

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

①① N° de publication : **3 034 940**

(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

②① N° d'enregistrement national : **15 53126**

⑤① Int Cl⁸ : **H 04 N 5/222** (2017.01), G 11 B 31/00

⑫

BREVET D'INVENTION

B1

⑤④ SYSTEME ET PROCEDE DE TOURNAGE DE FILM VIDEO, ET ENVIRONNEMENT UTILISE.

②② Date de dépôt : 10.04.15.

③③ Priorité :

④③ Date de mise à la disposition du public
de la demande : 14.10.16 Bulletin 16/41.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du
brevet d'invention : 13.04.18 Bulletin 18/15.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche :

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑥⑥ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : *SOLIDANIM Société par actions
simplifiée — FR.*

⑦② Inventeur(s) : PARTOUCHE ISAAC, LINOT
EMMANUEL et SZLAPKA JEAN-FRANCOIS.

⑦③ Titulaire(s) : *SOLIDANIM Société par actions
simplifiée.*

⑦④ Mandataire(s) : CABINET PLASSERAUD.

FR 3 034 940 - B1



Système et procédé de tournage de film vidéo, et
environnement utilisé.

La présente invention est relative aux systèmes et
5 procédés de tournage de films vidéos et aux environnements
utilisés pour de tels tournages.

On tourne depuis longtemps des films vidéo. Depuis
quelques décennies, il est de plus en plus fait appel à la
réalité augmentée pour représenter, dans le film vidéo
10 diffusé ou projeté, des objets ou évènements qui seraient
difficiles à filmer dans le monde réel.

Une méthode classique pour construire un film vidéo
présentant une telle séquence à réalité augmentée consiste
à commencer par filmer des acteurs dans un environnement
15 neutre calibré, par exemple en studio sur fond monochrome.
Dans le cinéma, quelques semaines ou mois plus tard, en
post-production, des animations tridimensionnelles sont
rajoutées, qui donnent l'illusion d'interagir avec l'acteur
ou la scène filmé.

20 Il est difficile aux acteurs et aux réalisateurs de
jouer ou filmer une scène réaliste dans un studio sur fond
monochrome. Par conséquent, il a récemment été proposé un
système de prévisualisation par lequel une version
préliminaire de l'animation est générée, et est montrée au
25 réalisateur et aux acteurs avant de jouer la scène. Ainsi,
les acteurs et réalisateurs peuvent plus facilement
imaginer leur environnement virtuel et/ou le jeu de leur
alter ego virtuel.

Toutefois, ces systèmes sont encore très
30 insuffisants, et de nombreux ajustements doivent encore
être faits en postproduction, pour adapter les animations
au film enregistré qui est absolument inaltérable à ce
stade.

Pour adapter l'effet spécial à l'image réel, il est
35 important de connaître les caractéristiques optiques de la

caméra de tournage, en particulier son champ optique, qui dépend notamment de sa position et son orientation dans l'espace réel au moment du tournage.

Un moyen simple d'y parvenir, est d'utiliser une
5 caméra de tournage immobile.

Un moyen un peu plus élaboré est d'utiliser une caméra de tournage montée sur un système mécanique permettant un déplacement, ce système mécanique présentant un encodeur permettant de connaître le déplacement en
10 question.

Toutefois, ces dispositifs limitent la liberté du réalisateur.

On connaît également des systèmes utilisant des mires calibrées pour tenter d'avoir une meilleure idée d'où
15 la caméra est au cours du tournage. Un système commercialisé sous le nom Lightcraft en est un exemple. Ces systèmes sont toutefois très laborieux à mettre en œuvre, car ils nécessitent d'équiper le studio de mires, une opération complexe, et ils sont également limités à être
20 utilisés en studio, ou dans des espaces d'étendue spatiale limitée, celle où les mires sont placées.

Récemment, il a été proposé dans FR 2 984 057 de s'affranchir de ces mires en utilisant des informations topographiques naturelles présentes dans le champ
25 d'acquisition d'un capteur dédié, de position connue par rapport à la caméra de tournage. Ce système, qui rencontre un grand succès, est très avantageux de par la liberté qu'il offre de filmer. Toutefois, il rencontre justement ses limites pour les tournages en studio devant des fonds
30 unis, où il existe peu d'informations topographiques naturelles.

La présente invention a notamment pour but de pallier ces inconvénients.

A cet effet, selon l'invention, on prévoit un
35 système de tournage de film vidéo dans un espace réel

défini dans un référentiel réel.

Le système de tournage de film vidéo comprend une caméra de tournage, adaptée pour enregistrer une image réelle pour une pluralité de trames de temps distinctes, la
5 caméra de tournage présentant un spectre d'acquisition de tournage.

Le système de tournage de film vidéo comprend un système de repérage dans l'espace.

Le système de repérage dans l'espace comprend au
10 moins un capteur présentant un spectre d'acquisition de repérage. Le capteur présente des données de localisation par rapport à la caméra de tournage connues pour chaque trame de temps. Le capteur est adapté pour transmettre à un module informatisé de repérage des informations optiques
15 détectées par le capteur.

Le système de repérage dans l'espace comprend un module informatisé de repérage. Le module informatisé de repérage est adapté pour déterminer, de manière répétée au cours du temps, des données de localisation dans le
20 référentiel réel de la caméra de tournage à partir des données de localisation du capteur, et d'une comparaison entre les informations optiques et un modèle tridimensionnel préétabli de l'espace réel.

Le système de tournage de film vidéo comprend un
25 environnement artificiel dont le spectre comprend, sous conditions d'éclairage par de la lumière visible, une composante dans le domaine du spectre d'acquisition de tournage, et une composante à la fois dans le domaine extérieur au spectre d'acquisition de tournage et dans le
30 spectre d'acquisition de repérage.

Le système de tournage de film vidéo comprend une source, escamotée pour la caméra de tournage, alimentable en énergie pour générer dans l'environnement au moins un marqueur présentant la composante à la fois dans le domaine
35 extérieur au spectre d'acquisition de tournage et dans le

spectre d'acquisition de repérage.

Grâce à ces dispositions, on peut utiliser des informations optiques pour localiser la caméra de tournage sans perturber le tournage lui-même, et ce même dans un
5 environnement uniforme dans le domaine du spectre d'acquisition de tournage.

Dans des modes de réalisation préférés de l'invention, on peut éventuellement avoir recours en outre à l'une et/ou à l'autre des dispositions suivantes :

10 - un champ optique de la caméra de tournage et un champ optique du capteur se superposent au moins partiellement ;

- l'environnement comprend au moins un objet marqueur artificiel caché dans l'environnement ;

15 - le système de tournage comprend au moins un filtre interposé entre la caméra de tournage et un objet marqueur artificiel, le filtre empêchant une composante dans le domaine du spectre d'acquisition de tournage d'atteindre la caméra de tournage,

20 le filtre étant également interposé entre le capteur et l'objet marqueur artificiel, et laissant passer jusqu'au capteur une composante dans le domaine extérieur au spectre d'acquisition de tournage ;

- l'environnement comprend le filtre ;

25 - le filtre est solidaire de l'objet marqueur artificiel ;

- le filtre comprend une couche de peinture appliquée sur l'objet marqueur artificiel ;

30 - le filtre comprend une couche flexible superposée à l'objet marqueur artificiel ;

- l'environnement comprend une base étendue, et dans lequel au moins un marqueur artificiel présente une, deux ou trois dimension(s) caractéristique(s) petite(s) par rapport à la base étendue ;

35 - la base étendue présente, sous conditions

d'éclairage par de la lumière visible, un spectre monochromatique uniforme dans le spectre d'acquisition de tournage dans le champ optique de la caméra de tournage ;

- au moins un marqueur artificiel présente une
5 forme comprenant l'une et/ou l'autre de :

- un segment de droite,

- un coin entre deux segments de droite, le coin présentant un angle compris entre 10° et 170° , notamment compris entre 30° et 150° ;

10 - les marqueurs artificiels sont répartis et espacés les uns des autres dans l'environnement ;

- la source comprend au moins un objet marqueur artificiel émetteur adapté, lorsqu'alimenté en énergie, pour émettre un signal électromagnétique présentant un
15 spectre comprenant une composante dans le domaine extérieur au spectre d'acquisition de tournage ;

- la source comprend un émetteur de rayonnement électromagnétique en dehors du champ optique de la caméra de tournage, et adapté pour émettre en direction de
20 l'environnement un signal présentant un spectre comprenant une composante dans le domaine extérieur au spectre d'acquisition de tournage, dans lequel la source comprend des réflecteurs adaptés pour réfléchir ledit signal ;

- l'émetteur de rayonnement électromagnétique est
25 solidaire du capteur, et notamment présente un champ optique au moins partiellement superposé au champ optique du capteur ;

- le capteur du système de repérage comprend une caméra optique présentant au moins l'une des
30 caractéristiques suivantes :

. un angle solide de prise de vue supérieur à un angle solide de prise de vue de la caméra de tournage,

. une fréquence d'acquisition supérieure à une fréquence d'acquisition de la caméra de tournage,

35 . un encombrement au moins deux fois inférieur

à un encombrement de la caméra de tournage,

- . un axe optique parallèle à un axe optique de la caméra de tournage ;
- le système de tournage comprend en outre :
 - 5 . un écran de visualisation,
 - . un module informatisé de visualisation adapté pour générer sur l'écran de visualisation, de manière répétée dans le temps, une image composite d'un extrait de l'image réelle, et d'une projection d'une image virtuelle, issue d'une base de données d'images virtuelles, projection générée selon les données de localisation dans 10 le référentiel réel de la caméra de tournage ;
 - les informations optiques comprennent en outre des informations topographiques naturelles ;
 - 15 - le système de tournage comprend en outre un second système de capteurs comprenant au moins un capteur, adapté pour enregistrer des données, le module informatisé de repérage étant adapté pour déterminer des données de localisation de la caméra de tournage dans l'espace réel à partir de ces données, 20 le second système de capteurs comprenant un capteur optique ou non-optique ;
 - la caméra de tournage présente un champ optique variable, notamment au cours du tournage, notamment dans lequel la caméra de tournage est déplaçable, notamment de 25 manière non guidée, au cours du tournage.

Selon un autre aspect, l'invention se rapporte à un environnement émettant, sous conditions d'éclairage par de la lumière visible, un spectre électromagnétique comprenant 30 une composante dans le domaine d'un spectre d'acquisition de tournage d'une caméra de tournage, et une composante dans le domaine extérieur au spectre d'acquisition de tournage, l'environnement comprenant des marqueurs artificiels émettant, sous conditions d'éclairage de 35 l'environnement par de la lumière visible, un spectre

électromagnétique comprenant une composante à la fois dans le domaine extérieur au spectre d'acquisition de tournage et dans le spectre d'acquisition de repérage d'un capteur de repérage.

5 Selon un autre aspect, l'invention se rapporte à un procédé de tournage de film vidéo dans un espace réel défini dans un référentiel réel, comprenant :

- on dispose d'un environnement artificiel,
- une source, escamotée pour la caméra de

10 tournage, est alimentée en énergie pour générer dans l'environnement au moins un marqueur artificiel dont le spectre présente une composante à la fois dans un domaine extérieur à un spectre d'acquisition de tournage et dans un spectre d'acquisition de repérage

15 de sorte que le spectre de l'environnement comprend, sous conditions d'éclairage par de la lumière visible, une composante dans le domaine du spectre d'acquisition de tournage, et une composante dans le domaine extérieur au spectre d'acquisition de tournage et

20 dans le spectre d'acquisition de repérage,

- une caméra de tournage enregistre une image réelle pour une pluralité de trames de temps distinctes, la caméra de tournage présentant le spectre d'acquisition de tournage,

25 - au moins un capteur, présentant le spectre d'acquisition de repérage, et présentant des données de localisation par rapport à la caméra de tournage connues pour chaque trame de temps, transmet à un module informatisé de repérage des informations optiques détectées

30 par le capteur au moins dans le domaine extérieur au spectre d'acquisition de tournage,

- un module informatisé de repérage détermine, de manière répétée dans le temps, des données de localisation dans le référentiel réel de la caméra de tournage à partir

35 des données de localisation du capteur, et d'une

comparaison entre les informations optiques et un modèle tridimensionnel préétabli de l'espace réel.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront au cours de la description
5 suivante de plusieurs de ses formes de réalisation, donnée à titre d'exemple non limitatif, en regard des dessins joints.

Sur les dessins :

- la figure 1 est une vue schématique d'un espace
10 réel,

- la figure 2 est une vue schématique d'un système de tournage selon un mode de réalisation de l'invention,

- la figure 3 est une vue schématique représentant une utilisation du système de la figure 2 dans une
15 configuration d'apprentissage,

- la figure 4 est une vue en perspective d'un modèle tridimensionnel de l'espace réel,

- la figure 5 est une vue schématique d'une variante de réalisation,

20 - la figure 6a est une vue schématique du système en configuration de tournage, à un premier instant,

- la figure 6b est un schéma représentatif d'une acquisition faite par la caméra de tournage à l'instant représenté sur la figure 6a,

25 - la figure 6c est une vue schématique d'une image composite réalisée sur l'écran de contrôle à ce même instant,

- les figures 7a, 7b et 7c correspondent respectivement aux figures 6a, 6b et 6c pour un deuxième
30 instant,

- la figure 8 est une vue schématique d'un écran d'une machine programmable comprenant un module informatique d'animation,

35 - la figure 9 est un organigramme d'un procédé de réalisation de film vidéo utilisant les objets décrits

précédemment,

- la figure 10 est une vue schématique d'un système d'acquisition selon une variante de réalisation,
- la figure 11 est une vue schématique en perspective utilisant un premier exemple d'environnement,
- la figure 12a est une vue de détail de face d'une partie de la figure 11,
- la figure 12b est une vue partielle en coupe de la figure 11, selon la ligne XIIb-XIIb de la figure 11,
- la figure 13 est une vue schématique en perspective utilisant un deuxième exemple d'environnement,
- la figure 14 est une vue de détail de face d'une partie de la figure 13,
- la figure 15 est une vue schématique de détail de la figure 14,
- la figure 16a est une vue partielle en coupe de la figure 13, selon la ligne XVI-XVI de la figure 13,
- la figure 16b est une variante de la figure 16a,
- les figures 17a et 17b sont des vues partielles de différents composants pour un troisième exemple d'environnement,
- la figure 18 est une vue similaire à la figure 11 pour un quatrième exemple d'environnement,
- la figure 19 est une vue similaire à la figure 1 utilisant des objets marqueurs,
- la figure 20 est un diagramme schématique des longueurs d'onde mises en jeu selon un exemple de réalisation.

Sur les différentes figures, les mêmes références désignent des éléments identiques ou similaires.

La figure 1 représente schématiquement une partie de l'espace réel 1. La figure 1 donne un exemple très spécifique d'un espace réel 1. Il s'agit ici d'un espace extérieur, et notamment d'un espace urbain. Toutefois, la présente invention pourrait être appliquée dans un très

grand nombre d'espaces réels différents.

Un référentiel réel 2 est attaché à l'espace réel 1, et comprend par exemple une origine 0 et trois axes orthonormés X, Y et Z. Ainsi, chaque point de l'espace réel 1 présente un jeu de coordonnées unique dans le référentiel réel 2.

Dans l'exemple donné purement à titre d'exemple, l'espace réel 1 est un espace extérieur en plein air, comprenant une route 3 horizontale s'étendant sensiblement le long de l'axe Y et un immeuble 4 situé dans la profondeur. L'immeuble 4 peut comprendre diverses fenêtres 5a, 5b, 5c et portes 6a, 6b, 6c et autre. Un trottoir 7 s'étend par exemple entre la route 3 et l'immeuble 4. On peut par exemple noter une voiture 8 stationnée.

A titre d'espace réel, en variante, on pourrait utiliser un espace en intérieur, tel que par exemple, dans un studio présentant un décor, ou un fond uniforme dans le domaine visible, tel que décrit plus loin en relation avec les figures 11 et suivantes. En revenant sur l'espace réel 1 de la figure 1, il comporte un certain nombre d'informations topographiques naturelles. Ces informations sont par exemple relatives à des objets géométriques de l'espace réel, tel que des points, des lignes, des surfaces et/ou des volumes. Comme ligne, on pourra par exemple considérer des arêtes d'une structure, et comme point des intersections de deux de ces arêtes. A titre de surface, on pourra par exemple considérer des surfaces pleines, telles qu'un capot de voiture, ou autre. A titre de volume, on pourra par exemple se référer à des objets, tels qu'une voiture, ou un autre objet présent dans l'espace réel. Ainsi, les informations topographiques naturelles se distinguent d'objets marqueurs de calibrage rapportés par le(s) fait(s) qu' :

- elles sont disposées de manière aléatoire, non ordonnées,

- elles sont disposées dans un espace de dimensions infinies, le monde entier, et pas limitées à une zone munie de marqueurs,

- elles sont fortement hétérogènes, pas seulement
5 différentes les unes des autres par un code de type code-barres,

- elles sont disponibles dans un espace 3D volumique, pas seulement sur un ou plusieurs plans,

- elles ne nécessitent pas d'installation
10 compliquée calibrée préalable.

