

①⑨ RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
—
**INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE**
—
COURBEVOIE
—

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

3 090 124

②① N° d'enregistrement national : **18 72981**

⑤① Int Cl⁸ : **G 01 S 17/10** (2019.01), G 01 S 7/497, G 05 D 25/02

①②

BREVET D'INVENTION

B1

⑤④ Capteur de temps de vol et système de surveillance comportant un tel capteur.

②② Date de dépôt : 14.12.18.

③③ Priorité :

④③ Date de mise à la disposition du public
de la demande : 19.06.20 Bulletin 20/25.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du
brevet d'invention : 15.07.22 Bulletin 22/28.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche :

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑥⑥ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : VALEO COMFORT AND DRIVING
ASSISTANCE SAS — FR.

⑦② Inventeur(s) : BEAUDOIN Sylvain, TRAPANI
Sébastien et AUTRAN Frederic.

⑦③ Titulaire(s) : VALEO COMFORT AND DRIVING
ASSISTANCE SAS.

⑦④ Mandataire(s) : VALEO COMFORT AND DRIVING
ASSISTANCE - SERVICE PI.

FR 3 090 124 - B1



Description

Titre de l'invention : Capteur de temps de vol et système de surveillance comportant un tel capteur

- [0001] Domaine technique auquel se rapporte l'invention
- [0002] La présente invention concerne de manière générale le domaine de la vision et de la détection d'objets au moyen d'un système optique de détection.
- [0003] Elle concerne plus particulièrement un capteur de temps de vol permettant de reconstruire la cartographie tridimensionnelle d'une scène comportant un ou plusieurs objets.
- [0004] Elle concerne également un système de surveillance comportant un tel capteur.

Arrière-plan technologique

- [0005] On connaît des capteurs de temps de vol comportant :
- [0006] - un dispositif d'illumination comprenant une source de lumière émettant un faisceau source, en direction d'une scène comprenant un objet susceptible de réfléchir ce faisceau source ; et
- [0007] - un détecteur comprenant une matrice de pixels photosensibles et recevant une partie du faisceau source réfléchi par cet objet réfléchissant.
- [0008] Généralement, la source de lumière du dispositif d'illumination est soit une diode électroluminescente (*DEL*), soit une diode laser (par exemple de type *VCSEL*). Cette source émet généralement dans une bande étroite du domaine infrarouge, autour de 900 nanomètres par exemple. Ceci permet que le faisceau source ne soit pas visible pour les utilisateurs présents près du capteur (l'œil humain est sensible seulement jusqu'à 800 nm environ).
- [0009] Le détecteur, qui est du type « *matriciel* », est par exemple formé d'une caméra de type CMOS, dont les pixels photosensibles sont sensibles dans l'IR, au moins dans une bande d'absorption incluant la bande étroite d'émission.
- [0010] Comme décrit dans le document « *Time-of-Flight Camera – An Introduction* » (Texas Instruments Technical White Paper SLOA190B, May 2014), le capteur mesure le temps, appelé donc « temps de vol », mis par le faisceau source pour aller de la source à l'objet, puis par le faisceau « *réfléchi* » pour aller de l'objet au détecteur. Pour cela, le faisceau source doit être modulé temporellement.
- [0011] À cet effet, on prévoit généralement une unité électronique configurée pour générer un signal de modulation et commander le dispositif d'illumination au moyen de ce signal de modulation de sorte que le faisceau source émis présente une puissance lumineuse source modulée temporellement.
- [0012] Généralement, cette unité électronique est également configurée pour :

