



(11) **EP 3 239 644 B1**

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:
19.02.2020 Bulletin 2020/08

(51) Int Cl.:
F41G 3/14 (2006.01) F41G 7/22 (2006.01)
F41G 3/02 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **17167889.9**

(22) Date de dépôt: **25.04.2017**

(54) **PROCÉDÉ ET DISPOSITIF D'AIDE À LA VISÉE POUR LE GUIDAGE LASER D'UN PROJECTILE**

HILFSVERFAHREN UND -VORRICHTUNG ZUM ZIELEN FÜR DIE LASERLENKUNG EINES
PROJEKTILS

AN AIMING-ASSISTANCE METHOD AND DEVICE FOR LASER GUIDANCE OF A PROJECTILE

(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**

(30) Priorité: **29.04.2016 FR 1600721**

(43) Date de publication de la demande:
01.11.2017 Bulletin 2017/44

(73) Titulaire: **Airbus Helicopters
13725 Marignane Cedex (FR)**

(72) Inventeur: **BOOS, Nikolaus
13700 MARIGNANE (FR)**

(74) Mandataire: **GPI & Associés
EuroParc de Pichaury
Bâtiment B2 - 1er Etage
1330, rue Guilibert de la Lauzière
13856 Aix-en-Provence Cedex 3 (FR)**

(56) Documents cités:
**EP-A1- 2 642 238 WO-A1-2016/009440
US-A- 4 143 835 US-A- 6 023 322
US-A- 6 069 656 US-A1- 2009 078 817
US-A1- 2013 087 684**

- **JASON F RALPH ET AL: "Semi-active guidance using event driven tracking", INFORMATION FUSION (FUSION), 2011 PROCEEDINGS OF THE 14TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON, IEEE, 5 juillet 2011 (2011-07-05), pages 1-7, XP032008926, ISBN: 978-1-4577-0267-9**

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).

EP 3 239 644 B1

Description

[0001] La présente invention est du domaine de guidage des projectiles. Elle concerne plus particulièrement le guidage de projectiles à l'aide d'un faisceau laser.

[0002] La présente invention concerne un procédé d'aide à la visée d'une cible ainsi qu'un dispositif d'aide à la visée d'une cible. La présente invention concerne également un procédé de guidage d'un projectile par un faisceau laser utilisant un tel procédé d'aide à la visée ainsi qu'un dispositif de guidage d'un projectile par un faisceau laser équipé d'un tel dispositif d'aide à la visée.

[0003] Le guidage par un faisceau laser est employé notamment par les militaires pour guider un missile ou toute autre projectile sur une cible illuminée au moyen d'un faisceau laser. Cette technique est un autoguidage semi actif par laser désigné par l'acronyme « SALH » désignant en langue anglaise « Semi-Active Laser Homing ». Selon cette technique et tel que décrit dans le document US 4143835, un faisceau laser est maintenu pointé par un opérateur, souvent désigné par le terme « tireur », sur une cible. Des reflets de ce faisceau laser sont alors dispersés dans une multitude de directions par réflexion sur la cible. Un projectile, tel un missile, peut être alors lancé ou lâché en direction de la cible.

[0004] Lorsque le projectile est suffisamment proche de la cible, un dispositif de réception que comporte le projectile reçoit une partie du faisceau laser réfléchi par la cible et détermine alors la source de cette partie du faisceau laser réfléchi, à savoir la cible. La trajectoire du projectile est alors ajustée en direction de cette source. Le projectile, ne possédant aucun moyen autonome de détection de la cible proprement dite, est alors guidé uniquement vers la source par la partie du faisceau laser réfléchi qu'il reçoit.

[0005] Ainsi, tant que le faisceau laser est maintenu pointé sur la cible et que le dispositif de guidage du projectile reçoit une partie du faisceau laser réfléchi, la trajectoire du projectile peut être corrigée afin de guider le projectile exactement sur la cible. L'émission du faisceau laser est donc dissociée du projectile et est effectuée par exemple par un opérateur. Par contre, l'opérateur doit avoir la cible dans son champ de vision afin de pointer le faisceau laser sur elle. Avantageusement, la zone de lancement du projectile est totalement indépendante de la zone d'émission du faisceau laser. Le faisceau laser est émis par un générateur d'un faisceau laser tel qu'un désignateur laser.

[0006] Pour guider avec précision le projectile vers la cible, la qualité du faisceau laser illuminant la cible est essentielle et repose principalement sur le pourcentage du faisceau laser atteignant réellement la cible. Un faisceau laser utilisé pour le guidage d'un projectile est généralement constitué par une succession d'impulsions émises à intervalles de temps réguliers ou bien irréguliers, mais dans tous les cas connus pour être identifiables par le moyen de réception du projectile.

[0007] En conséquence, toutes les impulsions du fais-

ceau laser ne pointant pas la cible guideront le projectile en dehors de la cible alors que toutes les impulsions du faisceau laser pointant sur la cible guideront le projectile exactement sur la cible.

[0008] Un faisceau laser utilisé pour le guidage d'un projectile peut également être un faisceau laser continu.

[0009] La procédure de visée commence toujours par un balayage de l'environnement visible par l'opérateur à la recherche de cibles, puis par l'arrêt du balayage pour se focaliser sur une cible. Dès lors, l'opérateur doit pointer en permanence le faisceau laser sur la cible afin de guider le projectile jusqu'à elle.

[0010] Toutefois, il peut être difficile de pointer précisément sur une cible en permanence, en particulier lorsque cette cible est mobile vis-à-vis de l'opérateur. En effet, la cible peut être un véhicule en mouvement, par exemple une automobile ou un aéronef. L'opérateur peut également être en mouvement, étant par exemple embarqué à bord d'un véhicule roulant ou bien d'un aéronef.

[0011] De plus, l'opérateur n'a pas de retour visuel direct sur le point de l'environnement qui est réellement illuminé par le faisceau laser. En effet, le reflet du laser sur la cible n'est généralement pas visible par l'opérateur. L'opérateur ne peut ainsi se fier qu'à sa visée, effectuée par exemple à travers un réticule de visée d'une lunette de visée pour un désignateur laser portatif ou bien par l'intermédiaire d'un moyen de visualisation intégré à un casque pour un désignateur laser embarqué dans un véhicule. En conséquence, un décalage entre le réticule de visée et le faisceau laser proprement dit peut exister et provoquer une erreur de visée qui passe inaperçue pour l'opérateur. Seul l'impact du projectile informe l'opérateur sur la précision de la visée initiale et l'erreur éventuelle de visée. Dans ce dernier cas où le projectile a raté la cible, l'opérateur peut éventuellement corriger sa visée en fonction de la position du point d'impact du projectile par rapport à la cible, mais uniquement après un premier échec.

[0012] Par ailleurs, on rappelle qu'un faisceau laser est un faisceau lumineux particulier composé d'une lumière cohérente et concentrée. Le terme « laser » est un acronyme désignant en langue anglaise « Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation » et signifiant « amplification de la lumière par émission stimulée de radiation ». En outre, on entend par « faisceau lumineux », un faisceau généralement composé de lumières visibles par l'œil humain. Toutefois et par extension, on peut également désigner par « faisceau lumineux », un faisceau composé d'ondes électromagnétiques non visibles, par exemple situées dans les domaines infrarouge et ultraviolet. Un faisceau laser peut donc être un faisceau lumineux situé aussi bien dans le domaine visible par l'œil humain que dans le domaine non visible.

[0013] En outre, un dispositif de correction de la trajectoire de projectiles est décrit dans le document FR 2719659. Ce dispositif de correction émet un faisceau de guidage des projectiles dirigé vers une cible. Ce fais-

ceau de guidage est divisé en au moins cinq faisceaux partiels, un faisceau partiel central dirigé effectivement sur la cible et au moins quatre faisceaux partiels inclinés vis-à-vis du faisceau partiel central. Les projectiles illuminés par un faisceau partiel incliné ne se dirigent donc pas vers la cible et voient leurs trajectoires corrigées en conséquence.

[0014] Par ailleurs, on connaît les documents US 2009/078817 et EP 2642238 qui décrivent un système de guidage pour un missile ou toute autre projectile sur une cible illuminée au moyen d'un faisceau laser.

[0015] En particulier, le document US 2009/078817 décrit un système de guidage de projectiles visant à réduire le nombre de pulsations du faisceau de guidage afin de réduire l'énergie totale envoyée vers la cible. Ce dispositif nécessite une communication entre le projectile et le générateur du faisceau de guidage afin de synchroniser la réception du faisceau de guidage réfléchi et l'émission de ce faisceau de guidage.

[0016] On connaît aussi le document US 6069656 qui décrit une méthode et un dispositif de stabilisation d'images destinés à un système de guidage laser d'un projectile. Cette méthode permet notamment la possibilité d'afficher la scène totale captée par une caméra ou bien uniquement une partie de cette scène correspondant à un mode zoom. De plus, cette méthode permet l'affichage d'un seul point de contact du faisceau de guidage, la distance entre un réticule situé sur la cible et ce point de contact étant utilisée pour corriger le faisceau de guidage.

[0017] Enfin, on connaît les documents US 2013/087684, WO 2016/009440 et US 6023322 qui décrivent un système et/ou une méthode d'analyse des critères de qualité d'un faisceau de guidage d'un système de désignation laser d'une cible.

[0018] Selon le document US 2013/087684, un moyen de capture d'image permet l'analyse du faisceau de guidage par l'intermédiaire des points de contact de ce faisceau de guidage sur la cible.

[0019] Selon le document WO 2016/009440, un moyen de capture de radiation permet l'analyse du faisceau de guidage réfléchi par la cible, en particulier, le temps d'arrivée de ce faisceau de guidage réfléchi par la cible sur le capteur, son angle d'arrivée et/ou sa position d'arrivée sur le capteur.

[0020] Le document US 6023322 permet de déterminer le rapport entre le nombre de points de contact de ce faisceau de guidage réfléchi par la cible et le nombre de pulsations de ce faisceau de guidage émis permettant par exemple de trouver la meilleure zone de la cible à viser avec le faisceau de guidage.

[0021] Dans ce cadre, la présente invention a pour objectif de permettre une visée fiable et précise d'un faisceau de guidage sur une cible. La présente invention permet la fourniture à l'opérateur d'un retour d'informations sur la zone réellement visée par l'intermédiaire d'une image de l'environnement et de la cible. La présente invention utilise notamment un nouveau type de

caméras permettant la création d'une image sélective de la cible dans l'environnement.