En se référant maintenant à la figure 2, on décrit un système de tournage de film vidéo, selon un mode de réalisation, en configuration de tournage. En ce qui concerne le film vidéo, il s'agit d'une suite d'images
15 diffusées à une fréquence rapide (plusieurs images par seconde, par exemple 24 (cinéma), 25 (PAL) ou 30 (NTSC) images par seconde) à un spectateur. Cette suite d'images est par exemple projetée ou diffusée dans le cadre d'un film cinématographique, d'un téléfilm, d'un message
20 informatif, d'un jeu vidéo, ou autre. En particulier, cette diffusion ou projection peut être différée dans le temps par rapport au tournage. En variante, elle peut être simultanée au tournage.

Cette séquence d'images relate un évènement se
25 déroulant dans l'espace réel 1.

A ce titre, on utilise une caméra de tournage 9 de tout type approprié pour filmer classiquement une telle scène. On utilise en particulier une caméra numérique
30 pouvant acquérir plusieurs images par seconde, par exemple 24 images par seconde.

La caméra 9 comporte une optique 10 pouvant acquérir des images dans un champ optique 11, et reliée à un système informatique 12. Cette liaison est par exemple faite par un câble 13 adapté, ou sans câble, par exemple
35 par transmission radio ou autre. La caméra de tournage 9

présente un certain spectre d'acquisition de tournage, qui correspond aux longueurs d'onde des signaux électromagnétiques détectables par la caméra de tournage 9.

La caméra de tournage 9 est de n'importe quel type
5 connu adapté, mais l'invention est particulièrement adaptée s'il est possible de faire varier le champ optique 11 au cours du tournage. En particulier, le champ optique 11 peut être fait varier en déplaçant la caméra de tournage 9 dans l'espace réel 1. Ceci est en particulier le cas si la
10 caméra de tournage 9 est mobile, de manière guidée, dans l'espace réel 1, en étant par exemple montée sur un rail ou une grue présentant un bras articulé (comme représenté sur la figure 5) définissant un lieu des possibles pour la caméra de tournage 9.

15 A titre d'alternative, qui est l'alternative représentée sur la figure 2, on utilise une caméra de tournage 9 suffisamment compacte pour être déplaçable dans l'espace réel 1 en étant simplement portée par un opérateur (non représenté).

20 Selon un exemple de réalisation, la caméra de tournage 9 comporte un moniteur 14 monté sur le boîtier de la caméra et présentant un écran de contrôle 15 visible par l'opérateur filmant, et sur lequel le champ optique 11 acquis par la caméra est affiché.

25 Le système de tournage comporte également un système de repérage dans l'espace comprenant d'une part un capteur 16 et d'autre part un module informatisé de repérage 17 du système informatique 12, et relié au capteur 16 par un câble 18 ou sans câble, comme indiqué
30 précédemment.

Le capteur 16 présente la particularité de présenter une localisation connue à tout moment par rapport à la caméra de tournage 9. Par localisation, on entend ici que la position et l'orientation du capteur 16 par rapport
35 à la caméra de tournage 9 sont connues à tout instant. Il

s'agit en particulier des positions et orientations relatives des systèmes d'acquisition du capteur et de la caméra 9 (matrice CCD pour celle-ci). Ceci peut par exemple être réalisé de manière simple en fixant le capteur 16
5 rigidement à la caméra de tournage 9, par exemple par l'intermédiaire d'une bride 19 ou tout autre système mécanique adapté.

Le capteur 16 est caractérisé en particulier par un champ d'acquisition 20. On peut par exemple placer le
10 capteur 16 de sorte qu'aucune partie de la caméra de tournage 9 n'obture une partie du champ d'acquisition 20, et qu'aucune partie du capteur 16 n'obture une partie du champ optique 11, comme représenté sur la figure 2.

Le capteur 16 est adapté pour acquérir des
15 informations relatives à l'espace réel 1, de manière à pouvoir déterminer la position du capteur 16 dans l'espace réel, à l'aide du module informatisé de repérage 17. En particulier, on peut prévoir, en configuration de tournage, d'acquérir des données de localisation dans l'espace réel 1
20 avec le capteur 16, et que le module informatisé de repérage 17 puisse déterminer, pour une acquisition faite par le capteur 16, à l'aide d'un modèle tridimensionnel préétabli 21 de l'espace réel, la position du capteur 16 dans l'espace réel. Ainsi, le module de repérage 17
25 déterminera la localisation la plus probable du capteur 16 dans l'espace réel, qui permette de faire correspondre les données acquises par le capteur 16 et le modèle tridimensionnel préétabli 21 de l'espace réel.

Connaissant la position du capteur 16 dans l'espace
30 réel, et connaissant la position relative de la caméra de tournage 9 et du capteur 16, le module de repérage 17 peut ainsi déterminer les données de localisation de la caméra de tournage dans le référentiel réel.

On notera que, même si le procédé décrit ci-dessus
35 fait intervenir deux étapes successives de détermination de

la position du capteur 16, puis de détermination de la caméra de repérage 9, on pourrait en variante déterminer directement la position de la caméra de tournage 9 sans une détermination explicite de la localisation du capteur 16.

5 On prévoit d'utiliser un capteur 16 spécifiquement dédié à la tâche de repérage, et présentant des caractéristiques d'acquisition distinctes de la caméra de tournage 9. Ainsi, la caméra de tournage 9 peut être dédiée à sa tâche propre, qui est de filmer, et le capteur 16 à sa
10 tâche propre, qui est de localiser.

A titre d'exemple, le capteur 16 est un capteur optique. Notamment, le capteur 16 présente un spectre d'acquisition de repérage différent du spectre d'acquisition de tournage. Le spectre d'acquisition de
15 repérage correspond aux longueurs d'onde des signaux électromagnétiques détectables par le capteur 16. En particulier, le spectre d'acquisition de repérage peut recouvrir un certain domaine extérieur au spectre d'acquisition de tournage. De plus, le spectre
20 d'acquisition de repérage peut recouvrir au moins une partie du spectre d'acquisition de tournage.

S'il est prévu de fixer le capteur 16 à la caméra de tournage 9, on peut prévoir en particulier pour le capteur 16 une caméra optique de faible encombrement, en
25 particulier d'un encombrement au moins deux fois inférieur à l'encombrement de la caméra de tournage 9. Ainsi, la gêne pour l'opérateur sera minimale.

A titre de capteur 16, on pourra en particulier choisir une caméra optique spécifiquement dédiée à
30 l'obtention de la position de la caméra de tournage 9 dans l'espace réel. On peut ainsi par exemple prévoir une caméra optique présentant une fréquence d'acquisition au moins double de celle de la caméra de tournage 9, par exemple de l'ordre de 100 images par seconde, permettant ainsi de
35 lisser par calcul la position de la caméra de tournage 9

dans l'espace réel pour chaque trame de temps, ou pour une quantité suffisante de trames de temps.

On peut en particulier également choisir une caméra optique présentant un champ optique (angle solide de prise
5 de vue) 20 supérieur à celui de la caméra de tournage 11, afin de maximiser l'information acquise de l'espace réel 1 pouvant servir au calcul du positionnement de la caméra de tournage. Ainsi, on peut par exemple utiliser une lentille grand angle (« fish eye » ou « œil de poisson », en
10 anglais) présentant un angle d'acquisition supérieur à 160 degrés.

Le modèle tridimensionnel préétabli de l'espace réel comprend par exemple des informations optiques de l'espace réel 1. Dans l'exemple présenté ici d'espace réel
15 extérieur urbain, le modèle tridimensionnel préétabli peut comprendre au moins des informations topographiques naturelles de l'espace réel 1. Celui-ci est par exemple disponible par tout moyen approprié. Toutefois, comme représenté sur les figures 3 et 4, on peut par exemple
20 utiliser certains éléments du système qui vient d'être décrit pour générer le modèle tridimensionnel préétabli de l'espace réel.

En particulier, comme représenté sur la figure 3, au cours d'une étape préliminaire, en configuration
25 d'apprentissage, on établit le modèle tridimensionnel 21. Cette étape est par exemple réalisée peu de temps avant le tournage, afin que l'espace réel, au moment du tournage, corresponde au modèle pré-établi.

Pendant l'étape d'apprentissage, on déplace un
30 capteur d'apprentissage 22 dans l'espace réel 1. Pour un ensemble de trames de temps, le capteur d'apprentissage 22 transmet au système informatique 12, par tout moyen approprié (filaire, sans fil, ...), des informations acquises par le capteur d'apprentissage 22. Ainsi, le système
35 informatique 12 comprend un module informatisé de

génération 23 qui, recevant des informations à partir du capteur d'apprentissage 22 selon différents angles de vues, est capable de déterminer le modèle tridimensionnel 21 (à un facteur d'échelle près). Ainsi, en acquérant, avec le

5 capteur d'apprentissage 22, les mêmes informations (notamment topographiques naturelles) de l'espace réel 1 selon différents angles de vues, le module de génération 23 est capable de déterminer la position en trois dimensions d'un ensemble de formes (par exemple d'objets géométriques)

10 de l'espace réel détectables par le capteur d'apprentissage 22. Comme représenté sur la figure 4, le modèle tridimensionnel 21, représenté affiché projeté selon une autre perspective sur un écran d'ordinateur, est constitué d'un ensemble de motifs géométriques (ici des points). Ces

15 points peuvent être représentés selon n'importe quelle orientation, comme sur la figure 4, une vue en perspective de l'espace réel. Outre les points 24, le modèle tridimensionnel 21 pourrait également être constitué d'un ensemble d'autres motifs géométriques, telles que des

20 lignes, droites ou courbes, des surfaces, planes ou non, des volumes, ... qui sont déterminés soit par le module de génération 23 lui-même, soit par assistance d'un opérateur du module de génération, l'opérateur indiquant au module de génération qu'un ensemble de motifs géométriques

25 appartiennent à la même ligne/surface/volume.

Comme expliqué ci-dessus, le modèle tridimensionnel 21 ainsi généré sera ensuite importé dans le module informatisé de repérage, afin de repérer à tout moment, en configuration de tournage, la position effective dans

30 l'espace réel de la caméra de tournage.

Dans l'exemple décrit, on peut utiliser à titre de capteur d'apprentissage 22, le même capteur 16 que celui qui est utilisé en configuration de tournage. Ainsi, le même algorithme est utilisé pour déterminer la position

35 tridimensionnelle d'un motif géométrique dans l'espace réel

en configuration d'apprentissage, et pour déterminer la position dans l'espace réel de la caméra de repérage 16 à partir des positions dans l'espace réel des motifs géométriques déterminés avec cette même caméra. De plus, en utilisant le même capteur pour les deux étapes, on peut, en configuration de tournage, continuer d'enrichir le modèle tridimensionnel, si celui-ci était amené à changer en cours de tournage (ce qui peut être le cas en cas de tournage extérieur, ou du fait de la présence d'objets mobiles dans le champ du capteur 16 en configuration de tournage). Ainsi, dans ce cas, le mode d'apprentissage continue pendant le tournage.

Comme expliqué ci-dessus, le modèle tridimensionnel préétabli 21 peut, le cas échéant, être réalisé à un facteur d'échelle près. Dans ce cas, on peut par exemple utiliser un étalon, de longueur donnée, qui va être acquis avec le capteur d'apprentissage 22, permettant ainsi de mettre à l'échelle le modèle tridimensionnel 21.

De plus, on peut mettre en œuvre une configuration de localisation, afin de déterminer avant tournage les données de localisation respectives de la caméra de tournage 9 et du capteur de repérage 16. En particulier, un exemple est donné dans le cas où le capteur 16 est fixé rigidement à la caméra de tournage 9. Au cours de la configuration de localisation, on filme une mire simultanément avec la caméra de tournage 9 et le capteur 16. Les informations recueillies par les deux outils sont transmises à un module informatisé de localisation 26 adapté pour déterminer leur position relative à partir des images acquises de la même mire par les deux outils.

En revenant maintenant sur la figure 2, le système informatisé 12 comprend également un module informatisé d'animation 28. Ce module d'animation 28 peut par exemple comprendre une base de données d'animation 29 comprenant une ou plusieurs animations virtuelles. Chaque animation

comprend par exemple, pour chacune d'un ensemble de trames de temps correspondant à tout ou partie de la durée du film vidéo à tourner, des caractéristiques d'objets tridimensionnels (point, ligne, surface, volume, texture,...) exprimé dans un référentiel virtuel U, V, W 30. Chaque animation représente par exemple un évènement de réalité virtuelle augmentée. Par exemple, on peut prévoir dans la base de données d'animations, des animations représentant un personnage virtuel tridimensionnel, mobile ou non, un effet spécial (pluie, explosion, ...), un décor, ou autre. A titre d'exemple, on a représenté sur la figure 2, pour une trame de temps donné, un objet virtuel 31, caractérisé par des données exprimées dans l'espace virtuel, repéré par le référentiel virtuel U, V, W . Dans l'exemple illustratif très simple, on a utilisé une colonne verticale à base carrée, fixe dans le temps mais, en pratique, s'il s'agira par exemple d'un lion, marchant, ou autre, ...

Comme représenté sur la figure 2, le système informatique 12 comporte un module de composition 32. Le module de composition 32 importe une animation du module d'animation 28 le long d'un lien 33. Si nécessaire, si l'animation n'est pas déjà exprimée dans le référentiel réel 2, le module de composition 32 relie mathématiquement les référentiels virtuels U, V, W et le référentiel réel X, Y, Z par une matrice de passage adaptée (un exemple est décrit plus loin).

Puis, le module informatisé de composition 32 génère, pour la trame de temps en question, une image composite de l'image réelle acquise par la caméra de tournage 9, et une projection d'une image virtuelle, correspondant à l'objet virtuel 31 pour cette même trame de temps, la projection étant générée selon les données de localisation dans le référentiel réel de la caméra de tournage 9. Ainsi, l'image composite comprend la superposition de l'image réelle, et de l'image virtuelle,

comme si cette image virtuelle était l'image d'un objet présent dans l'espace réel, acquise, pour cette trame de temps, par la caméra de tournage 9. L'image composite est alors affichée sur l'écran de contrôle 15. Ainsi, 5 l'opérateur, filmant, peut, pour chaque trame de temps, visualiser, sur son écran de contrôle, la position et l'orientation de l'objet virtuel dans l'espace réel, selon son propre angle de vue, comme si cet objet virtuel était présent devant lui. Il peut ainsi adapter le cas échéant la 10 position de la caméra de tournage par rapport aux objets.

En variante, le système informatique 12 comporte également un écran de contrôle 15' d'un moniteur 14' permettant, pour le réalisateur, ou pour toute personne intéressée, notamment un public, en temps réel, de 15 visualiser l'image composite depuis l'angle de vue de la caméra de tournage. De manière générale, les écrans de contrôle sont des écrans de visualisation.

Un exemple est en particulier donné aux figures 6a à 7c. Les figures 6a à 6c correspondent à un premier 20 instant, où un opérateur non représenté, filme une partie 34 de l'espace réel correspondant à la partie inférieure arrière de la voiture 8. L'image 35 acquise par la caméra de tournage 9 pour cet instant peut être vue sur la figure 6b. La position de la caméra de tournage 9 pour cette trame 25 de temps est déterminée par le système de repérage. Comme représenté sur la figure 6c, l'image composite 36 générée sur l'écran de contrôle 15, 15' comprend la superposition de l'image réelle, et de l'objet virtuel 31 vu selon l'angle d'acquisition de la caméra de tournage 9. Pour ce 30 faire, comme expliqué ci-dessus, connaissant les positions, dans l'espace réel, de la caméra de tournage 9, et de l'objet virtuel 31, à cet instant donné, on peut calculer une projection dans l'image 35 de cet objet.

Les figures 7a à 7c représentent une trame de temps 35 ultérieure (directement ultérieure), et sont expliquées par

référence aux figures 6a à 6c. Ainsi, les évènements représentés figures 7a à 7c ont lieu environ à 1/24 seconde après ceux des figures précédentes. Pendant cet espace de temps, l'angle de vue d'une caméra de tournage 9 a changé, de sorte que la caméra de tournage 9 pointe désormais plus vers le haut de la voiture 8. La partie 34' imagée est également représentée sur la figure 7a. L'image réelle acquise par la caméra de tournage 9 est représentée par la référence 35' sur la figure 7b. La figure 7c représente l'image composite 36' correspondant à la superposition de l'image réelle 35' et de l'objet virtuel 31, exprimé en fonction de la localisation de la caméra de tournage 9 pour cette trame de temps. A noter que, dans cet exemple, l'objet virtuel 31 peut être identique, sur les deux trames de temps. Sa représentation projetée pour les deux trames de temps diffère du fait de la différence d'angle de vue. Toutefois, s'agissant d'une animation, l'objet virtuel 31 peut également être légèrement différent pour les deux trames de temps.

Les étapes ci-dessus peuvent être répétées en temps réel pour chaque trame de temps du tournage et, le cas échéant pour plusieurs caméras de tournage.