- [0013] - traiter des signaux électriques délivrés en fonction du temps par le détecteur, chaque signal électrique étant représentatif d'une fraction de la puissance lumineuse source réfléchiée par l'objet en direction d'un pixel photosensible associé ; et
- [0014] - déduire des signaux électriques traités, une distance caractéristique entre l'objet et le dispositif d'illumination.
- [0015] Ainsi, un capteur de temps de vol permet de reconstruire une cartographie tridimensionnelle de la scène qu'il observe et d'y détecter des formes, voire d'y reconnaître des objets (un corps humain ou une partie d'un corps humain, les yeux d'un individu, etc...).
- [0016] Pour « voir » loin (longue portée) et bien (bon rapport signal à bruit), l'unité électronique du capteur de temps pilote le dispositif d'illumination de sorte que la puissance lumineuse moyenne émise du faisceau source est suffisamment élevée.
- [0017] Objet de l'invention
- [0018] Afin de remédier à l'inconvénient précité de l'état de la technique, la présente invention propose un capteur de temps de vol présentant une sécurité accrue et évitant les risques d'endommagement par le faisceau source, notamment les risques de dommage aux personnes.
- [0019] Plus particulièrement, on propose selon l'invention un capteur de temps de vol tel que défini en introduction, dans lequel ladite unité électronique est en outre configurée pour, lorsque ledit objet est détecté comme étant à une distance caractéristique inférieure à une distance seuil prédéterminée :
- [0020] - commander ledit dispositif d'illumination de manière à réduire en moyenne ladite puissance lumineuse source en deçà d'une valeur maximale prédéfinie.
- [0021] Ainsi, grâce au capteur de temps de vol de l'invention, on limite le niveau de rayonnement infrarouge subi par les objets présents dans la scène et susceptibles de réfléchir ce rayonnement.
- [0022] Dans un mode de réalisation préféré, ladite unité électronique est également configurée pour générer un signal de modulation modifié pour commander ledit dispositif d'illumination au moyen de ce signal de modulation modifié.
- [0023] Dans ce cas, lorsque le capteur de temps de vol détecte qu'un objet se situe à une distance caractéristique trop petite par rapport à la source lumineuse, alors l'unité électronique modifie quasi instantanément le signal de modulation de sorte que le faisceau source présente une puissance lumineuse limitée.
- [0024] La valeur maximale prédéfinie peut être par exemple un seuil de dangerosité pour la peau ou les yeux d'un individu. Par exemple, lorsque le dispositif d'illumination comprend une source de type LED, cette valeur maximale est définie dans la norme internationale IEC 62471 (« Sécurité photobiologique des lampes et des appareils utilisant des lampes »).

- [0025] La distance seuil prédéterminée peut en particulier dépendre de cette valeur maximale prédéfinie.
- [0026] La distance caractéristique de l'objet détecté par le capteur de temps de vol de l'invention peut être par exemple la distance moyenne ou bien une distance pondérée.
- [0027] De préférence, ladite distance caractéristique est égale à la distance minimale entre ledit dispositif d'illumination et un point particulier de l'objet réfléchissant ledit faisceau source en direction d'un pixel photosensible dudit détecteur. De cette façon, on est sûr que dès que l'objet (ou l'individu) entre dans une zone de dangerosité particulière, alors la puissance lumineuse moyenne est réduite de sorte qu'aucun point dudit objet n'est illuminé avec un faisceau source trop intense.
- [0028] Avantagement, dans des cas où ladite distance seuil prédéterminée est inférieure à 30 centimètres, de préférence inférieure à 20 centimètres, le signal de modulation modifié commande l'extinction de ladite source lumineuse.
- [0029] D'autres caractéristiques non limitatives et avantageuses du capteur de temps de vol conforme à l'invention sont les suivantes :
- [0030] - ledit signal de modulation étant tel que ladite puissance lumineuse source modulée comprend une succession périodique d'impulsions lumineuses, ledit signal de modulation modifié est ajusté de sorte que la puissance lumineuse source comprend un nombre réduit d'impulsions lumineuses et/ou des impulsions lumineuses de largeur plus étroites et/ou d'intensité plus faible ; et
- [0031] - ladite unité électronique est en outre configurée pour, lorsque ledit objet est ensuite détecté comme étant à une autre distance caractéristique supérieure à ladite distance seuil prédéterminée, générer un autre signal de modulation modifié et commander ledit dispositif d'illumination au moyen de ce signal de modulation modifié de manière à augmenter ladite puissance lumineuse source au-delà d'une valeur minimale prédéfinie.
- [0032] Le capteur de temps de vol décrit ci-dessus est avantagement dans la réalisation d'un système de surveillance destiné à surveiller l'intérieur d'un habitacle d'un véhicule automobile.
- [0033] L'invention propose donc également un système de surveillance comprenant un capteur de temps de vol tel que défini ci-dessus.
- [0034] Dans un mode de réalisation préféré, la réduction de la puissance lumineuse source par le capteur de temps de vol est en outre conditionnée par la reconnaissance dudit objet comme étant une tête d'un occupant (conducteur, passager, ...) dudit véhicule automobile.
- [0035] Description détaillée d'un exemple de réalisation
- [0036] La description qui va suivre en regard des dessins annexés, donnés à titre d'exemples non limitatifs, fera bien comprendre en quoi consiste l'invention et comment elle peut

être réalisée.

[0037] Sur les dessins annexés :

[0038] [fig.1] est une vue schématique d'un véhicule et de son habitacle qui comprend un capteur de temps de vol intégré à un système de surveillance de l'habitacle ;

[0039] [fig.2] est une vue schématique du capteur de temps de vol de la figure 1 montrant le principe de fonctionnement de la mesure de temps de vol ;

[0040] [fig.3] montre une tête humaine détectée dans l'habitacle du véhicule de la figure 1 ;
et

[0041] [fig.4] et

[0042] [fig.5] sont des graphes montrant des exemples de modulation de la puissance source émise par le capteur de temps de vol de la figure 3.

[0043] Sur la figure 1, on a représenté un véhicule automobile 1 et son habitacle 2, avec les sièges avant et arrière.

