

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international



(10) Numéro de publication internationale
WO 2018/096023 A1

(43) Date de la publication internationale
31 mai 2018 (31.05.2018)

(51) Classification internationale des brevets :
F41G 3/26 (2006.01)

(72) Inventeur : **BIRAN, Hervé** ; 98 rue des fermettes, 78800 HOUILLES (FR).

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/EP2017/080172

(74) Mandataire : **CALVEZ, Olivia** ; CABINET LE GUEN MAILLET, 5 Place Newquay, B.P 70250, 35802 DINARD Cedex (FR).

(22) Date de dépôt international :
23 novembre 2017 (23.11.2017)

(81) États désignés (*sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible*) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC,

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
16/01663 24 novembre 2016 (24.11.2016) FR

(71) Déposant : **AIRBUS DS SAS** [FR/FR] ; 1 Boulevard Jean Moulin, ZAC de la Clef Saint Pierre, 78990 Elancourt (FR).

(54) Title: FIRING SIMULATION SCOPE

(54) Titre : LUNETTE DE SIMULATION DE TIR

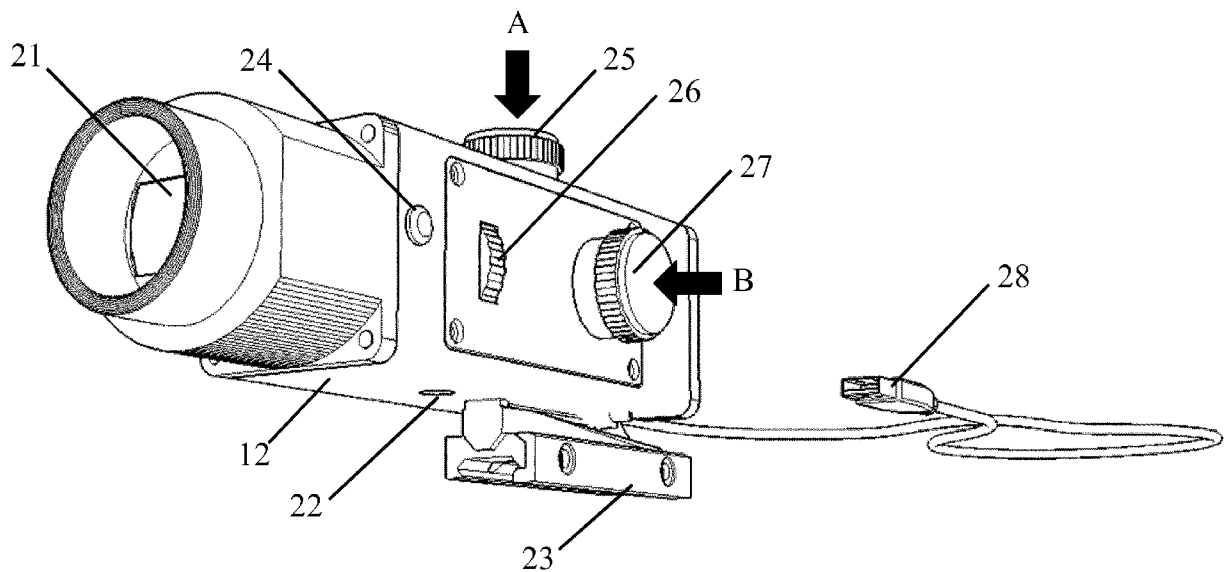


Fig. 2

(57) **Abstract:** A firing simulation scope (12), intended to be installed on a rifle, including an inertial measurement unit, a drift correction control unit (25), an electronic system, a microphone (22), a display (21) and an interface (28) for connection to a control unit. The electronic system is configured: to receive, via the connection interface, video data representative of a field of view, through a simulated scope, in a virtual environment; to display, on the display, the received video data; to obtain an audio recording recorded in real time by the microphone; to compare the audio recording with a predetermined rifle discharge signature; and to transmit, to the control unit, when the audio recording coincides with the predetermined signature, a discharge detection signal associated with inertial measurements provided by the inertial measurement unit and with an adjustment control provided by the drift correction control device, to allow the control unit to determine a firing trajectory in the virtual environment.



WO 2018/096023 A1

SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR,
TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) **États désignés** (*sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible*) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasién (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée:

- avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

(57) **Abrégé :** Une lunette de simulation de tir (12), destinée à être installée sur un fusil, inclut une unité de mesure inertielle, un dispositif de réglage de correction de dérive (25), un système électronique, un microphone (22), un afficheur (21) et une interface de raccordement (28) à un poste de contrôle. Le système électronique est configuré pour: recevoir, via l'interface de raccordement, des données vidéo représentatives d'un champ de vision, au travers d'une lunette simulée, dans l'environnement virtuel; afficher sur l'afficheur les données vidéo reçues; obtenir un enregistrement audio effectué en temps réel par le microphone; comparer l'enregistrement audio avec une signature prédéterminée de déclenchement de tir avec le fusil; et transmettre au poste de contrôle, lorsque l'enregistrement audio coïncide avec la signature prédéterminée, un signal de détection de déclenchement de tir associé avec des mesures inertielles fournies par l'unité de mesure inertielle et avec un réglage d'ajustement fourni par le dispositif de réglage de correction de dérive, afin de permettre au poste de contrôle de déterminer une trajectoire de tir dans l'environnement virtuel.

LUNETTE DE SIMULATION DE TIR

5 La présente invention concerne une lunette de simulation de tir adaptée à l'entraînement de soldats dans un environnement virtuel.

Pour permettre d'entraîner des soldats sans risques, des systèmes de reconstitution, par environnement virtuel, de cadres opérationnels de champ de bataille ont été développés. On peut par exemple citer le système décrit dans le
10 document de brevet FR 3 007 161 A1.

Les tireurs d'élite requièrent toutefois des conditions de simulation particulières. En effet, les tireurs d'élite sont des soldats qui ont acquis avec l'expérience un grand nombre de réflexes automatiques dans la manipulation de leur fusil. Les systèmes actuels de simulation de cadres opérationnels de champ de bataille utilisent des fusils
15 qui sont dédiés à la simulation, et qui n'ont donc pas le comportement exact du fusil habituellement utilisé par le soldat sur le terrain. Cela fausse les réflexes automatiques acquis par le soldat, et empêche l'immersion complète du soldat dans le scénario de mission reproduit dans l'environnement virtuel.

Il existe des systèmes s'adaptant sur des armes existantes pour s'entraîner au tir
20 sans avoir recours à des balles réelles. On peut par exemple citer le système SureStrike (marque déposée) de la société Laser Ammo qui comporte une cartouche spéciale reliée à un dispositif de marquage laser à installer à l'embouchure du canon de l'arme. Cette cartouche est installée dans la chambre de l'arme et lorsque le percuteur vient frapper ladite cartouche, un mécanisme active le marquage laser pour
25 permettre au tireur de voir le point d'arrivée qu'aurait eu une balle lors du tir. Ce mécanisme de détection et de visualisation de tir doit être dupliqué pour chaque type d'arme avec lequel le tireur souhaite s'entraîner. Ce mécanisme de détection et de visualisation de tir n'est en outre pas adapté aux tirs longues distances (pas de déviation de tir), ni à l'utilisation dans un environnement virtuel.

30 Il est souhaitable de pallier ces différents inconvénients de l'état de la technique. Il est ainsi souhaitable de fournir une solution qui permette d'entraîner des tireurs d'élite dans un environnement virtuel, en leur laissant la possibilité d'utiliser leur fusil habituel. Il est en outre souhaitable de fournir une solution qui soit indépendante du

type de fusil habituellement utilisé par le tireur d'élite. Il est en outre souhaitable de fournir une solution qui soit simple à implémenter et à faible coût.

L'invention concerne une lunette de simulation de tir destinée à être installée sur un fusil, incluant une première unité de mesure inertielle, un dispositif de réglage de correction de dérive, un système électronique, un microphone, un afficheur et une interface de raccordement à un poste de contrôle. La lunette de simulation de tir étant telle que le système électronique inclut : des moyens pour recevoir, via l'interface de raccordement, des données vidéo représentatives d'un champ de vision, au travers d'une lunette simulée, dans l'environnement virtuel ; des moyens pour afficher sur l'afficheur les données vidéo reçues ; des moyens pour obtenir un enregistrement audio effectué en temps réel par le microphone ; des moyens pour comparer l'enregistrement audio avec une signature prédéterminée de déclenchement de tir avec le fusil ; et des moyens pour transmettre au poste de contrôle via l'interface de raccordement, lorsque l'enregistrement audio coïncide avec la signature prédéterminée, un signal de détection de déclenchement de tir associé avec des mesures inertielles fournies par la première unité de mesure inertielle et avec un premier réglage d'ajustement fourni par le dispositif de réglage de correction de dérive, afin de permettre au poste de contrôle de déterminer une trajectoire de tir dans l'environnement virtuel. Ainsi, grâce au microphone et à la comparaison avec la signature prédéfinie, il est possible de détecter un tir effectué en cours de simulation par le soldat avec son arme habituellement utilisée en opération. La première unité de mesure inertielle permet de facilement, et à moindre coût, détecter l'axe de visée du fusil, même lorsque celui-ci est l'arme habituellement utilisée en opération par le soldat en question.

Selon un mode de réalisation particulier, la lunette de simulation de tir inclut en outre un dispositif de réglage de correction de chute de balle, et le signal de détection de déclenchement de tir est en outre associé avec un second réglage d'ajustement fourni par le dispositif de réglage de correction de chute de balle, afin de permettre au poste de contrôle d'en tenir compte pour déterminer la trajectoire de tir dans l'environnement virtuel. Ainsi, des tirs longues distances (supérieurs à 300 mètres) peuvent être simulés.

Selon un mode de réalisation particulier, la lunette de simulation de tir est telle que le système électronique inclut des moyens pour effectuer un enregistrement audio d'un déclenchement de tir à vide effectué avec le fusil et des moyens pour définir la

signature à partir de l'enregistrement audio du déclenchement de tir à vide. Ainsi, il est facile de définir une signature particulièrement adaptée au fusil effectivement utilisé en simulation.

5 Selon un mode de réalisation particulier, la lunette de simulation de tir est telle que le système électronique inclut des moyens pour effectuer une transposition fréquentielle de l'enregistrement audio, et la signature prédéterminée est une signature spectrale. Ainsi, la comparaison avec la signature est facilitée et performante (faible taux de fausses détections de déclenchement de tir).

10 Selon un mode de réalisation particulier, la lunette de simulation de tir inclut en outre une seconde unité de mesure inertielle, et le système électronique inclut des moyens pour affiner les mesures inertielles fournies par la première unité de mesure inertielle grâce à des mesures inertielles fournies par la seconde unité de mesure inertielle, la première unité de mesure inertielle étant configurée en mode fusion de données et la seconde unité de mesure inertielle étant configurée en mode données
15 brutes. Ainsi, la détermination de l'axe de visée du fusil est plus fine.

L'invention concerne également un système de simulation incluant au moins un poste de contrôle et au moins une lunette de simulation de tir selon l'un quelconque des modes de réalisation évoqués ci-dessus, chaque lunette de simulation étant raccordée à un dit poste de contrôle, chaque poste de contrôle incluant des moyens
20 pour déterminer la trajectoire de tir dans l'environnement virtuel, lorsque ledit poste de contrôle reçoit le signal de détection de déclenchement de tir en provenance d'une dite lunette de simulation qui lui est raccordée.