[0022] La présente invention a alors pour objet un procédé d'aide à la visée d'une cible ainsi qu'un dispositif d'aide à la visée d'une cible permettant de s'affranchir des limitations mentionnées ci-dessus afin d'améliorer la qualité et la précision de la visée de la cible par l'intermédiaire d'un faisceau de guidage. La présente invention concerne également un procédé de guidage d'un projectile par un faisceau de guidage utilisant un tel procédé d'aide à la visée ainsi qu'un dispositif de guidage d'un projectile par un faisceau de guidage équipé d'un tel dispositif d'aide à la visée.

[0023] Selon l'invention, un procédé d'aide à la visée d'une cible comporte les étapes suivantes :

- une première étape de balayage complet d'un environnement à l'aide d'une caméra,
- une deuxième étape d'affichage d'une image complète de l'environnement,
- une troisième étape d'identification et de sélection d'une cible sur l'image complète de l'environnement,
- une quatrième étape de pointage de la cible par un opérateur par l'intermédiaire d'un faisceau de guidage,
- une cinquième étape d'affichage d'une image complète de l'environnement et du point de contact du faisceau de guidage dans l'environnement,
- une sixième étape de pointage par l'opérateur par l'intermédiaire d'un faisceau de guidage de la cible,
- une septième étape de balayage sélectif de la cible et du point de contact du faisceau de guidage dans l'environnement à l'aide de la caméra, et
- une huitième étape d'affichage d'une image sélective de la cible et d'au moins un point de contact du faisceau de guidage dans l'environnement.

[0024] Ce procédé selon l'invention est notamment destiné aux procédés de guidage d'un projectile par un faisceau de guidage vers une cible. Le faisceau de guidage est émis par un générateur d'un faisceau de guidage. Le faisceau de guidage peut être un faisceau lumineux visible ou non visible par l'œil humain selon la ou les longueurs d'ondes composant ce faisceau lumineux. Le faisceau de guidage est de préférence un faisceau laser. Ce faisceau laser est par exemple émis par un générateur d'un faisceau laser de type connu tel un désignateur laser dédié à la visée d'une cible.

[0025] En outre, le faisceau de guidage peut être un faisceau continu ou bien être formé par une succession d'impulsions sur des intervalles réguliers. Dans ce dernier cas, le faisceau de guidage est notamment défini par des caractéristiques temporelles qui sont la fréquence et la durée de ces impulsions.

[0026] Le générateur d'un faisceau de guidage peut être portatif et utilisé directement par un opérateur. Le générateur d'un faisceau de guidage peut également être embarqué dans un véhicule.

[0027] De plus, le générateur d'un faisceau de guidage peut être lié au dispositif de lancement du projectile, le générateur d'un faisceau de guidage et le dispositif de lancement du projectile étant par exemple portés par le même véhicule. On parle alors de « désignation autonome » ou bien de « autonomous designation » en langue anglaise.

[0028] Le générateur d'un faisceau de guidage peut également être porté par une tiers partie, par exemple par un tireur au sol, et alors isolé du dispositif de lancement du projectile, porté par exemple par un véhicule. On parle alors de « désignation externe » ou bien de « remote designation » en langue anglaise.

[0029] Ce procédé utilise également une caméra afin d'enregistrer l'environnement et la cible ainsi qu'un moyen de visualisation pour afficher notamment les images enregistrées par la caméra. Le moyen de visualisation peut être intégré à une lunette de visée d'un générateur d'un faisceau de guidage portatif ou bien à un casque pour un générateur de faisceau de guidage embarqué dans un véhicule. Le moyen de visualisation peut également être un écran déporté vis-à-vis du générateur d'un faisceau de guidage.

[0030] De même, la caméra peut être liée au générateur d'un faisceau de guidage ou bien isolé de ce générateur d'un faisceau de guidage. Par exemple, le générateur d'un faisceau de guidage est porté par un opérateur situé au sol alors que la caméra est portée par un véhicule, le véhicule pouvant éventuellement porter également le dispositif de lancement du projectile.

[0031] La caméra utilisée par le procédé selon l'invention est de préférence un nouveau de type de caméras connues sous l'expression anglaise « bio-inspired camera » ou « event based ». Ces caméras se caractérisent par une très grande dynamique radiométrique, par exemple la capacité de voir des objets clairs et sombres à la fois, et par une très grande résolution temporelle, de l'ordre de la microseconde. De par leur principe, ces caméras permettent donc pour chaque pixel de mesurer un changement de la radiométrie avec une haute précision temporelle. Une détection de changement dans la scène, par exemple par la présence d'une impulsion d'un faisceau de guidage ou un objet en mouvement, se fait donc naturellement. On entend par « radiométrie d'un objet » la mesure de la grandeur énergétique relative aux rayonnements émis par cet objet ou bien des propriétés dérivées telles que le flux ou l'intensité de ces rayonnements.

[0032] Ainsi, des objets particuliers pour lesquels un changement de leur radiométrie respective est détecté peuvent être isolés dans l'environnement. De la sorte, une telle caméra n'enregistre pas obligatoirement une image complète de l'environnement comme le fait une caméra traditionnelle, mais une image de l'environnement ne comportant qu'un ou plusieurs objets particuliers, pour lesquels un changement de leur radiométrie est détecté, et en particulier une ou plusieurs cibles choisies.

[0033] Une procédure de visée commence toujours par un balayage de l'environnement visible à la recherche de cibles, puis par l'arrêt du balayage pour se focaliser sur une cible.

[0034] La première étape du procédé selon l'invention consiste donc en un balayage complet d'un environnement à l'aide de la caméra. Une image complète de cet environnement est donc enregistrée. Cette image complète de cet environnement est ensuite affichée lors de la deuxième étape sur le moyen de visualisation afin que soit identifiée et sélectionnée une cible sur cette image complète de l'environnement au cours de la troisième étape.

[0035] Cette identification et cette sélection sont faites par un opérateur qui est par exemple l'opérateur en charge de la visée de la cible avec le faisceau de guidage. L'opérateur identifie la cible sur l'image complète de l'environnement et la sélectionne alors.

[0036] Cette sélection peut être faite par l'opérateur qui vise la cible par l'intermédiaire du générateur d'un faisceau de guidage, mais sans émettre de faisceau de guidage. L'opérateur utilise alors la lunette de visée de ce générateur d'un faisceau de guidage et lorsqu'il vise la cible, il actionne un moyen de sélection tel un bouton poussoir ou un interrupteur pour sélectionner la cible visée. L'opérateur utilise généralement le réticule de visée présent dans la lunette de visée du générateur d'un faisceau de guidage pour viser la cible.

[0037] Cette sélection peut également être faite directement sur le moyen de visualisation en déplaçant le réticule de visée sur la cible, puis en actionnant le moyen de sélection. Le déplacement du réticule peut être effectué par une souris ou bien directement sur le moyen de visualisation qui est alors un écran tactile, le moyen de sélection de la cible étant également cette souris ou cet écran tactile.

[0038] La cible peut également être identifiée par ses coordonnées, par exemple selon un système de localisation par satellites, l'opérateur la sélectionnant ensuite par l'intermédiaire du moyen de sélection pour confirmer que les coordonnées correspondent bien à la cible.

[0039] Dans tous les cas, la sélection de la cible peut être automatique lorsque l'opérateur vise une cible immobile ou bien lorsque le réticule de visée est maintenu immobile pendant une première durée prédéterminée. Cette première durée prédéterminée est par exemple de 3 secondes (3s).

[0040] Cette sélection automatique est également possible pour une cible en mouvement, en utilisant notamment un système de traitement d'images, désigné par exemple en langue anglaise par l'expression « moving target indicators », alignant le réticule sur la cible mobile identifiée.

[0041] Ensuite, l'opérateur pointe le faisceau de guidage sur la cible lors de la quatrième étape afin de guider le projectile jusqu'à la cible. L'opérateur utilise généralement le réticule de visée présent dans une lunette de visée du générateur d'un faisceau de guidage pour viser

la cible ou bien directement sur le moyen de visualisation en positionnant le réticule de visée sur la cible. De plus, l'opérateur doit en fait pointer en permanence le faisceau de guidage sur la cible par l'intermédiaire du générateur d'un faisceau de guidage jusqu'à ce que le projectile impacte la cible. En effet, si l'opérateur pointe le faisceau de guidage sur un autre objet hors de la cible, le projectile se dirigera alors vers cet autre objet. De même, si l'opérateur arrête le générateur d'un faisceau de guidage et si aucun faisceau de guidage n'est émis, le projectile ne saura pas où se diriger.

[0042] Par ailleurs, la première étape et la deuxième étape se répètent de préférence tant que l'opérateur n'a pas pointé le faisceau de guidage sur la cible afin de mettre à jour l'affichage complet de l'environnement.

[0043] En outre, l'opérateur ne voit généralement pas le point de contact du faisceau de guidage sur la cible, le faisceau de guidage pouvant être visible ou non visible par l'œil humain. De fait, l'opérateur ne peut pas vérifier si le faisceau illumine réellement la cible visée.

[0044] Toutefois, le faisceau de guidage et son reflet sur la cible sont avantageusement toujours visibles par la caméra. Par suite, les points de contact du faisceau de guidage dans l'environnement et en particulier sur la cible sont toujours visibles et enregistrables par la caméra.

[0045] Il est à noter que d'autres dispositifs faisant leur apparition aujourd'hui permettent d'enregistrer des points de contact du faisceau de guidage dans l'environnement. Il existe par exemple un capteur dont la désignation en langue anglaise est « see spot ». Toutefois, ces dispositifs ont une faible fréquence d'enregistrement et ne peuvent alors pas enregistrer les points de contact du faisceau de guidage dans l'environnement s'ils sont trop proches dans le temps les uns des autres et sous réserve qu'ils tombent dans la fenêtre temporelle où ces dispositifs enregistrent une image.

[0046] Le procédé selon l'invention comporte alors avantageusement une cinquième étape au cours de laquelle l'image complète de cet environnement est affichée sur le moyen de visualisation avec le point de contact du faisceau de guidage dans l'environnement.

