositifs lumineux de véhicule.

**[0011]** Ainsi, l'invention se rapporte à des systèmes et des dispositifs d'éclairage, notamment à des parties de projecteurs ou à des projecteurs, dans lesquels une surface génératrice de caustique contrôlée dévie les rayons lumineux d'une source de lumière, cette surface génératrice présentant des variations locales agencées de manière à former un faisceau d'éclairage avec au moins une coupure.

**[0012]** A cet effet, un premier objet de l'invention est un système d'éclairage de la route de véhicule comprenant :

- un élément optique présentant une surface génératrice de caustique contrôlée, cette surface génératrice étant une surface réfléchissante ou réfractrice, s'étendant selon une forme globale donnée et présentant des variations locales de forme autour de cette forme globale donnée, ces variations locales étant réparties sur l'ensemble de ladite surface génératrice de sorte qu'elles confèrent à l'ensemble de la surface génératrice un relief formant un motif objet, ces différentes variations locales étant agencées de manière à ce que la majorité de ladite surface génératrice soit lisse et de manière à ce que pour un faisceau de rayons incidents sur l'ensemble de cette dite surface génératrice, ces rayons ayant une répartition donnée, ladite surface génératrice dévie les rayons selon des orientations différentes en fonction des variations locales qu'ils rencontrent, formant ainsi un faisceau dévié propageant un motif propagé, ce motif propagé correspondant à une forme distordue du motif objet,
- une partie de montage sur laquelle est destiné à être monté un générateur de faisceau de rayons selon la répartition donnée, de manière à ce que les rayons soient incidents sur ladite surface génératrice, l'élément optique étant agencé de manière à ce que le motif propagé soit propagé sur un intervalle utile s'étendant en amont de et au moins jusqu'à une distance optimale de propagation donnée et selon une répartition photométrique donnée, de manière à former une partie d'un faisceau lumineux d'éclairage, cette partie présentant une coupure.

**[0013]** Dans la demande, on entend par « lisse » une zone dérivable en tout point, autrement dit une zone dé-

pourvue d'arête saillante ou rentrante. Une portion est lisse lorsque sensiblement l'ensemble des points formant celle-ci obéit à cette définition.

**[0014]** Ainsi, il est possible de monter un générateur de faisceau lumineux, qu'une source de lumière ou une source de lumière et un ensemble d'un ou plusieurs éléments optiques, permettant de générer des rayons selon une répartition donnée, ce montage se faisant de manière à ce que ces rayons soient incidents sur l'élément optique. De ce fait, l'allumage du générateur de faisceau permettra la génération du motif propagé, qui se propagera en avant du véhicule.

**[0015]** Ces générateurs de faisceau peuvent être simples. L'élément optique suffit en lui-même à modifier le faisceau pour en faire un motif lui conférant la photométrie requise pour l'éclairage de la route.

**[0016]** De plus, contrairement aux solutions avec cache, dans le système d'éclairage selon ce premier objet, l'essentiel, voire la totalité, des rayons lumineux rencontrant la surface génératrice sont déviés et forment le motif cible. La luminosité du motif cible est donc supérieure avec le dispositif d'éclairage selon ce premier objet.

**[0017]** On entend par distance optimale de propagation donnée, la distance à laquelle la majorité des rayons déviés et formant le motif cible se croisent. C'est à cette distance que ce motif a la meilleure netteté. La surface génératrice peut ainsi être conçue aisément par rapport à cette définition. Cette distance optimale de propagation donnée est dite ci-après distance optimale. La répartition photométrique est donc optimale à cette distance.

**[0018]** Par ailleurs, cette répartition photométrique reste suffisamment conservée à l'intérieur de l'intervalle utile pour former le faisceau d'éclairage.

**[0019]** Le système d'éclairage selon l'invention peut optionnellement comprendre une ou plusieurs des caractéristiques suivantes :

- la distance optimale est supérieure ou égale à 70 mètres ; cela permet de réaliser une partie de faisceau d'éclairage qui conservera la photométrie du faisceau sur une distance permettant de réaliser une partie de faisceau d'éclairage plus efficace, notamment un feu de croisement ; notamment, pour réaliser le faisceau de croisement, le système d'éclairage peut être agencé dans le véhicule de manière à ce que le motif propagé rencontre la surface de la route à 70 mètres ;
- la distance optimale est supérieure ou égale à 150 mètres ;
- la coupure présente au moins deux portions orientées selon des directions différentes l'une de l'autre ; cela permet de réaliser un faisceau avec une portion non éblouissante et une portion éblouissante ;
- la répartition donnée est sensiblement telle que pour tout plan transversal, notamment perpendiculaire, à la direction de propagation, en un point donné de ce plan, le ou les rayon(s) incident(s) en ce point provien(nen)t d'une unique direction ;

- selon la répartition donnée, les rayons sont sensiblement parallèles ou sensiblement répartis dans un cône d'émission ;
- la répartition donnée correspond à celle d'une diode électroluminescente ;
- le système d'éclairage comprend le générateur de faisceau de rayons selon la répartition donnée ; le système d'éclairage est ainsi prêt à émettre ;
- la surface génératrice comprend au moins une portion lisse dont la surface représente la majorité de la surface génératrice, le passage d'une variation locale à l'autre étant lisse à l'intérieur de cette portion lisse ; cela permet de plus de moins déformer l'image des pièces en amont de l'élément optique et visibles derrière cette portion, tout en permettant de visualiser leur forme ;
- la majorité de la surface génératrice est agencée de manière à ce que chaque variation locale dévie les rayons de manière à former, à la distance optimale, une et une seule portion du motif propagé qui soit distincte des portions du motif propagé formées par les autres variations locales, et pour la majorité du motif cible, chaque portion du motif propagé, à la distance optimale, reçoit les rayons lumineux d'une et d'une seule variation locale ; on a ainsi, à la distance optimale, pour cette majorité de la surface génératrice et cette majorité du motif cible, une relation bijective entre chaque portion lisse du motif objet et chaque portion du motif propagé sans discontinuité marquée de luminosité ; cela simplifie le calcul et donc la réalisation de la surface génératrice ;
- toute la surface génératrice est lisse, le passage d'une variation locale à l'autre étant lisse ; cela permet de plus de moins déformer les pièces en amont de l'élément optique ; il est ainsi possible soit de distinguer ces pièces au travers de l'élément optique, lorsque l'élément optique est un élément transparent réfractant les rayons émis par ledit générateur de faisceau, soit en observant l'image de ces pièces sur l'élément optique, lorsque ce dernier est un réflecteur réfléchissant les rayons émis par ledit générateur de faisceau ; cela permet ainsi de travailler le style du générateur de faisceau ;
- la totalité de la surface génératrice est agencée de manière à ce que chaque variation locale dévie les rayons de manière à former une et une seule portion du motif propagé qui soit distincte des portions du motif propagé formées par les autres variations locales, et pour tout le motif propagé, chaque portion du motif propagé reçoit les rayons lumineux d'une et d'une seule variation locale ; on a ainsi une relation bijective entre la totalité du motif objet et chaque portion du motif propagé sans discontinuité marquée de luminosité ; cela simplifie le calcul et donc la réalisation de la surface génératrice ;
- le passage entre certaines variations locales est délimité par une arête, les variations locales de part et d'autre de cette arête étant agencées de manière à

- dévier une partie des rayons de manière à former au moins une portion de la coupure avec cette partie des rayons ; un tel passage crée une discontinuité dans les variations de pente sur la surface génératrice ; cela permet de créer une coupure encore plus nette ;
- les variations locales sont agencées de manières à ce que les rayons du faisceau dévié ne se croisent pas jusqu'à ladite distance optimale ; ainsi le motif propagé reste net sur une surface cible positionnée en amont de ou à la distance optimale ;
  - selon l'alinéa précédent, il peut exister également une distance minimale en dessous de laquelle le motif n'est pas formé ; dans ce cas, le motif est net dans un intervalle, correspondant à l'intervalle utile, allant de cette distance minimale à au moins jusqu'à la distance de propagation ; par exemple, cet intervalle représente plus de la moitié de la distance optimale ;
  - les variations locales présentent une tangente à la forme globale donnée formant un angle compris entre -60 et 60 degrés, notamment entre -30 et 30 degrés ; cela permet d'avoir une bonne transmission des rayons lumineux ;
  - chaque variation locale présente, en chacun de ses points, une amplitude définie comme la distance entre la variation locale et ladite forme globale selon la normale en un point donné de la forme globale ;
  - l'amplitude maximale de chaque variation locale est comprise dans un intervalle compris entre 0,001 millimètre (mm) et 1 mm ; cela confère un aspect plus lisse à la surface génératrice ;
  - selon une direction globale de propagation du faisceau, l'élément optique est circonscrit dans un rectangle, dont un côté s'étendant selon une direction parallèle à cette direction de propagation est au moins quatre fois supérieur, notamment six fois supérieur à celui de l'amplitude de chaque variation locale par rapport à la forme globale donnée au niveau de cette variation locale ;
  - selon une direction globale de propagation du faisceau, la surface génératrice est circonscrite dans un rectangle, dont un côté s'étendant selon une direction parallèle à cette direction de propagation est au moins dix fois supérieur, notamment trente fois, à celui d'un des côtés d'une source de lumière du générateur de faisceau ;
  - le générateur de faisceau comprend une source de lumière, notamment une diode électroluminescente ; les diodes électroluminescentes sont particulièrement adaptées pour être couplées à une surface génératrice de caustique contrôlée ;
  - le générateur de faisceau est formé par une diode électroluminescente émettant ses rayons globalement selon un cône ;
  - le générateur de faisceau comprend une source de lumière, notamment une diode électroluminescente, et une optique agencée avec la source de lumière

de manière à générer le faisceau de rayons selon la répartition donnée ;

- selon l'alinéa précédent l'optique est agencée avec la source de lumière de manière à générer le faisceau de rayons parallèles ;
- ladite optique est un réflecteur agencé de manière à réfléchir les rayons émis par la source de lumière vers la surface génératrice ;
- selon l'alinéa précédent, le réflecteur peut être du type parabolique ; le type parabolique comprend les réflecteurs construits à partir de paraboles, notamment les paraboloïdes et les réflecteurs formés de sections de paraboles ; c'est une manière simple de conférer aux rayons la répartition donnée notamment une répartition selon laquelle ils sont parallèles ;
- l'élément optique est formée d'un matériau transparent et est agencé avec le générateur de faisceau de manière à former le faisceau dévié par réfraction des rayons émis par le générateur de faisceau ; cela permet un agencement simple et un calcul simple de la surface génératrice ;
- la source de lumière est agencée entre le réflecteur et l'élément optique, le réflecteur, la source de lumière et l'élément optique étant reliés entre eux mécaniquement de manière à former un module optique ; le système d'éclairage peut ainsi être monté de manière autonome dans un véhicule, notamment dans un dispositif d'éclairage de véhicule, tel qu'un projecteur ;
- selon l'alinéa précédent, la surface génératrice peut être suffisamment lisse pour permettre de distinguer les formes des pièces placées à l'arrière de l'élément optique ;
- l'élément optique comprend une surface réfléchissante dont au moins une portion est formée par la surface génératrice ; autrement dit la surface génératrice est réfléchissante ; notamment, l'élément optique peut être un masque, notamment métallisé ; dans ce cas la surface génératrice peut former une portion de la surface de ce masque ; on peut ainsi conférer une autre fonction au masque, que celle de masquer certaines pièces du dispositif d'éclairage dans lequel est destiné à être monté le système d'éclairage ;
- l'élément optique est en un matériau transparent et est agencé avec le générateur de faisceau de manière à former le faisceau dévié par réfraction des rayons émis par le générateur de faisceau, l'élément optique comprenant une face d'entrée desdits rayons agencée en vis-à-vis du générateur de faisceau et une face de sortie de ces rayons agencée à l'opposé de ladite face d'entrée, la surface génératrice étant formée sur la face d'entrée ou sur la face de sortie ;
- selon l'alinéa précédent, l'élément optique comprend deux surfaces génératrices, une première surface génératrice étant formée sur la face d'entrée et

une deuxième surface génératrice étant formée sur la face de sortie, ces deux surfaces génératrices étant agencées ensemble de manière à former le motif propagé et à assurer sa propagation sur l'intervalle utile ; cela permet de laisser plus de liberté dans les pentes à conférer aux variations locales ; de plus cela peut également permettre d'obtenir un meilleur contraste, ou bien d'augmenter la profondeur de champ, voire tendre vers une profondeur de champ infinie.

**[0020]** L'invention a également pour objet un dispositif d'éclairage de la route de véhicule comprenant un système d'éclairage selon l'invention.

**[0021]** Ce dispositif d'éclairage peut par exemple être un projecteur avant, émettant un feu de croisement et/ou un feu longue portée, ou encore un projecteur antibrouillard.