Selon un mode de réalisation particulier, chaque poste de contrôle inclut au moins un jeu de tables de tir fournissant, en fonction d'une distance parcourue par une
25 balle simulée, des données de déviation de tir en fonction en outre de la force et de la direction du vent, et les moyens pour déterminer la trajectoire de tir dans l'environnement virtuel incluent : des moyens pour déterminer une position du soldat en simulation dans l'environnement virtuel au moment du déclenchement de tir ; des moyens pour déterminer l'axe de visée du fusil grâce aux mesures inertielles associées
30 avec le signal de détection de déclenchement de tir ; des moyens pour corriger latéralement l'axe de visée du fusil par le premier réglage d'ajustement ; et des moyens pour appliquer les données de déviation précisées dans le jeu de tables de tir. Ainsi, grâce aux tables de tir, la simulation est particulièrement réaliste, les tables de tir pouvant être adaptées en fonction de retours terrain.

Selon un mode de réalisation particulier, chaque jeu de tables de tir fournit, en fonction d'une distance parcourue par une balle simulée, des données de chute de balle, la lunette de simulation comporte un dispositif de réglage de correction de chute de balle, le signal de détection de déclenchement de tir est en outre associé avec un
5 second réglage d'ajustement fourni par le dispositif de réglage de correction de chute de balle, et les moyens pour déterminer la trajectoire de tir dans l'environnement virtuel incluent en outre des moyens pour corriger en élévation l'axe de visée du fusil par le second réglage d'ajustement.

Selon un mode de réalisation particulier, chaque jeu de tables de tir fournit, en
10 fonction d'une distance parcourue par une balle simulée, des données de chute de balle en fonction d'une température ambiante et d'une pression atmosphérique dans l'environnement simulé. Ainsi, pour des tirs longues distances (supérieurs à 300 mètres), la simulation est plus réaliste.

Selon un mode de réalisation particulier, la position du soldat en simulation dans
15 l'environnement virtuel est fixée par application d'un décalage prédéfini par rapport à un avatar d'un observateur accompagnant le soldat en simulation dans l'environnement virtuel. Ainsi, la simulation d'un couple opérationnel tireur-observateur (« sniper-spotter » en anglais) est plus réaliste.

L'invention concerne également un procédé implémenté par une lunette de
20 simulation de tir qui est installée sur un fusil et qui inclut une unité de mesure inertielle, un dispositif de réglage de correction de dérive, un système électronique, un microphone, un afficheur et une interface de raccordement à un poste de contrôle, le procédé étant tel que le système électronique effectue les étapes suivantes : recevoir, via l'interface de raccordement, des données vidéo représentatives d'un champ de
25 vision, au travers d'une lunette simulée, dans l'environnement virtuel ; afficher sur l'afficheur les données vidéo reçues ; obtenir un enregistrement audio effectué en temps réel par le microphone ; comparer l'enregistrement audio avec une signature prédéterminée de déclenchement de tir avec le fusil ; et transmettre au poste de
30 contrôle via l'interface de raccordement, lorsque l'enregistrement audio coïncide avec la signature prédéterminée, un signal de détection de déclenchement de tir associé avec des mesures inertielles fournies par la unité de mesure inertielle et avec un réglage d'ajustement fourni par le dispositif de réglage de correction de dérive, afin de permettre au poste de contrôle de déterminer une trajectoire de tir dans l'environnement virtuel.

L'invention concerne également un procédé implémenté par un système de simulation incluant au moins un poste de contrôle et au moins une lunette de simulation de tir implémentant le procédé mentionné ci-dessus, chaque lunette de simulation étant raccordée à un dit poste de contrôle, le procédé implémenté par le système de simulation étant tel que chaque poste de contrôle détermine la trajectoire de tir dans l'environnement virtuel, lorsque ledit poste de contrôle reçoit le signal de détection de déclenchement de tir en provenance d'une dite lunette de simulation qui lui est raccordée.

Les caractéristiques de l'invention mentionnées ci-dessus, ainsi que d'autres, apparaîtront plus clairement à la lecture de la description suivante d'un exemple de réalisation, ladite description étant faite en relation avec les dessins joints, parmi lesquels :

- la Fig. 1 illustre schématiquement un système de simulation dans lequel la présente invention est implémentée ;
- la Fig. 2 illustre schématiquement une lunette de simulation utilisée dans le système de la Fig. 1 ;
- la Fig. 3A illustre schématiquement un exemple d'architecture matérielle d'une carte électronique incluse dans la lunette de simulation ;
- la Fig. 3B illustre schématiquement un exemple d'architecture matérielle d'une carte électronique incluse dans un poste de contrôle du système de la Fig. 1 ;
- la Fig. 4 illustre schématiquement un algorithme d'initialisation d'un mécanisme de détection de déclenchement de tir à vide inclus dans la lunette de simulation et implémenté grâce à la carte électronique incluse dans la lunette de simulation ;
- la Fig. 5 illustre schématiquement un algorithme, implémenté grâce à la carte électronique incluse dans la lunette de simulation, de gestion d'un afficheur inclus dans la lunette de simulation ;
- la Fig. 6 illustre schématiquement un algorithme, implémenté grâce à la carte électronique incluse dans la lunette de simulation, d'implémentation du mécanisme de détection de déclenchement de tir à vide ;
- la Fig. 7A illustre schématiquement un algorithme, implémenté grâce à la carte électronique incluse dans le poste de contrôle, d'implémentation d'un jeu de simulation ;

- la Fig. 7B illustre schématiquement un algorithme, implémenté grâce à la carte électronique incluse dans le poste de contrôle, de définition de données vidéo à fournir à l'afficheur inclus dans la lunette de simulation ;

- la Fig. 7C illustre schématiquement un algorithme, implémenté grâce à la carte électronique incluse dans le poste de contrôle, de vérification d'un tir simulé ;

- la Fig. 8 illustre schématiquement un exemple de rendu d'affichage sur l'afficheur inclus dans la lunette de simulation ; et

- la Fig. 9 illustre schématiquement une table de tir, utilisée par la carte électronique incluse dans le poste de contrôle, pour vérifier un tir simulé.

10

La **Fig. 1** illustre schématiquement un système de simulation dans lequel la présente invention est implémentée. Le système de simulation de la Fig. 1 inclut un poste de contrôle 13, un fusil 11 et une lunette de simulation 12.

Le poste de contrôle 13 implémente un jeu (« game » en anglais) de simulation adapté à l'entraînement de soldats, en reconstituant un environnement propre au champ opérationnel de combat de ces soldats. On parle généralement de « jeu sérieux ».

Le fusil 11 peut être un fusil factice dédié à la simulation.

Le fusil 11 est toutefois préférentiellement l'arme de service, non chargée, du soldat en simulation. Cela permet de mettre le soldat en question dans des conditions de simulation au plus proche de la réalité du terrain. Le fusil 11 est équipé de la lunette de simulation 12. La lunette de simulation 12 vient en remplacement d'une lunette habituellement utilisée par le soldat en opération avec le fusil 11. La lunette de simulation 12 est munie d'un mécanisme de fixation standard 23, par exemple de type rail Picatinny, permettant un montage sur une grande variété de fusils utilisés par les soldats en opération.

Le poste de contrôle 13 est donc configuré pour générer un environnement virtuel, préférentiellement à 360°, avec lequel un soldat en simulation doit interagir pour remplir une mission donnée. Le poste de contrôle 13 inclut préférentiellement un écran et un ou plusieurs périphériques d'entrée (clavier, souris, etc.) pour permettre à un instructeur, en charge de vérifier le déroulement de la simulation, respectivement de suivre ce qui est visualisé par le soldat en simulation via la lunette de simulation 12 et d'entrer des paramètres de simulation afin de définir, voire de modifier, la mission à remplir par le soldat en simulation ou les conditions de ladite mission. Ces paramètres

30

de simulation sont plus particulièrement le type de fusil simulé, le type de lunette simulée, le type des munitions simulées, la température ambiante, la pression atmosphérique, la direction et la force du vent. Ces paramètres ont en effet une influence sur la trajectoire d'un tir au fusil. D'autres paramètres de simulation peuvent aussi être modifiés de la sorte, comme par exemple le scénario de la mission (nombre
5 de cibles, leurs positions respectives à un instant donné dans l'environnement virtuel, leurs mouvements et leur interaction entre elles et le soldat en simulation, etc.). L'architecture matérielle du poste de contrôle 13 repose donc par exemple sur un ordinateur PC (« Personal Computer » en anglais) ou une tablette ou toute autre
10 machine ayant des ressources de traitement permettant de générer ledit environnement virtuel. Le poste de contrôle 13 inclut ainsi un système électronique 350 qui consiste en une ou plusieurs cartes électroniques équipées de composants. Considérons par la suite, de manière non limitative, que le système électronique 350 consiste en une carte électronique.

15 La lunette de simulation 12 permet l'immersion du soldat dans l'environnement virtuel. La lunette de simulation 12 est schématiquement illustrée sur la **Fig. 2**. Outre le mécanisme de fixation standard 23 susmentionné, la lunette de simulation 12 inclut : un système électronique 300 (non représentée sur la Fig. 2) ; un afficheur 21 ; un microphone 22 ; une diode électroluminescente 24 ; une molette de correction de
20 dérive (« windage » en anglais) 25 ; une molette de définition de grossissement (« zoom » en anglais) 26 ; une molette de correction de chute de balle (« bullet drop » en anglais) 27 ; une unité de mesure inertielle IMU 314 (non représentée sur la Fig. 2) ; et une interface de raccordement 28.

Le système électronique 300 consiste en une ou plusieurs cartes électroniques
25 équipées de composants. Considérons par la suite, de manière non limitative, que le système électronique 300 consiste en une carte électronique.

La carte électronique 300 est adaptée pour transmettre des données vidéo à afficher en temps réel par l'afficheur 21, pour recevoir des enregistrement audio effectués en temps réel par le microphone 22, pour contrôler la diode
30 électroluminescente 24, pour recevoir un réglage de la molette de correction de dérive 25, pour recevoir un réglage de la molette de définition de grossissement 26, pour recevoir un réglage de la molette de chute de balle 27, pour recevoir des mesures inertielle de l'unité de mesure inertielle IMU 314, et pour échanger avec le poste de contrôle 13 via l'interface de raccordement 29. La carte électronique 300 peut utiliser

une source d'alimentation autonome de la lunette de simulation 12 ou, en variante, utiliser une source d'alimentation fournie par le poste de contrôle 13 via l'interface de raccordement 28 (en fonction de la technologie utilisée pour réaliser l'interface de raccordement 28).

5 L'interface de raccordement 28 est ainsi destinée à connecter la lunette de simulation 12 au poste de contrôle 13. L'interface de raccordement 29 est par exemple de type USB (« Universal Serial Bus » en anglais) et / ou de type HDMI (« High Definition Multimedia Interface » en anglais). L'interface de raccordement 28 peut être conforme à une autre technologie de communication filaire, par exemple de type
10 Ethernet, et/ou à une technologie de communication sans-fil, par exemple de type Wi-Fi. L'interface de raccordement 28 doit être adaptée pour permettre au poste de contrôle 23 de transmettre en temps-réel un flux de données vidéo à faire afficher par l'afficheur 21 de la lunette de simulation 12.

La diode électroluminescente 24 est optionnelle. La diode électroluminescente
15 24 peut permettre à la carte électronique 300 de fournir diverses indications, par exemple pour indiquer que le raccordement avec le poste de contrôle 13 est opérationnel, qu'un tir a été détecté par la carte électronique 300, ou que la calibration de l'unité de mesure inertielle IMU 314 est en cours.

La molette de correction de chute de balle 27 est aussi optionnelle. En effet, il
20 existe des jeux de simulation adaptés à des tirs courte distance, comme par exemple des jeux simulant des objectifs situés à moins de 300 mètres du soldat. La chute de balle peut alors être négligée dans de tels jeux de simulation.

L'unité de mesure inertielle IMU 314 est configurée pour fournir des mesures inertielle, plus particulièrement les angles d'Euler, représentatives de l'axe de visée
25 du fusil 11.