[0044] Un système de surveillance 20 est embarqué à l'intérieur de l'habitacle 2 du véhicule automobile 1 pour permettre l'acquisition de l'environnement cabine et de ses occupants (conducteur, passager(s) avant et/ou arrière).

[0045] Ce type de système de surveillance est appelé en anglais « *Interior Monitoring System* » ou IMS. Il comporte un capteur de temps de vol 10 (ci-après désigné « capteur 10 ») qui est généralement positionné dans les modules de toits du véhicule automobile 1 mais peuvent aussi être en face du conducteur, près du montant ou en console centrale.

[0046] Le capteur 10 est directement orienté vers les occupants de la voiture et présente un champ de vision 17 (voir figure 1), ici de façon à couvrir toutes les positions possibles des occupants du véhicule automobile 1.

[0047] Comme représenté de manière schématique sur la figure 2, le capteur 10 comporte trois éléments que nous allons décrire plus en détail par la suite : un dispositif d'illumination 11, un détecteur 15 et une unité électronique 19.

[0048] Dans le cas général, le capteur 10 fait face à une scène 3 comportant différents « objets » (représentés ici par des formes géométriques) susceptible de réfléchir la lumière, en particulier la lumière infrarouge (IR). Ces objets peuvent être par exemple la tête du conducteur ou du passager. Pour la suite, on considérera à titre d'exemple pour l'explication le cas particulier du cube 4 en tant qu'objet réfléchissant.

[0049] Le dispositif d'illumination 11, qui peut être commandé par l'unité électronique 19 (on verra de quelle manière dans la suite de la description), comprend une source de lumière 12 dont la puissance lumineuse peut être modulée, par exemple *via* un pilotage en courant.

[0050] Ainsi commandé, le dispositif d'illumination 11 émet un faisceau source 13 (voir fig. 2) en direction de la scène 3 comprenant l'objet 4 qui va réfléchir le faisceau

source 13.

- [0051] La source de lumière 12 est de préférence une source émettant un rayonnement électromagnétique à une longueur d'onde peu ou pas visible pour l'œil humain. Avantageusement, cette source de lumière 12 émet dans le domaine infra-rouge.
- [0052] Ici, la source de lumière 12 est une diode électroluminescente (« *Light-emitting diode* » ou LED) émettant dans l'IR, à une longueur d'onde de 940 nm, avec une largeur d'émission de 60 nm (+/- 30 nm autour de la longueur d'onde centrale).
- [0053] En variante, la diode pourrait émettre à une longueur d'onde de 850 nm, ou bien à toute autre longueur d'onde dans le proche infra-rouge comprise entre 800 nm et 1100 nm, voire éventuellement à une longueur d'onde dans le spectre visible des rouges profonds, compris entre 700 nm et 800 nm.
- [0054] Dans d'autres modes de réalisation, la source de lumière du dispositif peut être une diode laser, en particulier de type VCSEL (« *Vertical-cavity surface-emitting laser* » en anglais), par exemple une diode laser GaAs/AlGaAs émettant entre 700 nm et 1100 nm.
- [0055] Dans des modes de réalisation particulièrement avantageux, le dispositif d'illumination 11 peut comprendre un système optique placé en aval de la source de lumière 12 pour mettre en forme le faisceau source 13 (voir fig. 2) émis par la source de lumière 12. Ce système optique peut être simplement formé d'une unique lentille, ou bien d'un doublet. En variante, on peut prévoir un système optique complexe pour donner des propriétés particulières au faisceau source 13 (ouverture numérique, polarisation, qualité optique, etc...).
- [0056] L'unité électronique 19 est configurée pour générer un signal de modulation, par exemple un signal de courant modulé, à destination du dispositif d'illumination 11 (voir flèche entre l'unité 19 et le dispositif 11 sur la fig. 2).
- [0057] Commandée au moyen de ce signal de modulation, la source de lumière 12 émet un faisceau lumineux source 13 qui présente une puissance lumineuse source P_s qui est modulée temporellement.
- [0058] Ceci se voit sur la figure 4 où l'on a représenté en ordonnée les variations de la puissance lumineuse source P_s (en Watts W) émise par le dispositif d'illumination 11 en fonction du temps t (en secondes s).
- [0059] Le signal de modulation est ici tel que pendant une période d'activation T_{on} (appelée aussi « *période d'intégration* ») typiquement comprise entre 1 μ s et 10 ms, le dispositif d'illumination émet une succession périodique d'impulsions 21 carrés de puissance crête P_0 et de largeur Δt comprise entre 5 nanosecondes et 500 nanosecondes, à une fréquence comprise entre 1 et 100 mégahertz (MHz).
- [0060] Pendant une autre période dite d'inactivation T_{off} , le signal de modulation est tel que le dispositif d'illumination 11 n'émet pas de faisceau source (le signal de courant reçu

en entrée du dispositif d'illumination – et donc de la source lumineuse – étant par exemple signal de courant nul).