**[0022]** Le dispositif d'éclairage selon l'invention peut optionnellement comprendre une ou plusieurs des caractéristiques suivantes :

- le dispositif d'éclairage peut être agencé de manière à ce qu'une fois monté sur le véhicule, le motif propagé soit projeté sur la route à une distance de projection donnée correspondant à la portée du faisceau d'éclairage, cette distance de projection étant à l'intérieur de l'intervalle utile, selon une orientation donnée du véhicule ; cela permet d'avoir un motif propagé respectant la photométrie donnée avec une coupure nette sur l'intervalle utile et d'éviter ainsi tout éblouissement des véhicules suivis ou des véhicules venant en sens opposé ;
- cette distance de projection peut être égale à la moitié de la distance optimale, lorsque la route est horizontale ; cela améliore la netteté de la coupure quelle que soit l'assiette du véhicule, notamment en montée, en descente, en cas de freinage ou en cas d'accélération ; cette distance de projection peut être également bien supérieure à la distance minimale, notamment au moins au double de celle-ci ;
- le dispositif d'éclairage comprend un boîtier et une glace de fermeture du boîtier au travers de laquelle sortent les rayons émis par le dispositif d'éclairage, la glace de fermeture formant l'élément optique, la surface génératrice étant formée en surface d'une portion de la glace de fermeture, le faisceau dévié étant formé par réfraction des rayons émis par le générateur de faisceau ; cela permet ainsi de propager le motif propagé à l'extérieur du véhicule et sans ajout d'une nouvelle pièce ;
- le dispositif d'éclairage comprend :
  - o un système d'éclairage selon l'invention, agencé de manière à former une première partie de faisceau lumineux présentant une coupure avec au moins deux portions orientées selon

des directions différentes l'une de l'autre, ou un module optique de base agencé de manière à former une deuxième partie de faisceau lumineux plus étendue que la première partie de faisceau,

le système d'éclairage et le module optique de base étant agencés de manière à ce que les deux parties de faisceau forment ensemble un faisceau global d'éclairage de la route ; cela permet de réaliser une première partie du faisceau nécessitant plus de précision et moins de chromatisme sur la ligne de coupure avec ledit système d'éclairage, et de réaliser une deuxième partie du faisceau nécessitant moins de précision avec un module optique plus classique ;

- le système d'éclairage et le module optique de base sont agencés de manière à ce que la première partie de faisceau se chevauchent partiellement à la deuxième partie de faisceau, la coupure étant à distance de la deuxième partie de faisceau ; on a ainsi un faisceau global sans discontinuité ;
- la surface génératrice peut être agencée de manière à :

- o réaliser une transition lumineuse entre d'une part la portion de la première partie de faisceau située entre la coupure de la première partie de faisceau et la deuxième partie de faisceau, et d'autre part, une portion du faisceau global, dite portion de superposition, où la première partie de faisceau se chevauche partiellement à la deuxième partie de faisceau, et/ou
- o réaliser une transition lumineuse entre cette portion de superposition et le reste de la deuxième partie de faisceau ;

on améliore ainsi l'homogénéité du faisceau lumineux ; l'utilisation d'une surface génératrice de caustique contrôlée est particulièrement adaptée à une telle réalisation ;

- le système d'éclairage et le module optique de base sont agencés de manière à ce que la première partie de faisceau soit agencée au-dessus de la deuxième partie de faisceau, la coupure de la première partie de faisceau étant également au-dessus de la deuxième partie de faisceau ;
- le système d'éclairage et le module optique sont agencés de manière à ce que :

- o le faisceau global soit un faisceau de croisement,
- o la première partie de faisceau forme la portion centrale du faisceau global et comprenne la jonction entre une portion horizontale et une portion oblique de la coupure, notamment située de  $-10^\circ$  à  $+10^\circ$  selon l'horizontale et/ou de  $-2^\circ$  à  $+2^\circ$  selon la verticale, et
- o la deuxième partie de faisceau forme le reste

du faisceau global ;

c'est une réalisation simple permettant de former une coupure précise avec peu, voire pas de chromatisme, au niveau de la zone où se situe la chaussée dans un feu de croisement ; le reste du faisceau peut ainsi être formé par un module classique, tel qu'un module elliptique ou avec un réflecteur de type parabolique ; par exemple le module optique peut former la deuxième partie de faisceau avec un creux au niveau de la zone occupée par la première partie ;

- le système d'éclairage et le module optique sont agencés de manière à ce que :

- o le faisceau global soit un faisceau route adaptatif,
- o la deuxième partie de faisceau forme une partie basse du faisceau global,
- o la première partie de faisceau forme une partie supérieure du faisceau global et présente une zone sombre centrale démarquée par une coupure avec des portions délimitant cette zone sombre en bas et sur les côtés,
- o le faisceau global présente cette zone sombre, le bas de la zone sombre étant agencé au-dessus de la deuxième partie de faisceau ;

cela permet de réaliser simplement un faisceau longue portée permettant de créer une zone sombre sur un véhicule suivant ou suivi, la coupure délimitant cette zone sombre étant nette avec peu, voire pas de chromatisme ;

- le dispositif d'éclairage comprend des actionneurs pour entrainer le système d'éclairage ou une partie du système d'éclairage en déplacement par rapport au module optique de base, de manière à entrainer le déplacement de la première partie de faisceau par rapport à la deuxième partie de faisceau.

**[0023]** L'invention a également pour objet un véhicule comprenant un système d'éclairage et/ou un dispositif d'éclairage selon l'invention, notamment connecté à l'alimentation électrique du véhicule.

**[0024]** Les termes « amont » et « aval » se réfèrent par rapport au sens de propagation des rayons lumineux dans le dispositif d'éclairage et à l'extérieur de celui-ci.

**[0025]** Sauf indication contraire, les termes « avant », « arrière », « supérieur », « bas », « vertical », « horizontal », « longitudinal » se réfèrent au sens d'émission de lumière hors du dispositif d'éclairage correspondant, lorsque celui-ci est orienté dans la position qu'il est destiné à prendre dans un véhicule.

**[0026]** D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description détaillée des exemples non limitatifs qui suivent, pour la compréhension de laquelle on se reportera aux dessins annexés, parmi lesquels :

- la figure 1 est une vue schématique d'un système d'éclairage selon un premier mode de réalisation de l'invention ;
- la figure 2 est une vue agrandie d'une portion de la figure 1 ;
- la figure 3 est une vue schématique d'un système d'éclairage selon un deuxième mode de réalisation de l'invention ;
- la figure 4 représente schématiquement la propagation d'un motif propagé par un système d'éclairage selon l'invention ;
- la figure 5 est un schéma d'un dispositif d'éclairage selon l'invention incluant un système d'éclairage selon un troisième mode de réalisation, selon un quatrième mode de réalisation ou selon un sixième mode de réalisation ;
- la figure 6 est une coupe longitudinale verticale de la figure 5 passant par le système d'éclairage selon le troisième mode de réalisation ;
- la figure 7a représente schématiquement un motif propagé formé par le système d'éclairage du dispositif d'éclairage de la figure 1 ;
- la figure 7b représente schématiquement la partie de faisceau formée par un module optique de base du dispositif d'éclairage de la figure 1 ;
- la figure 7c représente schématiquement la réunion du motif de la figure 7a et de la partie de faisceau de la figure 7b ;
- la figure 8 représente schématiquement le motif objet de la surface génératrice permettant de générer le motif propagé de la figure 7a ;
- les figures 9a à 9f schématisent les différentes étapes de calcul de la surface génératrice d'un système d'éclairage selon l'invention ;
- la figure 10 est une vue schématique d'un système d'éclairage selon le quatrième mode de réalisation de l'invention ;
- la figure 11 est une vue schématique de l'élément optique d'un système d'éclairage selon un cinquième mode de réalisation de l'invention ;
- les figures 12a à 12b représente les faisceaux et parties de faisceau générés par un dispositif d'éclairage selon l'invention avec un système d'éclairage selon le sixième mode de réalisation.

**[0027]** Les figures 1 et 2 illustrent un exemple d'un premier mode de réalisation d'un système d'éclairage 1 de la route selon l'invention. Ces figures permettent également d'illustrer le principe général de l'invention.

**[0028]** Un tel système d'éclairage 1 est destiné à être intégré à un dispositif d'éclairage, notamment un projecteur de véhicule, notamment celui illustré en figure 5.

**[0029]** Selon l'invention, le système d'éclairage 1 comprend un élément optique 10 présentant une surface génératrice 12 de caustique contrôlée. Cette surface génératrice 12 peut être une surface réfléchissante ou une surface réfractive, comme illustré en figure 1 et 2. Cet élément optique est appelé ci-après générateur de caus-

tique 10.

**[0030]** La surface génératrice 12 s'étend selon une forme globale donnée 13, représentée par la ligne verticale en pointillés en figures 1 et 2.

**[0031]** Plus particulièrement, dans le mode de réalisation de la figure 1, le générateur de caustique 10 est une plaque transparente présentant une face d'entrée 11 et une face de sortie. La face d'entrée 11 est agencée en vis-à-vis d'un générateur de faisceau 3 de rayons lumineux de manière à recevoir les rayons  $r_1$ ,  $r_2$ ,  $r_3$  émis par le générateur de faisceau 3. La face de sortie est agencée de manière à recevoir les rayons  $r_1$ ,  $r_2$ ,  $r_3$  réfractés par la face d'entrée 11.

**[0032]** Comme dans l'exemple illustré, la face de sortie peut-être formée, notamment entièrement, par la surface génératrice 12.

**[0033]** D'une manière générale, la surface génératrice 12 présente des variations locales de forme autour de la forme globale donnée 13. Ces variations locales sont réparties sur l'ensemble de la surface génératrice 12, de sorte qu'elles confèrent à l'ensemble de la surface génératrice 12 un relief formant un motif objet.

**[0034]** Par exemple, comme illustré en figures 1 et 2, ces variations locales forment des creux et des bosses sur la face de sortie de ledit générateur de caustique 10.

**[0035]** D'une manière générale, ces différentes variations locales sont agencées de manière à ce que la majorité de ladite surface génératrice 12 soit lisse. Ainsi pour la majorité de la surface génératrice 12, cette surface est dérivable en tout point. Autrement dit, sur les zones lisses, elle est dépourvue d'arête saillante ou rentrante.

**[0036]** D'une manière générale, ces différentes variations locales sont agencées de manière à ce que pour le faisceau de rayons  $r_1$ ,  $r_2$ ,  $r_3$  incidents sur l'ensemble de cette dite surface génératrice 12, ces rayons  $r_1$ ,  $r_2$ ,  $r_3$  ayant une répartition donnée connue, la surface génératrice 12 dévie les rayons  $r_1$ ,  $r_2$ ,  $r_3$  selon des orientations différentes en fonction des variations locales qu'ils rencontrent, formant ainsi un faisceau dévié propageant un motif lumineux sur un intervalle utile s'étendant en amont de et au moins jusqu'à une distance optimale de propagation donnée finie, ci-après distance optimale, ce motif propagé correspondant à une projection distordue du motif objet.

**[0037]** Cette surface génératrice 12, avec ses variations locales, correspond à une surface génératrice de caustique contrôlée.

**[0038]** En effet, ces variations locales créent des convergences et des divergences locales des rayons. Comme ces variations sont locales, une majorité de rayons s'écartent ou se rapprochent sans se croiser avant une certaine distance. Ainsi, de la même manière que la surface d'une piscine traversée par les rayons du soleil crée un motif lumineux se propageant et se projetant sur le fond d'une piscine, la surface génératrice 12 crée un motif lumineux qui se propage, le motif propagé.

**[0039]** Dans le cas d'une piscine, ce motif se propage en général sur une distance de 3 mètres. Le motif pro-

pagé est donc observable en se projetant sur le fond de la piscine, que le fond soit à 1,5 m ou à 2 m. Ce fond forme donc l'écran sur lequel est observable la caustique formant le motif propagé.

**[0040]** Dans le cas d'une surface génératrice de caustique contrôlée d'un système d'éclairage 1 selon l'invention, en fonction des variations locales le motif lumineux se propage au moins sur une distance optimale donnée. Au-delà de cette distance optimale  $D_p$ , les rayons du faisceau dévié se croisent.

**[0041]** Dans le cadre de l'invention, cette distance optimale  $D_p$  peut être infinie, les rayons ne se croisant pas, ou finie, comme on peut l'observer sur le schéma de principe en figure 4. Si, comme dans l'exemple illustré, on interpose un écran vertical à une distance intermédiaire  $D_1$ , par exemple à 25 mètres, du système d'éclairage ou à une autre distance intermédiaire  $D_2$ , par exemple à 70 mètres, la distance optimale  $D_p$  étant supérieure à ces distances intermédiaires, on observera le même motif plus ou moins distordu.

**[0042]** A noter que cette distance optimale  $D_p$  est celle à laquelle le motif va avoir la meilleure netteté. La surface génératrice peut ainsi être conçue par rapport à cette définition.

**[0043]** Il peut exister également une distance minimale  $D_0$  en dessous de laquelle le motif n'est pas formé. Cette distance minimale  $D_0$  est en général assez faible. Dans l'exemple illustré cette distance minimale  $D_0$  est inférieure à 1 mètre.

**[0044]** Egalement, le motif n'est pas perdu dès que les rayons se croisent mais après, à une distance maximale (non représentée) supérieure. Il est cependant plus aisé de concevoir la surface génératrice par rapport à la distance de croisement des rayons, qui se définit plus précisément que la distance à laquelle on considère que le motif est perdu. Dans la présente demande, cette distance de croisement des rayons est donc appelée distance optimale de propagation ou distance optimale.

**[0045]** Autrement dit, l'intervalle utile comprend une portion aval, allant de la distance optimale  $D_p$ , à cette distance maximale et une portion amont, allant de la distance minimale  $D_0$  à la distance optimale  $D_p$ .

**[0046]** D'une manière générale dans l'invention, cette portion aval peut être d'une valeur différente de celle de la portion amont. Notamment, elle peut lui être inférieure de plus de la moitié.

**[0047]** Par exemple, dans l'exemple illustré, avec une distance optimale  $D_p$  de 70 mètres, une distance minimale  $D_0$  de 1 m, la valeur de la portion amont serait de 69 mètres, et la portion aval pourrait être inférieure à 34,5 mètres.

**[0048]** En particulier, ledit générateur de caustique 10 et ses variations locales sont agencés de manière à ce que le motif propagé corresponde à une répartition lumineuse d'une partie de faisceau d'éclairage. On observera donc sur les écrans placés aux distances intermédiaires  $D_1$  et  $D_2$ , un motif projeté, dit motif cible, correspondant à la photométrie d'une partie de faisceau d'éclairage, par

exemple comme en figures 7a ou 7b.

**[0049]** Dans le cadre d'un faisceau de croisement, comme illustré en figure 7c, la distance optimale  $D_p$  est supérieure ou égale à 70 mètres.

**[0050]** Selon l'invention, comme dans le cas d'un système d'éclairage réalisant un faisceau de croisement, le système d'éclairage peut être agencé de manière à ce que le motif cible soit projeté sur la route, qui forme une surface cible située à une distance comprise à l'intérieur de l'intervalle utile. Ce motif cible sera alors étiré par rapport à un motif cible qui serait projeté sur un écran à 25 mètres.

**[0051]** D'une manière générale, pour fabriquer la surface génératrice 12, celle-ci est notamment calculée en tenant compte :

- du motif cible que l'on souhaite afficher, par exemple sur un écran vertical, situé à 70 mètres de la surface génératrice et environ perpendiculaire à la direction globale de propagation du motif propagé,
- de la répartition donnée des rayons  $r_1$ ,  $r_2$ ,  $r_3$  à l'émission par le générateur de faisceau 3, en particulier leur incidence sur ledit générateur de caustique 10.

**[0052]** Selon l'invention, la répartition donnée peut correspondre à des rayons  $r_1$ ,  $r_2$ ,  $r_3$  sensiblement parallèles, comme illustré en figure 3, ou, comme illustré en figures 1 et 2, sensiblement répartis globalement selon un cône d'émission 14, notamment comme avec une source lumineuse divergente, telle qu'une DEL. Cela permet d'établir plus simplement l'angle d'incidence des rayons sur ledit générateur de caustique 10, simplifiant ainsi le calcul de la surface génératrice 12.

**[0053]** Pour cela, il est possible de considérer que la répartition donnée est telle que pour tout plan perpendiculaire à la direction de propagation, en un point donné de ce plan, le ou les rayon(s) incident(s) en ce point provien(nen)t d'une unique direction. En effet, la répartition des rayons émis par une LED correspond sensiblement à une telle répartition donnée.

**[0054]** Pour simplifier le calcul, il est possible de discrétiser la surface en de nombreuses surfaces élémentaires et d'assimiler ces dernières aux points mentionnés au paragraphe précédent.