L'afficheur 21 est configuré pour afficher une portion de l'environnement virtuel. Ladite portion affichée dépend notamment de l'axe de visée tel que notamment défini par les mesures inertielle de l'unité de mesure inertielle IMU 314. En effet, le soldat en simulation est considéré comme étant placé à une position
30 prédéterminée dans l'environnement virtuel, comme l'est un avatar dans tout jeu de simulation. La position de cet avatar peut d'ailleurs être définie en appliquant un décalage spatial prédéfini par rapport à la position d'un autre avatar dans l'environnement virtuel, comme par exemple un observateur (« spotter » en anglais) accompagnant le soldat en mission. L'observateur peut être simulé sur un poste de

contrôle supplémentaire, synchronisé par exemple par l'intermédiaire d'un serveur, avec le poste de contrôle 13, comme dans un mode de jeu multi-joueurs en réseau (« networked multiplayer gaming mode » en anglais) aussi dénommé « netplay ». Le nombre de poste de contrôle pour une simulation n'est pas limité. Le tireur peut ainsi être intégré dans un groupe de plusieurs dizaines de militaires. Lorsque l'avatar de l'observateur, dont la position sert de référence pour l'avatar du soldat en simulation avec le fusil 11, se déplace dans l'environnement virtuel pour des raisons tactiques, la position de l'avatar du soldat en simulation avec le fusil 11 est mise à jour. Un champ de vision FOV (« Field Of View » en anglais) du soldat en simulation via une lunette simulée par la lunette de simulation 12 est défini de manière cohérente avec le champ de vision qu'aurait ledit soldat sur le terrain avec une lunette réelle (celle qui est simulée), en appliquant un facteur de grossissement défini par le réglage de la molette de définition de grossissement 26. Toute action de réglage réalisée sur la molette de correction de dérive 25 déplace latéralement ce champ de vision selon un angle proportionnel à l'action de réglage réalisée. Toute action de réglage réalisée sur la molette de correction de chute de balle 27 déplace verticalement ce champ de vision selon un angle proportionnel à l'action de réglage réalisée. A noter que la lunette de simulation ne bouge pas, ni l'axe de visée du fusil 11, seulement le champ de vision via l'afficheur 21. Ce champ de vision FOV définit ainsi ladite portion de l'environnement virtuel affichée via l'afficheur 21. Les données vidéo permettant de reproduire ladite portion de l'environnement à afficher par l'afficheur 21 sont transmises à la lunette de simulation 12 par le poste de contrôle 13. L'afficheur 21 est en outre configuré pour afficher éventuellement des informations concernant les réglages effectués via la molette de correction de dérive 25, la molette de définition de grossissement 26, et la molette de correction de chute de balle 27. L'afficheur 21 est en outre configuré pour afficher éventuellement des informations concernant des conditions atmosphériques simulées. L'afficheur 21 est en outre configuré pour afficher éventuellement des informations concernant des munitions utilisées en simulation. Cet aspect est détaillé ci-après en relation avec les Figs. 5 et 7B.

L'unité de mesure inertielle IMU 314 peut être calibrée une fois pour toute vis-à-vis du magnétomètre que inclut ladite unité de mesure inertielle IMU 314 en effectuant des formes de « 8 » dans diverses directions avec la lunette de simulation 12 (éventuellement montée sur le fusil 11). On retrouve cette démarche dans la

calibration des magnétomètres de téléphones intelligents (« smartphones » en anglais). Cela permet de prendre en compte les effets du champ magnétique terrestre et de parasites magnétiques présents dans l'environnement physique dans lequel le soldat en simulation évolue au cours de la simulation. Un calibrage complémentaire peut être appliqué, au début de chaque simulation. Le fusil 11, équipé de la lunette de simulation 12, peut être posé sur le sol pour définir une élévation de référence. La calibration est déclenchée par le poste de contrôle 13 qui instruit en conséquence la carte électronique 300, pour réinitialiser les angles d'Euler ou les quaternions correspondants à l'attitude de l'unité de mesure inertielle IMU 314 dans l'espace. La réinitialisation des angles d'Euler ou des quaternions marque une direction de référence, qui est donnée par l'axe actuel du champ de vision de l'avatar représentant le soldat en simulation (par exemple, un axe par défaut : comme dans tout jeu vidéo en mode POV (« Point Of View » en anglais), la séquence de jeu commence selon un axe de champ de vision d'avatar par défaut) ou par l'axe de champ de vision de l'observateur susmentionné (par exemple, aussi un axe par défaut).

Le microphone 22 est destiné à enregistrer les bruits ambiants dans le but de permettre de détecter un déclenchement de tir à vide effectué par le soldat en simulation avec le fusil 11. Cet aspect est détaillé ci-après en relation avec la Fig. 6. Cela nécessite une définition préalable de signature. Un mode de réalisation est détaillé ci-après en relation avec la Fig. 4.

Comme montré sur la Fig. 2, le microphone 22 est préférentiellement placé du même côté de la lunette de simulation 12 que le mécanisme de fixation standard 23. Cela permet au microphone 22 de mieux capter les sons de déclenchement de tir à vide effectué par le soldat en simulation avec le fusil 11. La position du microphone 22 peut être différemment adaptée pour améliorer la proximité du microphone 22 avec le mécanisme de déclenchement de tir sur le fusil 11, afin d'en capter mieux le son et en améliorer la détection.

Les réglages effectués par le soldat en simulation grâce au moins à la molette de correction de dérive 25 et éventuellement grâce à la molette de correction de chute de balle 27, ainsi que l'axe de visée défini notamment par les mesures inertielles de l'unité de mesure inertielle IMU 314, au moment de la détection du déclenchement de tir à vide, sont analysés pour valider ou pas le tir. Cet aspect est détaillé par la suite en relation avec les Figs. 7A et 7C.

Dans un mode de réalisation particulier, l'unité de mesure inertielle IMU 314 est complétée par une autre l'unité de mesure inertielle IMU destinée à être placée sur le canon du fusil 11. Cette autre unité de mesure inertielle IMU est installée dans un boîtier séparé du reste de la lunette de simulation 12, ledit boîtier étant monté sur le fusil 11 grâce à un mécanisme de fixation standard, par exemple de type rail Picatinny (les fusils actuels sont équipés de ce type de rail pratiquement tout le long du canon). Le système électronique de la lunette de simulation 12 peut ainsi être réparti entre les deux boîtiers, chacun ayant potentiellement sa propre interface de raccordement avec le poste de contrôle 13. L'unité de mesure inertielle IMU 314 est configurée en mode « fusion de données » (mode de fonctionnement basse fréquence que l'on trouve classiquement dans les unités de mesure inertielle sur étagère) de manière à détecter des mouvements grossiers de changement d'axe de visée du fusil 11, et l'autre unité de mesure inertielle IMU est configurée en mode « données brutes » (mode de fonctionnement haute fréquence que l'on trouve aussi classiquement dans les unités de mesure inertielle sur étagère) pour détecter des mouvements fins de changement d'axe de visée du fusil 11, par exemple liés à la respiration du soldat en simulation. L'unité de mesure inertielle IMU 314 et cette autre unité de mesure inertielle IMU ont des sensibilités sur des plages de mesures complémentaires, pour permettre à la carte électronique 300 d'affiner les mesures inertielles de l'unité de mesure inertielle IMU 314, *e.g.* les angles d'Euler, par celles de cette autre unité de mesure inertielle IMU. Cette autre unité de mesure inertielle IMU est reliée à la carte électronique 300, par exemple grâce à une liaison série ou un câble USB, pour que la carte électronique 300 puisse traiter les mesures inertielles qui en proviennent. Cette autre unité de mesure inertielle IMU est calibrée en même temps que l'unité de mesure inertielle IMU 314 et de la même manière.

La **Fig. 3A** illustre schématiquement un exemple d'architecture matérielle de la carte électronique 300 incluse dans la lunette de simulation 12.

La carte électronique 300 inclut alors, reliés par un bus de communication 320 : un processeur ou microprocesseur μ C 310 ; une mémoire vive SRAM (« Static Read Access Memory » en anglais) 311 ; une mémoire FLASH (non représentée) ; une mémoire morte ROM (« Read Only Memory » en anglais) 312 de type EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read Only Memory); l'interface de raccordement 29 ; une unité de stockage ou un lecteur de support de stockage d'informations 313, tel qu'un lecteur de cartes SD (« Secure Digital » en anglais) ;

l'unité de mesure inertielle IMU 314 ; une interface de communication DISP 315 adaptée pour communiquer avec l'afficheur 21 ; une interface de communication MIC 316 adaptée pour communiquer avec le microphone 22 ; et un ensemble ADJ 316 d'interfaces de communication adaptées pour communiquer respectivement avec la
5 molette de correction de dérive 25, avec la molette de définition de grossissement 26 et avec la molette de correction de chute de balle 27.

Le microprocesseur μ C 310 est capable d'exécuter des instructions chargées dans la mémoire vive SRAM 311 à partir de la mémoire FLASH et/ou de la mémoire morte EEPROM 312, ou d'une mémoire externe, ou d'un support de stockage, ou
10 d'un réseau de communication. Lorsque la carte électronique 300 est mise sous tension, le microprocesseur μ C 310 est capable de lire de la mémoire vive SRAM 311 des instructions et de les exécuter. Ces instructions forment un programme d'ordinateur causant l'implémentation, par le microprocesseur μ C 310, de tout ou partie des algorithmes et étapes décrits ci-après en relation avec la lunette de
15 simulation 12.

Tout ou partie des algorithmes et étapes décrits ci-après en relation avec la lunette de simulation 12 peut ainsi être implémenté sous forme logicielle par exécution d'un ensemble d'instructions par une machine programmable, par exemple un processeur de signal numérique DSP (« Digital Signal Processor » en anglais) ou
20 un microprocesseur.

En variante, tout ou partie des algorithmes et étapes décrits ci-après en relation avec la lunette de simulation 12 peut être implémenté sous forme matérielle par une machine ou un composant (« chip » en anglais) dédié ou un ensemble de composants (« chipset » en anglais) dédié, comme par exemple un composant FPGA
25 (« Field-Programmable Gate Array » en anglais) ou un composant ASIC (« Application-Specific Integrated Circuit » en anglais).

La **Fig. 3B** illustre schématiquement un exemple d'architecture matérielle de la carte électronique 350 incluse dans le poste de contrôle 13.

La carte électronique 350 inclut alors, reliés par un bus de communication 370 :
30 un processeur CPU (« Central Processing Unit » en anglais) 360 ; une mémoire vive RAM 361 ; une mémoire morte ROM 362 ; une unité de stockage, telle qu'un disque dur HDD (« Hard Disk Drive » en anglais), ou un lecteur de support de stockage d'informations 363 ; une interface de communication COM 364 adaptée pour communiquer avec la lunette de simulation 12 ; une interface de communication SCR

365 adaptée pour communiquer avec l'écran du poste de contrôle 13 ; et une interface de communication IN 366 adaptée pour communiquer avec le(s) périphérique(s) d'entrée du poste de contrôle 13.

Le processeur CPU 360 est capable d'exécuter des instructions chargées dans la
5 mémoire vive RAM 361 à partir de la mémoire morte ROM 362, ou d'une mémoire externe, ou d'un support de stockage, ou d'un réseau de communication. Lorsque la carte électronique 350 est mise sous tension, le processeur CPU 360 est capable de lire de la mémoire vive RAM 361 des instructions et de les exécuter. Ces instructions forment un programme d'ordinateur causant l'implémentation, par le processeur CPU
10 360, de tout ou partie des algorithmes et étapes décrits ci-après en relation avec le poste de contrôle 13.

Tout ou partie des algorithmes et étapes décrits ci-après en relation avec le poste de contrôle 13 peut ainsi être implémenté sous forme logicielle par exécution d'un ensemble d'instructions par une machine programmable, par exemple un processeur
15 de signal numérique DSP ou un microprocesseur.