[0047] L'opérateur peut alors visualiser le point de contact du faisceau de guidage sur l'image de l'environnement et vérifier que ce point de contact se situe bien sur la cible. De la sorte, si ce point de contact ne se situe pas sur la cible, l'opérateur peut alors corriger la visée. En effet, un décalage entre le réticule de visée et le faisceau de guidage proprement dit peut exister suite à des imprécisions du système et provoquer un décalage entre la direction de visée et la direction du faisceau de guidage et, par suite, une erreur de visée.

[0048] Ensuite, au cours de la sixième étape, l'opérateur pointe de nouveau la cible avec le faisceau de guidage. L'opérateur peut au cours de cette sixième étape éventuellement corriger la visée en fonction de la position du point de contact du faisceau de guidage sur l'environnement vis-à-vis de la cible sur l'image affichée lors de

l'étape précédente.

[0049] La cible étant identifiée, la caméra utilisée par le procédé permet avantageusement d'effectuer lors de la septième étape un balayage sélectif de la cible et du point de contact du faisceau de guidage dans l'environnement. En effet, comme évoqué précédemment, la caméra utilisée par le procédé selon l'invention permet de n'enregistrer qu'une partie de l'environnement pour laquelle un changement de la radiométrie est détecté. Ainsi, cette caméra peut enregistrer spécifiquement la cible sélectionnée lors de la troisième étape et impactée par le faisceau de guidage ainsi que le point de contact de ce faisceau de guidage. D'autres objets de l'environnement pourront également être enregistrés en fonction du changement de leur radiométrie respective. Toutefois, le nombre des objets enregistrés lors de la septième étape et ensuite affichés lors de la huitième étape est nettement réduit vis-à-vis de l'enregistrement et de l'affichage d'une image complète de l'environnement, respectivement aux première et deuxième étapes.

[0050] Enfin, lors de la huitième étape, une image sélective de la cible et d'au moins un point de contact du faisceau de guidage dans l'environnement est affichée. L'opérateur peut là encore visualiser le point de contact du faisceau de guidage sur l'image sélective de l'environnement et vérifier que ce point de contact se situe toujours bien sur la cible. Avantageusement, cette image sélective est simplifiée et affiche principalement la cible, le point de contact du faisceau de guidage sur l'environnement et éventuellement d'autres objets dont la radiométrie change. Cet affichage sélectif permet avantageusement une analyse plus rapide de la part de l'opérateur qui voit immédiatement la position du point de contact du faisceau de guidage sur l'environnement vis-à-vis de la cible.

[0051] Les sixième, septième et huitième étapes se répètent ensuite jusqu'à l'impact du projectile, ces étapes étant réalisées de façon continue.

[0052] Ainsi, pour la sixième étape de pointage, l'opérateur utilise une première fois l'image complète affichée lors de la cinquième étape pour corriger éventuellement la visée de la cible et utilise ensuite les images sélectives affichées successivement lors de la huitième étape.

[0053] Le procédé d'aide à la visée selon l'invention permet avantageusement de fournir à l'opérateur en temps réel et pendant son opération de visée un retour d'informations sur les positions de la cible et des points de contact du faisceau de guidage sur l'environnement grâce à l'affichage de l'image complète puis des images sélectives de l'environnement. Cet affichage de l'image sélective permet ainsi d'améliorer la précision de visée, l'opérateur pouvant corriger immédiatement, en temps réel et de façon continue un écart de la position du point de contact du faisceau de guidage sur l'environnement vis-à-vis de la cible.

[0054] Par ailleurs, afin de faciliter l'identification de la cible sur l'image affichée, qu'il s'agisse d'une image complète de l'environnement ou bien d'une image sélective

de la cible et d'au moins un point de contact du faisceau de guidage dans l'environnement, le réticule de visée peut être affiché sur la cible. Ce réticule de visée peut ainsi être affiché au cours des deuxième, cinquième et huitième étapes d'affichage du procédé d'aide à la visée selon l'invention.

[0055] En outre, le procédé d'aide à la visée selon l'invention peut comporter, après la huitième étape, des étapes supplémentaires permettant de quantifier la précision de la visée de la cible. En effet, l'image affichée lors de la deuxième, cinquième et huitième étape comportant notamment la cible et le point de contact du faisceau de guidage dans l'environnement, il est possible en analysant chaque image successivement affichée de déterminer un premier nombre de points de contact du faisceau de guidage touchant la cible et un second nombre de points de contact du faisceau de guidage ne touchant pas la cible depuis que la cible a été sélectionnée lors de la troisième étape.

[0056] Le procédé d'aide à la visée selon l'invention peut ainsi comporter une neuvième étape de calcul du premier nombre des points de contact du faisceau de guidage touchant la cible, et du second nombre de points de contact du faisceau de guidage ne touchant pas la cible depuis que la cible a été sélectionnée lors de la troisième étape. De plus, le pourcentage des points de contact du faisceau de guidage touchant réellement la cible parmi la totalité des points de contact du faisceau de guidage dans l'environnement peut éventuellement être calculé au cours de cette neuvième étape.

[0057] Ensuite, au cours d'une dixième étape d'affichage, une information relative à la précision des points de contact du faisceau de guidage touchant la cible est affichée sur le moyen de visualisation.

[0058] Cette information de la précision des points de contact du faisceau de guidage touchant la cible peut être ce premier nombre et ce second nombre ou bien le pourcentage des points de contact du faisceau de guidage touchant réellement la cible parmi la totalité des points de contact du faisceau de guidage dans l'environnement.

[0059] En outre, au cours de la huitième étape, les points de contact du faisceau de guidage dans l'environnement peuvent être enregistrés pendant une deuxième durée prédéterminée, puis être affichés avec l'image sélective de la cible. L'opérateur peut ainsi visualiser les positions successives des points de contact sur cette deuxième durée prédéterminée et constater ainsi une éventuelle dérive dans la précision de sa visée ou bien une amélioration de cette visée.

[0060] Dès lors, au cours de cette huitième étape, l'image sélective de la cible et le point de contact courant du faisceau de guidage dans l'environnement peuvent être affichés simultanément avec au moins un des points de contact précédemment affichés.

[0061] On entend par « point de contact courant » du faisceau de guidage le point de contact du faisceau de guidage capté par la caméra lors de la septième étape

de balayage sélectif précédent immédiatement cette huitième étape. On entend par « point de contact précédemment affiché » le point de contact affiché lors de la cinquième étape d'affichage d'une image complète de l'environnement et du point de contact du faisceau de guidage dans l'environnement ainsi que tout point de contact affiché lors d'éventuelles précédentes huitièmes étapes d'affichage. Les points de contact précédemment affichés sont par exemple constitués en partie par les points de contact enregistrés pendant la deuxième durée prédéterminée.

[0062] De même, la neuvième étape peut également se dérouler sur la deuxième durée prédéterminée. De la sorte, l'information de la précision affichée au cours de la dixième étape est déterminée sur cette deuxième durée déterminée.

[0063] De plus, le procédé d'aide à la visée selon l'invention peut comporter une autre étape supplémentaire se déroulant après la quatrième étape, c'est-à-dire après le pointage du faisceau de guidage sur la cible, et parallèlement aux étapes suivantes, à savoir de la cinquième étape à la huitième étape. Cette étape supplémentaire permet l'identification du faisceau de guidage visant la cible. En effet, les points de contact du faisceau de guidage dans l'environnement sont toujours visibles et enregistrables par la caméra. De fait, il est possible en analysant ces points de contact de déterminer d'une part si le faisceau de guidage est continu ou bien constitué par une succession d'impulsions et d'autre part des caractéristiques temporelles de ce faisceau de guidage. Ensuite, les caractéristiques temporelles du faisceau de guidage utilisé pour viser la cible sont connues et constituent le code du faisceau de guidage. Il est alors avantageusement possible de vérifier que ces caractéristiques temporelles du faisceau de guidage visible sur la cible correspondent bien au code du faisceau de guidage attendu et de déterminer ainsi que le faisceau de guidage visible sur la cible par la caméra est bien le faisceau de guidage attendu.

[0064] Le procédé d'aide à la visée selon l'invention peut ainsi comporter une onzième étape d'analyse et d'identification du faisceau de guidage, les points de contact du faisceau de guidage dans l'environnement étant analysés afin de déterminer les caractéristiques temporelles du faisceau de guidage et identifier ainsi le code faisceau de guidage visible sur la cible.

[0065] Pour un faisceau de guidage constitué par une succession d'impulsions, les caractéristiques temporelles du faisceau de guidage sont la fréquence et la durée de ces impulsions. Par contre, un faisceau de guidage continu ne comporte pas d'impulsions et aucune fréquence ne peut être déterminée. Les caractéristiques temporelles d'un tel faisceau continu sont de fait l'absence d'impulsions et de fréquence.

[0066] Il est à noter que les dispositifs existants permettant d'enregistrer des points de contact du faisceau de guidage dans l'environnement, tels qu'un dispositif « see spot », sont incapables d'analyser ces points de

contact afin de déterminer les caractéristiques temporelles du faisceau de guidage.

[0067] Les points de contact du faisceau de guidage dans l'environnement peuvent être enregistrés depuis le pointage de la cible par le faisceau de guidage lors de la quatrième étape ou bien sur une troisième durée prédéterminée. Cette troisième durée prédéterminée peut être égale à la deuxième durée prédéterminée.

[0068] De tels enregistrements des points de contact du faisceau de guidage dans l'environnement peuvent notamment être utiles pour une analyse postérieure au tir du projectile, par exemple en cas d'erreur de cible, et notamment de tir fratricide.

[0069] Enfin, le procédé d'aide à la visée d'une cible selon l'invention peut comporter entre la quatrième étape de pointage de la cible et la cinquième étape d'affichage, une étape intermédiaire de balayage complet de l'environnement à l'aide de la caméra. Cette étape intermédiaire consiste donc en un nouveau balayage complet de l'environnement afin de mettre à jour l'affichage de la cible et de l'environnement avant l'affichage complet de cet environnement lors de la cinquième étape. Cette étape intermédiaire permet notamment de prendre en compte un éventuel déplacement des objets de l'environnement et en particulier de la cible.

[0070] Le procédé d'aide à la visée d'une cible selon l'invention permet avantageusement, lors des cinquième et huitième étapes, de visualiser le comportement spatial du faisceau de guidage dans l'environnement et de vérifier ainsi l'efficacité de la visée.

[0071] De plus, ce procédé permet, lors des neuvième et dixième étapes, de quantifier ce comportement spatial du faisceau de guidage en fournissant l'information de précision.