**[0055]** Le système d'éclairage 1 et/ou le dispositif d'éclairage le comprenant peuvent être livrés sans le générateur de faisceau 3, mais dispose d'une partie de montage 2 sur laquelle il est destiné à être monté, de manière à ce que les rayons  $r_1$ ,  $r_2$ ,  $r_3$  soient incidents sur ladite surface génératrice 12.

**[0056]** En particulier, cette partie de montage 2 et le générateur de faisceau 3 peuvent être agencés pour qu'au montage, le faisceau émis par le générateur de faisceau 3 ait une direction globale donnée par rapport audit générateur de caustique 10. Ainsi, il n'y a pas besoin à l'assemblage de régler cette orientation pour qu'elle corresponde à l'agencement permettant de générer le motif cible.

**[0057]** Il est à noter que ces surfaces génératrices de caustique ne nécessitent pas une grande précision quant au positionnement du générateur de faisceau 3. L'assemblage est donc simplifié.

5 **[0058]** Dans l'exemple illustré en figure 1, le générateur de faisceau 3 est monté sur la partie de montage 2.

**[0059]** Le générateur de faisceau 3 peut comme ici être formé par une diode électroluminescente ou DEL. En figure 1, est schématisé un élément photoémetteur 4 de la DEL avec, accolé dessus, un dôme de protection 5 transparent.

**[0060]** Différents modes de réalisation du système d'éclairage peuvent être mis en œuvre. Par exemple, comme en figure 3, où selon un deuxième mode de réalisation, l'élément optique 10 est courbe. Le principe est néanmoins identique et les variations locales sont agencées de manière à tenir compte de la forme de l'élément optique 10 de manière à former le faisceau d'éclairage. Les mêmes références sont donc reprises pour les éléments du système d'éclairage.

**[0061]** Les figures 5 et 6 illustrent un projecteur 40 comprenant un boîtier 48 fermé par une glace 49 de fermeture transparente.

**[0062]** Ce projecteur 40 comprend également, à l'intérieur du boîtier 48 :

- un premier module optique formé par un système d'éclairage 41 selon un troisième mode de réalisation,
- 30 - un deuxième module optique, ci-après module optique de base 42.

**[0063]** Le système d'éclairage 41 et le module optique de base 42 émettent respectivement une première partie de faisceau et une deuxième partie de faisceau.

**[0064]** Les figures 7a à 7c illustrent respectivement les projections de la première partie de faisceau 20, de la deuxième partie de faisceau 30, et d'un faisceau global 50 obtenu en projetant ensemble la première partie de faisceau 20 et la deuxième partie de faisceau 30.

**[0065]** Les figures 7a à 7c illustrent ces projections sur un écran vertical, placé à une distance  $D_1$  inférieure à la distance optimale  $D_p$ , par exemple à 25 mètres comme en figure 4. Un axe horizontal H symbolise l'horizon et représente l'axe des coordonnées selon une position horizontale. Il croise un axe vertical V, qui représente l'axe des coordonnées selon une position verticale. Autrement dit, l'horizon est à 0° en vertical et l'axe longitudinal du véhicule et la direction selon le point de croisement de ces axes H, V est à 0° en vertical et 0° en horizontal.

**[0066]** Le faisceau global 50 est ici un faisceau de croisement. Il présente donc une coupure supérieure 51 permettant de ne pas éblouir les conducteurs des véhicules suivis ou arrivant en sens inverse. Cette coupure 51 permet néanmoins d'éclairer sur le bas-côté du sens selon lequel circule le véhicule destiné à être équipé du projecteur 40.

**[0067]** En figure 7c, un rectangle en pointillés illustre



une zone centrale 52 délimitée en largeur entre  $-10^\circ$  et  $+10^\circ$  et en hauteur entre  $-2^\circ$  et  $+2^\circ$ .

**[0068]** A l'intérieur de cette zone centrale 52, le faisceau global 50 est essentiellement formé par la première partie de faisceau 20, alors qu'en dehors de cette zone centrale 52, le faisceau global 50 est essentiellement formé par la deuxième partie de faisceau 30.

**[0069]** Dans cet exemple, comme on peut le voir en figure 6, la face d'entrée 11 du générateur de caustique 10 est agencée en vis-à-vis d'un générateur de faisceau 3 de rayons lumineux de manière à recevoir les rayons qu'il émet.

**[0070]** La face de sortie du générateur de caustique 10 est agencée de manière à recevoir les rayons réfractés par la face d'entrée 11. Dans l'exemple illustré, la face de sortie est formée, notamment entièrement, par la surface génératrice 12.

**[0071]** Selon l'invention, la face d'entrée 11 peut être comme ici plane et la surface génératrice 12 peut présenter une forme globale de coupelle, de manière à conférer au générateur de caustique 10 une forme de lentille. Néanmoins, le générateur de caustique 10 pourrait être tel que ceux illustrés en figures 1 à 3.

**[0072]** La surface génératrice 12 réfracte les rayons, représentés en pointillés, de manière à former selon le principe de l'invention le motif propagé illustré en figure 7a. La répartition photométrique de ce motif propagé 20 est celle d'une partie centrale de feu de croisement.

**[0073]** Cette première partie de faisceau 20 présente donc une intensité plus forte que celle de la deuxième partie de faisceau 30 et présente une ligne de coupure comprenant trois portions consécutives de gauche à droite :

- une première portion horizontale 21 située verticalement à  $-1^\circ$  et située horizontalement essentiellement du côté des véhicules venant en sens inverse, soit à gauche de l'axe vertical V,
- une portion oblique 22 démarrant légèrement à droite de l'axe vertical V et montant vers le bas-côté du côté de la route dans le sens de circulation, ici vers la droite, puis
- une deuxième portion horizontale 23 située verticalement au-dessus de l'axe horizontal H.

**[0074]** Le module optique de base 42 peut par exemple être un module elliptique avec un cache. Il est agencé de manière à former la partie du faisceau global 50 en dehors de la zone centrale 52.

**[0075]** Dans cet exemple, le module optique de base 42 est agencé de manière à former, comme illustré en figure 7b, la deuxième partie de faisceau 30 avec une étendue supérieure à celle de la première partie de faisceau 20, ainsi qu'avec une répartition photométrique correspondant à celle d'un faisceau de croisement en dehors de la zone centrale 52 (non représentée en figure 7b), et une coupure 31 autour de cette zone centrale 52.

**[0076]** De ce fait en superposant la première partie de

faisceau 20, illustrée en pointillés en figure 7b, et la deuxième partie de faisceau 30, on obtient le faisceau global 50, qui forme un faisceau de croisement.

**[0077]** Comme on peut le voir en figures 7b, la première et la deuxième partie de faisceau 20, 30 peuvent se chevaucher légèrement au niveau de la coupure 31 de la deuxième partie de faisceau 30. La zone de chevauchement est appelée portion de superposition 54.

**[0078]** Comme illustré en figure 7c, le faisceau global 50 comprend donc, essentiellement de haut en bas :

- une portion centrale 53, ici située dans la zone centrale 52, cette portion centrale étant formée uniquement par une portion de la première partie de faisceau 20 située entre la coupure 21, 22, 23 de la première partie de faisceau 20 et la deuxième partie de faisceau 30,
- la portion de superposition 54, bordant ici la zone centrale 52,
- une portion basse 55 essentiellement sous la portion de superposition 54, cette portion basse 55 étant formée par le reste de la deuxième partie de faisceau 30.

**[0079]** La surface génératrice 12 est ici agencée de manière à réaliser une transition lumineuse entre la portion centrale 53 et la portion de superposition 54.

**[0080]** Ici, la surface génératrice 12 est également agencée de manière à réaliser une transition lumineuse entre cette portion de superposition 54 et le reste de la deuxième partie de faisceau 30.

**[0081]** Notamment, ces transitions lumineuses sont réalisées de manière à ce que la zone de superposition 54 ne soit pas distinguable dans le faisceau global 50, et notamment que ce dernier soit dépourvu de trait lumineux en surintensité par rapport au reste du faisceau global 50. Notamment, la surface génératrice 12 peut être agencée de manière à ce que moins de rayons soient dirigés pour former la portion basse 55.

**[0082]** La figure 8 illustre schématiquement le relief formé par les variations locales de la surface génératrice 12. Ce relief forme un motif objet correspondant à une forme distordue 16 du motif propagé formant la première partie de faisceau 20.

**[0083]** Ce mode de réalisation permet ainsi de réaliser un faisceau de croisement avec dans sa portion centrale 53, une coupure dont la portion oblique 22 et la première portion horizontale 21 sont nettes et dépourvues de chromatisme.

**[0084]** Les méthodes de calcul de la surface génératrice 12 peuvent par exemple suivre le procédé illustré aux figures 9a à 9f. Dans cette illustration, pour des raisons de clarté la forme globale de la surface génératrice 13 est symbolisée par un trait en pointillés. L'écran à 70 mètres est symbolisé par un pavé sur la surface 19 duquel on projette la première partie de faisceau 20 et sur lequel on définit le motif propagé, qui forme donc sur cet écran 19 le motif cible pour le calcul.

**[0085]** Ce procédé peut être mis en œuvre ainsi:

- dans une étape, dite étape amont E1, illustrée en figure 9a, établir la relation définissant l'angle d'incidence des rayons  $r_1, r_2, r_3, r_4, r_5$  et leur répartition en chaque point de la forme globale 13 donnée, en tenant compte de la répartition donnée des rayons  $r_1, r_2, r_3$ , permettant autrement dit de définir également la luminosité de chaque point au niveau de la forme globale donnée 13 sur ledit générateur de caustique 10, dit point objet  $p_1, p_2, p_3, p_4, p_5$ ,
- dans une étape, dite étape aval E2, qui peut être réalisée avant, après ou en même temps que ladite étape amont E1, définir la répartition lumineuse sur la surface cible permettant d'obtenir le motif cible, et donc définir la luminosité de chaque point de la surface cible formée par la surface 19 de l'écran, dit point cible  $p'_1, p'_2, p'_3, p'_4$ ,
- ensuite, dans une étape de corrélation E3, illustrée en figure 9b, établir une relation entre chaque point objet  $p_1, p_2, p_3, p_4, p_5$  et chaque point cible  $p'_1, p'_2, p'_3, p'_4$ , notamment de manière à ce que chaque point cible  $p'_1, p'_2, p'_3, p'_4$  recevant de la lumière soit associé à un seul ou à un ensemble de points objet  $p_1, p_2, p_3, p_4, p_5$  permettant d'obtenir la luminosité requise en ces points pour la formation du motif,
- ensuite, dans une étape d'orientation E4/E5 des variations locales, illustrée en figures 9c à 9f, en fonction des points cibles et des points objets associés par la relation établie dans l'étape de corrélation E3, déterminer l'orientation des variations locales à appliquer à la forme globale 13 de manière à ce que les rayons  $r_1, r_2, r_3, r_4, r_5$  incidents sur les points objets  $p_1, p_2, p_3, p_4, p_5$  soient déviés de manière à avoir l'orientation leur permettant d'atteindre les points cibles  $p'_1, p'_2, p'_3, p'_4$  associé par cette relation.

**[0086]** L'étape amont E1 tient compte de la répartition des rayons à leur arrivée au niveau de la forme globale donnée 13.

**[0087]** Dans le troisième mode de réalisation, cette dernière a la forme d'une coupelle. Cependant, d'autres formes sont possibles.

**[0088]** Le cas le plus simple, non représenté, est celui d'un élément optique 10, tel que celui illustré en figures 1 et 2, formé d'une plaque transparente dont la face d'entrée 11 et la forme globale donnée 13 de la surface génératrice 12 sont planes, et avec un générateur de faisceau 3, tel que celui de la figure 3, émettant des rayons parallèles.

**[0089]** Dans ce cas simple, le générateur de faisceau 3 et ledit générateur de caustique 10 sont agencés de manière à ce que les rayons soient perpendiculaires à la face d'entrée 11. Ces rayons ne sont donc pas déviés avant de rencontrer la surface de sortie sur laquelle est formée la surface génératrice.

**[0090]** Le mode de réalisation des figures 1 et 2 est un

cas intermédiaire où les rayons sont répartis dans un cône initial 14 à la sortie du générateur de faisceau 3, puis réfractés par la face d'entrée plane, restant ainsi inscrit dans un cône, permettant une détermination aisée de l'angle d'incidence des rayons  $r_1, r_2, r_3, r_4, r_5$  avec la forme globale 13, et donc une détermination aisée de l'angle d'incidence des rayons  $r_1, r_2, r_3, r_4, r_5$  avec la surface génératrice 12.

**[0091]** Le mode de réalisation de la figure 3 est un autre cas intermédiaire où la répartition des rayons  $r_1, r_2, r_3$  est initialement plus simple, puisqu'ils sont parallèles en sortie du générateur de faisceau 3. En revanche, ils sont ensuite réfractés différemment par la face d'entrée 11 car celle-ci est courbe, par exemple cylindrique de section circulaire ou elliptique. Cependant, cette courbure étant définie, elle permet de déterminer l'orientation des rayons  $r_1, r_2, r_3$  à leur arrivée au niveau de la forme globale donnée 13 de la surface génératrice 12, qui elle aussi est courbe.

**[0092]** Dans l'exemple illustré en figure 3, l'élément optique est une plaque transparente courbée, dont la face d'entrée 11 et la forme globale 13 de la surface génératrice 12 sont cylindriques.

**[0093]** De manière à avoir des rayons parallèles, le générateur de faisceau 3 peut comprendre une source de lumière 6, telle qu'une diode électroluminescente, et une lentille de collimation 7 dont les dioptries permettent d'orienter les rayons parallèlement.

**[0094]** Le troisième mode de réalisation est donc une forme intermédiaire plus compliquée avec :

- des rayons répartis dans un cône d'émission,
- une face d'entrée 11 plane, et
- une surface génératrice 12 de forme globale donnée courbée.

**[0095]** Des cas plus compliqués peuvent cependant être envisagés, avec :

- des rayons répartis dans un cône d'émission,
- une face d'entrée courbée, notamment cylindrique, et
- une surface génératrice de forme globale donnée courbée.

**[0096]** Il est également possible d'envisager d'autres répartitions données des rayons.

**[0097]** Ensuite, différentes méthodes peuvent être utilisées pour réaliser l'étape de corrélation E3 entre les rayons incidents sur la forme globale 13 de la surface génératrice 12 et la répartition lumineuse sur la surface 19 de l'écran.

**[0098]** Comme expliqué précédemment, cette étape de corrélation permet de déterminer quels points objets  $p_1, p_2, p_3, p_4, p_5$  de la forme globale donnée 13 sont associés avec quels points cibles  $p'_1, p'_2, p'_3, p'_4$  de la surface 19 de l'écran.