En se référant à nouveau à la figure 6a, pour la trame de temps considérée, l'image de repérage 37 acquise par le capteur 16 peut correspondre à un volume plus grand de l'espace réel, et le module informatisé de repérage est adapté pour extraire de cette image de repérage 37 des informations optiques (notamment topographiques naturelles), et pour déterminer la position dans le référentiel réel 2 de la caméra de tournage 9, comme explicité ci-dessus, à partir de ces informations topographiques naturelles détectées, et du modèle tridimensionnel 21. En particulier, on peut ne pas utiliser d'objets marqueurs optiques fixés dans l'espace réel 1, pour une grande simplicité d'utilisation. On utilise alors

uniquement les informations topographiques naturelles, ce qui évite d'encombrer l'espace de tournage d'objets marqueurs artificiels. Toutefois, le système ici décrit est également compatible avec les objets marqueurs artificiels.

5 Si le champ optique du capteur 16 venait à être obturé (en effet, l'opérateur bouge au cours de l'acquisition) par un élément réel de l'espace réel, le module informatisé de repérage peut présenter plusieurs options afin de déterminer à tout moment la position dans
10 l'espace réel de la caméra de tournage 9. Par exemple, au cas où le module informatisé de repérage n'arrive pas à repérer suffisamment d'informations optique (notamment topographiques) pour déterminer à coup sûr la position dans
15 l'espace réel de la caméra de tournage 9, il peut par défaut considérer que la caméra de tournage 9 est immobile pendant cet instant. En réalité, lorsque les deux appareils 9 et 16 sont très proches l'un de l'autre, comme dans le mode de réalisation présenté, si le capteur 16 n'est pas capable de déterminer l'information optique (notamment
20 topographique), c'est que le champ optique de la caméra de tournage 9 est probablement obturé par un objet réel très proche. A la trame de temps suivante où le capteur 16 pourra déterminer suffisamment d'informations optiques (notamment topographiques) lui permettant de déterminer la
25 position dans l'espace tridimensionnel de la caméra de tournage 9, une image composite pourra à nouveau être générée pour cette position.

A ce titre, on notera que le module informatisé de repérage comprend un module de sélection adapté pour
30 sélectionner les motifs géométriques du modèle tridimensionnel susceptibles d'être utilisés pour retrouver la position de la caméra de tournage dans l'espace 3D. D'une part, on sélectionne les motifs géométriques susceptibles d'être dans le champ du capteur 16, par
35 exemple à l'aide d'une connaissance approximative de la

position du capteur provenant d'une trame de temps antérieure. D'autre part, si dans une région de l'image acquise par le capteur 16, l'ensemble de motifs géométriques identifiés est trop différent du modèle tridimensionnel, ces motifs ne sont pas pris en compte pour la détermination de la position de la caméra de tournage.

Ainsi, en comparant deux images proches dans le temps acquises avec le capteur 16, on associe deux à deux les motifs géométriques présents sur les deux images et immobiles dans l'espace réel. Les autres motifs géométriques sont considérés comme mobiles dans l'espace réel et ne sont pas conservés pour la comparaison avec le modèle tridimensionnel.

Comme représenté sur la figure 2, on peut également, dans ces cas, enrichir le module informatisé de repérage, en adjoignant un capteur non-optique, par exemple inertiel, 38 adapté pour fournir au module informatisé de repérage des informations supplémentaires sur la position de la caméra de tournage 9. Par exemple, le capteur inertiel 38 est fixé à la caméra de tournage 9, où au capteur 16 si celui-ci est fixé à la caméra de tournage 9. Le capteur inertiel 38 permet de déterminer la position et l'orientation, dans l'espace tridimensionnel X, Y, Z, de la caméra de tournage. Il comprend par exemple des accéléromètres et/ou des gyromètres. En variante ou en complément, on pourrait utiliser un magnétomètre. Dans ce cas, le module informatisé de repérage utilise une combinaison des informations optiques détectées par le capteur 16 et des informations supplémentaires fournies par le capteur inertiel 38 pour déterminer la position et l'orientation de la caméra de tournage. Les paramètres de la combinaison peuvent varier dans le temps, et peuvent dépendre d'un certain nombre de critères. La combinaison peut être faite par tout moyen approprié.

Comme représenté sur la figure 5, on peut, quand la

caméra de tournage 9 est portée par un système mécanique 47, enrichir le module informatisé de repérage, en adjoignant un encodeur adapté pour fournir au module informatisé de repérage des informations supplémentaires sur la position de la caméra de tournage 9. Le système mécanique 47 comprend un mécanisme permettant de faire varier la position de la caméra de tournage 9 dans l'espace. L'encodeur permet de déterminer la position du mécanisme. A titre purement illustratif, on a représenté la caméra de tournage 9 portée par une potence 48 coulissant sur des rails 49. La potence 48 elle-même peut présenter des mécanismes, tels que par exemple une articulation 50 ou des rails 51. De nombreuses variantes de réalisation sont possibles.

Selon un exemple de réalisation, comme représenté également sur les figures 6a à 6c, le module de composition 32 peut également être adapté pour générer une ombre projetée de l'objet virtuel 31 dans l'espace réel 1. Comme cela est visible par exemple sur la figure 6a, on dispose d'un éclairage 39 artificiel (comme représenté) ou naturel, dont la position dans le référentiel réel 2 est connue. Ainsi, comme visible sur la figure 6b, l'image réelle 35 comprend, outre une image de l'objet 8, une image 40 de son ombre réelle. Comme cela est représenté sur la figure 6c, le modèle tridimensionnel personnalisé peut comprendre des informations de surface sur laquelle l'ombre 41 de l'objet virtuel 31 va être projetée, visualisé sous l'angle de prise de vue de la caméra de tournage 9. Les ombres des objets virtuels sont calculées en prenant en compte la position dans l'espace réel de l'objet virtuel 31, et la position dans l'espace réel d'une surface sur laquelle est projetée l'ombre de l'objet virtuel 31, la position de la caméra de tournage, et la position des éclairages. Les ombres réelles et virtuelles sont également visibles sur la figure 7c.

Le système qui vient d'être décrit présente un intérêt particulier lorsque l'animation est déplacée par rapport au champ optique de la caméra de tournage 9. Dans un exemple de réalisation, en configuration de tournage, on 5 tournera un plan fixe d'un espace réel immobile, sur lequel on viendra générer une animation dont la forme change au cours du temps. Ainsi, on pourra vérifier que l'animation est cadrée comme on le souhaite pendant le tournage. Un autre exemple consiste à déplacer la caméra de tournage 9 10 dans l'espace réel 1, en incorporant une animation mobile ou, le cas échéant, immobile, pour vérifier que celle-ci est cadrée comme on le souhaite pendant l'acquisition.

En revenant sur la figure 2, on peut également prévoir que le système comporte un moyen de prendre en 15 compte un changement de focale de l'optique 10 de la caméra de tournage 9.

Ainsi, dans l'exemple présenté ci-dessus, on peut considérer que l'ensemble des opérations ont été mises en œuvre pour une focale fixe.

20 Bien entendu, si on change la focale au cours du tournage, les images réelles 35 et 35' des figures 6b et 7b seront représentées avec un niveau de grossissement différent. On peut ainsi prévoir, comme représenté sur la figure 2, que le zoom porté par la caméra 9 comporte un 25 encodeur 43 permettant de détecter le degré de rotation d'une bague de grossissement 42, et que le module informatisé de composition 12 prenne en compte le niveau de grossissement déterminé par des données transmises par l'encodeur 43.

30 Dans les modes de réalisation qui ont été décrits ci-dessus, l'objet virtuel 31 est exprimé directement dans le référentiel réel 2 afin d'être directement visualisable sous l'angle de vue de la caméra de tournage 9. Selon un exemple de réalisation, on peut prévoir de coupler le 35 module de génération de modèle tridimensionnel avec le

module d'animation 28. Ainsi, le lien 33, qui est décrit en relation avec la figure 2 pour exporter des animations du module d'animation 28 vers le module de composition 32 peut également être utilisé dans l'autre sens, pour transmettre

5 au module d'animation 28 le modèle tridimensionnel 21 établi pour l'espace réel. Ainsi, comme représenté sur la figure 8, on peut représenter sur l'écran 44 du module informatisé d'animation 28 la superposition de l'objet virtuel 31 obtenu à partir de la base de données

10 d'animation et du modèle tridimensionnel 21. Cette superposition permet d'une part de définir la matrice de passage entre les référentiels virtuel U, V, W et réel X, Y, Z dans lesquels sont exprimés, respectivement, l'objet virtuel 31 et le modèle tridimensionnel 21. Cela peut

15 également permettre de définir ou redéfinir l'animation au cours du tournage. Ainsi, le module d'animation 28 peut comprendre une application comprenant un ensemble d'outils représentés à l'écran 44 par des icônes 45, et permettant de pré-définir l'animation. Ainsi, il suffit de disposer

20 des points tridimensionnels qui sont générés pendant l'étape d'apprentissage pour générer l'animation directement en prévision de son tournage dans l'espace réel. A titre d'exemple, on a représenté sur la figure 8 des flèches épaisses représentant des ordres de mouvement

25 ou de redimensionnement de l'objet virtuel 31 dans l'espace virtuel U, V, W . On peut également définir une transformation de l'objet virtuel au cours du temps entre un objet de départ, représenté par la référence 31, et un objet d'arrivée, représenté par la référence 46. La

30 déformation entre ces deux représentations de l'objet virtuel au cours du temps peut être paramétrée. Le système qui vient d'être décrit est, bien évidemment, simplifié à l'extrême pour faciliter sa compréhension.

Ainsi, le système qui vient d'être décrit permet,

35 le cas échéant, de retoucher l'animation directement au

moment du tournage, dans l'espace réel, après acquisition par le système en configuration d'apprentissage, ce qui permet encore une interaction accrue entre le monde réel et le monde virtuel.

5 Comme représenté très schématiquement sur la figure 9, le système de tournage peut, dans un mode de réalisation, être utilisé comme suit.

 Au cours d'une première étape 101, on met en œuvre le système dans une configuration de calibration optique de la caméra de tournage 9, afin de déterminer les éventuelles
10 aberrations optiques de la caméra de tournage. Cette étape préalable est par exemple réalisée à l'aide d'une mire, et des informations recueillies peuvent être utilisées par la suite par le système informatique 12, pour corriger
15 informatiquement l'acquisition de la caméra de tournage 9.

 Ensuite, lors d'une étape 102, on utilise le système dans une configuration d'apprentissage, dans laquelle un capteur d'apprentissage est déplacé dans l'espace réel, afin de générer un modèle tridimensionnel de
20 l'espace réel. On procède également à une mise à l'échelle de ce modèle tridimensionnel.

 Ensuite, lors d'une étape 103, dans une configuration de localisation, on détermine les positions relatives de la caméra de tournage 9 et d'un capteur de repérage 16.
25

 Puis, au cours d'une étape 104, on fournit une animation à partir d'une base de données d'animations virtuelles, l'animation étant destinée à coopérer avec l'espace réel à filmer.

30 Au cours d'une étape 105, on utilise le système de configuration de tournage, et on génère, sur un écran disponible sur le lieu du tournage, une image composite de l'image réelle obtenue par la caméra optique 9, et une projection générée, pour la même trame de temps, sur
35 l'image réelle, selon les données de localisation dans le

référentiel réel de la caméra de tournage 9. Cette image composite peut être immédiatement diffusée. Cette image composite est générée pour chaque trame de temps, ou du moins pour un nombre suffisant de trames de temps.

5 Dans un exemple de réalisation en différé, au cours d'une étape de détermination 106, si le réalisateur considère que la prise de vue est satisfaisante, (flèche 0), en prenant en compte les images composites générées, il met fin au tournage du film vidéo (étape 107).

10 Si l'étape de détermination 106 montre que le tournage n'est pas satisfaisant (flèche N), on peut profiter du fait de disposer sur place de tous les acteurs et opérateurs pour filmer à nouveau la scène (retour à l'étape 105). Le cas échéant, on pourra au cours de cette
15 étape avoir modifié l'animation, telle que décrit ci-dessus en relation avec la figure 8.

 Les systèmes informatisés qui sont décrits ci-dessus peuvent être réalisés par une ou une pluralité de machines programmables, communiquant entre elles, par le
20 biais de réseaux, permettant le cas échéant d'importer à distance les animations à partir d'une base de données d'animations 29 distante. Les objets informatiques de type clavier, écran, souris, processeur, câbles etc peuvent être de type classiquement connu. On pourra en particulier
25 prévoir que l'animation issue de la base de données d'animation correspond à une animation simplifiée de l'animation destinée à être présente dans le film vidéo final. Alors, quelques semaines plus tard, dans une étape de post-production, on pourra prévoir de réaliser
30 l'animation finale à partir de l'animation initiale utilisée au cours du tournage, et du film acquis. L'animation simplifiée comprend un volume de données plus faible (par exemple au moins deux fois plus faible) que l'animation finale.

35 De la même manière qu'on a décrit, en relation avec

les figures 6a-6c, la génération d'une ombre projetée de l'image de l'objet virtuel dans l'espace réel, on pourra utiliser le modèle tridimensionnel, notamment volumique, pour gérer les occultations entre les objets de l'espace réel, et les objets virtuels. Ainsi, si on détecte que selon l'angle de vue de la caméra de tournage, une partie de l'objet virtuel 31 se situe derrière un objet opaque l'espace réel, tel que défini dans le modèle tridimensionnel, un module informatisé de soustraction pourra être utilisé pour, pour cette trame de temps, soustraire de l'image composite la partie cachée de l'objet virtuel 31. Ceci est possible à l'aide de la position dans l'espace réel de la caméra de tournage, de l'objet virtuel, et d'un objet opaque tel que défini par le modèle tridimensionnel. Ainsi, l'opérateur ou le réalisateur, voyant sur son écran de contrôle 15, 15', que l'objet virtuel 31 n'est peut être pas visible de la façon dont il le souhaite, pourra immédiatement adapter la position de la caméra de tournage.

20 Dans l'exemple présenté, on a décrit sur la figure 2 que le capteur 16 et la caméra de tournage 9 présentaient des champs optiques se superposant et/ou des axes d'acquisition relativement proches d'être parallèles. Toutefois, ceci n'est pas du tout une obligation et, en variante, le capteur 16 (dit aussi caméra témoin) pourrait par exemple filmer le plafond ou le sol de l'espace réel, par exemple, alors que l'axe optique de la caméra de tournage 9 serait environ horizontal.

Selon un mode de réalisation tel que représenté sur la figure 10, le système de repérage comprend un deuxième capteur 16' présentant au moins une caractéristique différent du premier capteur 16, choisie par exemple parmi la position, l'orientation, l'angle solide de prise de vue, la fréquence d'acquisition, l'axe optique, le champ optique. Par exemple, un deuxième capteur 16' peut être

orienté vers le plafond, et un troisième capteur 16'' peut être orienté latéralement. Chaque capteur 16, 16' et 16'' transmet au module informatisé de repérage les informations topographiques naturelles qu'il détecte. Le module informatisé de repérage 17 détermine les données de localisation dans le référentiel réel de la caméra de tournage 9 à partir des données de localisation des capteurs 16, 16', 16'' (pris ensemble ou séparément), et d'une comparaison entre les informations en question (notamment topographiques naturelles) et le modèle tridimensionnel 21 préétabli de l'espace réel.

La figure 11 présente un exemple de mise en œuvre utilisant un premier exemple d'environnement. La figure 11 représente la caméra de tournage 9 montée sur un trépied 52. Le capteur 16 est solidaire de la caméra de tournage 9 comme expliqué précédemment. Le champ optique de la caméra de tournage 9, dans cette position, est intercepté entièrement par un environnement 53. Dans le cas présent, l'environnement 53 comprend une portion verticale 53v. Selon les exemples, l'environnement peut comprendre une portion horizontale 53h. Une portion intermédiaire 53i peut être prévue pour une transition entre la portion verticale 53v et la portion horizontale 53h.

L'environnement 53 présente une grande étendue, de sorte qu'il est possible de filmer, avec la caméra de tournage 9, une scène se déroulant entre l'environnement 53 et la caméra de tournage 9, le champ optique de la caméra de tournage 9 étant entièrement intercepté par l'environnement 53. La scène peut notamment inclure des humains (acteurs, journalistes, présentateurs, ...). Il est également possible de déplacer la caméra de tournage, ou de disposer de plusieurs caméras de tournage, afin de filmer la scène selon des perspectives différentes, le champ optique de la caméra de tournage étant intercepté par l'environnement 53 pour ces différentes perspectives.

Le champ optique du capteur 16 peut n'être pas entièrement intercepté par l'environnement 53. Le capteur 16 peut alors détecter des zones se situant autour de l'environnement 53, au moins d'un côté de celui-ci. En
5 variante, le champ optique du capteur 16 peut être entièrement intercepté par l'environnement 53, du moins en au moins une position possible du capteur 16 au cours du tournage.