[0072] En outre, ce procédé permet, lors de la onzième étape, de quantifier le comportement temporel du faisceau de guidage et d'identifier le code du faisceau de guidage afin de s'assurer que ce faisceau de guidage est bien celui attendu.

[0073] La présente invention a également pour objet un procédé de guidage d'un projectile par un faisceau de guidage comportant :

- une étape d'illumination d'une cible par un faisceau de guidage,
- une étape d'accrochage du projectile sur la cible,
- une étape de lancement d'un projectile, et
- une étape de guidage du projectile vers la cible.

[0074] Le faisceau de guidage est de préférence un faisceau laser. Le procédé d'aide à la visée précédemment décrit est alors appliqué à l'étape d'illumination afin d'améliorer la précision de cette d'illumination de la cible et, en conséquence, d'améliorer la précision du lancement d'un projectile sur la cible.

[0075] L'étape d'accrochage du projectile sur la cible peut alors être réalisée en fonction de l'information de la précision des points de contact du faisceau de guidage

touchant la cible et/ou des caractéristiques temporelles du faisceau de guidage impactant la cible. La réalisation de cette étape d'accrochage peut être effectuée de façon manuelle par l'opérateur.

5 **[0076]** Cette réalisation peut également être faite de façon automatique si l'information de la précision des points de contact du faisceau de guidage touchant la cible est supérieure ou égale à un seuil prédéterminé et/ou si les caractéristiques temporelles du faisceau de guidage impactant la cible correspondent au code du faisceau de guidage attendu.

10 **[0077]** En outre, l'étape de lancement du projectile peut être annulée en fonction de cette information de la précision des points de contact du faisceau de guidage touchant la cible. Cette annulation peut être effectuée de façon manuelle par l'opérateur. Cette annulation peut également être effectuée si l'opérateur constate sur l'affichage de l'image sélective au cours de la huitième étape un événement imprévu, par exemple un véhicule s'ap-
20 prochant de la cible, ce véhicule ne devant pas être impacté par le projectile.

25 **[0078]** Cette annulation peut également être faite de façon automatique si l'information de la précision des points de contact du faisceau de guidage touchant la cible est inférieure au seuil prédéterminé et/ou si les caractéristiques temporelles du faisceau de guidage impactant la cible ne correspondent pas au code du faisceau de guidage attendu.

30 **[0079]** Ainsi, si la précision des points de contact vis-à-vis de la cible sélectionnée est suffisante, l'accrochage et/ou le tir du projectile est réalisé. Dans le cas contraire, la probabilité que le projectile atteigne la cible est trop faible et l'accrochage et/ou le tir du projectile n'est pas réalisé.

35 **[0080]** Par ailleurs, l'étape de lancement du projectile peut être effectuée avant l'étape d'accrochage du projectile sur la cible.

[0081] La présente invention a aussi pour objet un dispositif d'aide à la visée d'une cible comportant une caméra, un moyen de visualisation, un calculateur et un moyen de sélection.

40 **[0082]** La caméra permet d'enregistrer spécifiquement les informations sur des objets particuliers de l'environnement enregistré, la cible étant un objet particulier de l'environnement. Les objets particuliers sont isolés par cette caméra selon un changement de leur radiométrie respective par exemple suite à un mouvement des objets particuliers.

45 **[0083]** Par ailleurs, le calculateur de ce dispositif d'aide à la visée d'une cible peut être configuré afin notamment d'analyser chaque image successivement affichée sur le moyen de visualisation et de déterminer un premier nombre de points de contact du faisceau de guidage touchant la cible et un second nombre de points de contact du faisceau de guidage ne touchant pas la cible. Ce calculateur permet également de déterminer le pourcentage de ces points de contact du faisceau de guidage touchant réellement la cible parmi la totalité des points de contact

du faisceau de guidage dans l'environnement.

[0084] Le calculateur peut également être configuré afin d'analyser l'environnement vu par la caméra et en particulier les points de contact du faisceau de guidage dans cet environnement afin de déterminer des caractéristiques temporelles du faisceau de guidage et, par suite, d'identifier le code du faisceau de guidage.

[0085] Le dispositif d'aide à la visée d'une cible peut ainsi mettre en œuvre le procédé d'aide à la visée d'une cible précédemment décrit afin d'améliorer la précision de la visée de la cible.

[0086] Enfin, la présente invention a aussi pour objet un système de guidage d'un projectile par un faisceau de guidage comportant un générateur d'un faisceau de guidage, un dispositif d'aide à la visée tel que précédemment décrit et un projectile muni d'un dispositif de réception.

[0087] Le dispositif d'aide à la visée est configuré afin d'améliorer la précision de l'illumination de la cible de sorte que la précision du tir de projectile sur la cible soit améliorée. Le générateur d'un faisceau de guidage est de préférence un générateur d'un faisceau laser.

[0088] Ce système de guidage d'un projectile par un faisceau de guidage peut ainsi mettre en œuvre le procédé de guidage d'un projectile par un faisceau de guidage précédemment décrit.

[0089] L'invention et ses avantages apparaîtront avec plus de détails dans le cadre de la description qui suit avec des exemples de réalisation donnés à titre illustratif en référence aux figures annexées qui représentent :

- la figure 1, un système de guidage d'un projectile par un faisceau de guidage selon l'invention,
- la figure 2, un schéma synoptique d'un procédé d'aide à la visée d'une cible,
- les figures 3 et 4, une image complète de l'environnement affichée sur le moyen de visualisation, et
- les figures 5 à 7, une image sélective de l'environnement affichée sur le moyen de visualisation.

[0090] Les éléments présents dans plusieurs figures distinctes sont affectés d'une seule et même référence.

[0091] La figure 1 représente un système de guidage 20 d'un projectile 10 par un faisceau de guidage comportant un générateur 6 d'un faisceau de guidage 9, un projectile 10 muni d'un dispositif de réception 11 et un dispositif 1 d'aide à la visée. Ce système de guidage 20 d'un projectile 10 par un faisceau de guidage assure le guidage du projectile 10, un missile par exemple, vers une cible 5. Le générateur 6 d'un faisceau de guidage 9 peut être utilisé par un opérateur pour viser une cible 5 avec le faisceau de guidage 9, l'opérateur étant situé sur le terrain et fixe. Le générateur 6 d'un faisceau de guidage 9 comporte alors généralement une lunette de visée 61 permettant de réaliser la visée de la cible 5. Le générateur 6 d'un faisceau de guidage 9 peut aussi être embarqué dans un véhicule tel un aéronef et utilisé alors aussi bien lorsque le véhicule se déplace ou bien est à

l'arrêt. Ce faisceau de guidage 9 est par exemple un faisceau laser constitué d'impulsions successives.

[0092] La cible 5 est tout d'abord illuminée par le faisceau de guidage 9 émis par le générateur 6 d'un faisceau de guidage 9 et des reflets de ce faisceau de guidage 9 sont alors dispersés dans une multitude de directions par réflexion sur la cible 5. Le faisceau de guidage 9 peut être visible ou non visible par l'œil humain selon la ou les longueurs d'ondes composant ce faisceau de guidage 9.

[0093] Parallèlement ou bien suite à cette illumination de la cible 5, le projectile 10 est lancé en direction de la cible 5. Le projectile 10 comporte un dispositif de réception 11 qui reçoit, lorsqu'il se rapproche de la cible 5, une partie du faisceau de guidage 9 réfléchi par la cible 5 et détermine alors la source de cette partie du faisceau de guidage 9 réfléchi. Le projectile 10 est enfin guidé et dirigé vers cette source, à savoir la cible 5, tant que le faisceau de guidage 9 pointe sur la cible 5 et l'illumine.

[0094] Le dispositif 1 d'aide à la visée d'une cible 5 comporte une caméra 2, un moyen de visualisation 3, un calculateur 4 et un moyen de sélection 7. Le moyen de visualisation 3 est un écran. Le dispositif 1 d'aide à la visée d'une cible 5 est configuré afin d'améliorer la précision de la visée de la cible 5 en mettant en œuvre un procédé d'aide à la visée d'une cible dont un schéma synoptique est représenté sur la figure 2 et qui comporte les étapes suivantes.

[0095] Au cours d'une première étape de balayage 101, un balayage complet d'un environnement est exécuté à l'aide de la caméra 2.

[0096] Au cours d'une deuxième étape d'affichage 102, une image complète de cet environnement correspondant à ce balayage complet de l'environnement est affichée sur le moyen de visualisation 3. Cette image complète est représentée sur la figure 3.

[0097] Au cours d'une troisième étape d'identification et de sélection d'une cible 103, une cible 5 est identifiée puis sélectionnée sur cette image complète de l'environnement. Cette identification est faite par un opérateur qui est en charge de la visée de la cible avec le faisceau de guidage 9.

[0098] Ensuite, l'opérateur sélectionne la cible 5 sur l'image complète de l'environnement. Cette sélection est faite par l'intermédiaire d'un moyen de sélection 7 tel un bouton poussoir pendant que l'opérateur vise la cible 5. Cette sélection est faite par l'opérateur lorsqu'il vise la cible 5 par l'intermédiaire du générateur 6 d'un faisceau de guidage, mais sans émettre de faisceau de guidage. L'opérateur utilise alors par exemple la lunette de visée 61 de ce générateur 6 d'un faisceau de guidage pour viser la cible 5, puis il actionne le moyen de sélection 7 pour sélectionner la cible 5 visée.

[0099] Cette sélection de la cible 5 peut également être faite de façon automatique lorsque l'opérateur vise une cible 5 immobile ou pendant une première durée prédéterminée.

[0100] Au cours d'une quatrième étape 104, l'opéra-

teur pointe le faisceau de guidage 9 sur la cible 5 afin de guider le projectile 10 jusqu'à cette cible 5. L'opérateur utilise généralement le réticule de visée présent dans la lunette de visée 61 du générateur 6 d'un faisceau de guidage pour viser la cible 5.

[0101] La première étape 101 et la deuxième étape 102 se répètent avant la réalisation de cette quatrième étape 104 afin de mettre à jour l'affichage complet de l'environnement.