En variante, tout ou partie des algorithmes et étapes décrits ci-après en relation avec le poste de contrôle 13 peut être implémenté sous forme matérielle par une machine ou un composant dédié ou un ensemble de composants dédié, comme par exemple un composant FPGA ou un composant ASIC.

La **Fig. 4** illustre schématiquement un algorithme d'initialisation du mécanisme de détection de déclenchement de tir à vide inclus dans la lunette de simulation 12 et implémenté grâce à la carte électronique 300. L'algorithme de la Fig. 4 vise à permettre à la lunette de simulation 12 de construire une signature de déclenchement de tir à vide adaptée au fusil 11 sur lequel est fixée la lunette de simulation 12.
20 L'algorithme de la Fig. 4 est exécuté sur instruction du poste de contrôle 13, via l'interface de raccordement 29, avant d'immerger le soldat dans l'environnement virtuel.

Dans une étape 401, la lunette de simulation 12 réalise, grâce au microphone 22, un enregistrement audio d'un déclenchement de tir à vide effectué avec le fusil 11. Il
30 est préférable pendant cette opération de limiter les bruits ambiants, de manière à ce que l'enregistrement audio ne contienne en substance que le déclenchement de tir à vide en question. L'activation du microphone 22 pour démarrer l'enregistrement audio et la désactivation du microphone 22 pour arrêter l'enregistrement audio sont

déclenchées sur instruction du poste de contrôle 13, via l'interface de raccordement 29.

Dans une étape 402, la lunette de simulation 12 effectue une transposition fréquentielle de l'enregistrement audio effectué à l'étape 401. Une transformation de Fourier rapide FFT (« Fast Fourier Transform » en anglais) est préférentiellement implémentée pour ce faire, par exemple en utilisant l'algorithme de Cooley-Tukey. Cette transposition dans le domaine fréquentiel de l'enregistrement audio définit une signature spectrale représentative d'un déclenchement de tir à vide effectué avec le fusil 11.

Dans une étape 403, la lunette de simulation 12 mémorise la signature spectrale ainsi définie, de manière à permettre ultérieurement de reconnaître un déclenchement de tir à vide effectué avec le fusil 11 en conditions de simulation, tel que décrit ci-après en relation avec la Fig. 6.

La **Fig. 5** illustre schématiquement un algorithme, implémenté par la lunette de simulation 12 grâce à la carte électronique 300, de gestion de l'afficheur 21.

Dans une étape 501, la carte électronique 300 récupère des mesures inertielles auprès de l'unité de mesure inertielle IMU 314, et éventuellement de l'autre unité de mesure inertielle IMU évoquée en relation avec la Fig. 2. Dans un mode de réalisation particulier, ces mesures inertielles sont les angles d'Euler ou les quaternions correspondants à l'attitude du fusil 11 dans l'espace.

Dans une étape 502, la carte électronique 300 récupère des informations de réglage de grossissement, tel que défini par la molette de définition de grossissement 26.

Dans une étape 503, la carte électronique 300 récupère des informations de réglage de correction de dérive, tel que défini par la molette de correction de dérive 25. Préférentiellement, la carte électronique 300 récupère des informations de réglage de correction de chute de balle, tel que défini par la molette de correction de chute de balle 27. Ces réglages forment des réglages d'ajustement par rapport à l'axe de visée du fusil 11 défini par la position de l'avatar représentant le soldat en simulation dans l'environnement virtuel (ou par décalage prédéfini par rapport à la position d'un avatar représentant l'observateur) et par l'axe de champ de vision du soldat en simulation dans l'environnement virtuel, c'est-à-dire l'axe de référence obtenu par la calibration de l'unité de mesure inertielle IMU 314 (et éventuellement de l'autre unité de mesure inertielle évoquée en relation avec la Fig. 2) puis modifié selon les mesures

inertielles fournies par l'unité de mesure inertielle IMU 314 (et éventuellement par l'autre unité de mesure inertielle évoquée en relation avec la Fig. 2).

Dans une étape 504, la carte électronique 300 transmet au poste de contrôle 13 un signal de réglage, incluant les mesures inertielles récupérées à l'étape 501, les informations de réglage de grossissement récupérées à l'étape 502, les informations de réglage de correction de dérive récupérées à l'étape 503 et les informations de réglage de correction de chute de balle éventuellement récupérées à l'étape 503. Tel que décrit ci-après en relation avec la Fig. 7B, ces informations permettent au poste de contrôle 13 de définir des données vidéo à faire afficher par l'afficheur 21.

Dans une étape 505, la carte électronique 300 reçoit du poste de contrôle 13 ces données vidéo à faire afficher par l'afficheur 21.

Dans une étape 506, la carte électronique 300 détermine si des données complémentaires sont à afficher en superposition des données vidéo fournies par le poste de contrôle 13 et récupère lesdites données complémentaires le cas échéant. Ces données complémentaires sont par exemple les informations de réglage de grossissement récupérées à l'étape 502, les informations de réglage de correction de dérive éventuellement récupérées à l'étape 503 et les informations de réglage de correction de chute de balle éventuellement récupérées à l'étape 503. Ces données complémentaires sont par exemple aussi des informations représentatives de munitions utilisées en simulation. Ces données complémentaires sont par exemple aussi des informations concernant des conditions atmosphériques simulées (température, pression, direction et force du vent). La carte électronique 300 détermine préférentiellement quelles données complémentaires sont à afficher, d'après des consignes de configuration transmises par le poste de contrôle 13. Ces consignes de configuration sont typiquement définies par l'instructeur en charge de vérifier le déroulement de la simulation. En variante, l'affichage de certaines informations en superposition des données vidéo est décidé par le soldat en simulation. Par exemple, le soldat en simulation peut décider d'afficher ainsi les informations de réglage de correction de dérive éventuellement récupérées à l'étape 503, par appui sur la molette de correction de dérive 25 (tel que montré par la flèche A sur ma Fig. 2) et le soldat en simulation peut décider d'afficher ainsi les informations de réglage de correction de chute de balle éventuellement récupérées à l'étape 503, par appui sur la molette de correction de chute de balle 27 (tel que montré par la flèche B sur ma Fig. 2).

Dans une étape 507, la carte électronique 300 transmet à l'afficheur 21, pour affichage, les données vidéo reçues à l'étape 505, et configure l'afficheur 21 pour affichage par superposition des éventuelles données complémentaires identifiées à l'étape 506. L'affichage par superposition s'effectue par exemple selon une technique
5 de type OSD (« On Screen Display » en anglais), telle qu'utilisée dans l'affichage des menus des dispositifs électroniques grand public à écran. Si le réticule inhérent aux lunettes de tir n'est pas directement représenté dans les données vidéo transmises par le poste de contrôle 13 à la carte électronique 300, ce réticule peut aussi être ajouté par superposition par la carte électronique 300. Un exemple de rendu sur l'afficheur 21 est
10 schématiquement illustré sur la **Fig. 8**.

La **Fig. 6** illustre schématiquement un algorithme, implémenté par la lunette de simulation 12 grâce à la carte électronique 300, d'implémentation du mécanisme de détection de déclenchement de tir à vide.

Dans une étape 601, la carte électronique 300 effectue, grâce au microphone 22,
15 un enregistrement audio en temps réel des bruits ambiants, en cours de simulation.

Dans une étape 602, la carte électronique 300 effectue une transposition fréquentielle de l'enregistrement audio. Une transformation de Fourier rapide FFT est préférentiellement implémentée pour ce faire, comme dans le cadre de l'étape 402.

Dans une étape 603, la carte électronique 300 effectue une comparaison de la
20 transposition fréquentielle effectuée à l'étape 602 avec une signature préétablie de déclenchement de tir à vide pour le fusil 11. Cette signature peut être un modèle préétabli. Par exemple, le poste de contrôle 13 dispose d'une librairie de signatures pour un ensemble de modèles de fusil respectifs, et la carte électronique 300 reçoit la signature en question de la part du poste de contrôle 13, suite typiquement à une
25 configuration effectuée par l'instructeur en charge de vérifier le déroulement de la simulation. Cette signature peut aussi être obtenue par la carte électronique 300 comme déjà décrit en relation avec la Fig. 4, ce qui peut aussi d'ailleurs permettre de peupler la librairie susmentionnée pour des simulations ultérieures.

Dans une étape 604, la carte électronique 300 vérifie s'il y a correspondance
30 entre la transposition fréquentielle effectuée à l'étape 602 et la signature en question. En d'autres termes, la carte électronique 300 effectue une recherche de corrélation fréquentielle entre la transposition fréquentielle effectuée à l'étape 602 et la signature en question, avec un taux de probabilité supérieur à un seuil prédéfini. S'il y a

correspondance, un déclenchement de tir à vide effectué avec le fusil 11 en conditions de simulation est détecté et une étape 605 est effectuée ; sinon, l'étape 601 est réitérée.

Dans l'étape 605, la carte électronique 300 récupère des informations de réglages d'ajustement par rapport à l'axe de visée du fusil 11 défini par les mesures inertielles. Comme déjà mentionné en relation avec la Fig. 5, ces réglages correspondent à ceux effectués via la molette de correction de dérive 25 et éventuellement via la molette de correction de chute de balle 27.

Dans une étape 606, la carte électronique 300 récupère les mesures inertielles, de manière à permettre de connaître l'axe de visée du fusil 11 dans l'environnement virtuel.

Dans une étape 607, la carte électronique 300 transmet au poste de contrôle 13 un signal de détection de déclenchement de tir, incluant les mesures inertielles récupérées à l'étape 606, les informations de réglage de correction de dérive récupérées à l'étape 605 et les informations de réglage de correction de chute de balle éventuellement récupérées à l'étape 605. Tel que décrit ci-après en relation avec la Fig. 7C, ces informations permettent au poste de contrôle 13 de déterminer si le tir est valide ou pas. L'étape 601 est ensuite réitérée.

Une autre approche pour reconnaître un déclenchement de tir à vide effectué avec le fusil 11 en conditions de simulation est de rechercher une corrélation temporelle entre l'enregistrement audio effectué par le microphone 22 en cours de simulation et un enregistrement audio d'un déclenchement de tir à vide effectué avec le fusil 11 préalablement à la simulation. La recherche de corrélation s'effectue alors directement à partir de l'enregistrement audio effectué par le microphone 22 en cours de simulation, sans passer par une transposition spectrale. La recherche de corrélation consiste à déterminer si à un instant donné (ou plutôt sur une période donnée, car le déclenchement de tir n'est pas instantané) l'enregistrement audio fait en simulation par le microphone 22 correspond à l'enregistrement audio réalisé préalablement à la simulation, avec un taux de probabilité supérieur à un seuil prédéfini. La recherche de corrélation s'effectue alors grâce à un filtre spécifique, appelé « filtre adapté » (« matched filter » en anglais), aussi appelé « filtre de North ». Le filtre adapté est alors formé sur la base de l'enregistrement audio réalisé préalablement à la simulation, temporellement inversé. L'utilisation d'un tel filtre permet de maximiser le rapport signal-à-bruit, en considérant notamment que l'enregistrement audio fait en simulation

par le microphone 22 peut inclure un bruit ambiant non présent dans l'enregistrement audio effectué préalablement à la simulation.

A noter que les informations de réglage de correction de dérive, les informations de réglage de correction de chute de balle et les informations de réglage de grossissement peuvent être transmises par la carte électronique 300 dans un processus
5 indépendant des algorithmes des Figs. 5 et/ou 6 (par exemple par transmission d'un signal dédié à chaque fois qu'une modification de réglage est effectuée), et auquel cas le signal de réglage de l'algorithme de la Fig. 5 et/ou le signal de déclenchement de tir de la Fig. 6 n'ont pas besoin d'inclure de telles informations. Le poste de contrôle 13
10 est alors en effet en mesure de déterminer quels réglages ont été effectués par le soldat en simulation au moment de la réception du signal de réglage de l'algorithme de la Fig. 5 et/ou du signal de déclenchement de tir de la Fig. 6.