L'environnement 53 présente un spectre
10 électromagnétique comprenant une composante dans le domaine du spectre d'acquisition de tournage, et une composante dans le domaine extérieur au spectre d'acquisition de tournage. Le spectre en question est le spectre du signal optique envoyé par l'environnement 53 en direction de la
15 caméra de tournage 9 et du capteur 16. La composante dans le domaine extérieur au spectre d'acquisition de tournage est au moins partiellement détectable par le capteur 16. La composante dans le domaine du spectre d'acquisition de tournage étant essentiellement obtenue par réflexion d'un
20 éclairage incident dans le domaine visible, la description ci-dessus du spectre électromagnétique de l'environnement 53 est valable sous conditions d'éclairage de l'environnement par de la lumière visible. Ceci ne présage pas du spectre de l'environnement 53 hors éclairage par de
25 la lumière visible.

Selon un premier exemple, l'environnement 53 est réalisé comme un produit composite. Le produit composite 53 comprend un premier composant et un deuxième composant.

Un premier composant de l'environnement 53 émet,
30 sous conditions d'éclairage de l'environnement 53 par de la lumière visible, un spectre électromagnétique comprenant une composante dans le domaine du spectre d'acquisition de tournage. Il peut s'agir d'une composante uniforme. Une composante est dite uniforme quand elle présente une
35 largeur de bande étroite par rapport au spectre visible, et

notamment par rapport au spectre de la scène destinée à être filmée par la caméra de tournage. Il peut par exemple s'agir d'une composante verte, ou bleue. Par la suite, on pourra utiliser « composante visible » pour la composante dans le domaine du spectre d'acquisition de tournage, car ce sera le cas dans la plupart des applications même si l'invention s'applique également, dans certains cas, à une composante dans le domaine du spectre d'acquisition de tournage qui ne soit pas nécessairement dans le visible.

10 Un deuxième composant de l'environnement 53 émet, sous conditions d'éclairage de l'environnement 53 par de la lumière visible, un spectre électromagnétique comprenant une composante hors du domaine du spectre d'acquisition de tournage, et dans le domaine du spectre d'acquisition de repérage. Cette composante peut être une composante uniforme. Il peut par exemple s'agir d'une composante infra-rouge, notamment dans le proche infra-rouge (longueur d'onde comprise entre 0,78 et 3 micromètres). Par la suite, on pourra utiliser « composante infra-rouge » pour cette composante, car ce sera le cas dans la plupart des applications même si l'invention s'applique également, dans certains cas, à une composante hors du domaine du spectre d'acquisition de tournage qui ne soit pas nécessairement dans l'infra-rouge.

25 On entend par « source » au sens large l'ensemble des éléments permettant à l'environnement 53 d'émettre un signal optique donné. Une source peut comprendre un ou plusieurs émetteurs transformant une énergie non optique en un rayonnement électromagnétique optique. Une source peut aussi comprendre tous les composants agissant sur le signal optique originellement généré par l'émetteur, par exemple en le transmettant, le réfléchissant, le diffusant, le diffractant, le modifiant jusqu'à ce que celui-ci soit émis par l'environnement 53. Cette définition ne couvre toutefois pas l'air ambiant dans lequel il est

vraisemblable que le présent système sera utilisé.

Un objet est dit « escamoté pour un système d'acquisition donné s'il n'est pas détectable à l'aide de ce système d'acquisition. C'est le cas par exemple si
5 l'objet est hors champ. C'est le cas également si l'objet est dans le champ mais n'émet pas des signaux détectables par ce système d'acquisition permettant de le distinguer de son entourage. Cela peut être le cas si le signal émis par l'objet et le signal émis par son entourage, restreints au
10 domaine spectral détectable par le système d'acquisition, sont très proches.

Le premier composant de l'environnement 53 agit comme un filtre optique empêchant la composante dans le domaine du spectre d'acquisition de tournage du deuxième
15 composant d'atteindre la caméra de tournage 9. Ainsi, le premier composant de l'environnement 53 absorbe ou réfléchit la composante dans le domaine du spectre d'acquisition de tournage du deuxième composant tout en transmettant la composante hors du domaine du spectre
20 d'acquisition de tournage du deuxième composant.

Ainsi, on forme un marqueur émettant, sous conditions d'éclairage de l'environnement par de la lumière visible, un spectre électromagnétique comprenant une
25 composante dans le domaine extérieur au spectre d'acquisition de tournage, et dans le domaine du spectre d'acquisition de repérage. En effet, la composante dans le domaine du spectre d'acquisition de tournage du deuxième composant est filtrée par le premier composant.

Un « marqueur » désigne un motif de dimensions
30 (selon une, deux, ou trois directions indépendantes de l'espace) faibles par rapport à l'environnement. Selon l'exemple de la figure 11, un marqueur présente des dimensions caractéristiques au moins dix fois inférieures aux dimensions caractéristiques de l'environnement. Cette
35 caractéristique pourrait ne s'appliquer qu'à deux des

dimensions caractéristiques du marqueur. Le marqueur peut de plus présenter une forme distinctive par rapport à l'environnement 53. La forme comprend par exemple un segment de droite et/ou un coin entre deux segments de droite. Le coin peut présenter un angle compris entre 10° et 170°, notamment compris entre 30° et 150°. Des angles de 90° sont présentés sur la figure 11.

Dans l'exemple représenté sur la figure 11, on utilise un objet marqueur artificiel 54. Il comprend un émetteur. Sur la figure 11, l'objet marqueur artificiel 54 émet des signaux infra-rouges quand il est alimenté par une source d'énergie. La figure 12a propose un exemple d'objet marqueur artificiel 54. Il comprend un support 55. Le support 55 est par exemple rigide. Il comprend un ou plusieurs émetteurs 56 de lumière infra-rouge portées par le support 55, par exemple entre cinq et cinquante émetteurs. Ces émetteurs comprennent par exemple des diodes électro-luminescentes. Il comprend un cordon d'alimentation 57 le reliant à une source d'énergie extérieure. Sous alimentation en énergie depuis la source d'énergie extérieure, les émetteurs 56 émettent une lumière infra-rouge.

Comme visible sur la figure 12b, le premier composant comprend un panneau 58. Le panneau 58 comprend une face avant 58a orientée vers la caméra de tournage 9. Le panneau 58 comprend une face arrière 58b orientée à l'opposé de la face avant 58a. Le panneau 58 est par exemple rigide. Le panneau 58 forme une base 79 de grandes dimensions. L'objet marqueur artificiel 54 est assemblé au panneau 58. Notamment, il est assemblé à la face arrière 58b du panneau 58. Il est assemblé de sorte que les émetteurs 56 émettent en direction du capteur 16. L'assemblage peut être fait de toute manière appropriée (bande adhésive, assemblage mécanique, collage, ...).

Le cordon d'alimentation 57 peut être relié

directement à une prise secteur disposée derrière l'environnement 53. En variante, le cordon 57 d'alimentation relie entre eux différents objets marqueurs artificiels 54 émetteurs, comme représenté sur la figure 5 11.

Le marqueur artificiel 54 et la portion du panneau 58 située entre lui et la caméra de tournage forment ainsi ensemble une source 76 d'infra-rouges.

Les marqueurs sont répartis et espacés les uns des autres dans l'environnement 53 de sorte que, quelle que soit la scène filmée, à tout instant, la probabilité est grande qu'au moins un des marqueurs soient détectables par le capteur 16 (la scène filmée étant susceptible d'empêcher la transmission de certains des signaux jusqu'au capteur 15 16).

Le mode de réalisation qui vient d'être décrit fonctionne comme suit.

En fonctionnement, l'environnement 53 est éclairé par un éclairage en lumière visible (artificiel ou naturel). Les objets marqueurs artificiels 54 sont alimentés en énergie. Le panneau 58 empêche la partie visible du spectre d'émission des objets marqueurs artificiels 54 (ainsi que des cordons 57) de parvenir jusqu'à la caméra de tournage 9 (il agit comme un filtre). 25 Les objets marqueurs artificiels 54 sont ainsi escamotés. Le capteur 16 détecte les signaux infra-rouges émis par les émetteurs 56. Du fait des formes spécifiques prévues pour les objets marqueurs 54, le capteur 16 acquière une image présentant des motifs géométriques. Ces informations 30 optiques sont utilisées par le module informatisé de repérage 17 comme expliqué précédemment.

Le spectre d'acquisition du capteur 16, dit spectre d'acquisition de repérage, n'est pas nécessairement exclusivement hors du domaine du spectre d'acquisition de 35 tournage. Le spectre d'acquisition de repérage peut

recouvrir au moins une partie du visible. Selon le champ optique du capteur 16, celui-ci peut utiliser des informations topographiques naturelles en complément des informations décrites plus haut. Ces informations topographiques naturelles vont par exemple comprendre un ou plusieurs bords du panneau 58.

La figure 20 présente un exemple du spectre optique susceptible d'être mis en oeuvre dans cet exemple de réalisation. L'axe des abscisses représente la longueur d'onde λ . Les valeurs 400 et 700 nanomètres (nm), classiquement considérées comme formant les limites du visible, sont indiquées. Le spectre d'acquisition de tournage 71 est représenté. Il correspond à peu près au domaine du visible. Le spectre d'acquisition de repérage 72 est également représenté. Il recouvre au moins une partie de l'infra-rouge. Dans cet exemple, il recouvre aussi une partie (en l'occurrence, la totalité) du spectre d'acquisition de tournage 71. Au besoin, le spectre d'acquisition de repérage 72 est réglable. C'est-à-dire que le capteur 16 peut être réglé en plusieurs modes de fonctionnement présentant des spectres d'acquisition de repérage différents. Le capteur 16 peut par exemple être réglé dans une configuration « infra-rouge » pour présenter un spectre d'acquisition de repérage 72a sensible aux infra-rouge, comme représenté, en vue d'une utilisation combinée avec des marqueurs infra-rouge. Le capteur 16 peut aussi être réglé dans une configuration « visible » pour présenter un spectre d'acquisition de repérage 72b sensible à la lumière visible, par exemple en vue d'une utilisation dans un espace extérieur présentant de fortes variations optiques (espace extérieur urbain par exemple). Les spectres 72a et 72b peuvent se recouvrir partiellement ou totalement.

Un signal optique 73 parvenant à la fois à la caméra de tournage 9 et au capteur 16 est représenté. Ce

signal optique comprend une importante composante monochrome 74 correspondant à l'environnement. Ce signal optique comprend une composante infra-rouge 75. Le reste du signal correspond à la scène filmée.

5 L'intégralité du signal 73 est utilisée par le module informatisé de repérage. Toutefois, la partie dans le domaine visible ne permet vraisemblablement pas d'identifier de manière fiable des motifs utilisables pour localiser la caméra de tournage. Notamment, cette partie
10 dans le domaine visible, du fait du faible contraste, est très sensible à des variations d'éclairage autour de l'environnement. La partie infra-rouge est utilisée pour repérer la position de la caméra de tournage comme expliqué précédemment (le modèle tridimensionnel prédéfini comprend
15 alors les marqueurs infra-rouge). En effet, les marqueurs infra-rouge permettent de générer des marqueurs très différenciant, par rapport au reste de l'environnement. Le repérage est alors moins sensible à des variations de l'éclairage ambiant. La caméra de tournage 9 n'acquière pas
20 la partie infra-rouge du signal, qui est en dehors de son spectre d'acquisition. L'image d'intérêt est extraite de la partie visible de l'image de manière connue (suppression du pic monochromatique 74).

Dans cet exemple de réalisation, bien que la caméra
25 de tournage ait été décrite comme posée sur un pied 52, on pourra prévoir facilement de déplacer le pied 52 entre deux prises de vue, la position de la caméra de tournage 9 étant automatiquement déterminée par le procédé ci-dessus au-
cours du tournage pour chaque prise de vue.

30 En variante, on peut monter la caméra de tournage sur un système mécanique encodé, comme représenté sur la figure 5, l'encodeur étant également utilisé pour détecter la position de la caméra de tournage comme expliqué précédemment. L'invention peut toutefois être adaptée aux
35 caméras de tournage portées par des systèmes mécaniques non

encodés, ce qui permet de proposer d'équiper des studios existant sans avoir à changer tous les systèmes mécaniques. L'invention peut être en variante utilisée pour une caméra portée par un opérateur.

5 On a décrit ci-dessus une mise en œuvre avec un panneau 58 rigide, le marqueur étant assemblé à la face arrière du panneau 58. Le cas échéant, on peut percer de trous traversants 80 le panneau 58 en regard des émetteurs 56. Le cas échéant, on recouvre la portion de la face avant
10 58a munie de perçages d'un filtre 78 interceptant le rayonnement visible des émetteurs 56. Le filtre peut par exemple comprendre une bande souple 65, le cas échéant recouverte d'une couche de peinture 66, de spectre adapté.

 En variante, on peut fixer les marqueurs 54 sur la
15 face avant 58a, et les recouvrir (ainsi que les éventuels autres objets présents en amont de la face avant 58a, par exemple des cordons d'alimentation) d'un filtre comme expliqué ci-dessus (bande adhésive et/ou peinture).

 La figure 13 présente un autre exemple de
20 réalisation d'environnement. Cet exemple sera décrit par référence au mode de réalisation de la figure 11. Dans le cas présent, une différence tient en ce que l'environnement 53 comprend un panneau 58 flexible. Celui-ci peut être réalisé par exemple en tissu naturel ou synthétique. Le
25 panneau 58 peut être assemblé à une structure 59. La structure 59 comprend par exemple une tringle 60 supérieure d'où pend le panneau 58. La tringle supérieure 60 peut être fixée au mur, au plafond, ou portée par des pieds non représentés. Le panneau 58 est par exemple assemblé à la
30 tringle 60 par des crochets ou anneaux 61 à la manière d'un rideau. D'autres exemples sont possibles.

 Comme on peut le voir sur la figure 13, selon un exemple, le panneau 58 peut comprendre deux pans non-coplanaires, notamment deux pans verticaux non-coplanaires.

35 Une telle configuration permet d'adapter facilement

le panneau 58 à l'espace disponible, par exemple en plaçant les pieds aux endroits adaptés, et en déployant plus ou moins le panneau 58.

L'environnement 53 comprend plusieurs objets
5 marqueurs artificiels 54. Dans l'exemple présenté, il s'agit d'objets marqueurs artificiels 54 émetteurs. Dans l'exemple présenté, il s'agit d'objets marqueurs artificiels 54 flexibles. Un exemple est représenté à la figure 14. L'objet marqueur artificiel 54 comprend un
10 panneau flexible 62 comprenant une pluralité de fibres optiques 63 dont au moins une extrémité est reliée à un émetteur 56. Les fibres optiques 63 présentent une courbure permettant à une partie des rayons optiques d'en sortir, et à une partie de s'y propager. Comme visible sur la figure
15 15, la courbure peut être obtenue en faisant onduler la fibre optique 63 par rapport à des fils 64 transversaux (par exemple des fils translucides). Comme visible sur la figure 14, on peut prévoir un émetteur 56 à chaque
20 extrémité d'une fibre optique. On peut prévoir un ou plusieurs émetteurs d'un côté donné du panneau 62. La figure 14 présente un panneau 62 formant un segment de droite. On peut assembler plusieurs tels systèmes selon des orientations différentes pour réaliser des panneaux 62 en forme de L, de T, ou toute autre forme appropriée comme
25 représenté sur la figure 13.

Selon une réalisation, l'objet marqueur 64 est assemblé à l'arrière du panneau 58, comme précédemment décrit, par tout moyen approprié, notamment souple, tel que couture ou bande adhésive 65, comme représenté sur la
30 figure 16a. Le panneau 58 agit alors comme un filtre. L'objet marqueur 64 est alors escamoté pour la caméra de tournage. Le marqueur artificiel 54 et la portion du panneau 58 située entre lui et la caméra de tournage forment ainsi ensemble une source 76 d'infra-rouges.

35 En variante, le panneau 62 de l'objet marqueur 64

peut être assemblé à l'avant du panneau 58, comme représenté sur la figure 16b. On l'assemble par exemple par une bande adhésive 65 localisée. Le panneau 58 peut être percé d'un trou pour laisser passer la fibre optique entre les émetteurs 56 et le panneau 54. La bande adhésive 65 peut recouvrir ce trou. Une couche de peinture 66 recouvre le panneau 54 et les éventuelles bandes adhésives 65. La couche de peinture 66 présente un spectre très proche de celui du panneau 58. La couche de peinture agit alors comme un filtre. L'objet marqueur 64 et les bandes adhésives sont alors escamotés pour la caméra de tournage. Le marqueur artificiel 54 et la couche de peinture 66 située entre lui et la caméra de tournage forment ainsi ensemble une source 76 d'infra-rouges.

On notera, en variante des exemples ci-dessus, que les objets marqueurs 64 pourront être alimentés par une batterie intégrée plutôt que reliés au secteur, ce qui permet une mise en œuvre nomade, si nécessaire.