**[0099]** Grâce à l'étape amont E1 on connaît l'orienta-

tion des rayons  $r_1, r_2, r_3, r_4, r_5$  à l'arrivée au niveau de la forme globale donnée 13 de la surface génératrice 12. Par ailleurs, grâce à la corrélation entre points cibles  $p'_1, p'_2, p'_3, p'_4$  et points objet  $p_1, p_2, p_3, p_4, p_5$ , on détermine l'orientation des rayons  $r_1, r_2, r_3, r_4, r_5$  au départ de cette forme globale donnée 13 pour joindre les points objets  $p_1, p_2, p_3, p_4, p_5$  aux points cibles  $p'_1, p'_2, p'_3, p'_4$  avec lesquels ils sont corrélés.

**[0100]** Cela permet donc de réaliser l'étape d'orientation E4/E5, en calculant la variation à attribuer à la surface de sortie par rapport à cette forme globale donnée 13 en tout point de celle-ci, ce qui permet de définir la surface génératrice 12.

**[0101]** Une fois ce calcul réalisé, on observe donc en fonction des amplitudes des variations locales, que la surface génératrice 12 est à une distance plus ou moins grande de la forme globale donnée 13. Pour affiner le calcul de la surface génératrice 12, on peut donc réitérer les étapes amont et aval ainsi que l'étape de définition, en considérant l'arrivée des rayons et leur départ par rapport à la forme de la surface génératrice obtenue précédemment et non plus par rapport à la forme globale donnée. La précision de cette surface et donc la netteté de l'image seront améliorées avec le nombre d'itérations. Par ailleurs, cela permet également de lisser la surface génératrice.

**[0102]** Pour réaliser l'étape d'orientation, il est possible d'utiliser les lois de Descartes, connue également sous le nom de lois de Snell dans certains pays anglophones, ou encore sous le nom de lois de Snell-Descartes.

**[0103]** Ainsi, dans une sous-étape E4, illustrée en figures 9c et 9e, pour un point objet  $p_1, p_2, p_3, p_4, p_5$  de la forme globale donnée 13 ou de la surface génératrice calculée précédemment, avec la direction d'arrivée et la direction de départ des rayons  $r_1, r_2, r_3, r_4, r_5$ , on peut déterminer la tangente  $\vec{t}$  et la normale  $\vec{n}$  de la surface de sortie en ce point pour que celle-ci dévie chaque rayon  $r_1, r_2, r_3, r_4, r_5$  incident à l'arrivée selon la direction de réfraction correspondante.

**[0104]** En déterminant, l'ensemble des normales  $\vec{n}$ , encore appelé champs des normales, on détermine dans une sous-étape E5, illustrée en figures 9d et 9f, la surface génératrice 12 ayant ces normales.

**[0105]** Les figures 9c et 9d illustrent la réalisation de ces deux sous-étapes dans un agrandissement au niveau des points objets  $p_1, p_2, p_3$ , non référencés sur les figures 9c et 9d pour plus de clarté.

**[0106]** Les figures 9e et 9f illustrent la réalisation de ces deux sous-étapes dans un agrandissement au niveau des points objets  $p_4, p_5$  non référencés sur les figures 9e et 9f pour plus de clarté.

**[0107]** Sur les figures 2, 9d et 9f, on peut observer les variations locales de la surface génératrice 12 par rapport à la forme globale donnée 13. Ces variations locales correspondent à des changements de pente, définis par la normale  $\vec{n}$  et/ou la tangente  $\vec{t}$  à la surface génératrice 12 au niveau de ces variations locales. Il en résulte que cette

surface génératrice 12 comprend des écarts par rapport à la forme globale 13 et forme des creux et des bosses.

**[0108]** Pour plus de clarté, les normales  $\vec{n}$  et tangentes  $\vec{t}$  n'ont ici été représentées que pour deux ou trois points de la surface génératrice 12, la normale et/ou la tangente sont cependant calculées pour l'ensemble des points.

**[0109]** L'amplitude d'une variation locale peut dans cette demande être définie comme la distance entre la variation locale et ladite forme globale 13 selon la normale en un point donné de la forme globale 13.

**[0110]** Si la forme globale est plane, comme en figures 1 et 2, tout point de la forme globale donnée peut être défini par une cote selon une unique direction  $z$  perpendiculaire à cette forme globale 13.

**[0111]** On observe, en figure 2, une amplitude minimale  $a_1$ , par convention négative car située en amont de la surface génératrice 12, et une amplitude maximale  $a_2$  en aval de la surface génératrice 12, par convention positive.

**[0112]** A noter que dans le procédé illustré, il est possible de discrétiser la surface en de nombreuses surfaces élémentaires et d'assimiler ces dernières aux points mentionnés  $p_1, p_2, p_3, p_4, p_5, p'_1, p'_2, p'_3, p'_4$ .

**[0113]** Selon l'invention, comme sur les figures 1 et 2, ainsi que la figure 6, la surface génératrice 12 peut être agencée, et donc calculée, de manière à ce que, pour la majorité de la surface génératrice 12, à savoir sur des portions lisses représentant la majorité de cette surface, le passage d'une variation locale à l'autre soit lisse. C'est notamment le cas de la portion illustrée en figure 2, et de celle illustrée en figure 9d. Dans un cas où pour le calcul, les variations locales ne sont pas considérées comme des points mais comme une petite zone de la surface génératrice, notamment une zone infinitésimale, la surface génératrice 12 peut être de plus agencée de manière à ce que, pour ces portions lisses, les variations locales soient lisses.

**[0114]** Notamment, une des portions lisses peut avoir une surface représentant la majorité de la surface génératrice.

**[0115]** Un premier exemple de méthode de calcul peut être utilisé pour calculer cette surface génératrice 12. Il s'agit de la méthode divulguée dans le document *Yue et al.* [1]. Ce document indique notamment les différentes étapes pour construire la surface génératrice 12 à partir d'un exemple donné, en particulier pour établir la relation entre les points de la surface génératrice 12 et ceux de la surface 19 de l'écran.

**[0116]** Ce premier exemple de méthode permet d'obtenir une surface génératrice 12 totalement lisse. Le passage d'une variation locale à l'autre est lisse.

**[0117]** Pour établir la relation de l'étape de corrélation, notamment comme dans cette première méthode, il est fixé comme condition d'établir une bijection entre les points objets et les points cibles. Ainsi, la totalité de la surface génératrice 12 est agencée de manière à ce que :

- chaque variation locale dévie les rayons lumineux

incidents de manière à former une et une seule portion du motif cible 20 qui soit distincte des portions du motif cible formées par les autres variations locales, et

- pour tout le motif cible, chaque portion du motif cible reçoit les rayons lumineux issus d'une et d'une seule variation locale.

**[0118]** Cette méthode permet de bons gradients de luminosité et une bonne résolution. La coupure de la première partie de faisceau 20 est suffisamment nette pour être utilisée pour former la portion centrale 53 d'un faisceau de croisement.

**[0119]** Cette méthode peut par exemple être utilisée pour réaliser la surface génératrice 12 du premier mode de réalisation. Elle pourrait également être utilisée dans le troisième mode de réalisation des figures 5 et 6.

**[0120]** Selon d'autres méthodes, pour améliorer le contraste et avoir des zones davantage sombres et des zones avec une luminosité maximale, en particulier pour réaliser les portions horizontales 21, 23 de coupure et la portion oblique 22 de coupure de manière plus nettes, il est possible d'agencer les variations locales de manière à ce que la surface génératrice 12 présente une ou plusieurs arêtes.

**[0121]** Dans ce cas, la surface génératrice 12 peut comprendre alors:

- au moins une arête délimitant des portions de la surface génératrice avec des orientations différentes de manière à générer une divergence telle que certaines zones du motif cible ne reçoivent quasiment pas de rayons, voire pas du tout, formant ainsi des zones sombres, et/ou
- au moins une arête délimitant des portions de la surface génératrice avec des orientations différentes de manière à générer une convergence telle que certaines zones du motif cible reçoivent les rayons de plusieurs variations locales et/ou de plusieurs portions de cette surface génératrice.

**[0122]** Cela permet notamment de réaliser une coupure plus nette.

**[0123]** Pour cela, on peut par exemple utiliser une deuxième méthode de calcul pour calculer la surface génératrice 12, divulguée dans le document Schwartzburg et al. [2].

**[0124]** Dans cette deuxième méthode, aucune contrainte de bijection n'est utilisée dans l'étape de corrélation. Cette méthode est plus complexe mais permet d'obtenir un contraste, à savoir un ratio entre la zone claire et la zone sombre, plus élevé. Cette méthode permet en effet d'obtenir des zones plus sombres que celles de la méthode de Yue et Al, mentionnée précédemment. Ainsi, il est possible avec cette deuxième méthode d'obtenir des démarcations entre zone sombre et zone lumineuse plus marquées. Les portions en dehors des arêtes sont lisses, le passage d'une variation locale à l'autre y étant

lisse.

**[0125]** Par exemple, dans les figures 9a à 9f, la méthode utilisée n'impose pas une contrainte de bijection pour établir le motif cible. A certains endroits, plusieurs points objets  $p_1$ ,  $p_2$  correspondent à un seul point cible  $p'_1$ . Il en résulte que la surface génératrice 12 présente une discontinuité de variation de pente, correspondant à une arête sortante 18 sur la surface génératrice 12, et donc rentrante en direction des rayons incidents. Les variations locales de part et d'autre de cette arête 18 permettent de concentrer les rayons  $r_1$ ,  $r_2$  sur une ligne de l'écran 19, comprenant notamment le point  $p'_1$ , pour y former la coupure.

**[0126]** En dehors de cette arête 18, notamment au-dessus et au-dessous, l'étape de corrélation E3 a abouti, sans pour autant l'avoir contrainte, à une relation bijective entre les points objets correspondants  $p_3$ ,  $p_4$ ,  $p_5$  et les points cibles correspondants  $p'_2$ ,  $p'_3$ ,  $p'_4$ .

**[0127]** Quelle que soit la méthode utilisée, chaque point de la surface génératrice 12 est donc associé à une amplitude qui correspond à un écart à la forme globale 13, cette amplitude étant définie selon une direction parallèle à la normale à la forme globale 13 en ce point.

**[0128]** Par exemple comme illustré en figures 1 et 3, on considère un plan comprenant la direction globale du faisceau de rayons incidents. On considère dans ce plan, le rectangle 17, dans lequel est circonscrite le générateur de caustique 10, ce rectangle 17 peut présenter un côté au moins quatre fois supérieur, notamment six fois supérieur à celui de l'amplitude de chaque variation locale par rapport à la forme globale donnée 13 au niveau de cette variation locale, donc supérieur à six fois l'amplitude maximale.

**[0129]** Par ailleurs, les variations locales peuvent présenter une tangente  $\vec{t}$  formant un angle  $\alpha$  avec la forme globale donnée compris entre -60 et 60 degrés, notamment entre -30 et 30 degrés.

**[0130]** En cumulant ces conditions de pente et d'amplitude on arrive à des résultats optimaux, notamment en termes de contraste et de netteté, permettant notamment une propagation du motif propagé sur l'intervalle utile, en particulier à la distance optimale  $D_p$ .

**[0131]** A noter que plus la taille de la source lumineuse 4, 6 du générateur de faisceau 3 est faible par rapport à la surface génératrice 12, plus le motif projeté est proche du motif souhaité utilisé pour la construction de la surface génératrice. Par exemple, le côté du rectangle 17 dans lequel est circonscrite le générateur de caustique 10 peut être au moins dix fois supérieur, notamment trente fois, à celui d'un côté de cette source de lumière 3, 6, notamment lorsque cette source est une diode électroluminescente.

**[0132]** Les trois modes de réalisation des figures 1 à 3 et 5 et 6 visent des générateurs de caustique 10 fonctionnant par réfraction.

**[0133]** Ici la surface génératrice 12 est formée sur un élément optique 10 spécialement dédié à cet effet. Cependant elle peut également être formée sur des élé-

ments ayant d'autres fonctions, tels qu'une glace de fermeture du dispositif d'éclairage, une lentille optique, un masque.

**[0134]** Dans la demande, on désigne par « masque » l'enjoliveur destiné à masquer certains éléments, tel que des câbles, le fond du boîtier. Il est également appelé « *bezel* » en anglais.

**[0135]** Par ailleurs, les figures 1 à 3 et 6 illustrent des cas où la surface génératrice 12 est sur la face de sortie du générateur de caustique 10. Cependant cela n'est pas limitatif et d'une manière générale, l'élément optique peut présenter une surface génératrice sur la face d'entrée et/ou sur la face de sortie.

**[0136]** La figure 10 illustre un quatrième mode de réalisation, qui est une variante du système d'éclairage 41 du troisième mode de réalisation. La figure 5 peut donc également s'appliquer à ce quatrième mode de réalisation.

**[0137]** Celui-ci diffère en ce que la source de lumière, ici formée par une DEL 6, est couplée à une optique 7 permettant d'orienter les rayons  $r_1$ ,  $r_2$ ,  $r_3$  sensiblement parallèlement, ici perpendiculairement à la face d'entrée 11 du générateur de caustique 10. Cette optique est dans cet exemple un réflecteur 7 de forme parabolique.

**[0138]** La DEL 6 est agencée entre le réflecteur 7 et le générateur de caustique 10 en forme de lentille.

**[0139]** Le réflecteur 7, la DEL 6 et le générateur de caustique 10 sont reliés entre eux mécaniquement de manière à former un module optique complémentaire 41. Ce module optique complémentaire a ainsi l'aspect d'un module elliptique. Cela permet de réaliser un projecteur 40 d'aspect plus harmonieux en assemblant le module optique complémentaire 41 avec un module optique de base 42 qui soit un module elliptique.

**[0140]** La figure 11 illustre un cinquième mode de réalisation, selon lequel l'élément optique 10' ou générateur de caustique 10' fonctionne par réflexion.

**[0141]** Le générateur de caustique 10' est ici un miroir dont la surface réfléchissante forme la surface génératrice 12', présentant des variations locales autour de sa forme globale plane 13'.

**[0142]** Ce miroir 10' peut présenter une ou plusieurs arêtes. Ici, il y a une arête rentrante 18', à savoir formant le fond d'un creux, délimitant des portions de surfaces avec une orientation en vis-à-vis l'une de l'autre, ces portions-ci permettant ainsi de créer un trait lumineux marquant la coupure d'un faisceau global.

**[0143]** Les mêmes méthodes de construction peuvent être appliquées à cette surface génératrice 12' réfléchissante, en tenant compte au cours des différentes étapes qu'il s'agit d'une réflexion et non d'une réfraction.

**[0144]** Dans un tel cas, l'étape amont est simplifiée car les rayons  $r_1$ ,  $r_2$ ,  $r_3$ ,  $r_4$  arrivent directement sur la surface génératrice 12 selon la répartition donnée et en repartent également directement.