[0102] Au cours d'une cinquième étape d'affichage 105, l'image complète de cet environnement est affichée sur le moyen de visualisation 3 avec le point de contact 91 du faisceau de guidage 9 dans l'environnement. En effet, le faisceau de guidage 9 et son reflet sur la cible 5 sont avantageusement toujours visibles par la caméra 2. En outre, un réticule de visée 8 peut également être affiché sur le moyen de visualisation 3 indiquant ainsi à l'opérateur le point de l'environnement qui est visé. Cette image complète comprenant le point de contact 91 du faisceau de guidage 9 et le réticule de visée 8 est représentée sur la figure 4.

[0103] Cette cinquième étape d'affichage 105 permet ainsi à l'opérateur de visualiser et de vérifier d'une part que le réticule de visée 8 pointe bien la cible 5 et d'autre part que le point de contact 91 du faisceau de guidage 9 pointe également la cible 5. En effet, l'opérateur doit pointer en permanence le faisceau de guidage 9 sur la cible 5 jusqu'à ce que le projectile 10 impacte la cible 5.

[0104] En outre, une étape intermédiaire 115 de balayage complet de l'environnement peut être effectuée entre la quatrième étape 104 de pointage de la cible 5 et la cinquième étape 105 d'affichage. De la sorte, en réalisant un nouveau balayage complet de l'environnement à l'aide de la caméra 2, une nouvelle image complète de l'environnement avec le point de contact 91 du faisceau de guidage 9 peut être affichée lors de la cinquième étape 105 afin de mettre à jour cet affichage de la cible 5 et de l'environnement.

[0105] Ensuite, au cours d'une sixième étape de pointage 106, l'opérateur pointe de nouveau la cible 5 avec le faisceau de guidage 9. Cette sixième étape de pointage 106 permet avantageusement à l'opérateur de corriger la visée si le point de contact 91 ne se situe pas sur la cible 5 sur l'image complète affichée lors de la cinquième étape d'affichage 105.

[0106] Au cours d'une septième étape de balayage 107, un balayage sélectif de la cible 5 et du point de contact 91 du faisceau de guidage 9 dans l'environnement est effectué par la caméra 2. La caméra 2 est une caméra permettant en effet d'enregistrer spécifiquement les informations sur des objets particuliers de l'environnement selon un changement de leur radiométrie suite par exemple à leur mouvement. Par exemple, la caméra 2 permet d'enregistrer spécifiquement et uniquement les informations sur des objets particuliers de l'environnement qui sont en mouvement, ainsi que les points de contact 91 du faisceau de guidage 9.

[0107] Enfin, au cours d'une huitième étape d'afficha-

ge 108, cette image sélective de la cible 5 et d'au moins un point de contact 91 du faisceau de guidage 9 dans l'environnement est affichée. L'opérateur peut là encore visualiser le point de contact 91 du faisceau de guidage 9 sur l'image sélective de l'environnement et vérifier que ce point de contact 91 se situe toujours bien sur la cible 5. Avantageusement, cette image sélective est simplifiée et affiche principalement la cible 5 qui est par exemple en mouvement et le point de contact 91 du faisceau de guidage 9 sur l'environnement. Cette image sélective permet avantageusement une analyse plus rapide de la part de l'opérateur qui voit immédiatement la position du point de contact 91 vis-à-vis de la cible 5. Comme lors de la cinquième étape d'affichage 105, le réticule de visée 8 peut être affiché sur le moyen de visualisation 3 afin d'indiquer à l'opérateur le point de l'environnement qui est visé. Cette image sélective comprenant le point de contact 91 du faisceau de guidage 9 et le réticule de visée 8 est représentée sur la figure 5.

[0108] Les sixième, septième et huitième étapes se répètent ensuite jusqu'à l'impact du projectile 10, ces étapes étant réalisées de façon continue.

[0109] Le dispositif 1 d'aide à la visée permet ainsi avantageusement de fournir à l'opérateur en temps réel et pendant son opération de visée un retour sur les positions de la cible 5 et du point de contact 91 du faisceau de guidage 9 sur l'environnement grâce aux images affichées sur le moyen de visualisation 3 après avoir identifié et sélectionné la cible 5. L'opérateur peut alors corriger immédiatement un écart entre la position du point de contact 91 vis-à-vis de la cible 5 et ainsi améliorer la précision de la visée.

[0110] En outre, le dispositif 1 d'aide à la visée permet également de quantifier la précision de la visée. En effet, le calculateur 4 est configuré afin d'analyser chaque image successivement affichée sur le moyen de visualisation 3 et de déterminer, au cours d'une neuvième étape 109, un premier nombre de points de contact 91 du faisceau de guidage 9 touchant la cible 5 et un second nombre de points de contact 91 du faisceau de guidage ne touchant pas la cible 5. Ce calculateur 4 permet également de calculer le pourcentage de ces points de contact 91 touchant réellement la cible 5 parmi la totalité des points de contact 91 du faisceau de guidage 9 dans l'environnement. Ensuite, au cours d'une dixième étape 110, une information 92 de la précision des points de contact 91 touchant la cible 5 formée par ce pourcentage des points de contact 91 touchant réellement la cible choisie peut être affichée sur le moyen de visualisation 3.

[0111] La neuvième étape 109 et la dixième étape 110 se déroulent de préférence de façon simultanée aux sixième, septième et huitième étapes comme représenté sur le schéma synoptique de la figure 2, et se répètent jusqu'à l'impact du projectile 10.

[0112] En outre, au cours de la huitième étape 108, les points de contact 91 du faisceau de guidage 9 dans l'environnement peuvent être enregistrés pendant une deuxième durée prédéterminée, puis être affichés avec

l'image sélective de la cible 5.

[0113] Dès lors, au cours de la huitième étape d'affichage 108, l'image sélective de la cible 5 et le point de contact 91 courant du faisceau de guidage 9 capté lors de la septième étape de balayage 107 peuvent être affichés simultanément avec au moins un des points de contact 91 précédemment affichés lors de la cinquième étape d'affichage 105 et lors de précédentes huitièmes étapes d'affichage 108 éventuelles.

[0114] De même, la neuvième étape 109 peut également se dérouler sur la deuxième durée prédéterminée. De la sorte, l'information 92 de la précision affichée au cours de la dixième étape 110 est déterminée sur cette deuxième durée déterminée.

[0115] Cette information 92 est affichée sur le moyen de visualisation 3 avec les points de contact 91 enregistrés pendant la deuxième durée prédéterminée comme représenté sur les figures 6 et 7. L'opérateur peut ainsi visualiser les positions des points de contact 91 sur cette deuxième durée prédéterminée et visualiser ainsi la précision des points de contact 91 vis-à-vis de la cible 5.

[0116] Cette information 92 peut également être utilisée par le système de guidage 20 d'un projectile 10 afin de confirmer ou bien d'annuler l'accrochage du projectile 10 sur la cible 5 et le lancement du projectile 10 en direction de la cible 5. En effet, si la précision de la visée est jugée trop faible par l'opérateur, il peut annuler le lancement du projectile 10 ou bien le stopper momentanément jusqu'à avoir une précision de visée suffisante. Cette annulation peut également être faite de façon automatique si l'information 92 de la précision des points de contact 91 du faisceau de guidage 9 touchant la cible 5 est inférieure à un seuil prédéterminé.

[0117] Enfin, le dispositif 1 d'aide à la visée permet d'identifier le code du faisceau de guidage 9 visant la cible 5. En effet, le calculateur 4 est configuré afin d'analyser l'environnement vu par la caméra 2 et en particulier les points de contact 91 du faisceau de guidage 9 dans l'environnement. Le calculateur 4 peut ainsi déterminer, au cours d'une onzième étape 111, des caractéristiques temporelles du faisceau de guidage 9 et identifier le code de ce faisceau de guidage 9. Cette onzième étape 111 se déroule après la quatrième étape 104 et parallèlement aux étapes suivantes.

[0118] Naturellement, la présente invention est sujette à de nombreuses variations quant à sa mise en œuvre. Bien que plusieurs modes de réalisation aient été décrits, on comprend bien qu'il n'est pas concevable d'identifier de manière exhaustive tous les modes possibles. Il est bien sûr envisageable de remplacer un moyen décrit par un moyen équivalent sans sortir du cadre de la présente invention.

Revendications

1. Procédé d'aide à la visée d'une cible (5),
caractérisé en ce que ledit procédé comporte les

étapes suivantes,

- une première étape (101) de balayage complet d'un environnement à l'aide d'une caméra (2),
- une deuxième étape (102) d'affichage d'une image complète dudit environnement,
- une troisième étape (103) d'identification et de sélection d'une cible (5) sur ladite image complète dudit environnement,
- une quatrième étape (104) de pointage de ladite cible (5) par un opérateur par l'intermédiaire d'un faisceau de guidage (9),
- une cinquième étape (105) d'affichage d'une image complète dudit environnement et du point de contact (91) dudit faisceau de guidage (9) dans ledit environnement,
- une sixième étape (106) de pointage par ledit opérateur par l'intermédiaire dudit faisceau de guidage (9) de ladite cible (5),
- une septième étape (107) de balayage sélectif de ladite cible (5) et dudit point de contact (91) dudit faisceau de guidage (9) dans ledit environnement à l'aide de ladite caméra (2),
- une huitième étape (108) d'affichage d'une image sélective de ladite cible (5), dudit point de contact (91) courant dudit faisceau de guidage (9) dans ledit environnement et d'au moins un desdits points de contact (91) précédemment affichés,
- une neuvième étape (109) de calcul d'un premier nombre desdits points de contact (91) dudit faisceau de guidage (9) touchant ladite cible (5) et d'un second nombre desdits points de contact (91) dudit faisceau de guidage (9) ne touchant pas ladite cible (5), et
- une dixième étape (110) d'affichage d'une information de la précision desdits points de contact (91) dudit faisceau de guidage (9) touchant ladite cible (5).