Les figures 17a et 17b présentent un autre exemple de réalisation. Dans cet autre exemple de réalisation, on a toujours recours à des objets marqueurs artificiels 54. Toutefois, les objets marqueurs artificiels ne sont pas émetteurs de signaux optiques, mais réfléchissent seulement des signaux optiques. Ainsi, dans cet exemple de réalisation, on a recours à un émetteur 66 d'infra-rouges distant. Selon un exemple particulier, on peut prévoir un émetteur 66 distant solidaire du capteur 16. De préférence, l'émetteur 66 n'est pas situé dans le champ optique de la caméra de tournage 9 (voire même pas du capteur 16). L'émetteur 66 est ainsi escamoté pour la caméra de tournage. De plus, ni la caméra de tournage 9 ni le capteur 16 ne sont dans le champ optique de l'émetteur 66. On peut par exemple envisager, pour l'émetteur 66, un anneau 67 portant plusieurs diodes électro-luminescentes entourant l'objectif du capteur 16, et orienté en direction de

l'environnement 53. Le signal infra-rouge émis est uniforme dans l'espace.

L'objet marqueur réflecteur 54 réfléchit les signaux infra-rouge incidents. On peut par exemple prévoir
5 que l'objet marqueur réflecteur 54 comprenne une trame de fils 68, et une pluralité de micro-réflecteurs 69 retenus entre les mailles. Un exemple (à un très fort grossissement) est présenté sur la figure 17b. Les fils 68 présentent le même spectre que le panneau 58. Un objet
10 marqueur réflecteur 54 est assemblé au panneau 58 localement par couture (avec un fil présentant à nouveau le même spectre) ou autre, par exemple une bande adhésive ensuite recouverte de peinture ad hoc comme expliqué ci-dessus. Les objets marqueurs réflecteurs 54 sont alors
15 escamotés pour la caméra de tournage.

L'émetteur 66 et le marqueur artificiel 54 forment ainsi ensemble une source d'infra-rouges.

Un intérêt de cette réalisation est que l'environnement 53 ne nécessite pas d'être alimenté en
20 énergie.

La figure 18 présente un autre exemple de réalisation. Dans cet exemple, on n'utilise pas, à proprement parler, d'objets marqueurs. Dans cet exemple, le marqueur 77 est obtenu par pure réflexion par
25 l'environnement 53 d'un signal marquant incident. On prévoit ainsi un émetteur 70 générant un faisceau de rayon infra-rouge selon un certain motif, en direction du panneau 58. Le motif est par exemple un motif tel que présenté ci-dessus en relation avec la figure 11. On a représenté à
30 titre d'exemple un émetteur 70 posé au sol, hors champ optique de la caméra de tournage 9. L'émetteur 70 est ainsi escamoté pour la caméra de tournage. On pourrait prévoir plusieurs émetteurs 70, dont l'un et/ou l'autre sont fixés au plafond, ou à une super-structure. La réflexion du
35 signal infra-rouge incident par le panneau 58 forme le

marqueur.

L'émetteur 70 et la portion du panneau 58 réfléchissant le signal incident forment ainsi ensemble une source d'infra-rouges.

5 Dans les modes de réalisation décrits ci-dessus, lors du tournage d'une scène à l'aide de la caméra de tournage, on sépare, dans l'image filmée, l'arrière-plan monochrome de la partie d'intérêt de l'image. Si on a utilisé une peinture ou un matériau rapporté, sa couleur
10 est suffisamment proche de celle du panneau 58 pour que l'ensemble soit considéré comme monochrome, et séparé de la partie d'intérêt de l'image. On peut ensuite utiliser la position de la caméra de tournage pour composer l'image extraite avec une image virtuelle. L'image virtuelle peut
15 être fixe dans le référentiel réel, du moins pendant un certain temps. On peut par exemple penser à un décor virtuel, ou à une carte météorologique par exemple. Comme expliqué ci-dessus, l'image virtuelle peut également faire partie d'une animation, auquel cas l'image virtuelle varie
20 au cours du temps. On peut par exemple penser à un personnage animé composité avec une scène réelle.

Ci-dessus ont été décrits des exemples de mise en œuvre mettant en œuvre un fond monochrome.

On notera que les objets marqueurs 54 décrits
25 peuvent également être utilisés en extérieur, comme représentés en figure 19. Les objets marqueurs 54 peuvent être recouverts d'une peinture dans le ton de l'environnement adjacent, afin de n'être pas détectés par la caméra de tournage 9. En variante, les objets marqueurs
30 54 peuvent être utilisés dans les tournages par très faible luminosité, comme une scène de nuit par exemple, auquel cas ils ne sont pas détectés par la caméra de tournage.

Les différents exemples de réalisation présentés ci-dessus sont le cas échéant combinables.

35 Différentes étapes et procédés décrits ci-dessus

apparaissent innovants, outre leur utilisation dans le procédé général décrit, et la déposante se réserve le droit de protéger ceux-ci de toute manière adaptée.

Par exemple, il apparaît original un environnement artificiel dont le spectre comprend, sous conditions d'éclairage par de la lumière visible, une composante dans le domaine d'un spectre d'acquisition de tournage, et une composante dans le domaine extérieur au spectre d'acquisition de tournage,

L'environnement artificiel comprenant une base étendue et une source, escamotée pour la caméra de tournage, qui comprend elle-même un émetteur solidaire de la base et alimentable en énergie pour générer dans l'environnement au moins un marqueur présentant la composante dans le domaine extérieur au spectre d'acquisition de tournage (notamment infra-rouge).

En disposant de tels émetteurs intégrés dans l'environnement, de manière uniforme et d'étendue suffisamment étendue, on peut disposer d'un environnement dans lequel le signal infra-rouge est utilisé pour détourner l'image d'intérêt de l'image du fond, plutôt que la couleur verte ou bleue classiquement utilisée, dans des systèmes de tournage de films vidéos n'utilisant pas la position de la caméra de tournage. De plus, en intégrant les émetteurs directement dans l'environnement, une bonne intensité et homogénéité du signal infra-rouge est possible.

REVENDEICATIONS

1. Système de tournage de film vidéo dans un espace réel défini dans un référentiel réel, comprenant :

5 - une caméra de tournage (9), adaptée pour enregistrer une image réelle pour une pluralité de trames de temps distinctes, la caméra de tournage présentant un spectre d'acquisition de tournage,

 - un système de repérage dans l'espace, comprenant :

10 . au moins un capteur (16), présentant un spectre d'acquisition de repérage, le capteur (16) présentant des données de localisation par rapport à la caméra de tournage (9) connues pour chaque trame de temps, et adapté pour transmettre à un module informatisé de repérage des
15 informations optiques, comprenant des informations topographiques naturelles, détectées par le capteur,

 . un module informatisé de repérage (17) adapté pour déterminer, de manière répétée au cours du temps, des données de localisation dans le référentiel réel de la caméra
20 de tournage (9) à partir des données de localisation du capteur, et d'une comparaison entre les informations optiques et un modèle tridimensionnel (21) préétabli de l'espace réel,

Caractérisé par

25 - Un environnement artificiel (53) dont le spectre comprend, sous conditions d'éclairage par de la lumière visible, une composante (74) dans le domaine du spectre d'acquisition de tournage (71), et une composante (75) à la fois dans le domaine extérieur au spectre d'acquisition de
30 tournage (71) et dans le spectre d'acquisition de repérage (72),

 - Une source (76), escamotée pour la caméra de tournage, alimentable en énergie pour générer dans l'environnement (53) au moins un marqueur (54, 77) présentant la composante (75) à la fois dans le domaine extérieur au

spectre d'acquisition de tournage et dans le spectre d'acquisition de repérage.

2. Système de tournage de film vidéo selon la revendication 1, dans lequel un champ optique (11) de la
5 caméra de tournage (9) et un champ optique (20) du capteur (16) se superposent au moins partiellement.

3. Système de tournage selon la revendication 1 ou 2 dans lequel l'environnement (53) comprend au moins un objet
marqueur artificiel (54) caché dans l'environnement (53).

10 4. Système de tournage selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, comprenant au moins un filtre (78) interposé entre la caméra de tournage (9) et un objet marqueur artificiel (54), le filtre empêchant une composante dans le domaine du spectre d'acquisition de tournage d'atteindre la
15 caméra de tournage (9),

Le filtre (78) étant également interposé entre le capteur (16) et l'objet marqueur artificiel (54), et laissant passer jusqu'au capteur (16) une composante dans le domaine extérieur au spectre d'acquisition de tournage.

20 5. Système de tournage selon la revendication 4, dans lequel l'environnement (53) comprend le filtre (78).

6. Système de tournage selon la revendication 5, dans lequel le filtre (78) est solidaire de l'objet marqueur artificiel (54).

25 7. Système de tournage selon la revendication 6, dans lequel le filtre (78) comprend une couche de peinture (66) appliquée sur l'objet marqueur artificiel (54).

8. Système de tournage selon la revendication 6 ou 7, dans lequel le filtre (78) comprend une couche flexible (58)
30 superposée à l'objet marqueur artificiel (54).

9. Système de tournage selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, dans lequel l'environnement (53) comprend une base (79) étendue, et dans lequel au moins un marqueur artificiel (54, 77) présente une, deux ou trois

dimension(s) caractéristique(s) petite(s) par rapport à la base (77) étendue.

10. Système de tournage selon la revendication 9, dans lequel la base (79) étendue présente, sous conditions
5 d'éclairage par de la lumière visible, un spectre monochromatique uniforme dans le spectre d'acquisition de tournage dans le champ optique de la caméra de tournage (9).

11. Système de tournage selon l'une des revendications 1 à 10, dans lequel au moins un marqueur artificiel (54, 77)
10 présente une forme comprenant l'une et/ou l'autre de :

- un segment de droite,
- un coin entre deux segments de droite, le coin présentant un angle compris entre 10° et 170° , notamment compris entre 30° et 150° .

12. Système de tournage selon l'une des revendications 1 à 11, dans lequel les marqueurs artificiels (54, 77) sont répartis et espacés les uns des autres dans l'environnement
15 (53).

13. Système de tournage selon l'une des revendications 1 à 12 dans lequel la source (76) comprend au moins un objet
20 marqueur artificiel émetteur (56, 66, 70) adapté, lorsqu'alimenté en énergie, pour émettre un signal électromagnétique présentant un spectre comprenant une composante dans le domaine extérieur au spectre d'acquisition
25 de tournage.

14. Système de tournage selon l'une des revendications 1 à 13 dans lequel la source (76) comprend un émetteur (66, 70) de rayonnement électromagnétique en dehors du champ
30 optique de la caméra de tournage (9), et adapté pour émettre en direction de l'environnement (53) un signal présentant un spectre comprenant une composante dans le domaine extérieur au spectre d'acquisition de tournage, dans lequel la source (76) comprend des réflecteurs (69) adaptés pour réfléchir ledit signal.

15. Système de tournage selon la revendication 14 dans lequel l'émetteur (66) de rayonnement électromagnétique est solidaire du capteur (16), et notamment présente un champ optique au moins partiellement superposé au champ optique (20) du capteur (16).

16. Système de tournage selon l'une des revendications 1 à 15, dans lequel le capteur (16) du système de repérage comprend une caméra optique présentant au moins l'une des caractéristiques suivantes :

- 10 - un angle solide de prise de vue supérieur à un angle solide de prise de vue de la caméra de tournage,
- une fréquence d'acquisition supérieure à une fréquence d'acquisition de la caméra de tournage,
- un encombrement au moins deux fois inférieur à un
15 encombrement de la caméra de tournage,
- un axe optique parallèle à un axe optique de la caméra de tournage (9).

17. Système de tournage selon l'une des revendications 1 à 16, comprenant en outre :

- 20 - un écran de visualisation (15),
- un module informatisé de visualisation (32) adapté pour générer sur l'écran de visualisation (15), de manière répétée dans le temps, une image composite d'un extrait de l'image réelle, et d'une projection d'une image virtuelle,
25 issue d'une base de données d'images virtuelles (29), projection générée selon les données de localisation dans le référentiel réel de la caméra de tournage (9).

18. Système de tournage selon l'une des revendications 1 à 17 comprenant en outre un second système de capteurs (16', 16'', 38) comprenant au moins un capteur, adapté pour enregistrer des données,

le module informatisé de repérage (17) étant adapté pour déterminer des données de localisation de la caméra de tournage (9) dans l'espace réel (1) à partir de ces données,

le second système de capteurs (16', 16'', 38) comprenant un capteur optique ou non-optique.

19. Système de tournage selon l'une des revendications 1 à 18 dans lequel la caméra de tournage (9) présente un champ
5 optique variable (11), notamment au cours du tournage, notamment dans lequel la caméra de tournage (9) est déplaçable, notamment de manière non guidée, au cours du tournage.

20. Procédé de tournage de film vidéo dans un espace
10 réel défini dans un référentiel réel, comprenant :

- on dispose d'un environnement artificiel (53) ,
- une source (76), escamotée pour la caméra de tournage, est alimentée en énergie pour générer dans
15 l'environnement au moins un marqueur (54, 77) artificiel dont le spectre présente une composante à la fois dans un domaine extérieur à un spectre d'acquisition de tournage et dans un spectre d'acquisition de repérage

de sorte que le spectre de l'environnement (53) comprend, sous conditions d'éclairage par de la lumière
20 visible, une composante dans le domaine du spectre d'acquisition de tournage, et une composante dans le domaine extérieur au spectre d'acquisition de tournage et dans le spectre d'acquisition de repérage,

- une caméra de tournage (9) enregistre une image
25 réelle pour une pluralité de trames de temps distinctes, la caméra de tournage présentant le spectre d'acquisition de tournage,

- au moins un capteur (16), présentant le spectre d'acquisition de repérage, et présentant des données de
30 localisation par rapport à la caméra de tournage (9) connues pour chaque trame de temps, transmet à un module informatisé de repérage (17) des informations optiques, comprenant des informations topographiques naturelles, détectées par le capteur (16) au moins dans le domaine extérieur au spectre

d'acquisition de tournage,

- un module informatisé de repérage (17) détermine, de manière répétée dans le temps, des données de localisation dans le référentiel réel de la caméra de tournage (9) à partir
5 des données de localisation du capteur, et d'une comparaison entre les informations optiques et un modèle tridimensionnel (21) préétabli de l'espace réel.