- [0061] L'ensemble formé par la période d'activation T_{on} et la période d'inactivation T_{off} constitue une période d'acquisition T_{acq} .
- [0062] Dans d'autres modes de réalisation, la signal de modulation pourrait être un signal sinusoïdal de sorte que la puissance lumineuse source soit modulée sinusoïdalement en fonction du temps.
- [0063] Comme représenté sur la figure 2, une partie 14 du faisceau source 13 émis par le dispositif d'illumination 11 est réfléchi par l'objet 4 présent dans la scène 3. Pour être détecté, l'objet 4 doit être dans le champ de vue 17 du capteur 10 de sorte que le faisceau réfléchi 18 soit intercepté par le détecteur 15.
- [0064] Ce détecteur 15 est un détecteur matriciel (par ex. « *focal plane array* ») et comprend une matrice 16 de pixels photosensibles (« *pixel array* »), en particulier à la longueur d'onde d'émission de la source lumineuse 12, c'est-à-dire ici dans l'infrarouge.
- [0065] Avantageusement, le détecteur 15 peut comprendre également une optique de collection, par exemple une lentille simple ou un système optique plus complexe.
- [0066] Le détecteur 15 reçoit une partie 18 du faisceau source 13 (faisceau réfléchi 18) réfléchi par l'objet 4 en direction du détecteur 15.
- [0067] Le faisceau source 13 étant modulé temporellement, le faisceau réfléchi 18 est également modulé temporellement (la réflexion sur l'objet 4 ne modifie pas cette propriété).
- [0068] À cause de la propagation de la lumière de la source lumineuse 12 jusqu'à l'objet 4, puis de l'objet 4 jusqu'au détecteur 15, il y a un décalage (« *time shift* ») à l'arrivée entre le moment où est émis le faisceau source 14 et le moment où le faisceau réfléchi 18 est collecté par la matrice 16 du détecteur 15. En déterminant ce décalage temporel, il est possible de remonter au temps de vol de la lumière entre le dispositif d'illumination 11 et le détecteur 15 (voir document Texas Instruments précédemment cité).
- [0069] Cette détermination du temps de vol peut être faite pour chaque pixel de la matrice 16 de sorte qu'il est alors possible de reconstruire une vraie carte tridimensionnelle de la scène 3 se trouvant face au capteur 10. En effet, chaque pixel photosensible de la matrice 16 délivre un signal électrique en fonction du temps qui est proportionnel à la quantité de lumière reçue par le pixel.
- [0070] Par exemple, pour le pixel 16A particulier de la figure 2, le signal électrique est représentatif de la fraction (faisceau réfléchi 18) de la puissance lumineuse source P_s réfléchi par l'objet 4 en direction dudit pixel 16A photosensible.
- [0071] L'unité électronique 19 du capteur 10 est justement configurée pour :
- [0072] - traiter ces signaux électriques délivrés en fonction du temps par le détecteur 15 ; et

- [0073] - déduire des signaux électriques traités, une distance caractéristique D_{obj} entre l'objet 4 de la scène 3 et le dispositif d'illumination 11.
- [0074] Selon l'invention, l'unité électronique 19 est en outre configurée pour, lorsque l'objet 4 est détecté comme étant à une distance caractéristique D_{obj} inférieure à une distance seuil D_{min} prédéterminée :
- [0075] - générer un signal de modulation modifié ; et
- [0076] - commander le dispositif d'illumination 11 au moyen de ce signal de modulation modifié de manière à réduire en moyenne la puissance lumineuse source P_s en deçà d'une valeur maximale prédéfinie P_{max} .
- [0077] En d'autres termes, si le capteur 10 détecte que l'objet 4 est trop proche alors il diminue la puissance moyenne de la source lumineuse 12 de manière à limiter le rayonnement infrarouge reçu par l'objet 4 avec le faisceau source 13.
- [0078] Dans un mode de réalisation préféré du système de surveillance 20 de la figure 1, la réduction de la puissance lumineuse source est en outre conditionnée par la reconnaissance dudit objet comme étant la tête 5 d'un occupant du véhicule automobile.
- [0079] En effet, dans un cadre automobile, ceci peut être utile lorsque l'objet 4 détecté est la tête d'un individu (conducteur ou passager) car cela évite d'irradier à trop forte puissance la peau et/ou les yeux de l'individu, ce qui pourrait poser problème dans certaines situations.
- [0080] La reconnaissance de l'objet comme étant la tête d'un occupant du véhicule peut par exemple être réalisée en déterminant que la surface apparente ou le volume dudit objet correspond à celle/celui d'une tête humaine.
- [0081] Dans un autre exemple, le système de surveillance inclut un traitement logiciel capable de distinguer sur une représentation tridimensionnelle de la scène observée que le volume détecté est une tête humaine.
- [0082] On a représenté sur la figure 5, un exemple de puissance lumineuse source P_s modifiée par la commande du dispositif d'illumination 11 avec le signal de modulation modifié généré par l'unité électronique 19 après que l'objet 4 a été détecté comme étant à une distance caractéristique D_{obj} inférieure à la distance seuil D_{min} .
- [0083] Comme on peut le voir sur cette figure 5, cette puissance lumineuse source P_s modifiée est telle que seule une impulsion 21 carrée sur deux a été conservée (les impulsions d'ordre pair 22 en pointillés ont été supprimées), tout en gardant son niveau crête P_0 et sa période d'activation T_{on} . Ainsi, en moyenne, la puissance lumineuse source P_s est ici divisée par deux.
- [0084] Dans un mode de réalisation alternatif, on pourrait conserver toutes les impulsions de la modulation du faisceau source 13 et diminuer la puissance crête des impulsions, par exemple à une valeur $P_0/2$ (pour avoir une puissance lumineuse moyenne de moitié). Ceci peut se faire aisément en divisant le courant de modulation envoyé à la source