La **Fig. 7A** illustre schématiquement un algorithme, implémenté par le poste de contrôle 13 grâce à la carte électronique 350, d'implémentation d'un jeu de
15 simulation.

Dans une étape 701, la carte électronique 350 déroule un jeu de simulation selon un scénario de mission prédéterminé. Typiquement, le scénario de la mission (nombre de cibles, leurs positions respectives à un instant donné dans l'environnement virtuel, etc.) est configuré par l'instructeur en charge de surveiller la simulation.

Dans une étape 702, la carte électronique 350 prend en compte des événements venant modifier le déroulement du jeu de simulation. Par exemple, de tels événements sont des changements de configuration effectués par l'instructeur en charge de surveiller la simulation. Plus particulièrement, de tels événements sont liés à une
20 interaction du soldat en simulation avec l'environnement virtuel, et notamment des détections de déclenchement de tir par le soldat en simulation. Cet aspect est détaillé ci-après en relation avec la Fig. 7C.

La **Fig. 7B** illustre schématiquement un algorithme, implémenté par le poste de contrôle 13 grâce à la carte électronique 350, de définition de données vidéo à fournir à l'afficheur 21.

Dans une étape 711, la carte électronique 350 reçoit un signal de réglage de la part de la lunette de simulation 12, comme évoqué en relation avec la Fig. 5.

Dans une étape 712, la carte électronique 350 définit un champ de vision pour l'avatar représentant le soldat en simulation dans l'environnement virtuel. Ce champ de vision est défini, selon des dimensions prédéfinies (*i.e.* cadre) :

- en prenant comme référence centrale du champ de vision l'axe de visée du fusil 11, tel que notamment défini par les mesures inertielles ;

- en ajustant le grossissement, dans lesdites dimensions prédéfinies, selon l'action de réglage réalisée sur la molette de définition de grossissement 26 ;

5 - en ajustant latéralement cette référence centrale selon un angle proportionnel à l'action de réglage réalisée sur la molette de correction de dérive 25 ;

- en ajustant éventuellement verticalement cette référence centrale selon un angle proportionnel à l'action de réglage réalisée sur la molette de correction de chute de balle 27.

10 Dans une étape 713, la carte électronique 350 transmet à la lunette de simulation 12, en vue d'un affichage par l'afficheur 21, des données vidéo de l'environnement virtuel correspondant au champ de vision défini à l'étape 712. Ces données vidéo peuvent inclure la représentation d'un réticule inhérent aux lunettes de tir, comme on peut le voir sur la Fig. 8.

15 La **Fig. 7C** illustre schématiquement un algorithme, implémenté par le poste de contrôle 13 grâce à la carte électronique 350, de vérification d'un tir simulé.

Dans une étape 721, la carte électronique 350 reçoit un signal de détection de déclenchement de tir de la part de la lunette de simulation 12, comme évoqué en relation avec la Fig. 6.

20 Dans une étape 722, la carte électronique 350 détermine une trajectoire de tir dans l'environnement virtuel. La trajectoire de tir est déterminée par la position de l'avatar représentant le soldat en simulation dans l'environnement virtuel (ou par décalage prédéfini par rapport à la position d'un avatar représentant l'observateur) et l'axe de visée du fusil, corrigé latéralement par le réglage de dérive et corrigé
25 éventuellement en élévation par le réglage de correction de chute de balle. La carte électronique 350 utilise aussi pour ce faire un jeu de tables de tir représentatives d'un modèle de déviation subie par une balle tirée avec le fusil 11. Le jeu de tables de tir fournit, en fonction de la distance parcourue par une balle simulée, des informations de déviation de tir en fonction en outre de la force et de la direction du vent et
30 éventuellement des informations de chute de balle. Il existe typiquement un jeu de tables de tir pour chaque type de munitions et de fusil utilisables en simulation. Un exemple d'une telle table de tir est décrit ci-après en relation avec la Fig. 9.

Chaque table de tir est associée à une distance prédéfinie (*e.g.* 1000 mètres) ou à un intervalle de distances (*e.g.* de 900 à 1100 mètres) et fournit des informations de

déviations de tir en fonction de la force et de la direction du vent. L'unité généralement utilisée pour représenter une déviation de tir est la minute d'angle MOA (« Minute Of Angle » en anglais) ou le millième angulaire MIL utilisé par l'artillerie (un MIL est égal à un angle représentant un mètre à mille mètres). La direction du vent est généralement donnée selon un repérage de cadran horaire (à 12 h, le vent vient de face ; à 3 h, le vent vient à 90° de la droite ; à 6 h, le vent vient de dos ; à 9 h, le vent vient à 90° de la gauche). Pour des distances différentes avec un même type de munitions et un même type de fusil, la déviation est différente (la déviation augmente avec la distance).

10 Chaque table de tir peut en outre fournir une information de chute de balle en fonction de la distance associée à ladite table de tir.

Chaque table de tir peut en outre fournir une information de chute de balle (ou de frein de chute de balle), en fonction de la température ambiante, ainsi qu'une information de chute de balle en fonction de la pression.

15 Chaque table de tir peut en outre fournir une information de temps de vol de la balle pour parcourir la distance associée à ladite table de tir.

La carte électronique 350 détermine ainsi la trajectoire de tir en partant de l'axe de visée du fusil, depuis la position de l'avatar du soldat en simulation dans l'environnement virtuel, corrigé latéralement par le réglage de dérive et corrigé éventuellement en élévation par le réglage de correction de chute de balle, puis en appliquant les données de déviation précisées dans le jeu de tables de tir applicable.

20 Lorsque les réglages ajustements compensent parfaitement les données de déviation inscrites dans la table de tir applicable en fonction de la distance de la cible, le point d'arrivée de la balle à la distance en question est à la croisée du réticule.

25 Lorsque les réglages ajustements ne compensent pas parfaitement les données de déviation inscrites dans la table de tir applicable en fonction de la distance de la cible, le point d'arrivée de la balle à la distance en question est décalé par rapport à la croisée du réticule. Cela ne signifie pas pour autant que le tir est raté. En effet, lors de plusieurs tirs successifs, le soldat en simulation peut effectuer un premier tir avec des réglages d'ajustement grossiers grâce aux molettes de correction de dérive 25 et de chute de balle 27, voir où arrive la balle dans l'environnement virtuel, et ajuster le ou les tirs suivants en s'aidant des plots du réticule (ce qui change l'axe de visée du fusil 11). A noter d'ailleurs que le soldat en simulation se sert typiquement aussi de ces plots pour déterminer la distance par rapport à la cible dans l'environnement virtuel.

En effet, ces plots sont séparés d'une distance prédéfinie dans le réticule, typiquement un MIL. En connaissant l'ordre de grandeur des dimensions de la cible, le soldat en simulation peut donc évaluer la distance de la cible en se servant des plots.

Dans une étape 723, le déroulement du jeu de simulation prend en compte la trajectoire du tir ainsi déterminée. Le point d'arrivée de la balle est matérialisé dans l'environnement virtuel par un effet spécial dépendant typiquement de la munition utilisée (nuage plus ou moins grand en fonction du calibre). Le déroulement du jeu de simulation peut prendre en compte le temps de vol de la balle pour augmenter le réalisme. Il est mis fin à l'algorithme de la Fig. 7C. La matérialisation du tir peut aussi dépendre de calculs de dégâts sur la cible, si celle-ci est touchée par le tir. Un modèle est utilisé, qui dépend de la nature de la cible et de son taux de protection, de la munition simulée (munitions de plus ou moins gros calibre, explosives ou non) et de la distance de la cible par rapport au soldat en simulation dans l'environnement virtuel (vitesse à l'impact). Si la cible n'est pas touchée par le tir, une imprécision statistique autour de la cible peut être utilisée pour rendre le tir plus aléatoire dans le déroulement du jeu de simulation. Il est alors mis fin à l'algorithme de la Fig. 7C.

La **Fig. 8** illustre schématiquement un exemple de rendu d'affichage sur l'afficheur 21.

Le rendu illustré sur la Fig. 8 montre le champ de vision 806 résultant des données vidéo générées par le poste de contrôle 13.

Le rendu illustré sur la Fig. 8 montre le réticule 805, avec ses plots, en superposition du champ de vision 806. Le poste de contrôle 13 a la possibilité de changer le type de réticule, qui est souvent spécifique à chaque marque de lunette.

Le rendu illustré sur la Fig. 8 montre un affichage de conditions atmosphériques 801, en superposition, d'une direction de vent simulée WDIR (ici à 2 h) et d'une force de vent simulée WSP (ici 12 km/h), ainsi qu'une température ambiante simulée T (ici 18°C) et une pression atmosphérique P (1013 hPa).

Le rendu illustré sur la Fig. 8 montre un affichage de facteur de grossissement 802 (ici 7 fois).

Le rendu illustré sur la Fig. 8 montre un affichage de réglage d'ajustement 803, à savoir de correction de chute de balle BDC (ici 12 ¼ vers le haut) et de correction de dérive WG (ici 3 ¼ vers la droite).

Le rendu illustré sur la Fig. 8 montre un affichage de munitions simulées 804.

La **Fig. 9** illustre schématiquement une table de tir, utilisée par la carte électronique 350, pour vérifier un tir simulé.

La Fig. 9 montre sur la gauche un premier tableau de correction de chute de balle (correction donnée en minutes d'angle sur la droite du tableau) à appliquer en fonction de paliers de température (paliers de température indiqués sur la gauche du tableau en °C). Une correction de chute de balle positive indique un frein de chute de balle (la balle chute même à température ambiante élevée à cause de la distance).

La Fig. 9 montre, à droite du premier tableau de correction de chute de balle, un second tableau de correction de chute de balle (correction donnée en minutes d'angle sur la droite du tableau) à appliquer en fonction de paliers de pression atmosphérique (paliers de pression atmosphérique indiqués sur la gauche du tableau en hPa).

La Fig. 9 montre, en dessous du premier tableau de correction de chute de balle, une correction de chute de balle liée à la distance (1000 mètres ici), et juste à côté une indication de temps de vol de la balle pour parcourir la distance associée.

Sur la droite de la Fig. 9 est représenté un tableau de correction de dérive en fonction de la direction du vent et de la force du vent. Les indications cerclées représentent la direction du vent (seule une moitié du repérage horaire est présentée puisque les données sont symétriques). La force du vent (en km/h) est indiquée aux extrémités des demi-cercles représentés, et la correction à appliquer est indiquée sur lesdits demi-cercles pour chaque direction prédéfinie.

REVENDEICATIONS

1) Lunette de simulation de tir (12) destinée à être installée sur un fusil (11), incluant une première unité de mesure inertielle (314), un dispositif de réglage de correction de dérive (25), un système électronique (300), un microphone (22), un afficheur (21) et une interface (28) de raccordement à un poste de contrôle (13), la lunette de simulation de tir étant telle que le système électronique inclut :

- des moyens pour recevoir (505), via l'interface de raccordement, des données vidéo représentatives d'un champ de vision, au travers d'une lunette simulée, dans l'environnement virtuel ;

- des moyens pour afficher (507) sur l'afficheur les données vidéo reçues ;

- des moyens pour obtenir (601) un enregistrement audio effectué en temps réel par le microphone ;

- des moyens pour comparer (603) l'enregistrement audio avec une signature prédéterminée de déclenchement de tir avec le fusil ; et

- des moyens pour transmettre (607) au poste de contrôle via l'interface de raccordement, lorsque l'enregistrement audio coïncide avec la signature prédéterminée, un signal de détection de déclenchement de tir associé avec des mesures inertielle fournies par la première unité de mesure inertielle et avec un premier réglage d'ajustement fourni par le dispositif de réglage de correction de dérive, afin de permettre au poste de contrôle de déterminer une trajectoire de tir dans l'environnement virtuel.