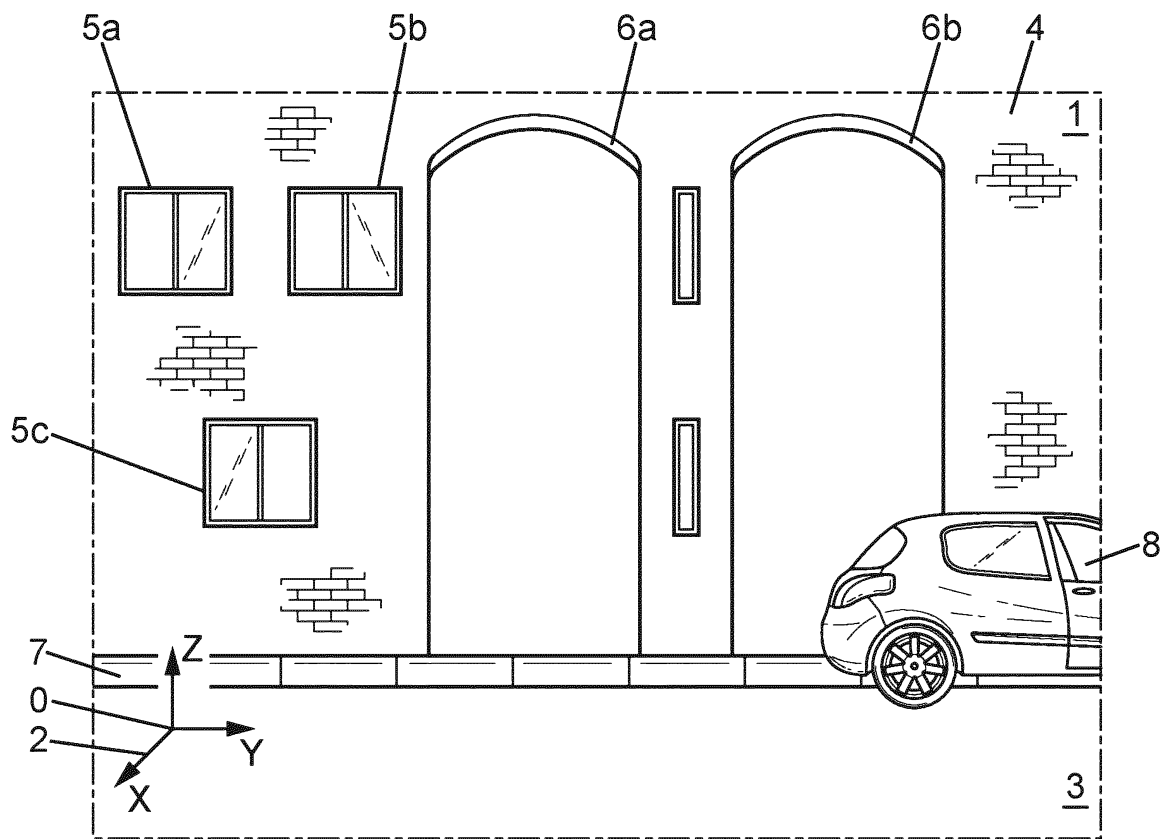


FIG. 1

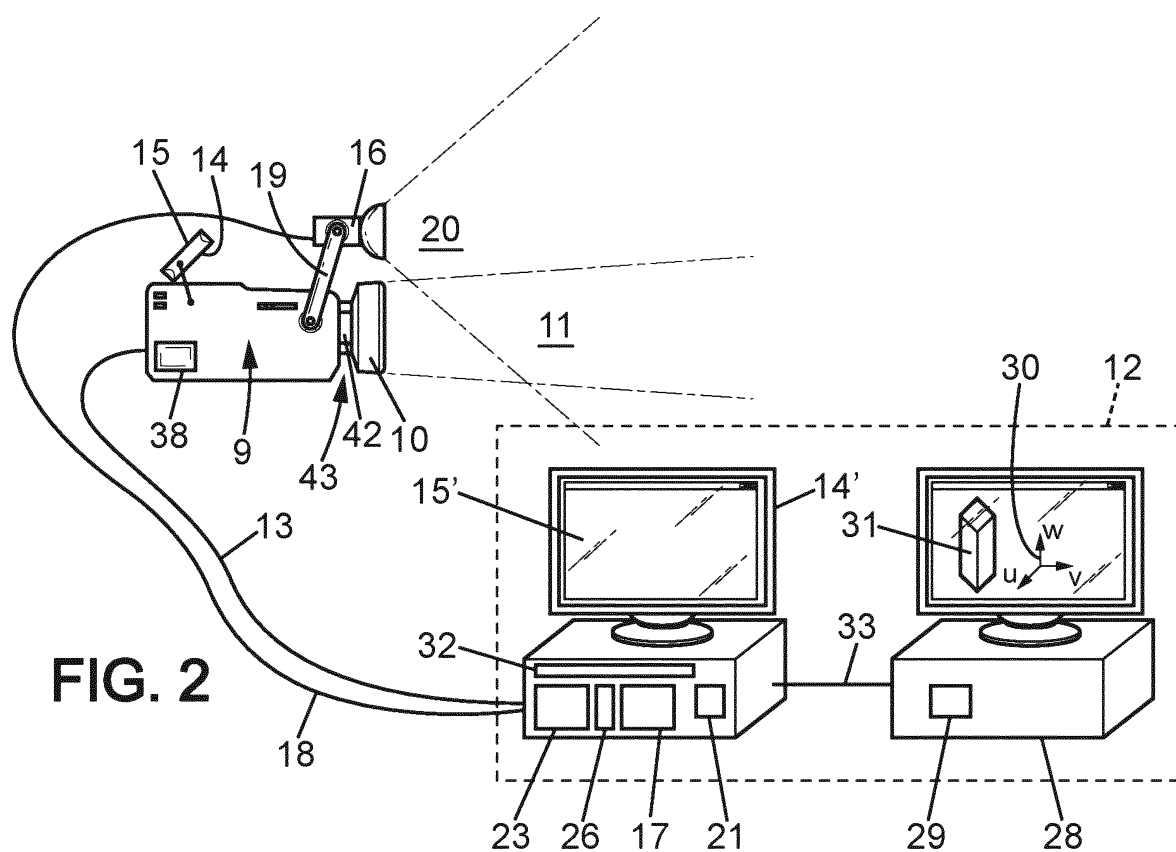


FIG. 2

2/13

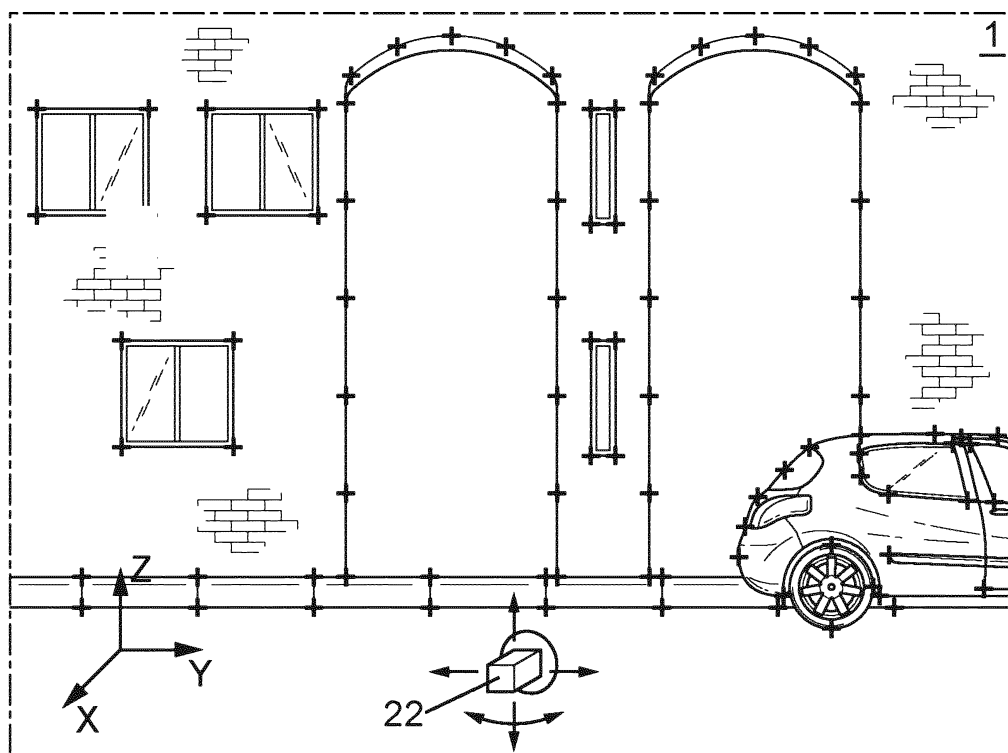


FIG. 3

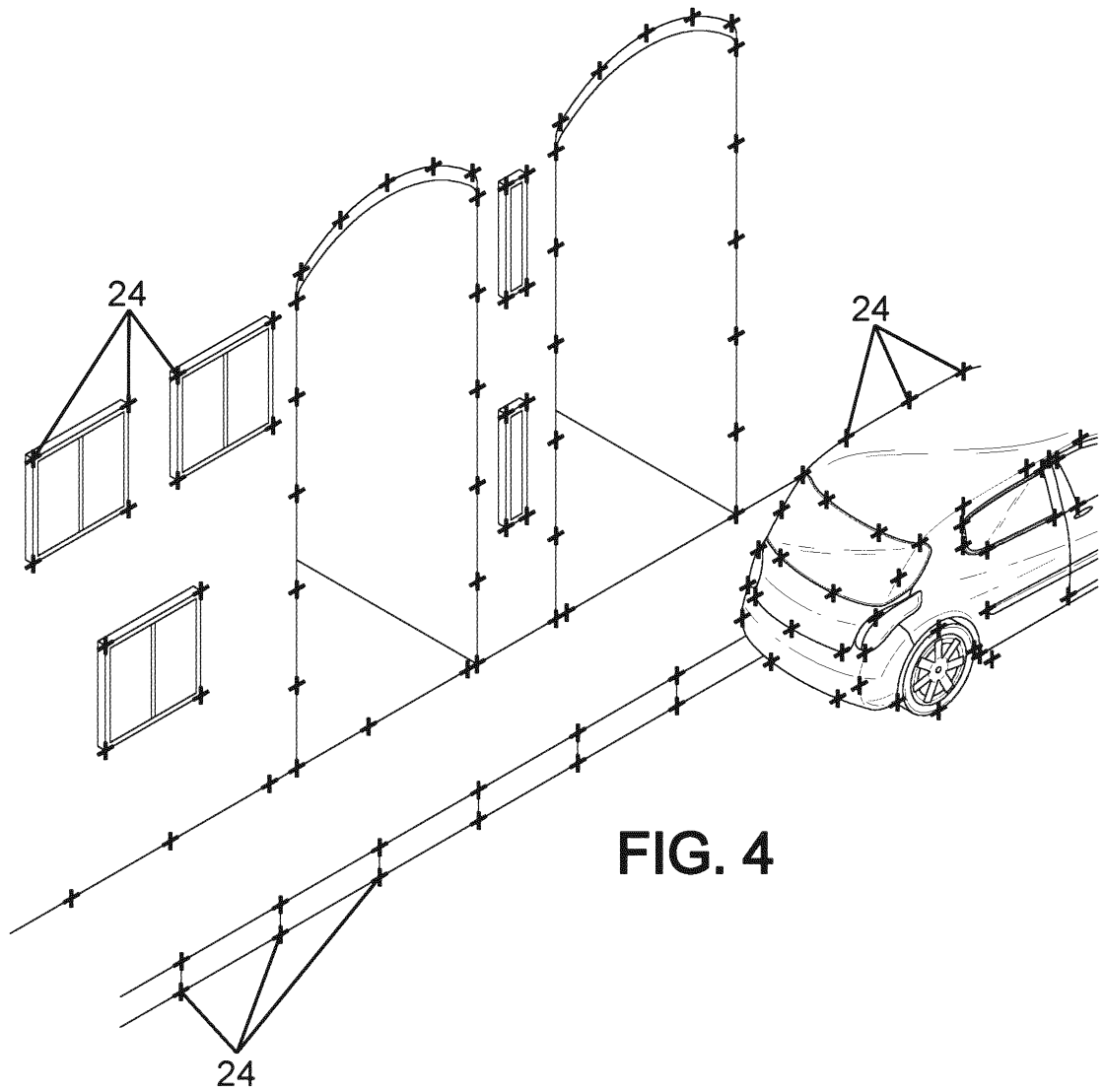
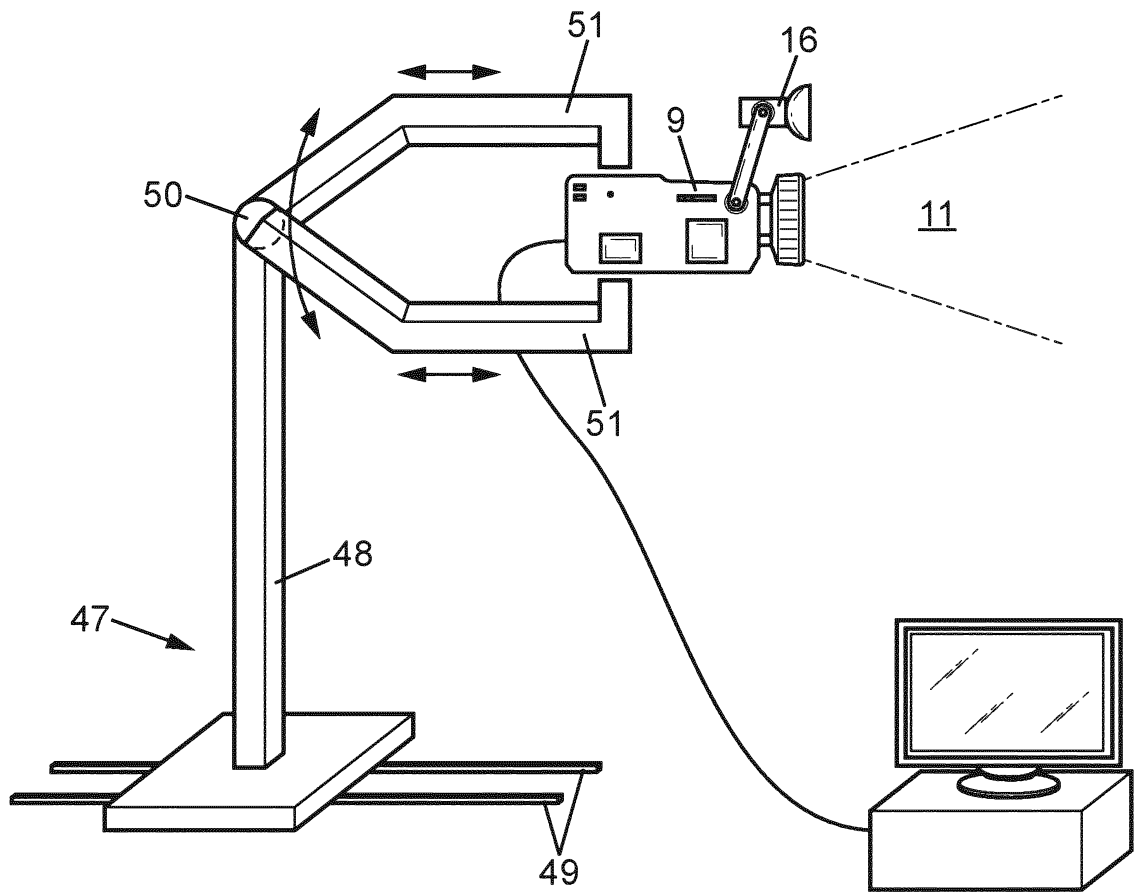
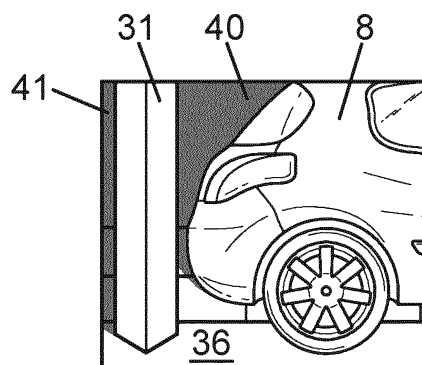
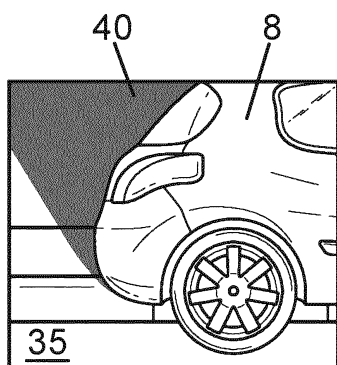
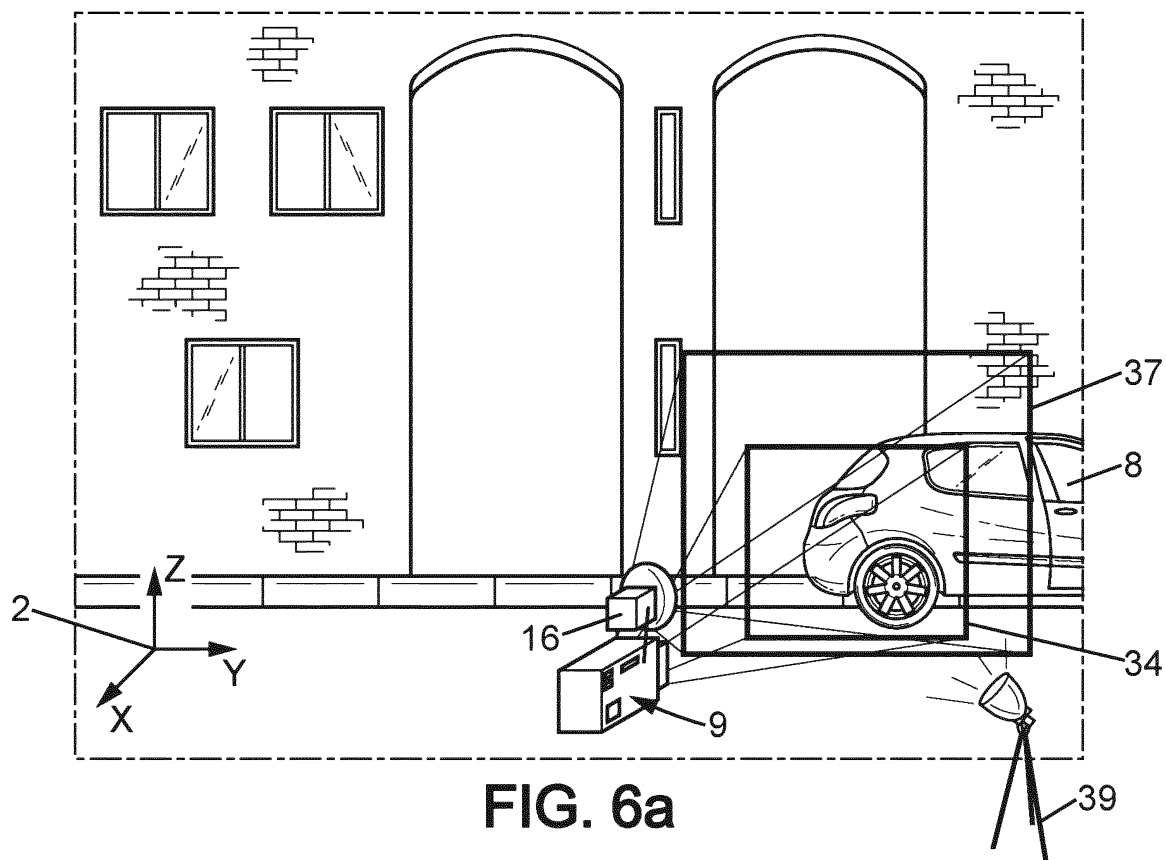