**[0145]** Les figures 12a à 12d illustrent les faisceaux obtenus par un sixième mode de réalisation qui est une variante de réalisation du projecteur 40 des figures 5 et

6. L'illustration schématique de la figure 5 peut donc être reprise pour ce sixième mode de réalisation.

**[0146]** Ce mode de réalisation diffère par son module complémentaire formé par le système d'éclairage 41 selon l'invention et par son module optique de base 42, qui sont ici agencés de manière à former respectivement une première partie de faisceau 60 et une deuxième partie de faisceau 70 différentes de celle du troisième mode de réalisation. Ici, faisceau global 80 résultant de la superposition des deux parties de faisceau 60, 70 forme un faisceau route adaptatif.

**[0147]** Les figures 12a à 12d illustrent respectivement les projections de la première partie de faisceau 60, de la deuxième partie de faisceau 70, et du faisceau global 50 sur un écran vertical, placé à une distance inférieure à la distance optimale  $D_p$ , par exemple placé à une distance de 25 mètres.

**[0148]** Ici, la deuxième partie de faisceau 70 comprend une coupure supérieure plane et est, par exemple, formée au moyen d'un module elliptique avec un cache ou d'un module avec un réflecteur, notamment de type parabolique. Sa répartition photométrique correspond à la répartition photométrique située en dessous d'une ligne horizontale située verticalement à 2° dans un feu route.

**[0149]** La première partie de faisceau 60 présente donc une intensité plus forte que la deuxième partie de faisceau 70, ainsi qu'une ligne de coupure comprenant trois portions consécutives de gauche à droite :

- une portion verticale gauche 61,
- une portion horizontale 62 située verticalement à 1°,
- une portion verticale droite 63.

**[0150]** Ces portions de coupure 61, 62, 63 délimitent une zone sombre 64.

**[0151]** Un superposant ces deux parties de faisceau 60, 70 de manière à ce que la portion horizontale 62, donc ici le bas de la zone sombre 64, soit au-dessus de la deuxième partie de faisceau 70, c'est-à-dire au-dessus de la coupure 71 de cette dernière, on obtient un faisceau route adaptatif 80, illustré en figure 12c.

**[0152]** Le projecteur 40 est équipé d'actionneurs non représentés qui permettent de déplacer le module optique complémentaire 41 selon un axe de rotation vertical, et donc la première partie de faisceau 60 horizontalement, alors que la deuxième partie de faisceau 70 reste fixe par rapport au projecteur 40.

**[0153]** Lorsque le véhicule équipé du projecteur 40 est équipé de capteurs, par exemple une caméra, d'un calculateur permettant un traitement de l'image, et d'un processeur, ce dernier peut piloter les actionneurs de manière à déplacer le module optique complémentaire 41 de manière à ce que la zone sombre 64 soit agencée au niveau d'un véhicule C venant en sens adverse, comme en figure 12d, ou suivi. Cela permet d'avoir un éclairage plus puissant qu'un feu de croisement, tout en évitant d'éblouir les autres conducteurs.

**[0154]** Comme pour le feu de croisement du troisième

mode de réalisation, dans ce sixième mode de réalisation la première partie de faisceau 60 et la deuxième partie de faisceau 70 peuvent se chevaucher selon une portion de superposition 72. La surface génératrice 12 peut également être agencée de manière à réaliser les transitions lumineuses précédemment décrites.

**[0155]** Les motifs propagés et/ou cible représentés le sont dans le cadre d'une circulation à droite. Pour une circulation gauche, ceux-ci doivent simplement être inversés symétriquement par rapport à l'axe vertical V.

## Liste des références

### [0156]

[1] Yonghao Yue, Kei Iwasaki, Bing-Yu Chen, Yoshinori Dobashi, Tomoyuki Nishita. Poisson-Based Continuous Surface Génération for Goal-Based Caustics, ACM Transactions on Graphics, Vol. 31, No. 3, Article 31 (May 2014).

[2] Yuliy Schwartzburg, Romain Testuz, Andrea Tagliasacchi, Mark Pauly. High-contrast Computational Caustic Design, ACM Transactions on Graphics (Proceedings of ACM SIGGRAPH 2014), Vol. 33, Issue 4, Article No. 74 (July 2014)

## Revendications

1. Système d'éclairage de la route de véhicule (1) comprenant :

- un élément optique (10,10') présentant une surface génératrice (12,12') de caustique contrôlée, cette surface génératrice étant une surface réfléchissante ou réfractrice, s'étendant selon une forme globale donnée (13,13') et présentant des variations locales de forme autour de cette forme globale donnée, ces variations locales étant réparties sur l'ensemble de ladite surface génératrice de sorte qu'elles confèrent à l'ensemble de la surface génératrice un relief formant un motif objet (15), ces différentes variations locales étant agencées de manière à ce que la majorité de ladite surface génératrice soit lisse et de manière à ce que pour un faisceau de rayons incidents ( $r_1, r_2, r_3$ ) sur l'ensemble de cette dite surface génératrice, ces rayons ayant une répartition donnée, ladite surface génératrice dévie les rayons selon des orientations différentes en fonction des variations locales qu'ils rencontrent, formant ainsi un faisceau dévié propageant un motif propagé (20), ce motif propagé correspondant à une forme distordue du motif objet,

- une partie de montage (2) sur laquelle est destiné à être monté un générateur de faisceau (3)

de rayons selon la répartition donnée, de manière à ce que les rayons soient incidents sur ladite surface génératrice,

l'élément optique étant agencé de manière à ce que le motif propagé soit propagé sur un intervalle utile s'étendant en amont de et au moins jusqu'à une distance optimale ( $D_p$ ) de propagation donnée et selon une répartition photométrique donnée, de manière à former une partie d'un faisceau lumineux d'éclairage, cette partie présentant une coupure.

2. Système d'éclairage selon la revendication 1, dans lequel la distance optimale ( $D_p$ ) donnée est supérieure ou égale à 70 mètres.

3. Système d'éclairage selon la revendication 1 ou 2, dans lequel les variations locales sont agencées de manière à ce que les rayons du faisceau dévié ne se croisent pas jusqu'à ladite distance optimale ( $D_p$ ).

4. Système d'éclairage selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel chaque variation locale présente, en chacun de ses points, une amplitude définie comme la distance entre la variation locale et ladite forme globale selon la normale en un point donné de la forme globale, l'amplitude maximale de chaque variation locale étant comprise dans un intervalle compris entre 0,001 millimètre et 1 millimètre.

5. Système d'éclairage selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la répartition donnée est sensiblement telle que pour tout plan transversal à la direction de propagation, en un point donné de ce plan, le ou les rayon(s) ( $r_1, r_2, r_3$ ) incident(s) en ce point provien(en)t d'une unique direction.

6. Système d'éclairage selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la répartition donnée correspond à celle d'une diode électroluminescente.

7. Système d'éclairage selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le dispositif d'éclairage comprend le générateur de faisceau (3) de rayons ( $r_1, r_2, r_3$ ) selon la répartition donnée.

8. Système d'éclairage selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la surface génératrice comprend au moins une portion lisse dont la surface représente la majorité de la surface génératrice (12 ; 12'), le passage d'une variation locale à l'autre étant lisse à l'intérieur de cette portion lisse.

9. Système d'éclairage selon la revendication 8, dans lequel le passage entre certaines variations locales

est délimité par une arête (18, 18'), les variations locales de part et d'autre de cette arête étant agencées de manière à dévier une partie des rayons de manière à former au moins une portion de la coupure avec cette partie des rayons.

10. Système d'éclairage selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le générateur de faisceau (3) comprend une source de lumière (6), la source de lumière étant une diode électroluminescente.

11. Système d'éclairage selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel l'élément optique (10) est formée d'un matériau transparent et est agencé avec le générateur de faisceau (3) de manière à former le faisceau dévié par réfraction des rayons ( $r_1$ ,  $r_2$ ,  $r_3$ ) émis par le générateur de faisceau.

12. Dispositif d'éclairage de la route de véhicule comprenant un système d'éclairage (1 ; 41) selon l'une des revendications précédentes.

13. Dispositif d'éclairage selon la revendication 12, comprenant un boîtier et une glace de fermeture du boîtier au travers de laquelle sortent les rayons lumineux émis par le dispositif d'éclairage, la glace de fermeture formant l'élément optique, la surface génératrice étant formée en surface d'une portion de la glace de fermeture, le faisceau dévié étant formé par réfraction des rayons émis par le générateur de faisceau.

14. Dispositif d'éclairage selon la revendication 12 ou 13, comprenant:

- un système d'éclairage (41) selon l'une des revendications 1 à 11, agencé de manière à former une première partie de faisceau (20 ; 60) lumineux présentant une coupure avec au moins deux portions (21, 22 ; 61, 62) orientées selon des directions différentes l'une de l'autre,
- un module optique de base (42) agencé de manière à former une deuxième partie de faisceau (30 ; 70) lumineux plus étendue que la première partie de faisceau,

ledit système d'éclairage et le modules optique de base étant agencés de manière à ce que les deux parties de faisceau forment ensemble un faisceau global (50 ; 80) d'éclairage de la route.

15. Dispositif d'éclairage selon la revendication 14, dans lequel le système d'éclairage (41) et le module optique de base (42) sont agencés de manière à ce que:

- le faisceau global (50) soit un faisceau de croi-

sement,

- ladite première partie de faisceau (20) forme la portion centrale (53) du faisceau global (50) et comprenne la jonction entre une portion horizontale (21) et une portion oblique (22) de la coupure, et

- la deuxième partie de faisceau (30) forme le reste du faisceau global (50).

16. Dispositif d'éclairage selon la revendication 14, dans lequel le système d'éclairage et le module optique sont agencés de manière à ce que:

- le faisceau global (80) soit un faisceau route adaptatif,
- la deuxième partie de faisceau (70) forme une partie basse du faisceau global,
- la première partie de faisceau (60) forme une partie supérieure du faisceau global et présente une zone sombre (64) centrale démarquée par une coupure avec des portions (61, 62, 63) délimitant cette zone sombre en bas et sur les côtés,
- le faisceau global (80) présente cette zone sombre (64), le bas de la zone sombre étant agencé au-dessus de la deuxième partie de faisceau (70).

## Patentansprüche

1. Straßenbeleuchtungssystem eines Fahrzeugs (1), das enthält:

- ein optisches Element (10, 10'), das eine eine kontrollierte Kaustik erzeugende Fläche (12, 12') aufweist, wobei diese erzeugende Fläche eine reflektierende Fläche oder eine brechende Fläche ist, die sich gemäß einer gegebenen globalen Form (13, 13') erstreckt und lokale Formveränderungen um diese gegebene globale Form herum aufweist, wobei diese lokalen Veränderungen über die Gesamtheit der erzeugenden Fläche verteilt sind, so dass sie der Gesamtheit der erzeugenden Fläche ein Relief verleihen, das ein Objektmuster (15) bildet, wobei diese verschiedenen lokalen Veränderungen so angeordnet sind, dass der größte Teil der erzeugenden Fläche glatt ist, und so angeordnet sind, dass für ein Bündel von auf die Gesamtheit dieser erzeugenden Fläche einfallenden Strahlen ( $r_1$ ,  $r_2$ ,  $r_3$ ), wobei diese Strahlen eine gegebene Verteilung haben, die erzeugende Fläche die Strahlen gemäß unterschiedlichen Ausrichtungen abhängig von den lokalen Veränderungen, die sie antreffen, ablenkt, wodurch ein abgelenktes Bündel gebildet wird, das ein ausgebreitetes Muster (20) ausbreitet, wobei dieses aus-

gebreitete Muster einer verzerrten Form des Objektmusters entspricht,

- einen Montageteil (2), auf den ein Bündelgenerator (3) von Strahlen gemäß der gegebenen Verteilung so zu montieren ist, dass die Strahlen auf die erzeugende Fläche einfallen,

wobei das optische Element so angeordnet ist, dass das ausgebreitete Muster in einem Nutzintervall ausgebreitet wird, das sich stromaufwärts von und mindestens bis zu einer gegebenen optimalen Ausbreitungsentfernung ( $D_p$ ) und gemäß einer gegebenen photometrischen Verteilung erstreckt, um einen Teil eines Beleuchtungslichtbündels zu bilden, wobei dieser Teil eine Hell-Dunkel-Grenze aufweist.

2. Beleuchtungssystem nach Anspruch 1, wobei die gegebene optimale Entfernung ( $D_p$ ) größer als oder gleich 70 Meter ist.

3. Beleuchtungssystem nach Anspruch 1 oder 2, wobei die lokalen Veränderungen so angeordnet sind, dass die Strahlen des abgelenkten Bündels sich bis zur optimalen Entfernung ( $D_p$ ) nicht kreuzen.

4. Beleuchtungssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei jede lokale Veränderung an jedem ihrer Punkte eine als die Entfernung zwischen der lokalen Veränderung und der globalen Form gemäß der Normalen an einem gegebenen Punkt der globalen Form definierte Amplitude aufweist, wobei die maximale Amplitude jeder lokalen Veränderung in einem Intervall zwischen 0,001 Millimeter und 1 Millimeter liegt.

5. Beleuchtungssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die gegebene Verteilung im Wesentlichen so ist, dass für jede Querebene zur Ausbreitungsrichtung an einem gegebenen Punkt dieser Ebene der oder die an diesem Punkt einfallende (n) Strahl (en) ( $r_1, r_2, r_3$ ) aus einer einzigen Richtung kommt(kommen).

6. Beleuchtungssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die gegebene Verteilung derjenigen einer Elektrolumineszenzdiode entspricht.

7. Beleuchtungssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Beleuchtungsvorrichtung den Bündelgenerator (3) von Strahlen ( $n, r_2, r_3$ ) gemäß der gegebenen Verteilung enthält.

8. Beleuchtungssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die erzeugende Fläche mindestens einen glatten Abschnitt enthält, dessen Fläche den größten Teil der erzeugenden Fläche (12; 12') darstellt, wobei der Übergang von einer lokalen Veränderung zur anderen im Inneren dieses glatten

Abschnitts glatt ist.

9. Beleuchtungssystem nach Anspruch 8, wobei der Übergang zwischen bestimmten lokalen Veränderungen von einer Kante (18, 18') begrenzt wird, wobei die lokalen Veränderungen zu beiden Seiten dieser Kante so angeordnet sind, dass sie einen Teil der Strahlen ablenken, um mindestens einen Teil der Hell-Dunkel-Grenze mit diesem Teil der Strahlen zu bilden.

10. Beleuchtungssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Bündelgenerator (3) eine Lichtquelle (6) enthält, wobei die Lichtquelle eine Elektrolumineszenzdiode ist.

11. Beleuchtungssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das optische Element (10) aus einem transparenten Material gebildet wird und mit dem Bündelgenerator (3) angeordnet ist, um das abgelenkte Bündel durch Brechung der vom Bündelgenerator emittierten Strahlen ( $r_1, r_2, r_3$ ) zu bilden.