2) Lunette de simulation de tir selon la revendication 1, incluant en outre un dispositif de réglage de correction de chute de balle (27), et telle que le signal de détection de déclenchement de tir est en outre associé avec un second réglage d'ajustement fourni par le dispositif de réglage de correction de chute de balle, afin de permettre au poste de contrôle d'en tenir compte pour déterminer la trajectoire de tir dans l'environnement virtuel.

3) Lunette de simulation de tir selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, dans laquelle le système électronique inclut des moyens pour effectuer (401) un enregistrement audio d'un déclenchement de tir à vide effectué avec le fusil et des

moyens pour définir (403) la signature à partir de l'enregistrement audio du déclenchement de tir à vide.

4) Lunette de simulation de tir selon l'une quelconque des revendications 1 à 3,
5 dans laquelle le système électronique inclut des moyens pour effectuer (602) une transposition fréquentielle de l'enregistrement audio et dans laquelle la signature prédéterminée est une signature spectrale.

5) Lunette de simulation de tir selon l'une quelconque des revendications 1 à 4,
10 incluant en outre une seconde unité de mesure inertielle, et dans laquelle le système électronique inclut des moyens pour affiner les mesures inertielles fournies par la première unité de mesure inertielle grâce à des mesures inertielles fournies par la seconde unité de mesure inertielle, la première unité de mesure inertielle étant configurée en mode fusion de données et la seconde unité de mesure inertielle étant
15 configurée en mode données brutes.

6) Système de simulation incluant au moins un poste de contrôle et au moins une lunette de simulation de tir (12) selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, chaque lunette de simulation étant raccordée à un dit poste de contrôle (13), chaque
20 poste de contrôle incluant des moyens pour déterminer (722) la trajectoire de tir dans l'environnement virtuel, lorsque ledit poste de contrôle reçoit le signal de détection de déclenchement de tir en provenance d'une dite lunette de simulation qui lui est raccordée.

25 7) Système de simulation selon la revendication 6, dans lequel chaque poste de contrôle incluant au moins un jeu de tables de tir fournissant, en fonction d'une distance parcourue par une balle simulée, des données de déviation de tir en fonction en outre de la force et de la direction du vent, et dans lequel les moyens pour déterminer la trajectoire de tir dans l'environnement virtuel incluent :

- 30
- des moyens pour déterminer une position du soldat en simulation dans l'environnement virtuel au moment du déclenchement de tir ;
 - des moyens pour déterminer l'axe de visée du fusil grâce aux mesures inertielles associées avec le signal de détection de déclenchement de tir ;

- des moyens pour corriger latéralement l'axe de visée du fusil par le premier réglage d'ajustement ; et
- des moyens pour appliquer les données de déviation précisées dans le jeu de tables de tir.

5

8) Système de simulation selon la revendication 7, dans lequel chaque jeu de tables de tir fournit, en fonction d'une distance parcourue par une balle simulée, des données de chute de balle, dans lequel la lunette de simulation comporte un dispositif de réglage de correction de chute de balle (27), dans lequel le signal de détection de déclenchement de tir est en outre associé avec un second réglage d'ajustement fourni par le dispositif de réglage de correction de chute de balle, dans lequel les moyens pour déterminer la trajectoire de tir dans l'environnement virtuel incluent en outre des moyens pour corriger en élévation l'axe de visée du fusil par le second réglage d'ajustement.

15

9) Système de simulation selon la revendication 8, dans lequel chaque jeu de tables de tir fournit, en fonction d'une distance parcourue par une balle simulée, des données de chute de balle en fonction d'une température ambiante et d'une pression atmosphérique dans l'environnement simulé.

20

10) Système de simulation selon l'une quelconque des revendications 7 à 9, dans lequel la position du soldat en simulation dans l'environnement virtuel est fixée par application d'un décalage prédéfini par rapport à un avatar d'un observateur accompagnant le soldat en simulation dans l'environnement virtuel.

25

11) Procédé implémenté par une lunette de simulation de tir (12) qui est installée sur un fusil (11) et qui inclut une unité de mesure inertielle (314), un dispositif de réglage de correction de dérive (25), un système électronique (300), un microphone (22), un afficheur (21) et une interface (28) de raccordement à un poste de contrôle (13), le procédé étant tel que le système électronique effectue les étapes suivantes :

30

- recevoir (505), via l'interface de raccordement, des données vidéo représentatives d'un champ de vision, au travers d'une lunette simulée, dans l'environnement virtuel ;
- afficher (507) sur l'afficheur les données vidéo reçues ;

- obtenir (601) un enregistrement audio effectué en temps réel par le microphone ;

- comparer (603) l'enregistrement audio avec une signature prédéterminée de déclenchement de tir avec le fusil ; et

5 - transmettre (607) au poste de contrôle via l'interface de raccordement, lorsque l'enregistrement audio coïncide avec la signature prédéterminée, un signal de détection de déclenchement de tir associé avec des mesures inertielles fournies par la unité de mesure inertielle et avec un réglage d'ajustement fourni par le dispositif de réglage de correction de dérive, afin de permettre au poste de contrôle de déterminer
10 une trajectoire de tir dans l'environnement virtuel.

12) Procédé implémenté par un système de simulation incluant au moins un poste de contrôle (13) et au moins une lunette de simulation de tir (12) implémentant le procédé selon la revendication 11, chaque lunette de simulation étant raccordée à un
15 dit poste de contrôle, le procédé étant tel que chaque poste de contrôle détermine (722) la trajectoire de tir dans l'environnement virtuel, lorsque ledit poste de contrôle reçoit le signal de détection de déclenchement de tir en provenance d'une dite lunette de simulation qui lui est raccordée.

20 13) Produit programme d'ordinateur, caractérisé en ce qu'il comprend des instructions pour implémenter le procédé selon la revendication 11, lorsque ledit programme est exécuté par un processeur (310).

25 14) Support de stockage d'informations, caractérisé en ce qu'il stocke un programme d'ordinateur comprenant des instructions pour implémenter le procédé selon la revendication 11, lorsque ledit programme est exécuté par un processeur (310).