2. Procédé d'aide à la visée d'une cible (5) selon la revendication 1,
caractérisé en qu'au cours de ladite huitième étape (108), lesdits points de contact (91) dudit faisceau de guidage (9) dans ledit environnement sont enregistrés sur une durée prédéterminée, puis affichés avec ladite image sélective de ladite cible (5).
3. Procédé d'aide à la visée d'une cible (5) selon l'une quelconque des revendications 1 à 2,
caractérisé en ce que ladite information de la précision desdits points de contact (91) dudit faisceau de guidage (9) touchant ladite cible (5) est formée par ledit premier nombre et ledit second nombre ou bien un pourcentage desdits points de contact (91) dudit faisceau de guidage (9) touchant réellement ladite cible (5) parmi la totalité desdits points de contact (91) dudit faisceau de guidage (9) dans ledit en-

- vironnement.
4. Procédé d'aide à la visée d'une cible (5) selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en que ladite neuvième étape (109) se déroule sur une durée prédéterminée. 5
 5. Procédé d'aide à la visée d'une cible (5) selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en qu'un faisceau de guidage (9) étant défini par un code constitué par des caractéristiques temporelles, ledit procédé comporte, après ladite quatrième étape (104) de pointage de ladite cible (5) et parallèlement auxdites étapes suivantes, une onzième étape (111) d'analyse et d'identification dudit faisceau de guidage (9), lesdits points de contact (91) dudit faisceau de guidage (9) dans ledit environnement étant analysés afin de déterminer lesdites caractéristiques temporelles dudit faisceau de guidage (9) et d'identifier ainsi ledit code dudit faisceau de guidage (9). 10 15 20
 6. Procédé d'aide à la visée d'une cible (5) selon la revendication 5, caractérisé en que, lorsque ledit faisceau de guidage (9) est constitué par une succession d'impulsions, lesdites caractéristiques temporelles dudit faisceau de guidage (9) sont une fréquence et une durée desdites impulsions. 25 30
 7. Procédé d'aide à la visée d'une cible (5) selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que** ledit procédé comporte entre ladite quatrième étape (104) de pointage de ladite cible (5) et ladite cinquième étape (105) d'affichage, une étape intermédiaire (115) de balayage complet dudit environnement à l'aide de ladite caméra (2) afin de mettre à jour l'affichage de ladite cible (5) et dudit environnement. 35 40
 8. Procédé d'aide à la visée d'une cible (5) selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, **caractérisé en ce qu'un** réticule de visée (8) est affiché sur ladite cible (5) au cours desdites deuxième, cinquième et huitième étapes (102,105,108) d'affichage afin de faciliter l'identification de ladite cible (5). 45
 9. Procédé d'aide à la visée d'une cible (5) selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, **caractérisé en ce qu'au** cours de ladite septième étape de balayage (107), ledit balayage sélectif de ladite cible (5) et dudit point de contact (91) dudit faisceau de guidage (9) est effectué en enregistrant chaque objet dudit environnement pour lequel un changement de la radiométrie est détecté ainsi que ledit point de contact (91). 50 55
 10. Procédé d'aide à la visée d'une cible (5) selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé en qu'au cours de ladite septième étape de balayage (107), ledit balayage sélectif de ladite cible (5) et dudit point de contact (91) dudit faisceau de guidage (9) est effectué en enregistrant des informations sur des objets particuliers de l'environnement qui sont en mouvement, ainsi que ledit point de contact (91).
 11. Procédé de guidage d'un projectile (10) par un faisceau de guidage comportant,
 - une étape d'illumination d'une cible (5) par un faisceau de guidage (9),
 - une étape d'accrochage dudit projectile (10) sur ladite cible (5),
 - une étape de lancement dudit projectile (10), et
 - une étape de guidage dudit projectile (10) vers ladite cible (5).**caractérisé en ce que** ledit procédé d'aide à la visée selon l'une quelconque des revendications 1 à 10 est appliqué durant ladite étape d'illumination afin d'améliorer la précision de ladite illumination de ladite cible (5).
 12. Procédé de guidage d'un projectile (10) par un faisceau de guidage selon la revendication 11, **caractérisé en ce que** ladite étape d'accrochage dudit projectile (10) sur ladite cible (5) et/ou ladite étape de lancement dudit projectile (10) sont annulées en fonction d'une information de la précision desdits points de contact (91) dudit faisceau de guidage (9) touchant ladite cible (5) et/ou de caractéristiques temporelles dudit faisceau de guidage (9).
 13. Dispositif (1) d'aide à la visée d'une cible (5) comportant une caméra (2), un moyen de visualisation (3), un calculateur (4) et un moyen de sélection (7), **caractérisé en ce que** ledit dispositif (1) d'aide à la visée d'une cible (5) est configuré pour la mise en œuvre dudit procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 10 et ladite caméra (2) est une caméra permettant d'enregistrer spécifiquement les informations sur des objets particuliers de l'environnement enregistré, ladite cible (5) étant un objet particulier dudit environnement, ledit calculateur (4) étant configuré afin d'analyser chaque image sélective successivement affichée sur ledit moyen de visualisation (3) et de déterminer un premier nombre de points de contact (91) dudit faisceau de guidage (9) touchant ladite cible (5) et un second nombre de points de contact (91) dudit faisceau de guidage (9) ne touchant pas ladite cible (5), puis de déterminer une information de la précision desdits points de contact (91) dudit faisceau de guidage (9) touchant ladite cible (5).

14. Dispositif (1) d'aide à la visée d'une cible (5) selon la revendication 13,
caractérisé en ce que ledit calculateur (4) est configuré afin d'analyser ledit environnement vu par la-dite caméra (2) et en particulier lesdits points de contact (91) dudit faisceau de guidage (9) dans ledit environnement afin de déterminer des caractéristiques temporelles dudit faisceau de guidage (9) et d'identifier grâce auxdites caractéristiques temporelles ledit faisceau de guidage (9).
15. Système (20) de guidage d'un projectile (10) par un faisceau de guidage comportant un générateur (6) d'un faisceau de guidage et un projectile (10) muni d'un dispositif de réception (11),
caractérisé en ce que ledit système (20) de guidage d'un projectile (10) comporte un dispositif (1) d'aide à la visée selon l'une quelconque des revendications 13 à 14.
16. Système (20) de guidage d'un projectile (10) par un faisceau de guidage selon la revendication 15,
caractérisé en ce que ledit système (20) de guidage d'un projectile (10) par un faisceau de guidage met en œuvre ledit procédé de guidage d'un projectile (10) par un faisceau de guidage selon l'une quelconque des revendications 11 à 12.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Unterstützung beim Zielen auf ein Ziel (5),
dadurch gekennzeichnet, dass das Verfahren die folgenden Schritte umfasst,
 einen ersten Schritt (101) des vollständigen Abtastens einer Umgebung mit Hilfe einer Kamera (2),
 einen zweiten Schritt (102) des Anzeigens eines vollständigen Bildes der Umgebung,
 einen dritten Schritt (103) des Identifizierens und Auswählens eines Ziels (5) in dem vollständigen Bild der Umgebung,
 einen vierten Schritt (104) des Anpeilens des Ziels (5) durch einen Benutzer über einen Leitstrahl (9),
 einen fünften Schritt (105) des Anzeigens eines vollständigen Bildes der Umgebung und des Auftreffpunktes (91) des Leitstrahls (9) in der Umgebung,
 einen sechsten Schritt (106) des Anpeilens des Ziels (5) durch den Benutzer mittels des Leitstrahls (9),
 einen siebten Schritt (107) des selektiven Abtastens des Ziels (5) und des Auftreffpunktes (91) des Führungsstrahls (9) in der Umgebung mit Hilfe der Kamera (2),

einen achten Schritt (108) des Anzeigens eines selektiven Bildes des Ziels (5), des aktuellen Auftreffpunktes (91) des Leitstrahls (9) in der Umgebung und mindestens eines der zuvor angezeigten Auftreffpunkte (91),
 einen neunten Schritt (109) des Berechnens einer ersten Anzahl der Auftreffpunkte (91), in denen der Leitstrahl (9) das Ziel (5) trifft, und einer zweiten Anzahl der Auftreffpunkte (91), in denen der Leitstrahl (9) das Ziel (5) nicht trifft, und

- einen zehnten Schritt (110) des Anzeigens von Informationen über die Genauigkeit der Auftreffpunkte (91), in denen der Leitstrahl (9) das Ziel (5) trifft.

2. Verfahren zur Unterstützung beim Zielen auf ein Ziel (5) nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass in dem achten Schritt (108) die Auftreffpunkte (91) des Führungsstrahls (9) in der Umgebung über eine vorbestimmte Zeit aufgezeichnet und dann mit dem selektiven Bild des Ziels (5) angezeigt werden.
3. Verfahren zur Unterstützung beim Zielen auf ein Ziel (5) nach einem der Ansprüche 1 bis 2,
dadurch gekennzeichnet, dass die Information über die Genauigkeit der Auftreffpunkte (91) des Führungsstrahls (9), die das Ziel (5) treffen, gebildet wird durch die erste Zahl und die zweite Zahl oder durch einen Prozentsatz derjenigen Auftreffpunkte (91) des Führungsstrahls (9) aus der Gesamtheit aller Auftreffpunkte (91) des Führungsstrahls (9) in der Umgebung, die das Ziel (5) tatsächlich treffen.
4. Verfahren zur Unterstützung beim Zielen auf ein Ziel (5) nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
dadurch gekennzeichnet, dass der neunte Schritt (109) über einen vorgegebenen Zeitraum stattfindet.
5. Verfahren zur Unterstützung beim Zielen auf ein Ziel (5) nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
dadurch gekennzeichnet, dass ein Leitstrahl (9) durch einen Code definiert ist, der durch zeitliche Merkmale gebildet ist, wobei das Verfahren nach dem vierten Schritt (104) des Anpeilens des Ziels (5) und parallel zu den nachfolgenden Schritten einen elften Schritt (111) des Analysierens und Identifizierens des Leitstrahls (9) umfasst, wobei die Auftreffpunkte (91) des Leitstrahls (9) in der Umgebung analysiert werden, um die zeitlichen Eigenschaften des Leitstrahls (9) zu bestimmen und somit den Code des Leitstrahls (9) zu identifizieren.
6. Verfahren zur Unterstützung beim Zielen auf ein Ziel (5) nach Anspruch 5,
dadurch gekennzeichnet, dass, wenn der Leitstrahl (9) durch eine Folge von Impulsen gebildet