12. Vorrichtung zur Straßenbeleuchtung eines Fahrzeugs, die ein Beleuchtungssystem (1; 41) nach einem der vorhergehenden Ansprüche enthält.

13. Beleuchtungsvorrichtung nach Anspruch 12, die ein Gehäuse und ein Verschlussglas des Gehäuses enthält, durch das hindurch die von der Beleuchtungsvorrichtung emittierten Lichtstrahlen austreten, wobei das Verschlussglas das optische Element bildet, wobei die erzeugende Fläche an der Oberfläche eines Abschnitts des Verschlussglases gebildet wird, wobei das abgelenkte Bündel durch Brechung der vom Bündelgenerator emittierten Strahlen gebildet wird.

14. Beleuchtungsvorrichtung nach Anspruch 12 oder 13, die enthält:

- ein Beleuchtungssystem (41) nach einem der Ansprüche 1 bis 11, das angeordnet ist, um einen ersten Teil eines Lichtbündels (20; 60) zu bilden, das eine Hell-Dunkel-Grenze mit mindestens zwei Abschnitten (21, 22; 61, 62) aufweist, die gemäß zueinander unterschiedlichen Richtungen ausgerichtet sind,
- ein optisches Basismodul (42), das so angeordnet ist, dass es einen zweiten Lichtbündelteil (30; 70) bildet, der ausgedehnter ist als der erste Bündelteil,

wobei das Beleuchtungssystem und das optische Basismodul so angeordnet sind, dass die zwei Bündelteile zusammen ein globales Bündel (50; 80) zur Beleuchtung der Straße bilden.



15. Beleuchtungsvorrichtung nach Anspruch 14, wobei das Beleuchtungssystem (41) und das optische Basismodul (42) so angeordnet sind, dass:

- das globale Bündel (50) ein Abblendlichtbündel ist, 5  
 - der erste Bündelteil (20) den zentralen Abschnitt (53) des globalen Bündels (50) bildet und die Verbindung zwischen einem waagrechten Abschnitt (21) und einem schrägen Abschnitt (22) der Hell-Dunkel-Grenze enthält, und 10  
 - der zweite Bündelteil (30) den Rest des globalen Bündels (50) bildet.

16. Beleuchtungsvorrichtung nach Anspruch 14, wobei das Beleuchtungssystem und das optische Modul so angeordnet sind, dass:

- das globale Bündel (80) ein adaptives Fernlichtbündel ist, 20  
 - der zweite Bündelteil (70) einen unteren Teil des globalen Bündels bildet,  
 - der erste Bündelteil (60) einen oberen Teil des globalen Bündels bildet und eine zentrale dunkle Zone (64) aufweist, die durch eine Hell-Dunkel-Grenze mit Abschnitten (61, 62, 63) abgegrenzt ist, die diese dunkle Zone unten und auf den Seiten begrenzen, 25  
 - das globale Bündel (80) diese dunkle Zone (64) aufweist, wobei der untere Bereich der dunklen Zone oberhalb des zweiten Bündelteils (70) angeordnet ist. 30

## Claims

1. Vehicle route-lighting system (1) comprising:

- an optical element (10, 10') having a controlled caustic-generating surface (12, 12'), this generating surface being a reflective or refractive surface, having a given overall shape (13, 13') and exhibiting local variations in shape about this given overall shape, these local variations being distributed over the whole of said generating surface so that they confer on the whole of the generating surface a relief that forms an object pattern (15), these various local variations being arranged so that most of said generating surface is smooth and so that for a beam of rays ( $r_1$ ,  $r_2$ ,  $r_3$ ) incident on the whole of this said generating surface, these rays having a given distribution, said generating surface deviates the rays with different orientations depending on the local variations that they encounter, thus forming a deviated beam that propagates a propagated pattern (20), this propagated pattern corresponding to a distorted form of the object pattern, 50 55

- a mounting portion (2) on which is to be mounted a generator (3) of the beam of rays having the given distribution, so that the rays are incident on said generating surface,

the optical element being arranged so that the propagated pattern is propagated over a usable interval lying upstream, and at least as far as a given optimum propagation distance ( $D_p$ ), and with a given photometric distribution, so as to form one portion of an illuminating light beam, this portion containing a cut-off.

2. Lighting system according to Claim 1, wherein the given optimal distance ( $D_p$ ) is larger than or equal to 70 metres.

3. Lighting system according to Claim 1 or 2, wherein the local variations are arranged so that the rays of the deviated beam do not cross short of said optimum distance ( $D_p$ ).

4. Lighting system according to any one of the preceding claims, wherein each local variation has, at each of its points, an amplitude defined as the distance between the local variation and said overall shape along the normal to a given point of the overall shape, the maximum amplitude of each local variation being comprised in an interval comprised between 0.001 millimetres and 1 millimetre.

5. Lighting system according to any one of the preceding claims, wherein the given distribution is substantially such that for any plane transverse to the propagation direction, at a given point on that plane, the one or more rays ( $r_1$ ,  $r_2$ ,  $r_3$ ) incident on this point come from a single direction. 35

6. Lighting system according to any one of the preceding claims, wherein the given distribution corresponds to that of a light-emitting diode. 40

7. Lighting system according to any one of the preceding claims, wherein the lighting device comprises the generator (3) of the beam of rays ( $r_1$ ,  $r_2$ ,  $r_3$ ) having the given distribution. 45

8. Lighting system according to any one of the preceding claims, wherein the generating surface comprises at least one smooth segment the surface of which represents most of the generating surface (12; 12'), passage from one local variation to the other being smooth inside this smooth segment. 50

9. Lighting system according to Claim 8, wherein passage between certain local variations is delineated by an edge (18, 18'), the local variations on either side of this edge being arranged so as to deviate one 55

portion of the rays so as to form at least one segment of the cut-off with this portion of the rays.

10. Lighting system according to any one of the preceding claims, wherein the beam generator (3) comprises a light source (6), the light source being a light-emitting diode. 5
11. Lighting system according to any one of the preceding claims, wherein the optical element (10) is formed from a transparent material and is arranged with the beam generator (3) so as to form the beam deviated by refraction of the rays ( $r_1$ ,  $r_2$ ,  $r_3$ ) emitted by the beam generator. 10  
15
12. Vehicle route-lighting device comprising a lighting system (1; 41) according to one of the preceding claims.
13. Lighting device according to Claim 12, comprising a housing and an outer lens closing the housing and through which exit the light rays emitted by the lighting device, the closing outer lens forming the optical element, the generating surface being formed on the surface of a segment of the closing outer lens, the deviated beam being formed by refraction of the rays emitted by the beam generator. 20  
25
14. Lighting device according to Claim 12 or 13, comprising: 30
  - a lighting system (41) according to one of Claims 1 to 11, arranged so as to form a first light-beam portion (20; 60) containing a cut-off with at least two segments (21, 22; 61, 62) that are oriented in different directions to each other, 35
  - a basic optical module (42) arranged to form a second light-beam portion (30; 70) of larger extent than the first beam portion, 40

said lighting system and the basic optical modules being arranged so that the two beam portions together form an overall route-lighting beam (50; 80).

- 15. Lighting device according to Claim 14, wherein the lighting system (41) and the basic optical module (42) are arranged so that: 45
  - the overall beam (50) is a low beam,
  - said first beam portion (20) forms the central segment (53) of the overall beam (50) and comprises the junction between a horizontal segment (21) and an oblique segment (22) of the cut-off, and 50
  - the second beam portion (30) forms the rest of the overall beam (50). 55
- 16. Lighting device according to Claim 14, wherein the

lighting system and the optical module are arranged so that:

- the overall beam (80) is an adaptive high beam,
- the second beam portion (70) forms a bottom portion of the overall beam,
- the first beam portion (60) forms a top portion of the overall beam and contains a dark central region (64) demarcated by a cut-off with segments (61, 62, 63) bounding this dark region at the bottom and on the sides,
- the overall beam (80) contains this dark region (64), the bottom of the dark region being arranged above the second beam portion (70).