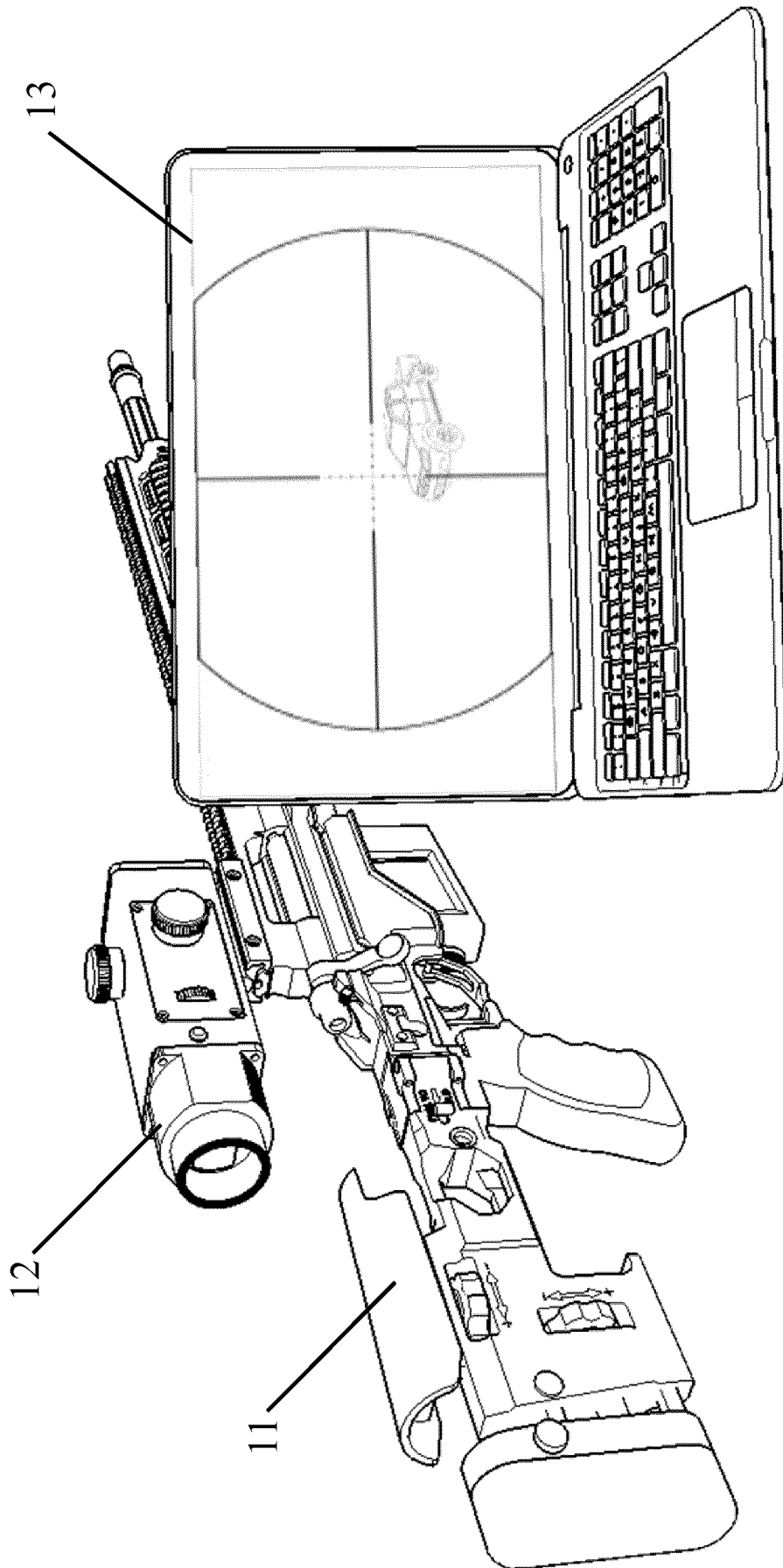


Fig. 1

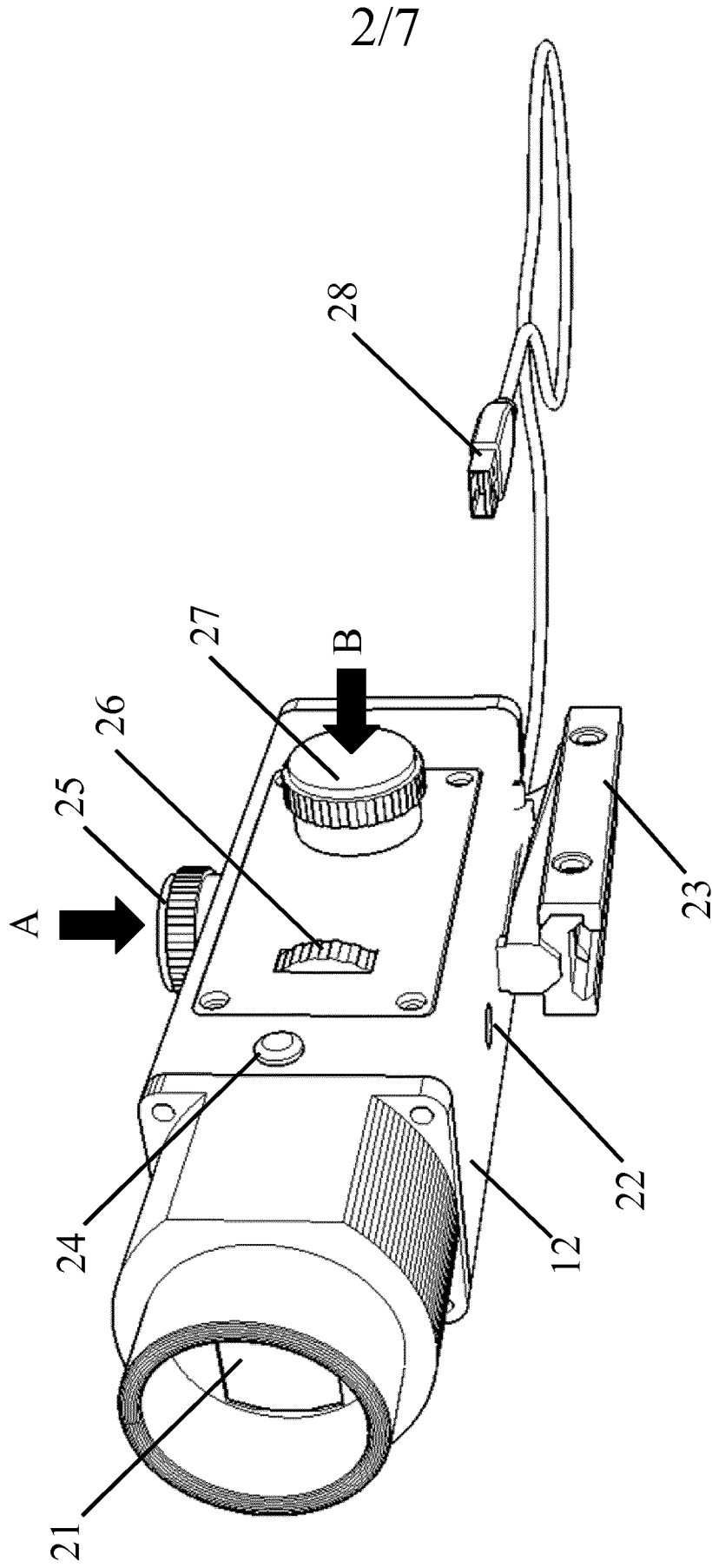


Fig. 2

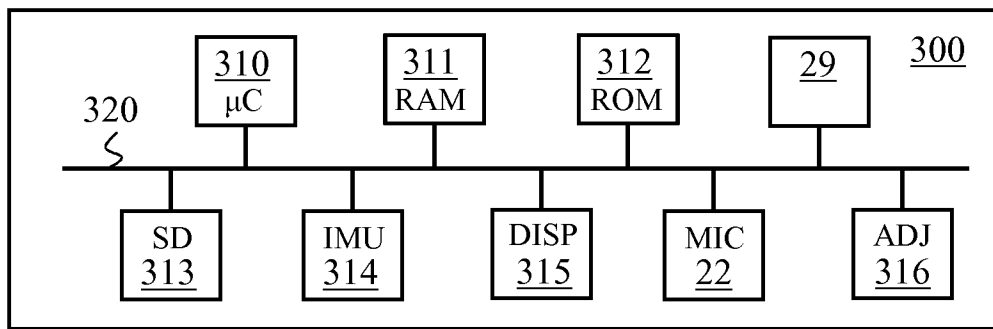


Fig. 3A

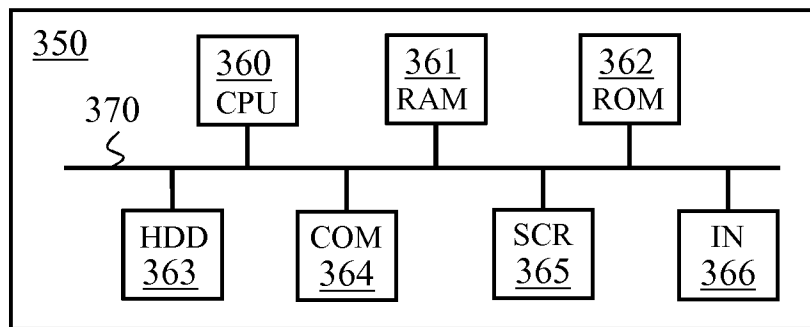


Fig. 3B

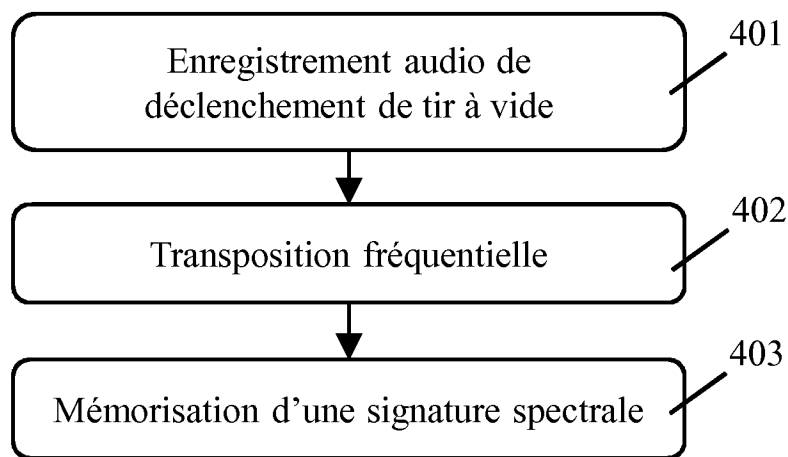


Fig. 4

4/7

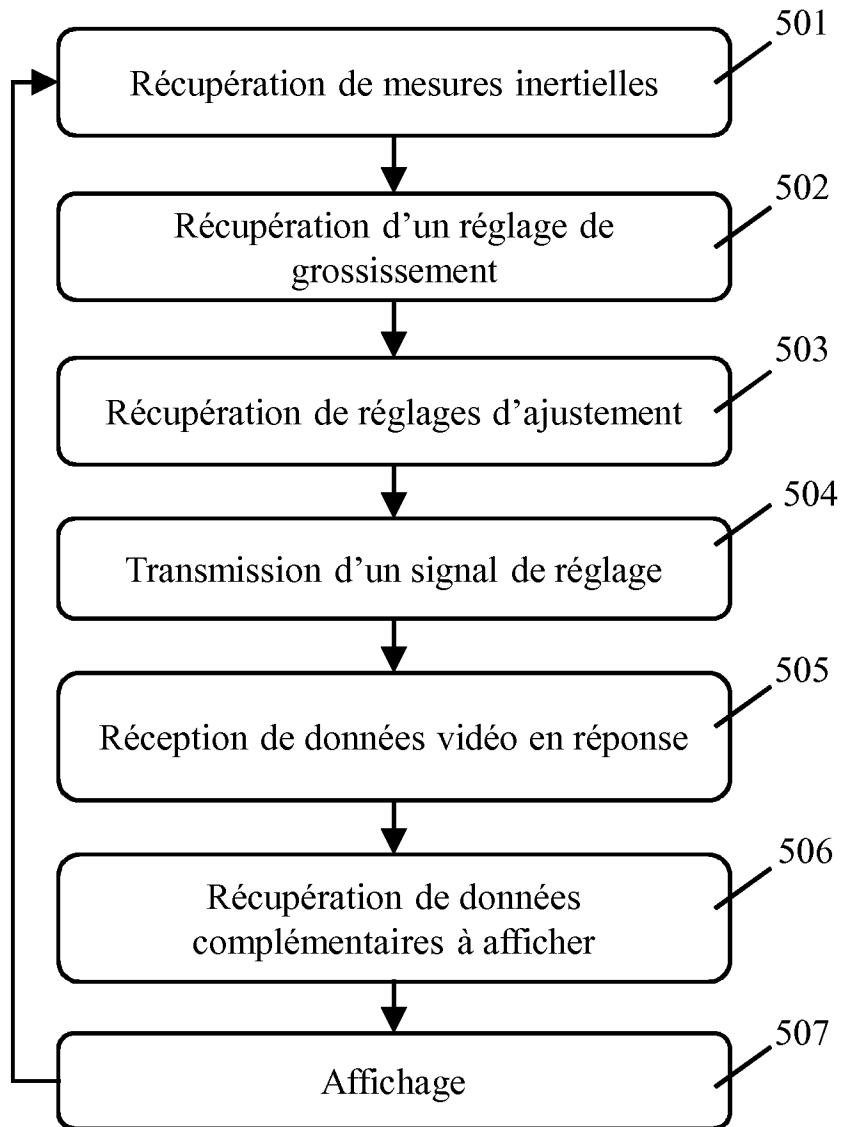


Fig. 5

5/7

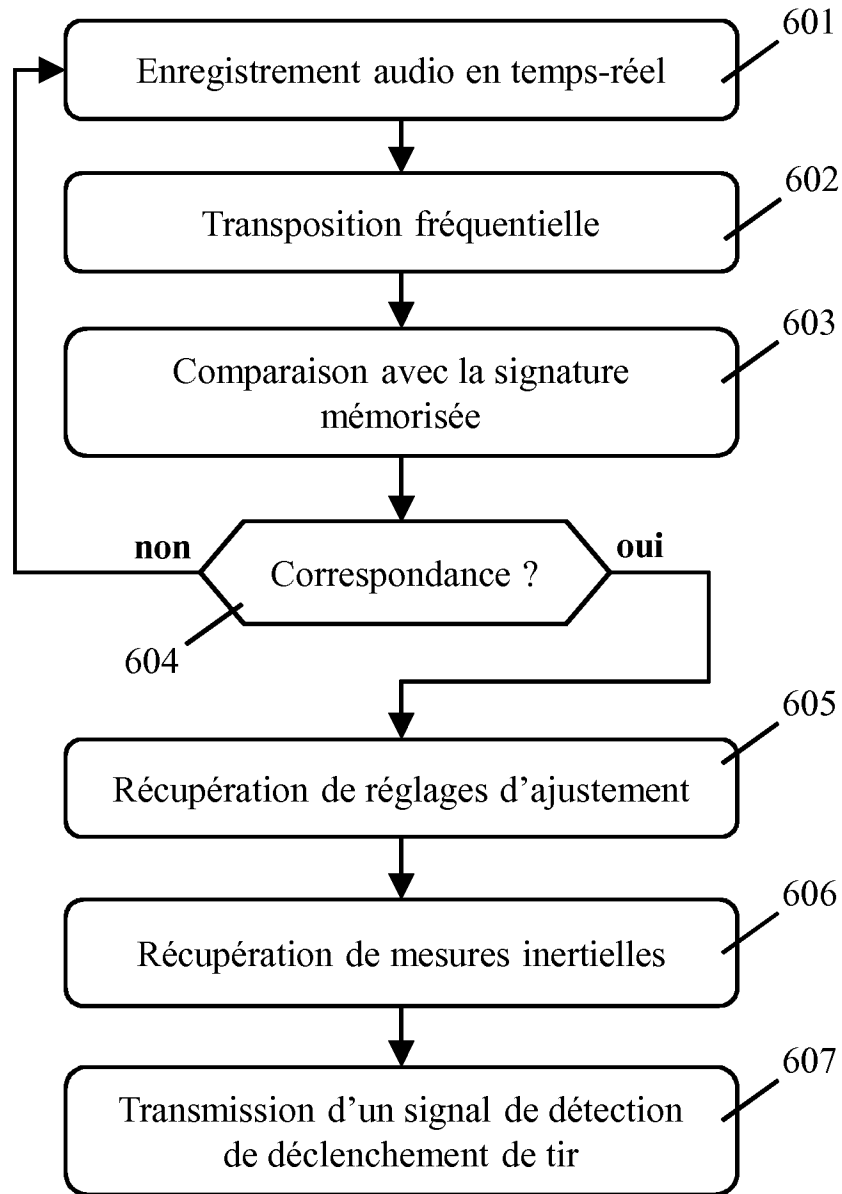


Fig. 6

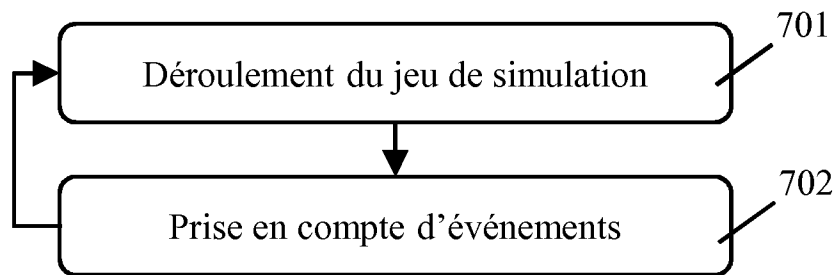


Fig. 7A

6/7

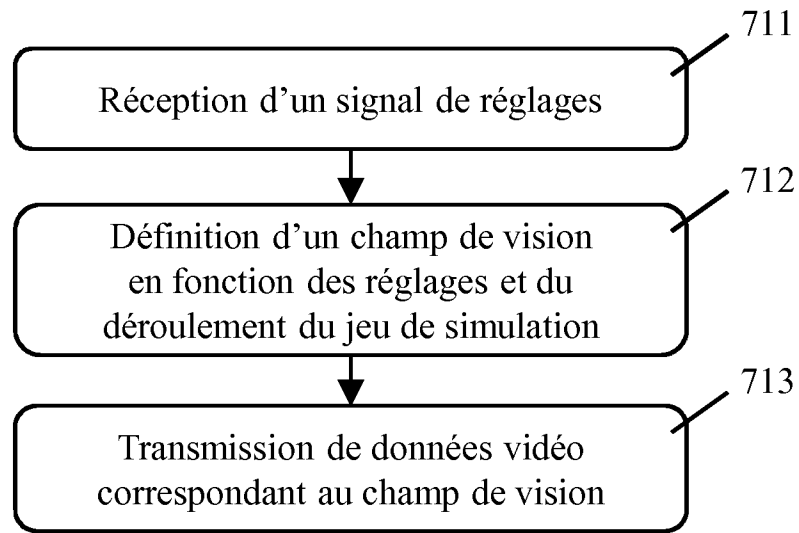


Fig. 7B

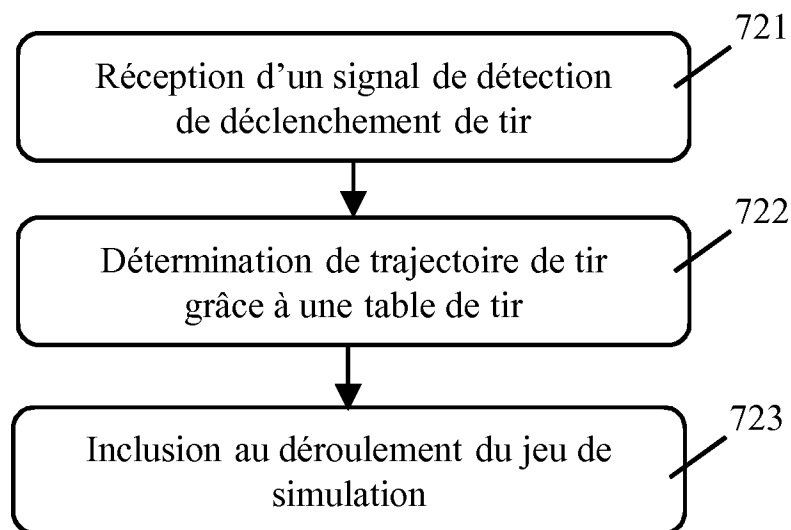


Fig. 7C

7/7

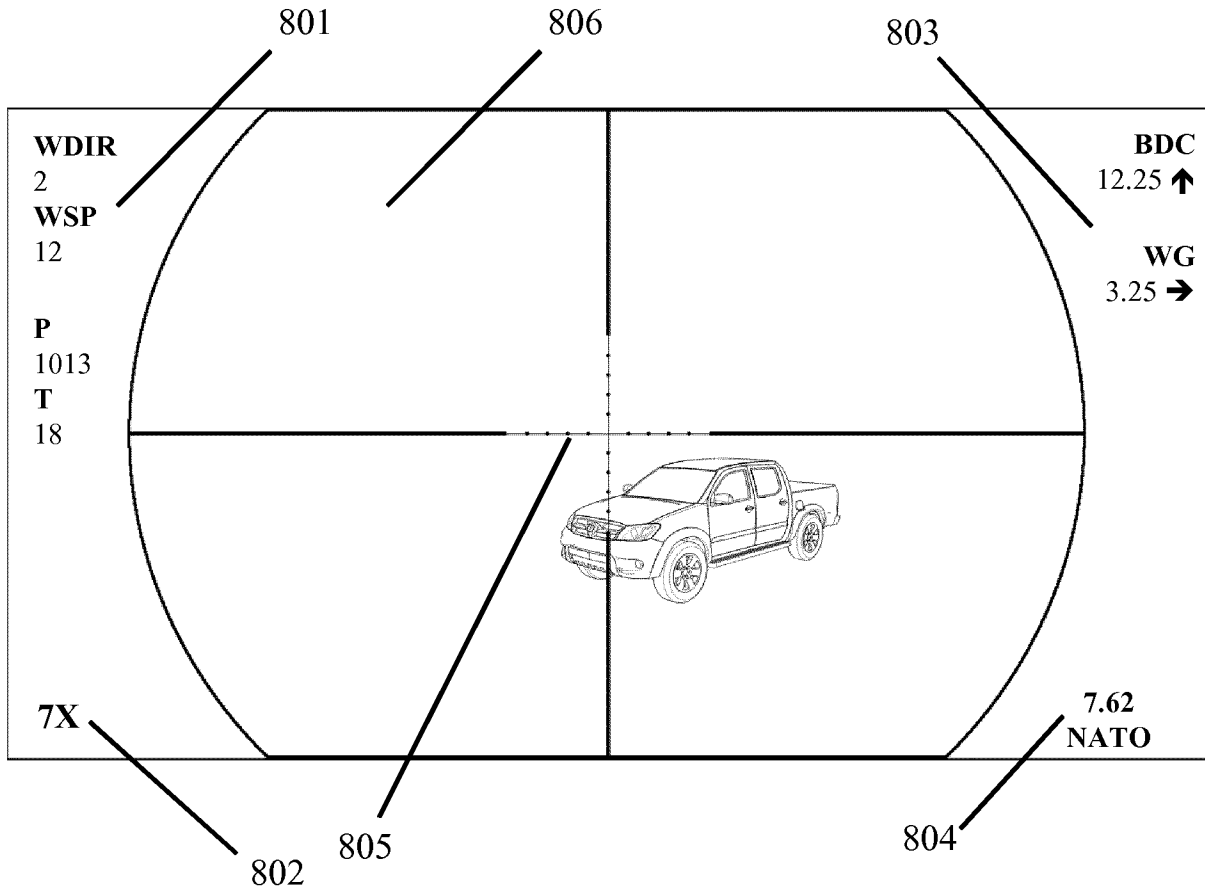


Fig. 8

| T (°C) | | P (hPa) | |
|--------|------|---------|-------|
| +45 | -1.5 | 990 | -0.25 |
| +25 | -1 | 960 | -1 |
| +15 | -0.5 | 930 | -1.75 |
| +5 | 0 | 900 | -2.5 |
| 0 | 0.5 | 870 | -3.25 |
| -5 | 1 | 840 | -4 |
| -15 | 1.5 | 810 | -4.75 |

| D (m) | | t (s) |
|-------|--------|-------|
| 1000 | -30.75 | 1.6 |

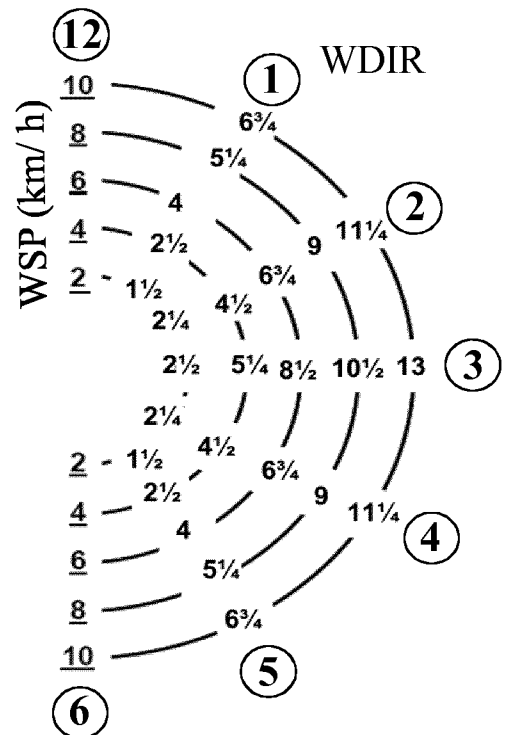


Fig. 9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2017/080172

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. F41G3/26
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
F41G F41A

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|-----------|---|-----------------------|
| A | US 2011/207089 A1 (LAGETTIE DAVID ALFRED A [AU] ET AL) 25 August 2011 (2011-08-25) paragraphs [0022] - [0027], [0029], [0031] - [0033], [0037], [0040] - [0046], [0049], [0050], [0057], [0071] - [0079]; figures 1,7 | 1-14 |
| A | US 2009/155747 A1 (CORNETT ALAN G [US] ET AL) 18 June 2009 (2009-06-18) paragraphs [0011] - [0017], [0019] - [0021]; figures 1,2 | 1-14 |
| A | US 2016/169627 A1 (NORTHRUP JAMES L [US] ET AL) 16 June 2016 (2016-06-16) paragraphs [0111], [0112], [0134] | 1-14 |

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
- "&" document member of the same patent family

| | |
|---|---|
| Date of the actual completion of the international search 15 January 2018 | Date of mailing of the international search report 23/01/2018 |
|---|---|

| | |
|--|---|
| Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016 | Authorized officer Seide, Stephan |
|--|---|

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2017/080172

| Patent document cited in search report | Publication date | Patent family member(s) | Publication date |
|--|------------------|-------------------------|--------------------------|
| US 2011207089 | A1 | 25-08-2011 | NONE |