- wird, die zeitlichen Eigenschaften des Leitstrahls (9) eine Frequenz und eine Dauer der Impulse sind.
7. Verfahren zur Unterstützung beim Zielen auf ein Ziel (5) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verfahren zwischen dem vierten Schritt (104) des Anpeilens des Ziels (5) und dem fünften Schritt (105) des Anzeigens einen Zwischenschritt (115) des vollständigen Abtastens der Umgebung unter Verwendung der Kamera (2) zum Aktualisieren der Anzeige des Ziels (5) und der Umgebung umfasst.
8. Verfahren zur Unterstützung beim Zielen auf ein Ziel (5) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** während des zweiten, fünften und achten Schritts des Anzeigens (102, 105, 108) ein Fadenkreuz (8) auf dem Ziel (5) angezeigt wird, um die Identifizierung des Ziels (5) zu erleichtern.
9. Verfahren zur Unterstützung beim Zielen auf ein Ziel (5) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** während des siebten Schritts des Abtastens (107) das selektive Abtasten des Ziels (5) und des Auftreffpunktes (91) des Leitstrahls (9) durchgeführt wird, indem jedes Objekt der Umgebung, für das eine Änderung der Radiometrie erfasst wird, sowie der Auftreffpunkt (91) aufgezeichnet werden.
10. Verfahren zur Unterstützung beim Zielen auf ein Ziel (5) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** während des siebten Schritts des Abtastens (107) das selektive Abtasten des Ziels (5) und des Auftreffpunktes (91) des Leitstrahls (9) durchgeführt wird, indem Informationen über bestimmte Objekte der Umgebung, die in Bewegung sind, sowie der Auftreffpunkt (91) aufgezeichnet werden.
11. Verfahren zum Leiten eines Projektils (10) mit einem Leitstrahl, umfassend:
- einen Schritt des Beleuchtens eines Ziels (5) mit einem Leitstrahl (9),
 - einen Schritt des Verknüpfens des Projektils (10) mit dem Ziel (5),
 - einen Schritt des Abschießens des Projektils (10), und
 - einen Schritt des Leitens des Projektils (10) zu dem Ziel (5),
- dadurch gekennzeichnet, dass** das Verfahren zur Unterstützung beim Zielen nach einem der Ansprüche 1 bis 10 während des Schritts des Beleuchtens angewendet wird, um die Genauigkeit der Beleuchtung des Ziels (5) zu verbessern.
12. Verfahren zum Leiten eines Projektils (10) mit einem Leitstrahl nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Schritt des Verknüpfens des Projektils (10) mit dem Ziel (5) und/oder der Schritt des Abschießens des Projektils (10) in Abhängigkeit von Information über die Genauigkeit, mit der die Auftreffpunkte (91) des Leitstrahls (9) das Ziel (5) treffen, und/oder von zeitlichen Merkmalen des Leitstrahls (9) aufgehoben wird.
13. Vorrichtung (1) zur Unterstützung beim Zielen auf ein Ziel (5) mit einer Kamera (2), einem Anzeigemittel (3), einem Computer (4) und einem Auswahlmittel (7), **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorrichtung zur Unterstützung beim Zielen (1) konfiguriert ist, um das Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10 durchzuführen, und dass die Kamera (2) eine Kamera zum spezifischen Aufzeichnen von Informationen über bestimmte Objekte der aufgezeichneten Umgebung ist, dass das Ziel (5) ein bestimmtes Objekt der Umgebung ist, dass der Computer (4) konfiguriert ist, um jedes selektive Bild zu analysieren, das nacheinander auf dem Anzeigemittel (3) angezeigt wird, und um eine erste Anzahl von Auftreffpunkten (91) zu bestimmen, an denen der Führungsstrahl (9) das Ziel (5) trifft, und eine zweite Anzahl von Auftreffpunkten (91) zu bestimmen, an denen der Führungsstrahl (9) das Ziel (5) nicht trifft, und dann eine Information über die Genauigkeit der Auftreffpunkte (91) zu bestimmen, an denen der Führungsstrahl (9) das Ziel (5) trifft.
14. Vorrichtung (1) zur Unterstützung beim Zielen auf ein Ziel (5) nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Computer (4) konfiguriert ist, um die von der Kamera (2) gesehene Umgebung und insbesondere die Auftreffpunkte (91) des Führungsstrahls (9) in der Umgebung zu analysieren, um zeitliche Merkmale des Leitstrahls (9) zu bestimmen und den Leitstrahl (9) anhand der zeitlichen Merkmale zu identifizieren.
15. System (20) zum Leiten eines Projektils (10) mittels eines Leitstrahls, umfassend einen Generator (6) eines Leitstrahls und ein mit einer Empfangsvorrichtung (11) versehenes Projektil (10), **dadurch gekennzeichnet, dass** das System (20) zum Leiten eines Projektils (10) eine Vorrichtung (1) zur Unterstützung beim Zielen nach einem der Ansprüche 13 bis 14 umfasst.
16. System (20) zum Leiten eines Projektils (10) mittels eines Leitstrahls nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** das System (20) zum Leiten eines Projektils (10) mittels eines Leitstrahls das Verfahren zum Leiten eines Projektils

(10) mittels eines Leitstrahls nach einem der Ansprüche 11 bis 12 implementiert.

Claims

1. Aiming-assistance method for a target (5), **characterised in that** the said method comprises the following steps,

- a first step (101) of complete scanning of an environment by means of a camera (2),
- a second step (102) of displaying a complete image of the said environment,
- a third step (103) of identifying and selecting a target (5) on the said complete image of the said environment,
- a fourth step (104) of aiming at the said target (5) by an operator by means of a guide beam (9),
- a fifth step (105) of displaying a complete image of the said environment and the point of contact (91) of the said guide beam (9) in the said environment,
- a sixth step (106) of aiming at the said target (5) by the said operator by means of the said guide beam (9),
- a seventh step (107) of selective scanning of the said target (5) and point of contact (91) of the said guide beam (9) in the said environment by means of the said camera (2),
- an eighth step (108) of displaying a selective image of the said target (5), the said current point of contact (91) of the said guide beam (9) in the said environment and at least one of the said previously displayed points of contact (91),
- a ninth step (109) of calculating a first number of the said points of contact (91) of the said guide beam (9) touching the said target (5) and a second number of the said points of contact (91) of the said guide beam (9) not touching the said target (5), and
- a tenth step (110) of displaying information of the accuracy of the said points of contact (91) of the said guide beam (9) touching the said target (5).

2. Aiming-assistance method for a target (5) according to claim 1, **characterised in that** during the said eighth step (108) the said points of contact (91) of the said guide beam (9) in the said environment are recorded for a predetermined time, and are then displayed with the said selective image of the said target (5).

3. Aiming-assistance method for a target (5) according to either of claims 1 and 2, **characterised in that** the said information of the accuracy of the said points of contact (91) of the said guide beam (9) touching

the said target (5) is formed by the said first number and the said second number or by the percentage of the said points of contact (91) of the said guide beam (9) actually touching the said target (5) of the total number of the said points of contact (91) of the said guide beam (9) in the said environment.

4. Aiming-assistance method for a target (5) according to any one of claims 1 to 3, **characterised in that** the said ninth step (109) takes place for a predetermined time.

5. Aiming-assistance method for a target (5) according to any one of claims 1 to 4, **characterised in that** if a guide beam (9) is defined by a code consisting of time characteristics, the said method comprises, after the said fourth step (104) of aiming at the said target (5) and in parallel to the said following steps, an eleventh step (111) of analysing and identifying the said guide beam (9), the said points of contact (91) of the said guide beam (9) in the said environment being analysed so as to determine the said time characteristics of the said guide beam (9) and to identify the said code of the said guide beam (9).

6. Aiming-assistance method for a target (5) according to claim 5, **characterised in that** when the said guide beam (9) consists of a succession of pulses, the said time characteristics of the said guide beam (9) are a frequency and a duration of the said pulses.

7. Aiming-assistance method for a target (5) according to any one of claims 1 to 6, **characterised in that** the said method comprises, between the said fourth step (104) of aiming at the said target (5) and the said display step (105), an intermediate step (115) of complete scanning of the said environment by means of the said camera (2) so as to update the display of the said target (5) and the said environment.

8. Aiming-assistance method for a target (5) according to any one of claims 1 to 7, **characterised in that** cross hairs (8) are displayed on the said target (5) during the said second, fifth and eighth display steps (102, 105, 108) so as to facilitate the identification of the said target (5).

9. Aiming-assistance method for a target (5) according to any one of claims 1 to 8, **characterised in that** during the said seventh scanning step (107), the said selective scanning of the said target (5) and of the said point of contact (91) of the said guide beam (9) is carried out by recording each object of the said environment for which a change of the radiometry is detected as well as the point of contact (91).

10. Aiming-assistance method for a target (5) according

to any one of claims claim 1 to 8, **characterised in that** during the said seventh scanning step (107), the said selective scanning of the said target (5) and of the said point of contact (91) of the said guide beam (9) is carried out by recording information on particular objects of the environment that are moving, as well as the said point of contact (91).

11. Method for guiding a projectile (10) by a guide beam, comprising

- a step of illuminating a target (5) by a guide beam (9),
- a step of targeting the said projectile (10) on the said target (5),
- a step of launching the said projectile (10), and
- a step of guiding the said projectile (10) to the said target (5),

characterised in that the said aiming-assistance method according to any one of claims 1 to 10 is applied during the said illumination step so as to improve the accuracy of the said illumination of the said target (5).

12. Method of guiding a projectile (10) by a guide beam according to claim 11, **characterised in that** the said step of targeting the said projectile (10) on the said target (5) and/or the said step of launching the said projectile (10) are cancelled depending on information of the accuracy of the said points of contact (91) of the said guide beam (9) touching the said target (5) and/or time characteristics of the said guide beam (9).

13. Aiming-assistance device for a target (5), comprising a camera (2), a visualisation means (3), a computer (4) and a selection means (7), **characterised in that** the said aiming-assistance device (1) for a target (5) is configured for the implementation of the said method according to any one of claims 1 to 10 and the said camera (2) is a camera enabling information to be specifically recorded concerning the particular objects of the recorded environment, the said target (5) being a particular object of the said environment, the said computer (4) being configured so as to analyse each selective image successively displayed on the said visualisation means (3) and to determine a first number of points of contact (91) of the said guide beam (9) touching the said target (5) and a second number of points of contact (91) of the said guide beam (9) not touching the said target (5), and information is then determined concerning the accuracy of the said points of contact (91) of the said guide beam (9) touching the said target (5).

14. Aiming-assistance device for a target (5) according to claim 13, **characterised in that** the said computer (4) is configured so as to analyse the said environ-

ment seen by the said camera (4) and in particular the said points of contact (91) of the said guide beam (9) in the said environment so as to determine time characteristics of the said guide beam (9) and to identify the said guide beam (9) by means of the said time characteristics.