lumineuse 12 par deux.

- [0085] Encore dans un autre mode de réalisation alternatif, on pourrait conserver toutes les impulsions de la période d'activation T_{on} mais réduire la largeur des impulsions (par exemple en la divisant par deux).
- [0086] Toujours dans un autre mode de réalisation, on pourrait conserver les impulsions avec leur largeur et leur puissance d'origine mais diminuer la durée de la période d'activation T_{on} . Par exemple, en divisant par 2 cette durée, la puissance d'illumination moyenne est également divisée par 2.
- [0087] Dans un mode de réalisation particulièrement sécuritaire, la distance caractéristique D_{obj} de l'objet 4 peut être prise égale à la distance minimale entre le dispositif d'illumination 11 et un point particulier de l'objet 4 réfléchissant le faisceau source 14 en direction d'un pixel 16A photosensible du détecteur 15.
- [0088] Ainsi, dans ce mode de réalisation, il suffit qu'un seul point particulier de l'objet 4 (par exemple la tête 5 du conducteur, voir figure 3) soit à une distance inférieure à la distance seuil D_{min} pour que l'unité électronique 19 modifie le signal de modulation afin de limiter la puissance lumineuse source P_s .
- [0089] Dans le cas général, la distance seuil D_{min} dépend de la puissance lumineuse source P_s moyenne.
- [0090] En pratique, la puissance lumineuse source P_s moyenne est déterminée de manière à être inférieure aux niveaux de dangerosité définis par la norme IEC 62471 pour les diodes électroluminescentes et par la norme IEC 60825-1 pour les diodes laser.
- [0091] Dans un autre mode de réalisation encore plus sécuritaire, la distance seuil D_{min} prédéterminée étant inférieure à 30 centimètres, voire inférieure à 20 cm, le signal de modulation modifié généré par l'unité électronique 19 commande l'extinction de la source lumineuse 12 du dispositif d'illumination 11. En d'autres termes, dans ce mode de réalisation particulier, on coupe entièrement la source lumineuse, par exemple en annulant le courant de pilotage de la source.
- [0092] Avantagusement, l'unité électronique 19 est en outre configurée pour, lorsque l'objet 4 précédemment détecté comme trop proche du capteur 10 est ensuite détecté comme étant à une autre distance caractéristique D_{obj} supérieure à la distance seuil D_{min} prédéterminée :
- [0093] - générer un autre signal de modulation modifié ; et
- [0094] - commander ledit dispositif d'illumination au moyen de ce signal de modulation modifié de manière à augmenter ladite puissance lumineuse source au-delà d'une valeur minimale prédéfinie.
- [0095] De cette façon, il est alors possible de détecter l'objet précédemment trop proche lorsque celui-ci s'est éloigné. En effet, la portée du capteur 10 augmente avec la puissance lumineuse moyenne du faisceau source 13. En augmentant la puissance

lumineuse source, on s'assure de pouvoir détecter à nouveau l'objet 4 lorsqu'il se rapprochera.

[0096] En pratique, l'autre signal de modulation modifié est de préférence identique au signal de modulation généré avant la détection de l'objet comme étant trop proche. Le profil de la puissance lumineuse source P_s est alors celui représenté sur la figure 4.