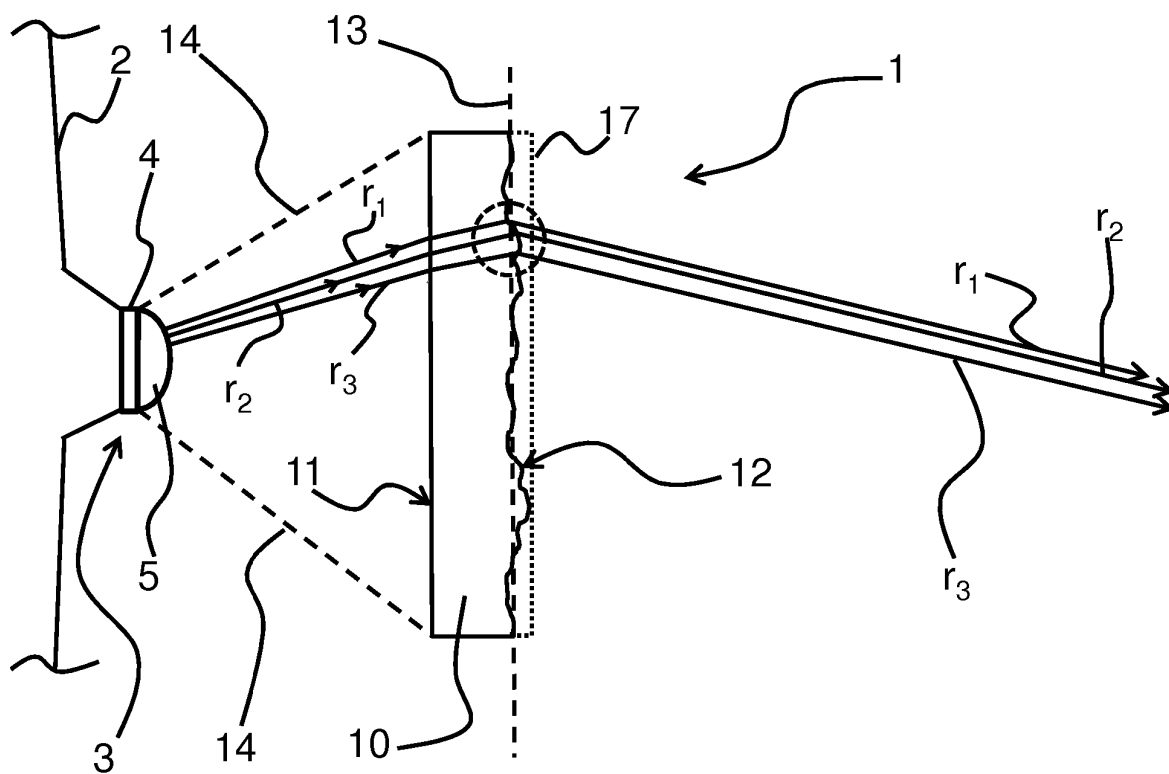


Fig. 1

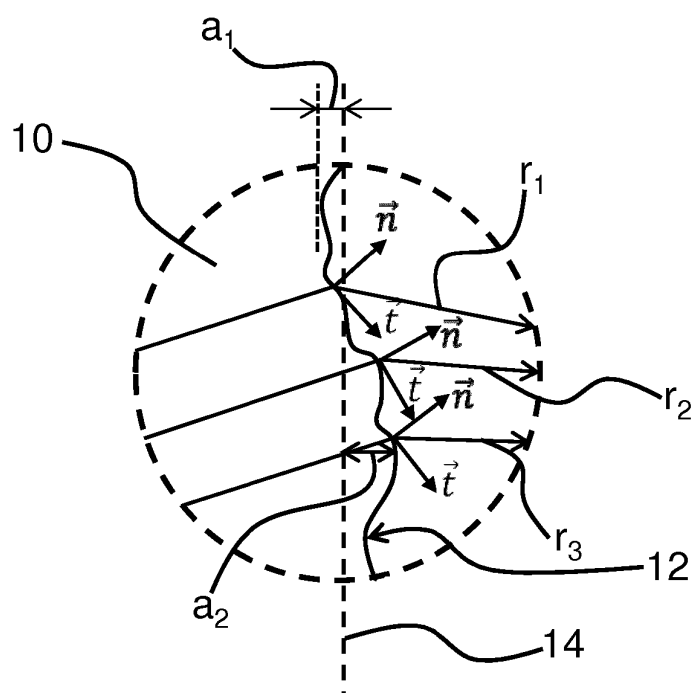


Fig. 2

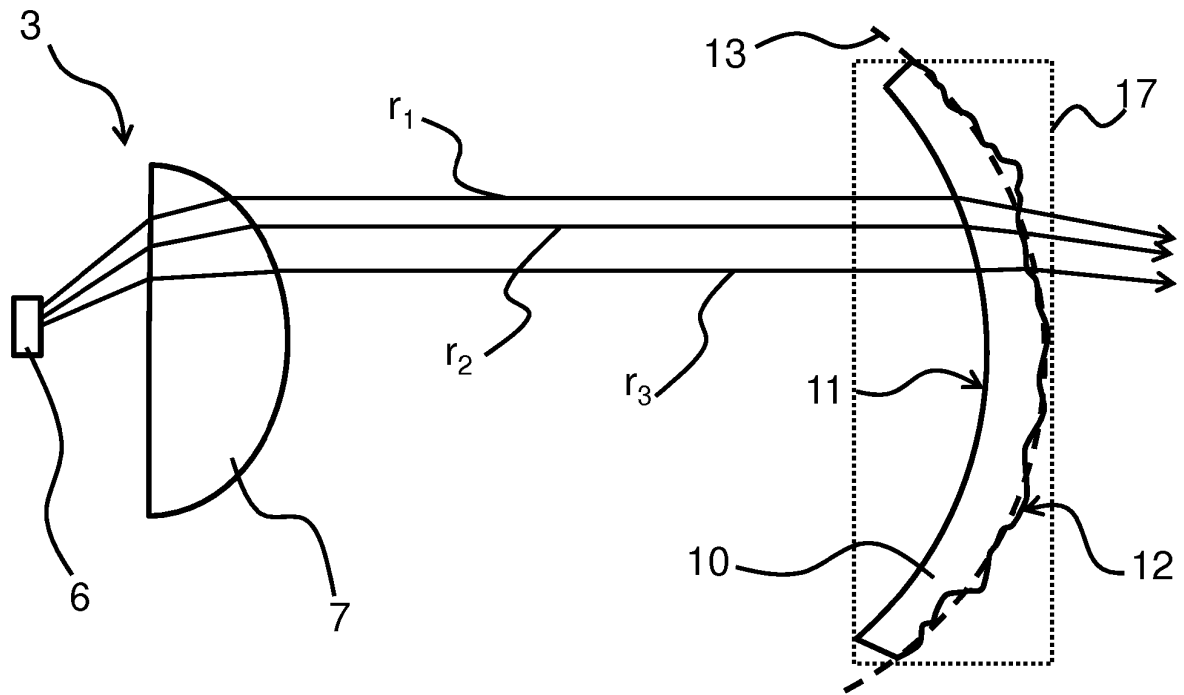


Fig. 3

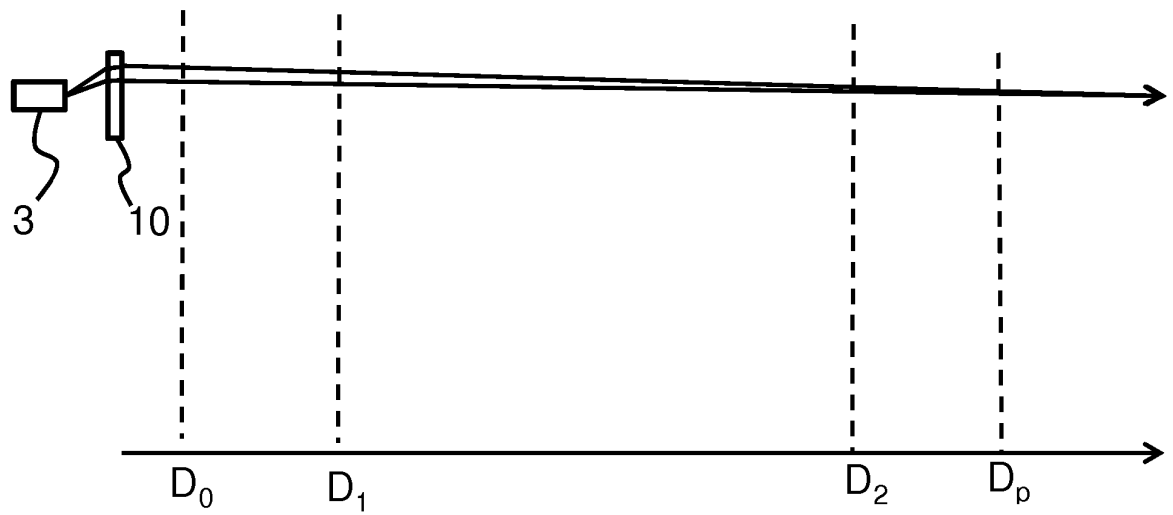


Fig. 4

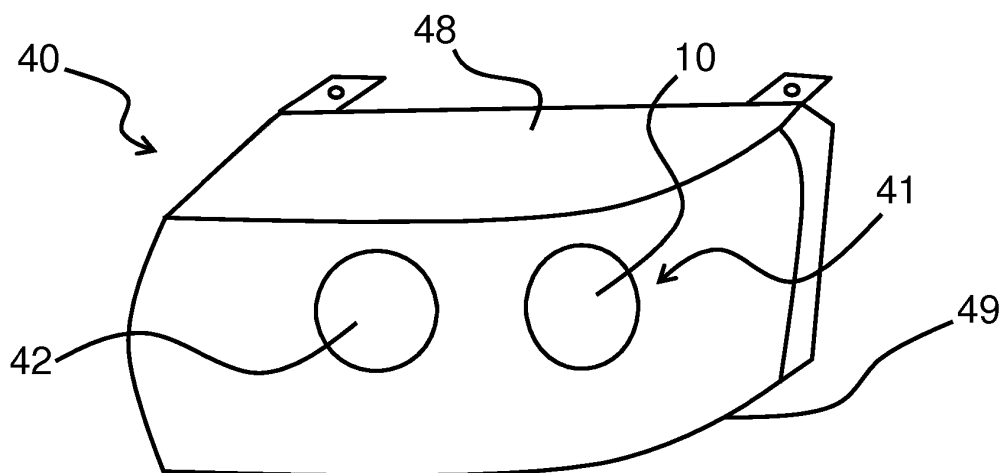


Fig. 5

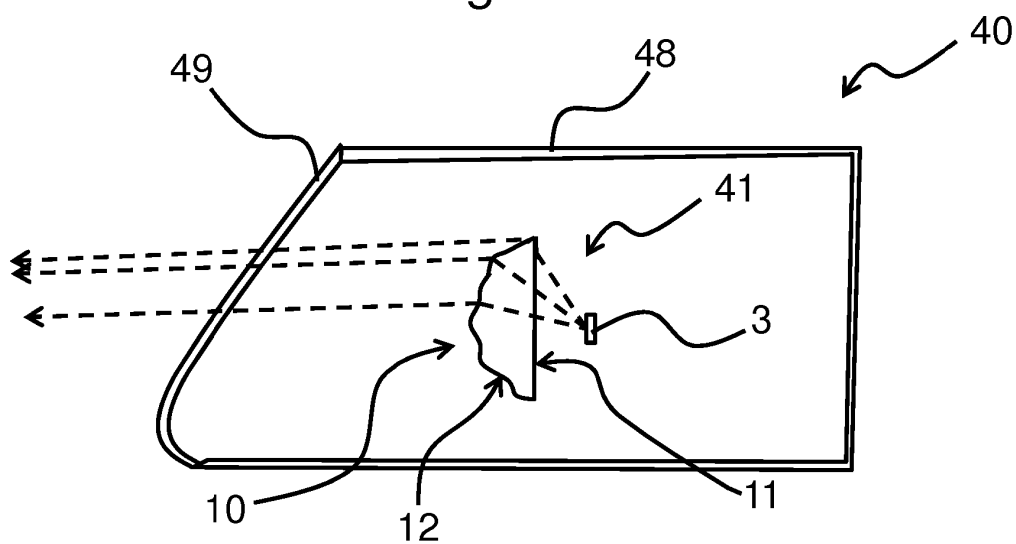


Fig. 6

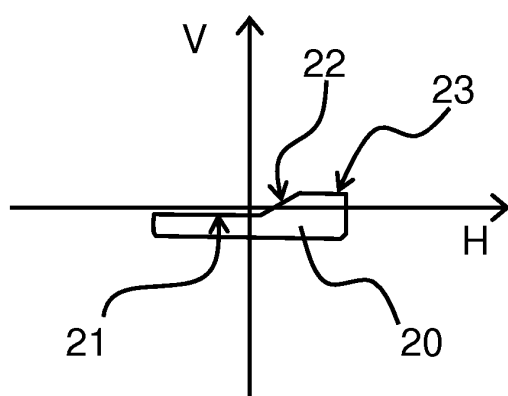


Fig. 7a

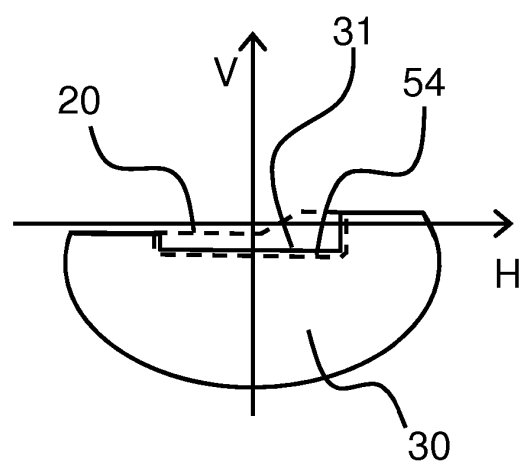


Fig. 7b

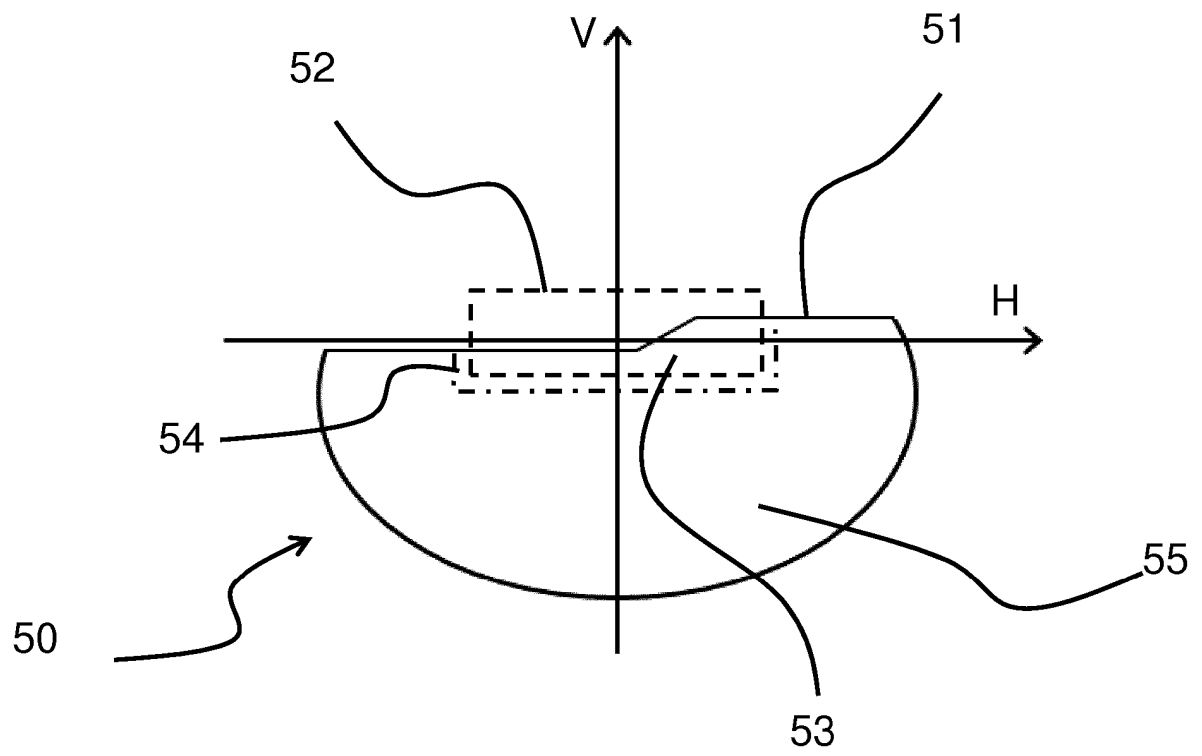


Fig. 7c



Fig. 8

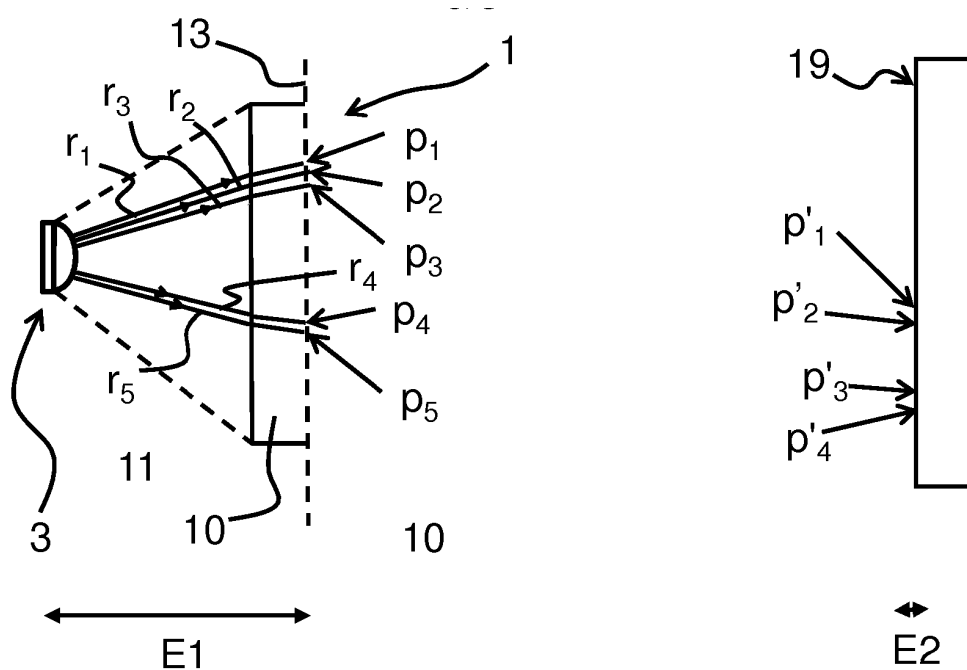


Fig. 9a

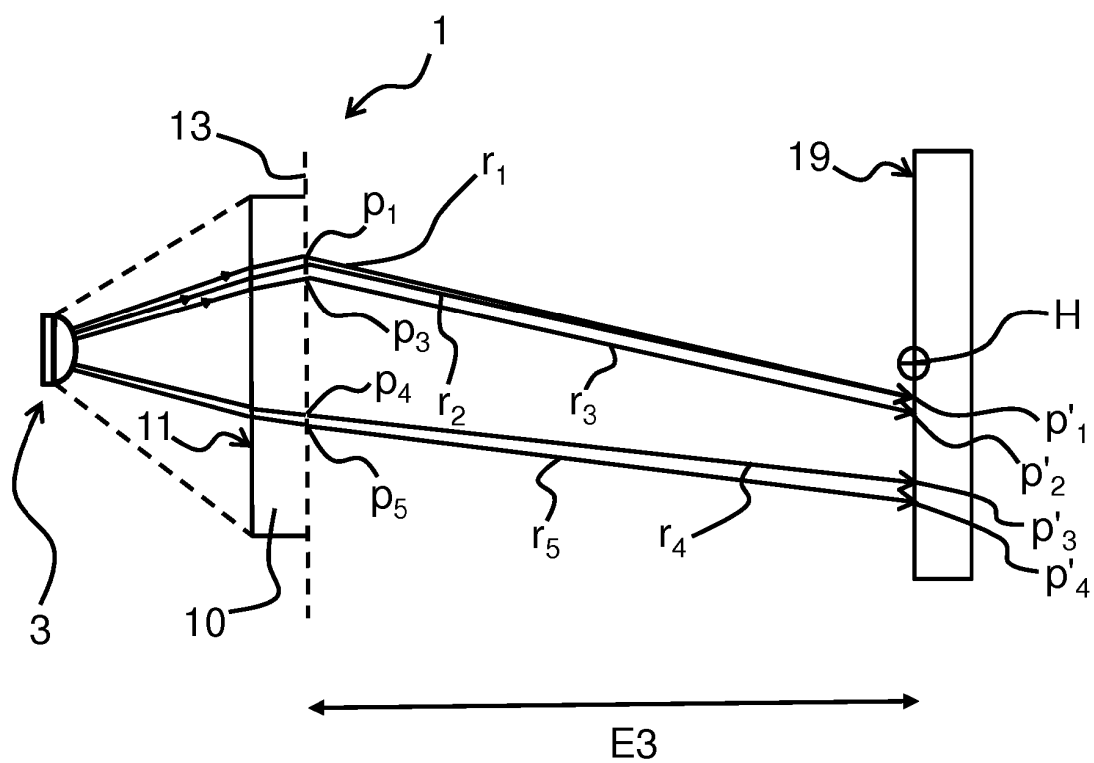


Fig. 9b

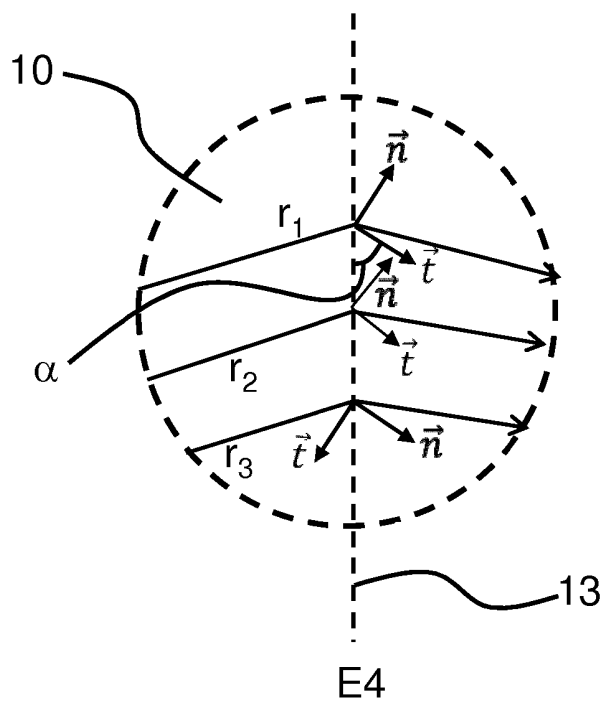


Fig. 9c

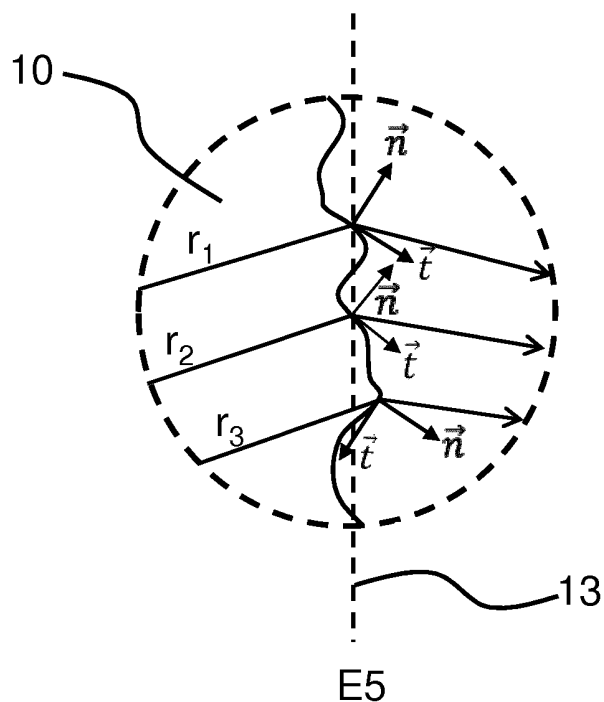


Fig. 9d

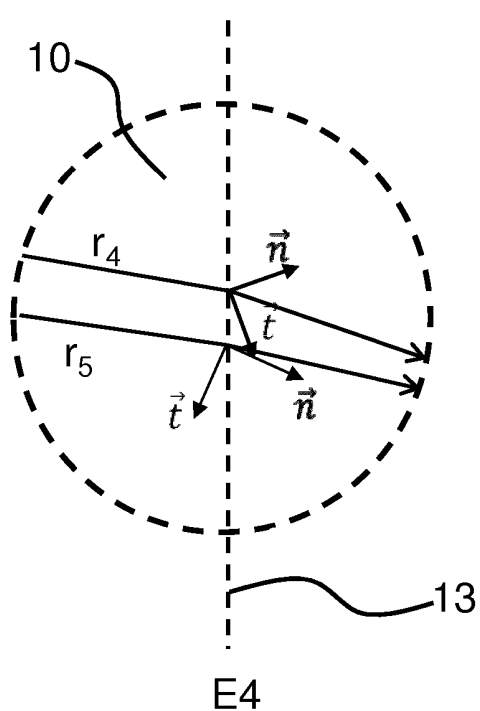


Fig. 9e

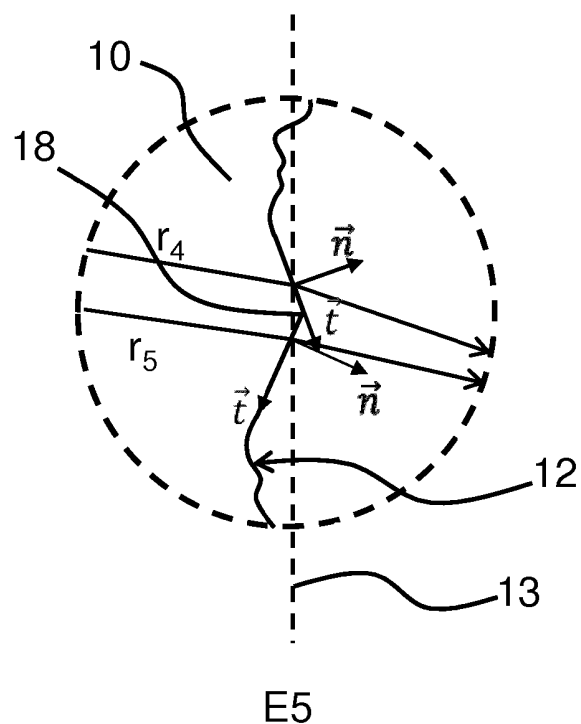


Fig. 9f



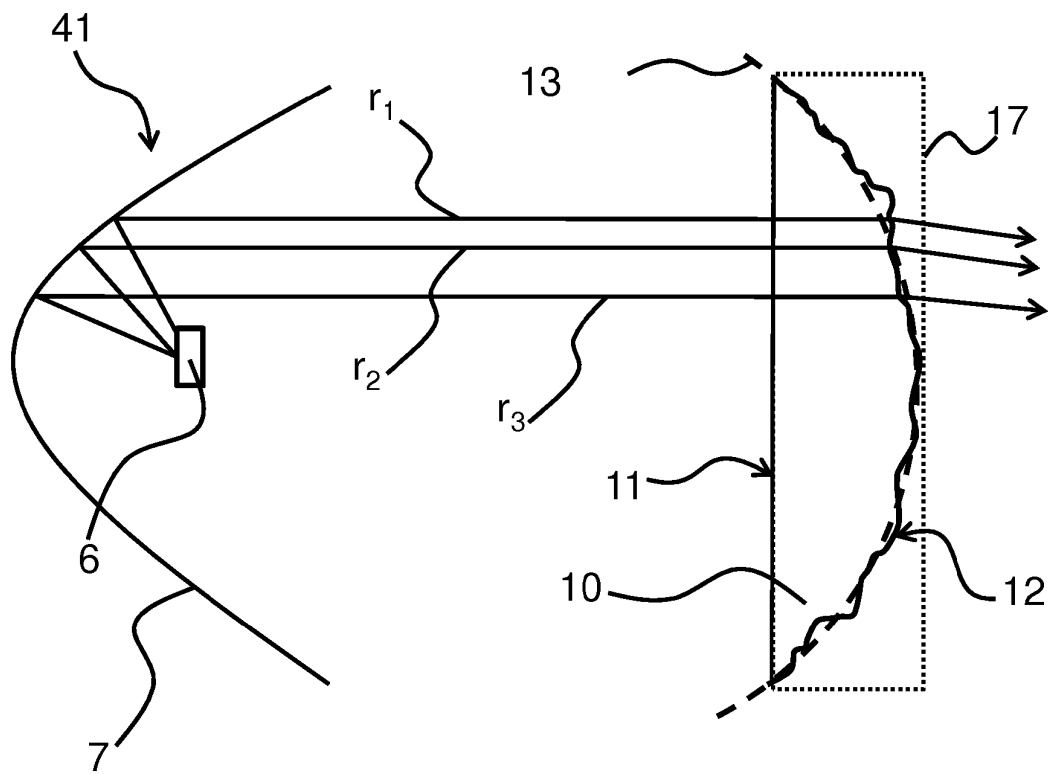


Fig. 10

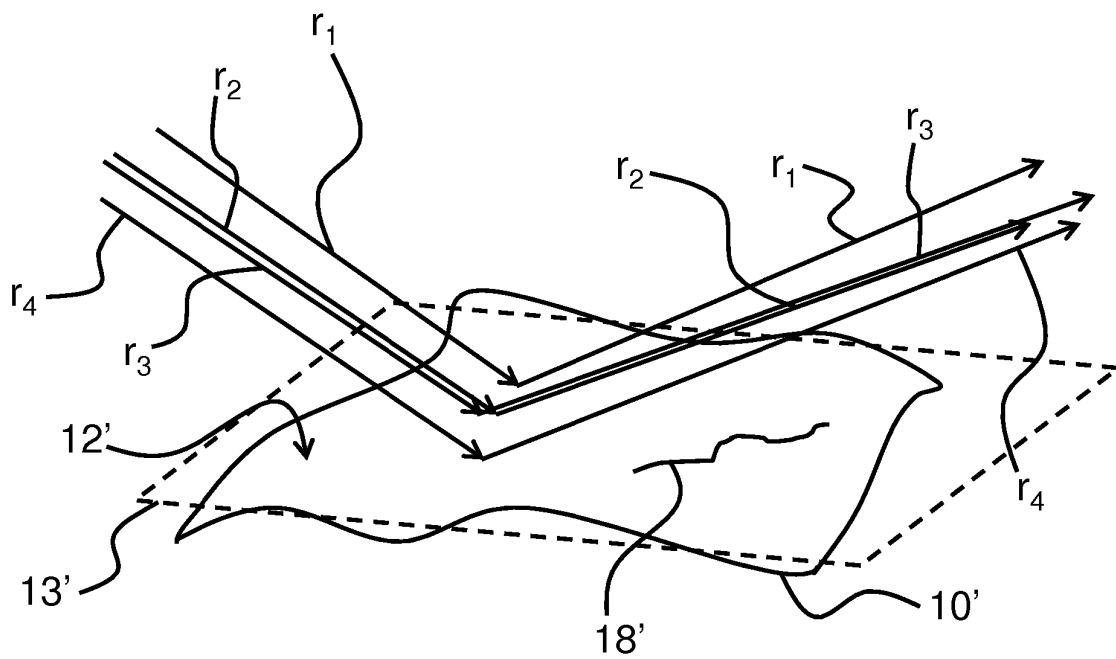


Fig. 11