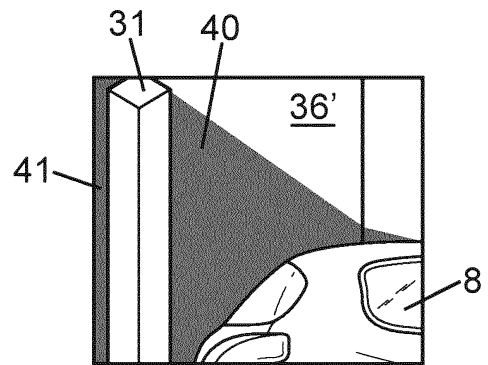
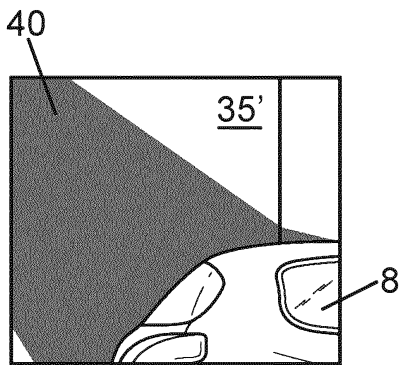
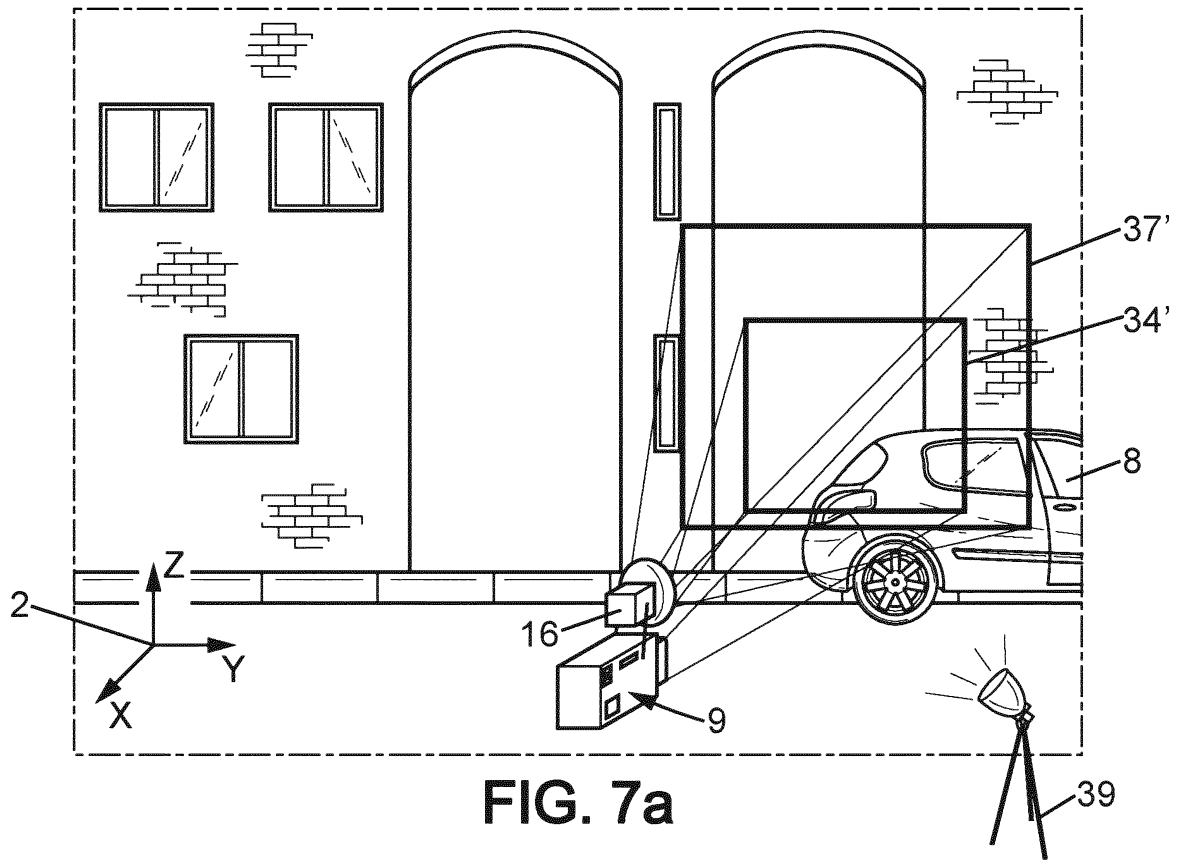
FIG. 4

4/13

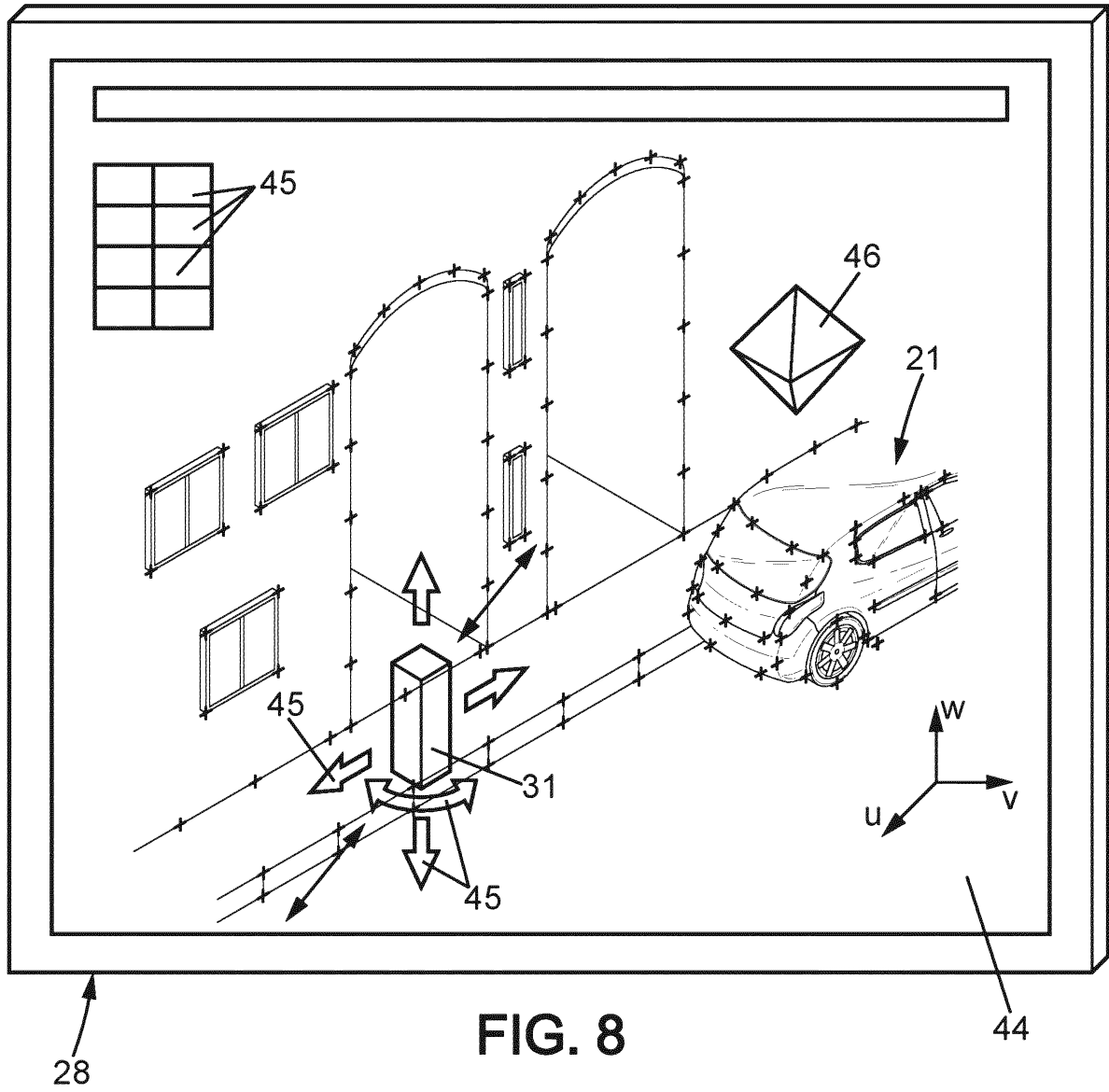
**FIG. 5**

5/13

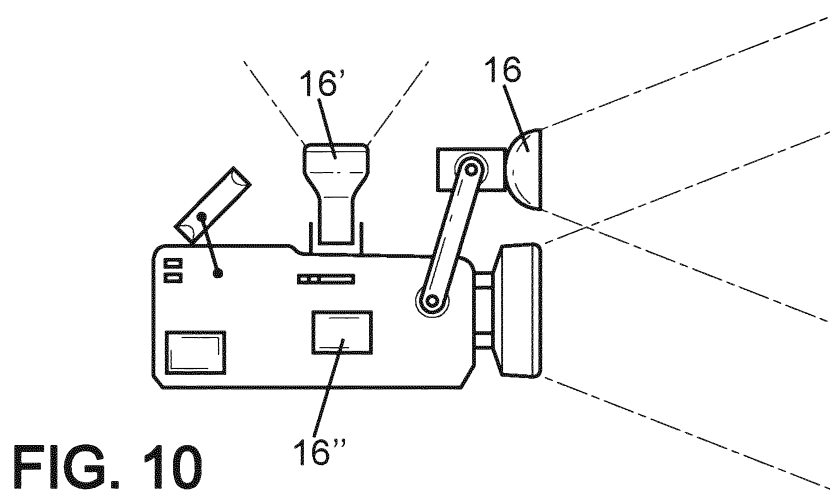
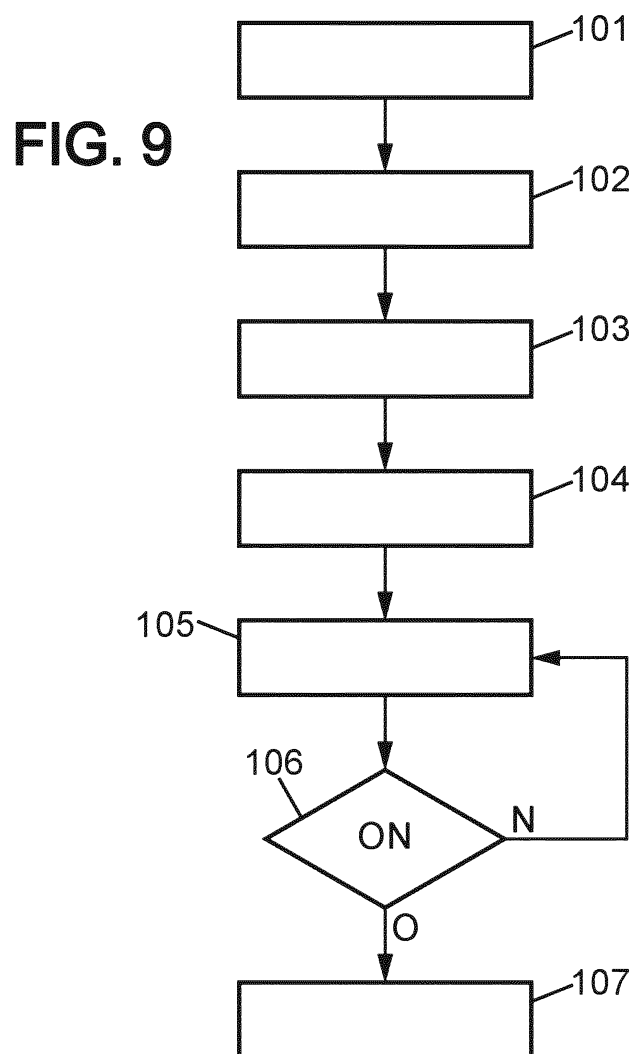


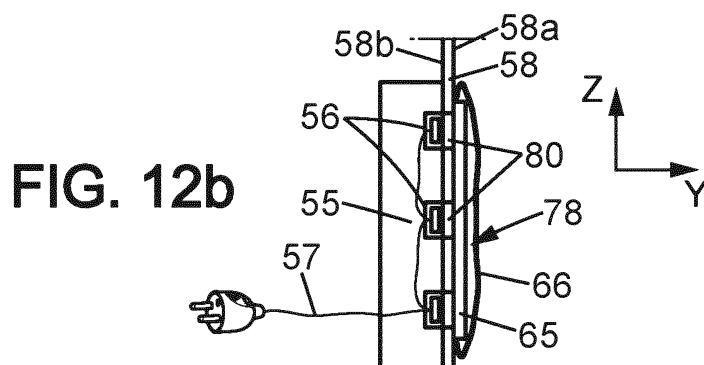
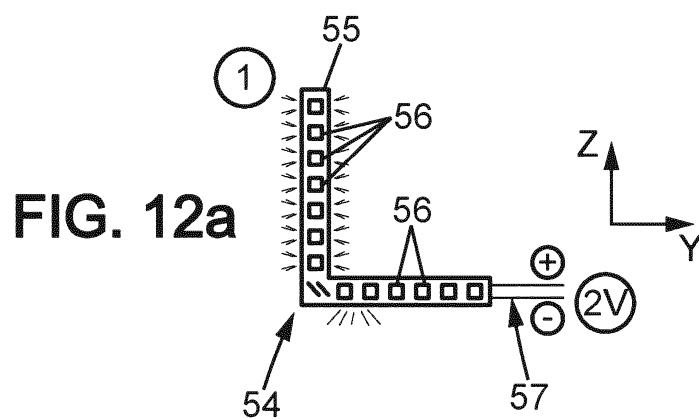
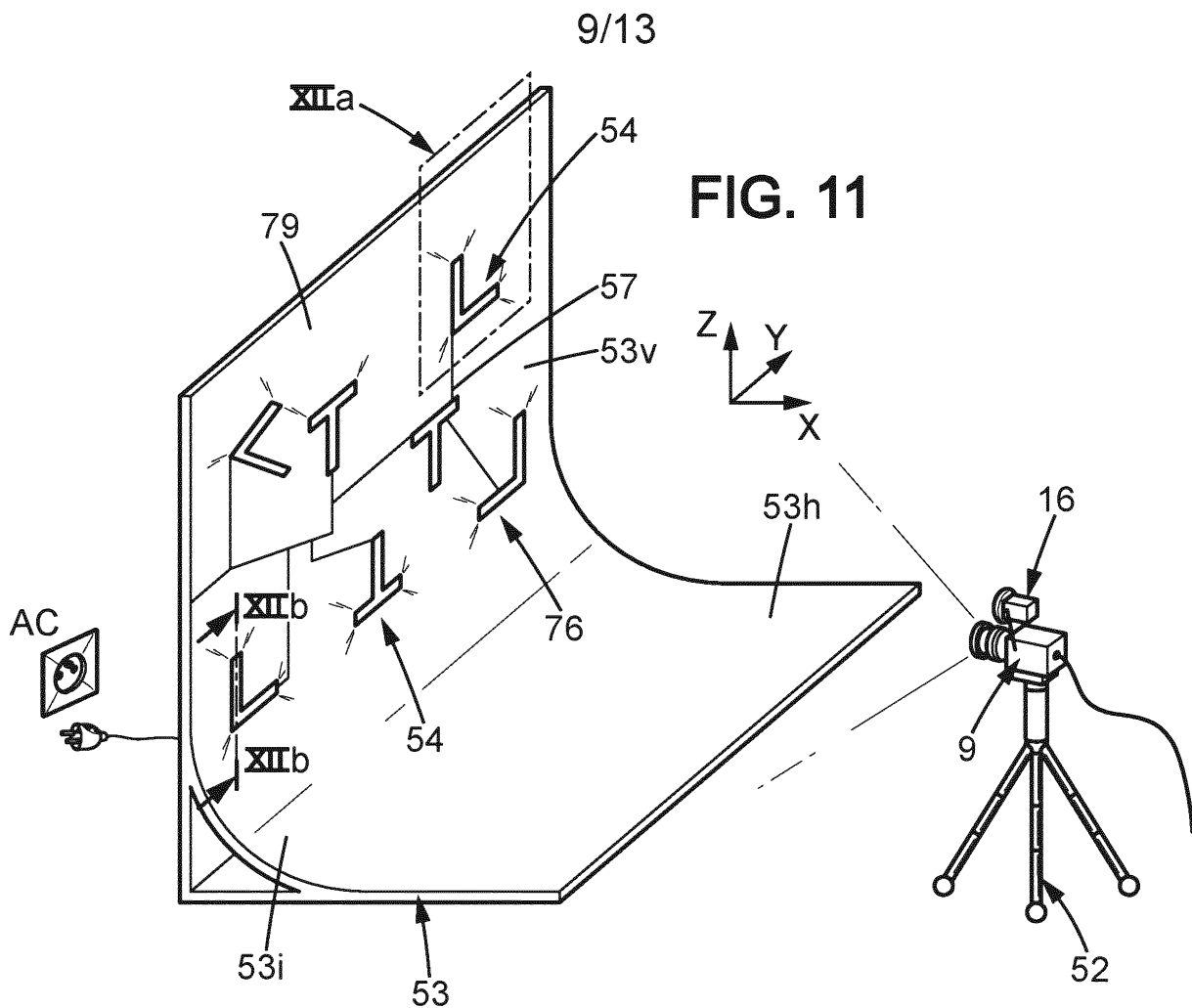