15. System (20) for guiding a projectile (10) by a guide beam (9), comprising a guide beam generator (6) and a projectile (10) provided with a receiving device (11), **characterised in that** the said system (20) for guiding a projectile (10) comprises an aiming-assistance device (1) according to either of claims 13 and 14.

16. System (20) for guiding a projectile (10) by a guide beam according to claim 15, **characterised in that** the said system (20) for guiding a projectile (10) by a guide beam implements the said method for guiding a projectile (10) by a guide beam according to either of claims 11 and 12.

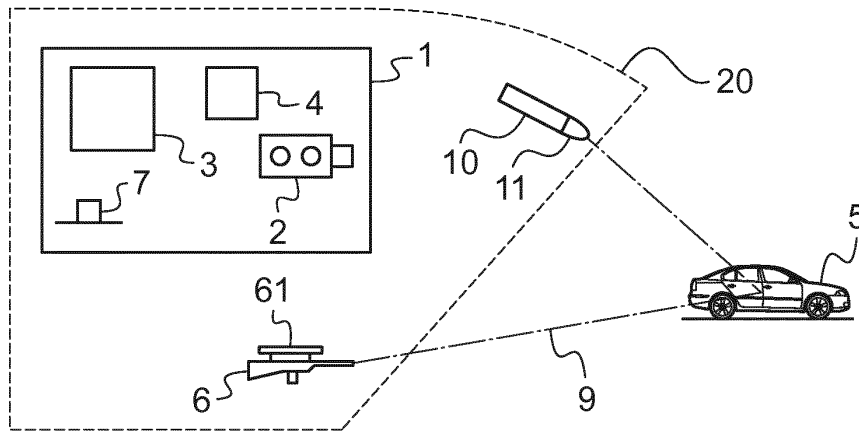


Fig.1

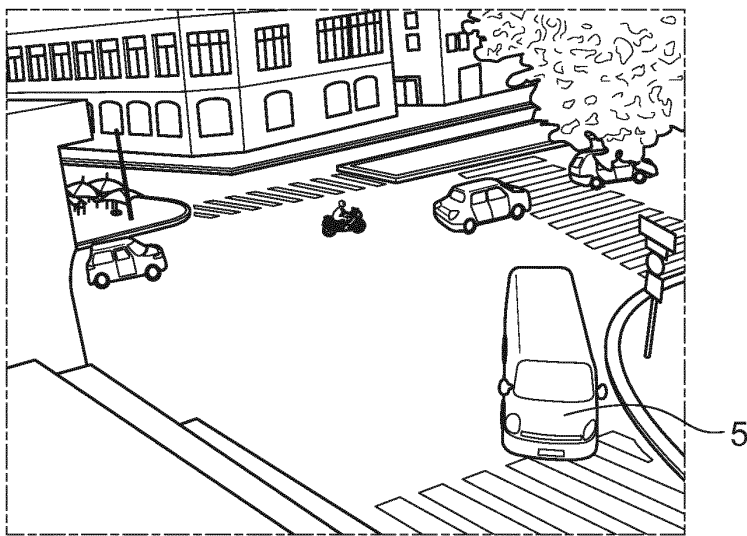


Fig.3

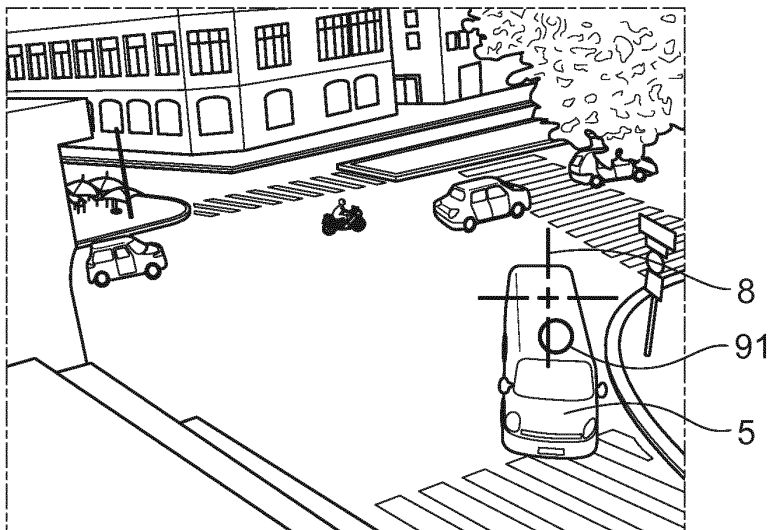


Fig.4

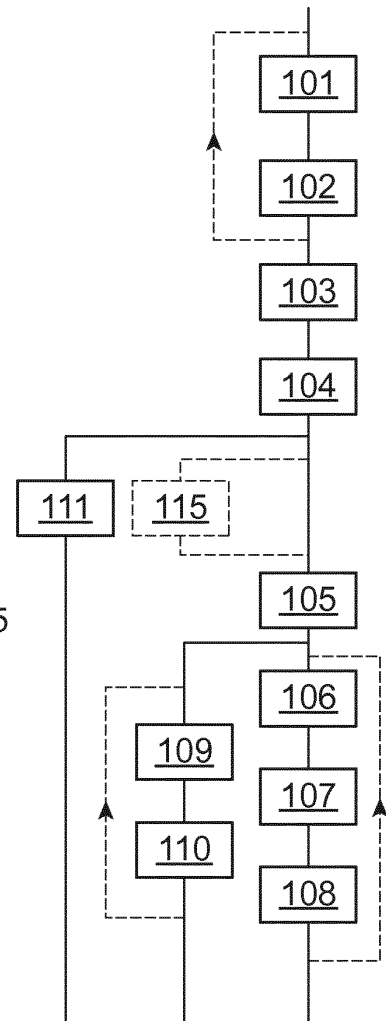


Fig.2

Fig.5

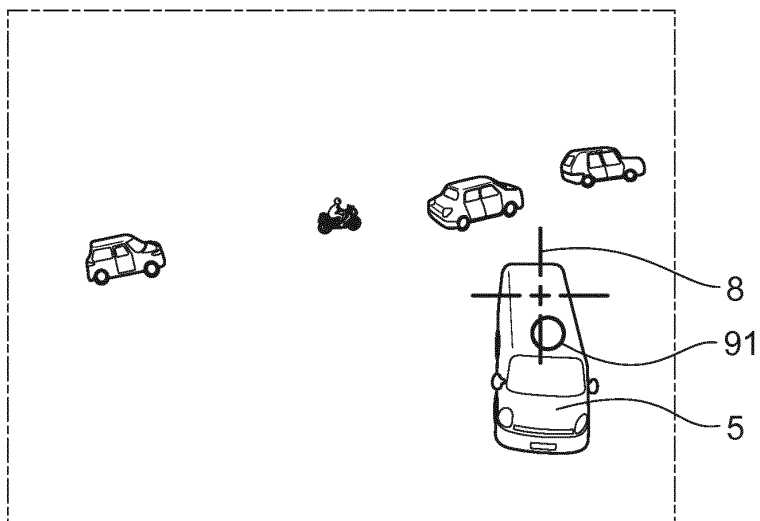


Fig.6

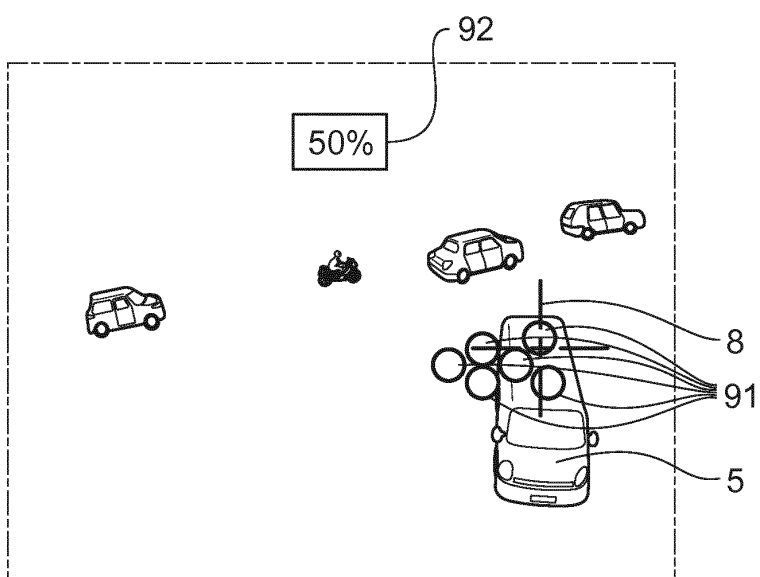
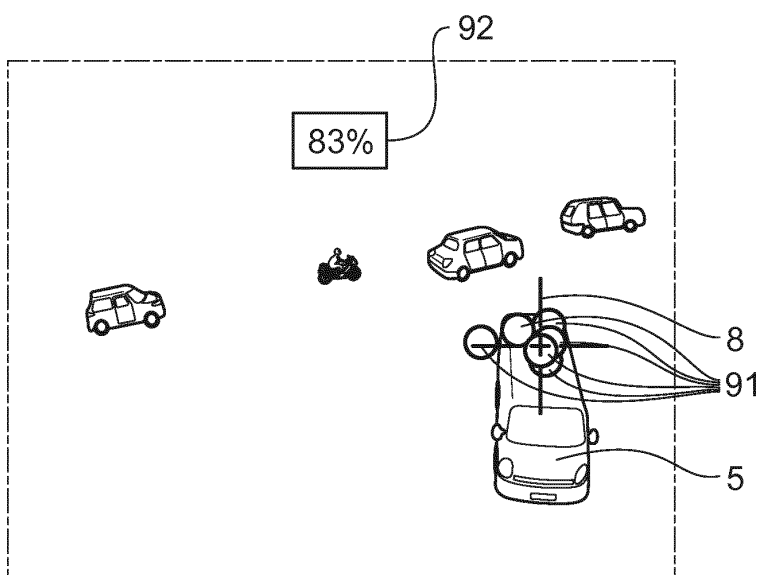


Fig.7



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 4143835 A [0003]
- FR 2719659 [0013]
- US 2009078817 A [0014] [0015]
- EP 2642238 A [0014]
- US 6069656 A [0016]
- US 2013087684 A [0017] [0018]
- WO 2016009440 A [0017] [0019]
- US 6023322 A [0017] [0020]