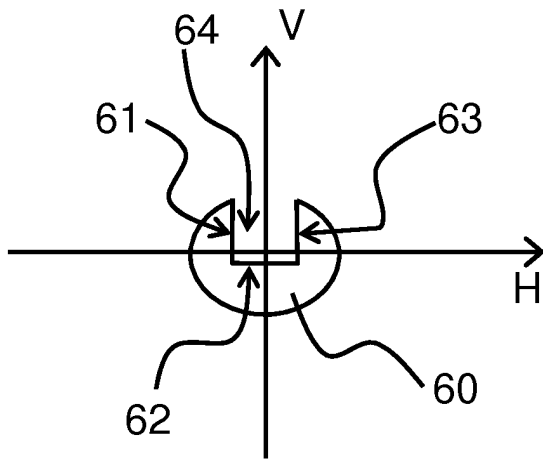


Fig. 12a

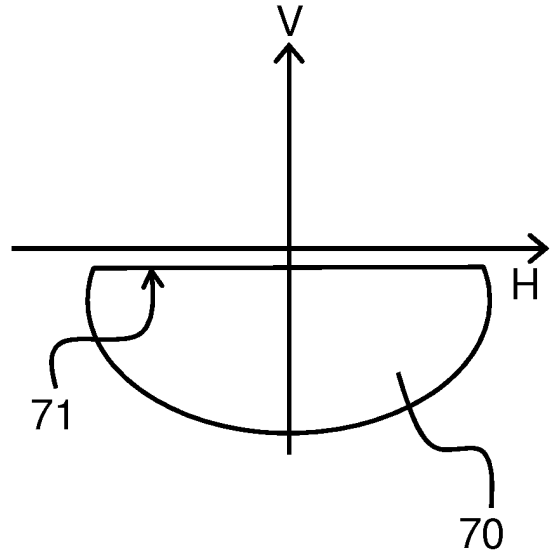


Fig. 12b

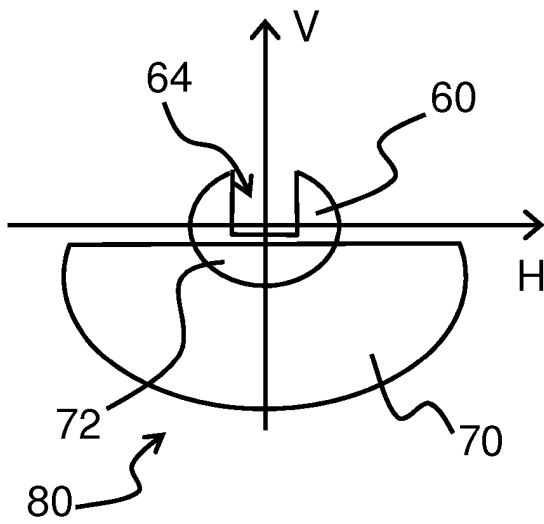


Fig. 12c

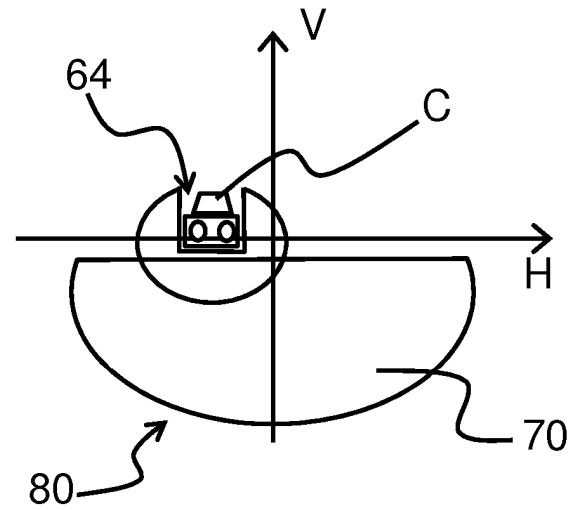


Fig. 12d

## RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

*Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.*

### Documents brevets cités dans la description

- US 2015300589 A1 [0003]

### Littérature non-brevet citée dans la description

- YONGHAO YUE ; KEI IWASAKI ; BING-YU CHEN ; YOSHINORI DOBASHI ; TOMOYUKI NISHITA. Poisson-Based Continuous Surface Génération for Goal-Based Caustics. *ACM Transactions on Graphics*, Mai 2014, vol. 31 (3 [0156]
- YULIY SCHWARTZBURG ; ROMAIN TESTUZ ; ANDREA TAGLIASACCHI ; MARK PAULY. High-contrast Computational Caustic Design. *ACM Transactions on Graphics (Proceedings of ACM SIGGRAPH 2014)*, Juillet 2014, vol. 33 (4 [0156]