7/13



8/13





10/13

FIG. 13

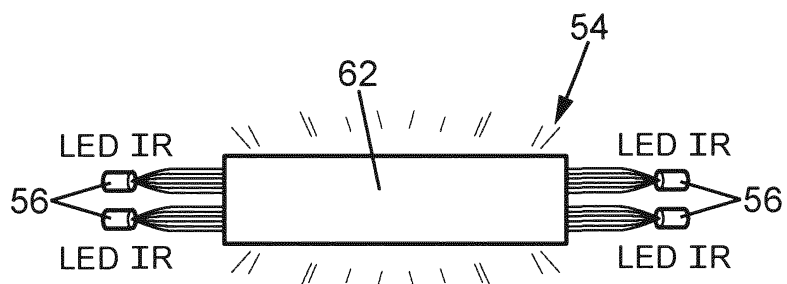
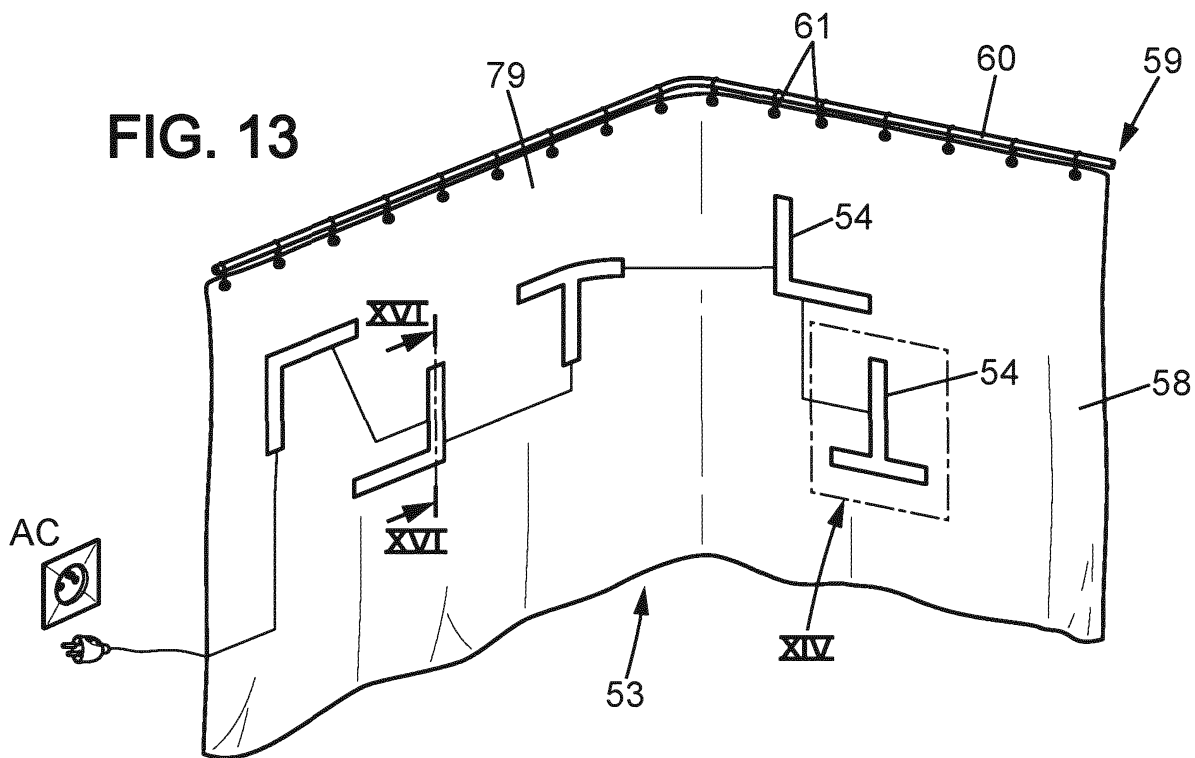


FIG. 14

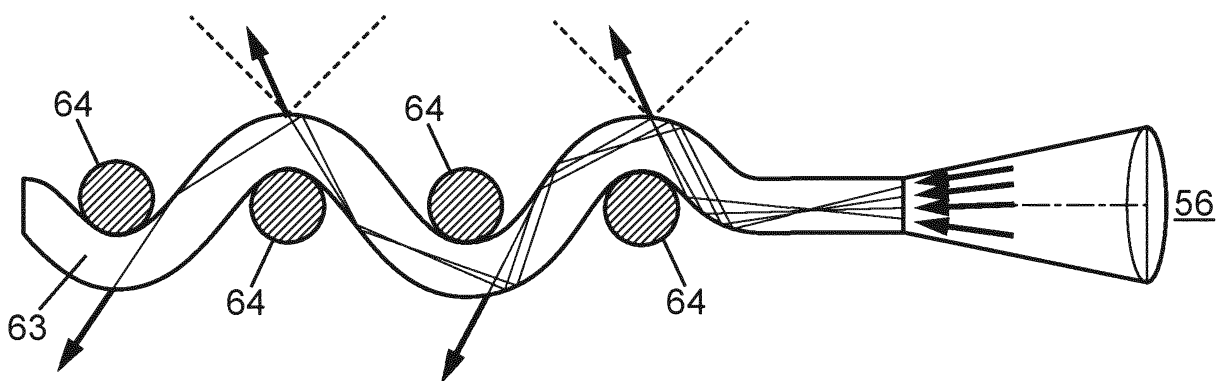


FIG. 15

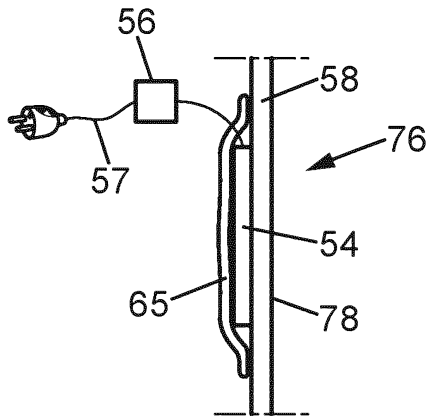


FIG. 16a

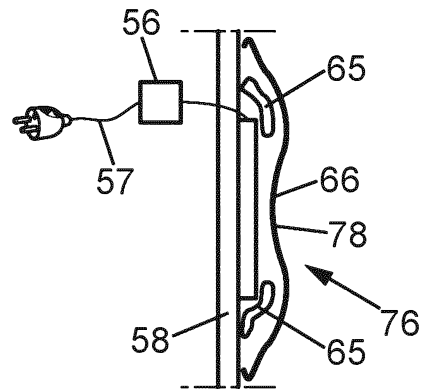


FIG. 16b

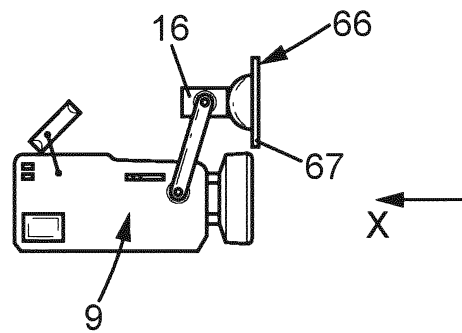


FIG. 17a

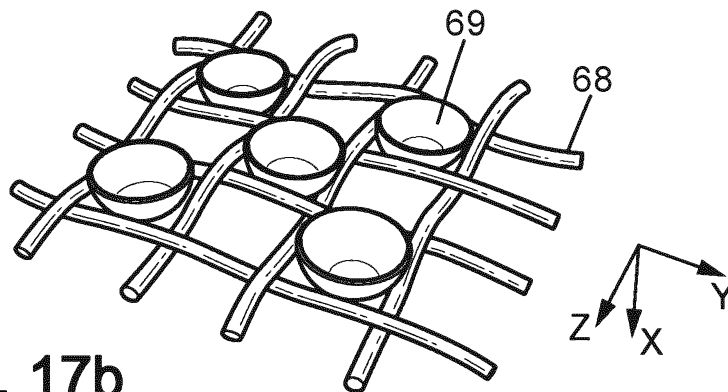
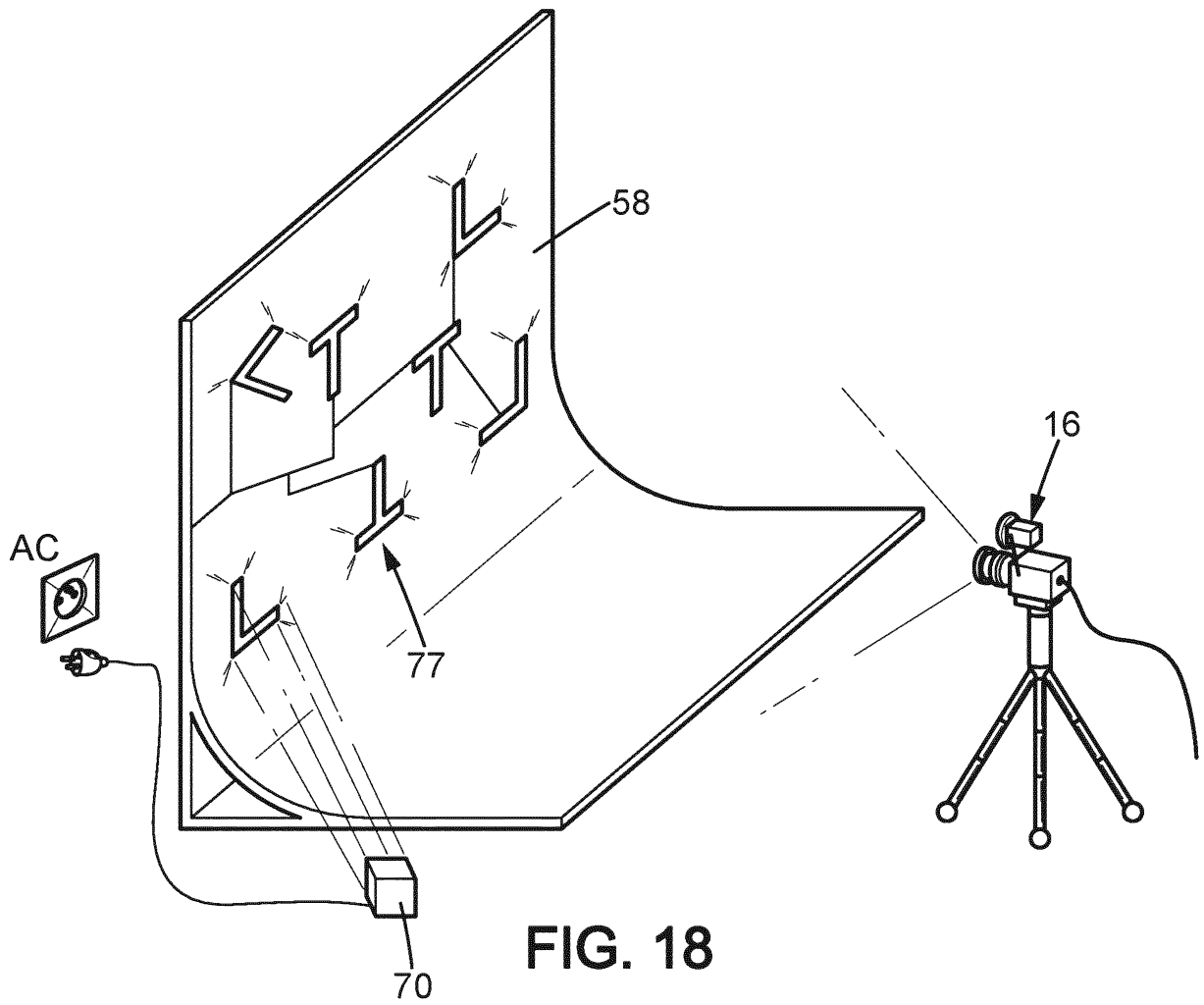


FIG. 17b

12/13



13/13

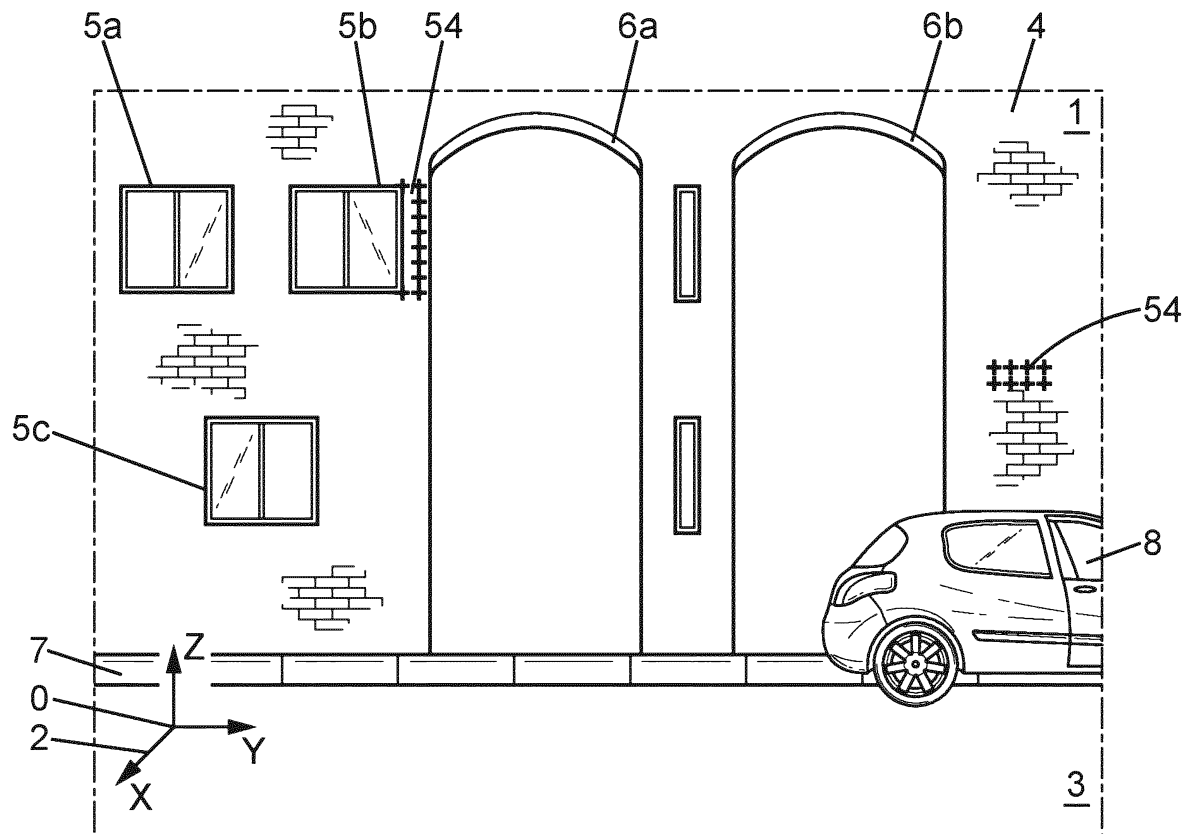


FIG. 19

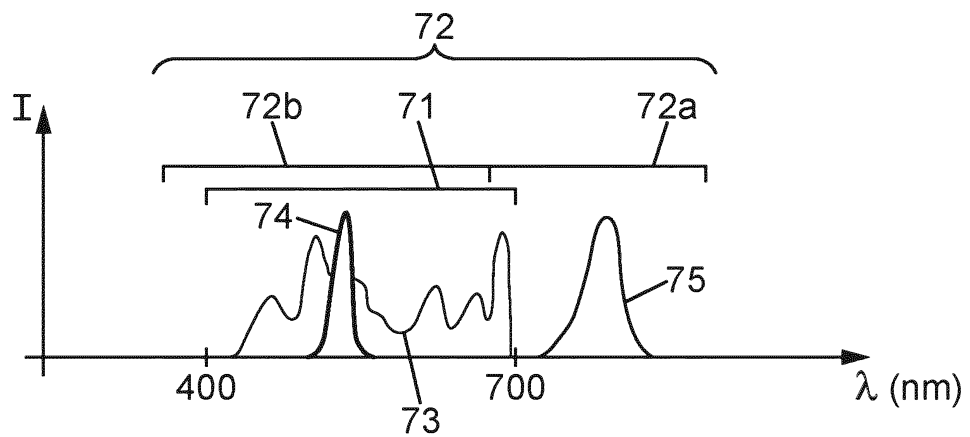


FIG. 20

RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-17 et R.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

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

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

CONDITIONS D'ÉTABLISSEMENT DU PRÉSENT RAPPORT DE RECHERCHE

- Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.
- Le demandeur a maintenu les revendications.
- Le demandeur a modifié les revendications.
- Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.
- Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.
- Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

DOCUMENTS CITÉS DANS LE PRÉSENT RAPPORT DE RECHERCHE

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

- Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.
- Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.
- Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.
- Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

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

GB 2 329 292 A (ORAD HI TEC SYSTEMS LTD [IL])
17 mars 1999 (1999-03-17)

US 2007/279514 A1 (MITSUMINE HIDEKI [JP] ET AL)
6 décembre 2007 (2007-12-06)

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

FR 2 984 057 A1 (SOLIDANIM [FR])
14 juin 2013 (2013-06-14)

WO 98/54593 A1 (BRITISH BROADCASTING CORP [GB]; RUSSELL RICHARD THOMAS [GB]; THOMAS GR)
3 décembre 1998 (1998-12-03)

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

NEANT