Revendications

[Revendication 1]

Capteur de temps de vol (10) comportant :

- un dispositif d'illumination (11) comprenant une source de lumière (12) et adapté à émettre un faisceau source (13) en direction d'une scène (3) comprenant un objet (4) susceptible de réfléchir ledit faisceau source (13) ;
- un détecteur (15) comprenant une matrice (16) de pixels (16A) photosensibles et adapté à recevoir une partie (18) du faisceau source (13) réfléchi par ledit objet (4) de la scène (3) ; et
- une unité électronique (19) configurée pour :
 - générer un signal de modulation et commander ledit dispositif d'illumination (11) au moyen de ce signal de modulation de sorte que le faisceau source (13) émis présente une puissance lumineuse source (P_s) modulée temporellement ;
 - traiter des signaux électriques délivrés en fonction du temps par ledit détecteur (15), chaque signal électrique étant représentatif d'une fraction de la puissance lumineuse source (P_s) réfléchie par l'objet (4) en direction d'un pixel (16A) photosensible associé ; et
 - déduire desdits signaux électriques traités, une distance caractéristique (D_{obj}) entre ledit objet (4) et ledit dispositif d'illumination (11),

ledit capteur de temps de vol (10) étant caractérisé en ce que ladite unité électronique (19) est en outre configurée pour, lorsque ledit objet (4) est détecté comme étant à une distance caractéristique (D_{obj}) inférieure à une distance seuil (D_{min}) prédéterminée :

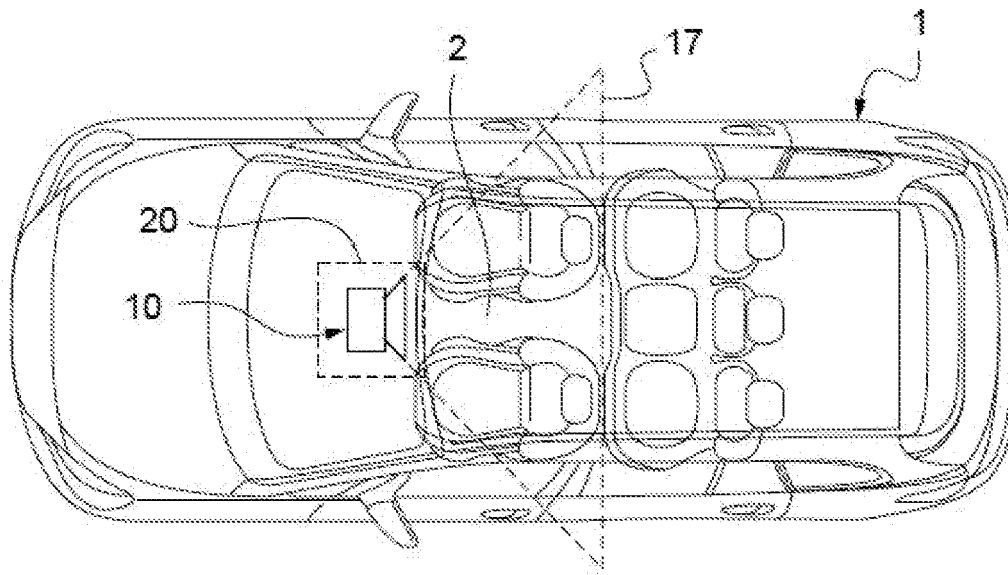
- commander ledit dispositif d'illumination (11) de manière à réduire en moyenne ladite puissance lumineuse source (P_s) en deçà d'une valeur maximale (P_{max}) prédéfinie.

[Revendication 2]

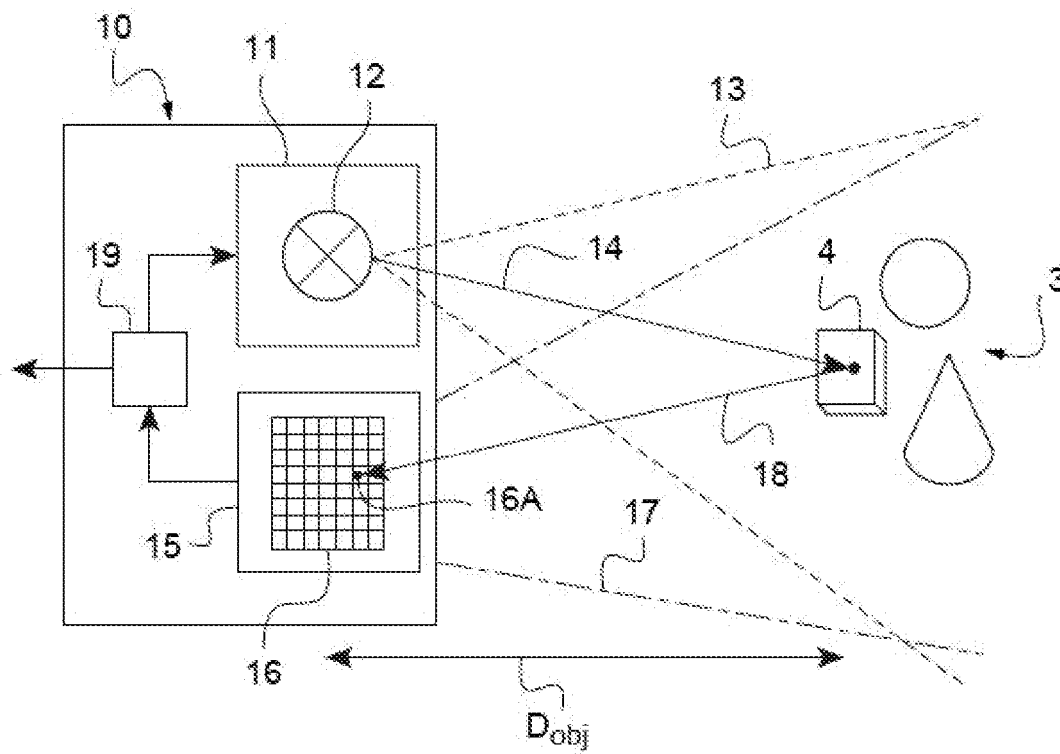
Capteur de temps de vol (10) selon la revendication 1, selon lequel ladite unité électronique (19) est en outre configurée pour générer un signal de modulation modifié pour commander ledit dispositif