| ----- | | | |
| US 2009155747 | A1 | 18-06-2009 | EP 2101138 A1 16-09-2009 |
| | | US 2009155747 A1 | 18-06-2009 |
| ----- | | | |
| US 2016169627 | A1 | 16-06-2016 | NONE |
| ----- | | | |

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2017/080172

| A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. F41G3/26 ADD. | | |
|--|---|--|
| Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB | | |
| B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) F41G F41A | | |
| Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche | | |
| Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal, WPI Data | | |
| C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS | | |
| Catégorie* | Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents | no. des revendications visées |
| A | US 2011/207089 A1 (LAGETTIE DAVID ALFRED A [AU] ET AL) 25 août 2011 (2011-08-25) alinéas [0022] - [0027], [0029], [0031] - [0033], [0037], [0040] - [0046], [0049], [0050], [0057], [0071] - [0079]; figures 1,7 ----- | 1-14 |
| A | US 2009/155747 A1 (CORNETT ALAN G [US] ET AL) 18 juin 2009 (2009-06-18) alinéas [0011] - [0017], [0019] - [0021]; figures 1,2 ----- | 1-14 |
| A | US 2016/169627 A1 (NORTHRUP JAMES L [US] ET AL) 16 juin 2016 (2016-06-16) alinéas [0111], [0112], [0134] ----- | 1-14 |
| <input type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents <input checked="" type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe | | |
| * Catégories spéciales de documents cités: | | |
| "A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée) "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée | "T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier "&" document qui fait partie de la même famille de brevets | |
| Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée 15 janvier 2018 | | Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale 23/01/2018 |
| Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016 | | Fonctionnaire autorisé Seide, Stephan |

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/EP2017/080172

| Document brevet cité au rapport de recherche | Date de publication | Membre(s) de la famille de brevet(s) | Date de publication |
|---|------------------------|---|---|
| US 2011207089 | A1 | 25-08-2011 | AUCUN |
| US 2009155747 | A1 | 18-06-2009 | EP 2101138 A1 16-09-2009 US 2009155747 A1 18-06-2009 |
| US 2016169627 | A1 | 16-06-2016 | AUCUN |