- d'illumination (11) au moyen de ce signal de modulation modifié.
- [Revendication 3] Capteur de temps de vol (10) selon la revendication 1 ou 2, dans lequel ladite distance caractéristique (D_{obj}) est égale à la distance minimale entre ledit dispositif d'illumination (11) et un point particulier de l'objet (4) réfléchissant ledit faisceau source (13) en direction d'un pixel (16A) photosensible dudit détecteur (15).
- [Revendication 4] Capteur de temps de vol (10) selon la revendication 2 ou la revendication 3 prise dans la dépendance de la revendication 2, dans lequel, ladite distance seuil (D_{min}) prédéterminée étant inférieure à 30 centimètres, le signal de modulation modifié commande l'extinction de ladite source lumineuse (12).
- [Revendication 5] Capteur de temps de vol (10) selon l'une des revendications 2 à 4, dans lequel, ledit signal de modulation étant tel que ladite puissance lumineuse source (P_s) modulée comprend une succession périodique d'impulsions lumineuses (21), ledit signal de modulation modifié est ajusté de sorte que la puissance lumineuse source (P_s) comprend un nombre réduit d'impulsions lumineuses (21) ou des impulsions lumineuses de largeur plus étroites ou d'intensité plus faible.
- [Revendication 6] Capteur de temps de vol (10) selon l'une des revendications 2 à 5, les revendications 3 à 5 étant prises dans la dépendance de la revendication 2, dans lequel ladite unité électronique (19) est en outre configurée pour, lorsque ledit objet (4) est ensuite détecté comme étant à une autre distance caractéristique (D_{obj}) supérieure à ladite distance seuil (D_{min}) prédéterminée :
- générer un autre signal de modulation modifié ; et
 - commander ledit dispositif d'illumination (11) au moyen de ce signal de modulation modifié de manière à augmenter ladite puissance lumineuse source (P_s) au-delà d'une valeur minimale (P_{min}) prédéfinie.
- [Revendication 7] Système de surveillance (20) destiné à surveiller l'intérieur d'un habitacle (2) d'un véhicule automobile (1) et comprenant un capteur de temps de vol (10) selon l'une des revendications 1 à 6.
- [Revendication 8] Système de surveillance selon la revendication 7, dans lequel la réduction de la puissance lumineuse source (P_s) est en outre conditionnée par la reconnaissance dudit objet (4) comme étant une tête (5) d'un occupant dudit véhicule automobile (1).

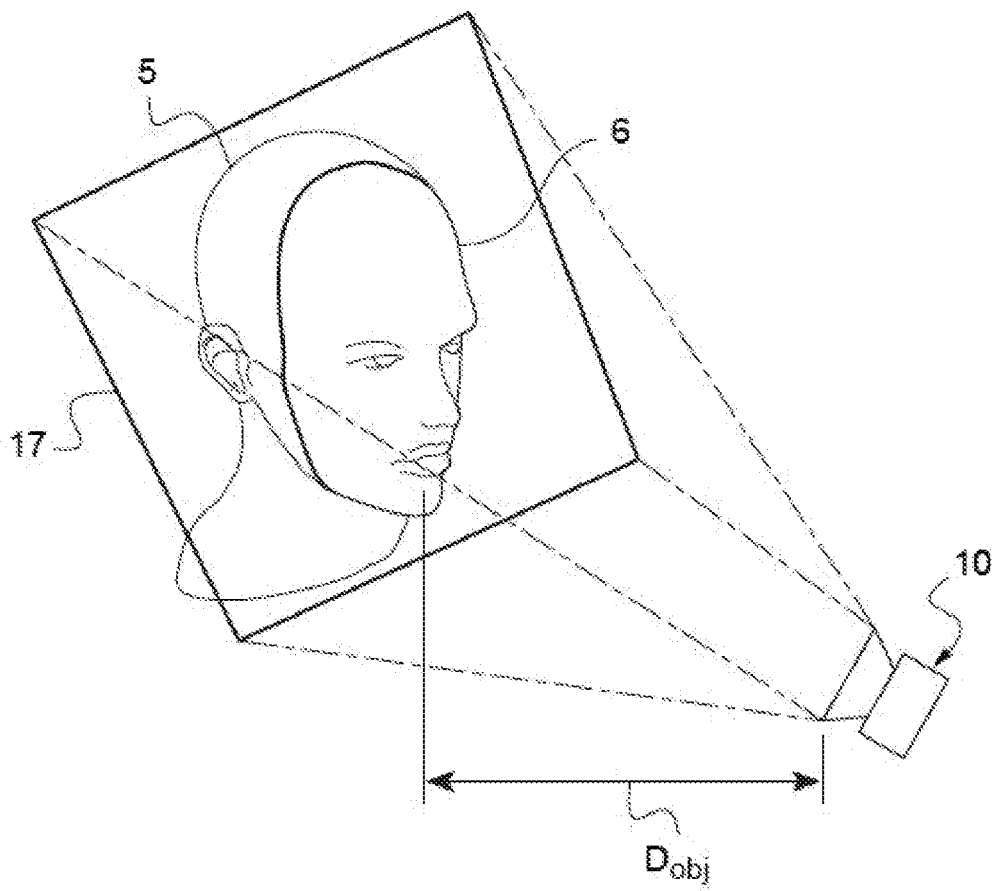
[Fig. 1]



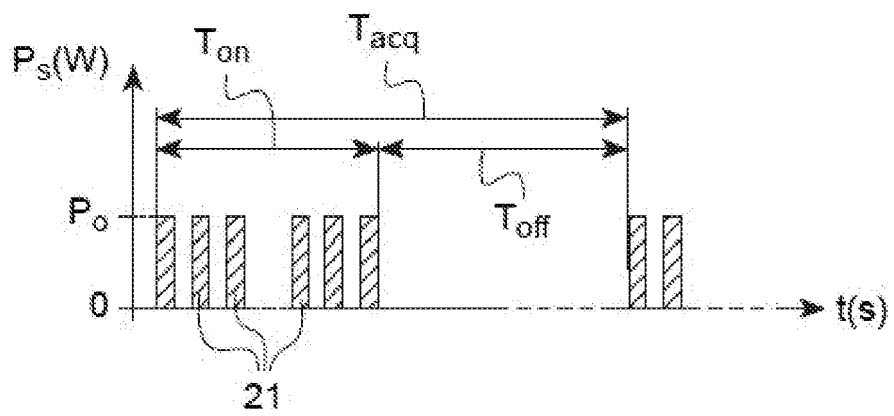
[Fig. 2]



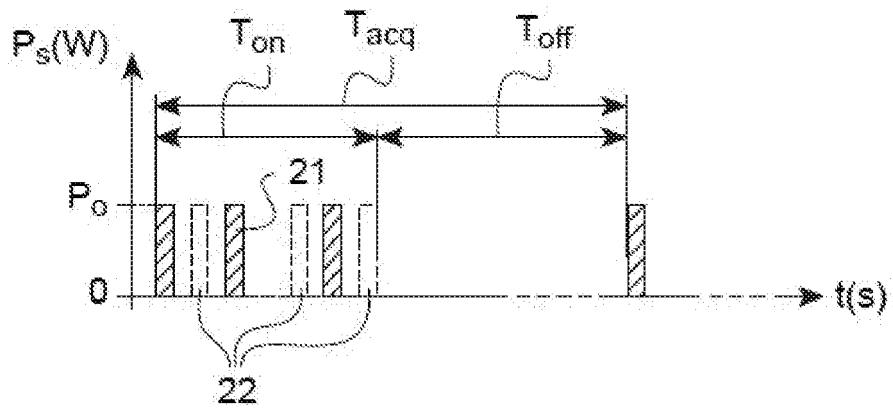
[Fig. 3]



[Fig. 4]



[Fig. 5]



RAPPORT DE RECHERCHE

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

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveau) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.

Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

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

Le demandeur a maintenu les revendications.

Le demandeur a modifié les revendications.

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

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

Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

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

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

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

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

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

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

FR 3 056 304 A1 (VALEO COMFORT & DRIVING
ASSISTANCE) 23 mars 2018 (2018-03-23)

WO 2012/085149 A1 (BOROWSKI ANDRE [CH])
28 juin 2012 (2012-06-28)

US 2009/273770 A1 (BAUHAHN PAUL E [US] ET
AL) 5 novembre 2009 (2009-11-05)

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

NEANT

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

NEANT