

①⑨ RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
COURBEVOIE

①① N° de publication :

3 037 466

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

②① N° d'enregistrement national :

15 01231

⑤① Int Cl⁸ : **H 04 N 5/232** (2016.01), **H 04 L 29/02**

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②② Date de dépôt : 12.06.15.

③③ Priorité :

⑦① Demandeur(s) : **MOVE'N SEE — FR.**

④③ Date de mise à la disposition du public de la
demande : 16.12.16 Bulletin 16/50.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule*

⑥③ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

⑦② Inventeur(s) : **WILLEMENOT DE NANC ERIC.**

⑦③ Titulaire(s) : **MOVE'N SEE.**

○ Demande(s) d'extension :

⑦④ Mandataire(s) : **MOVE'N SEE.**

⑤④ **PROCEDE ET SYSTEME DE POINTAGE AUTOMATIQUE D'UNE UNITE MOBILE.**

⑤⑦ L'invention concerne un procédé et un système de
poursuite d'au moins une unité mobile comportant une pla-
teforme de pointage montée articulée sur un support fixe,
une première balise radio, une deuxième balise radio atta-
chable sur l'unité mobile, et au moins deux balises radio
supplémentaires.

Le procédé et le dispositif sont particulièrement utiles
pour filmer des sportifs aussi bien à l'intérieur d'un bâtiment
qu'à l'extérieur.

FR 3 037 466 - A1



Procédé et système de pointage automatique d'une unité mobile

Domaine technique et état de l'art

La présente invention est relative a un procédé et un système qui oriente automatiquement et éventuellement commande un dispositif de pointage comme une caméra ou un éclairage, aussi bien à l'intérieur d'un bâtiment qu'à l'extérieur. Le sujet pointé est muni d'une balise radio permettant des mesures de distance entre elle et d'autres balises radio grâce à l'échange de signaux radio. Une balise radio est constituée au moins d'un émetteur-récepteur radio, d'un processeur (tout organe électronique permettant de réaliser des instructions) qui permet de faire des calculs et d'envoyer des signaux électriques de commande. L'invention est particulièrement utile pour filmer ou éclairer automatiquement un sujet en mouvement aussi bien à l'intérieur d'un bâtiment qu'à l'extérieur, et elle peut servir à pointer un sujet par tout autre type de dispositif de pointage comme par exemple un appareil photo ou un laser. Le procédé et le système permettent en effet de pointer une caméra ou un éclairage ou tout autre instrument de façon automatique sur le sujet, et permettent en outre de commander automatiquement le zoom de la caméra, ou l'ouverture de l'éclairage, pour que ces derniers s'adaptent automatiquement à des paramètres du mouvement comme la distance, la vitesse, ou l'accélération entre le sujet et la caméra ou l'éclairage. Par exemple, plus le sujet pointé s'éloigne de la caméra, plus le système actionne une commande de zoom sur la caméra. Le procédé et le système présentés permettent la transportabilité du système, son installation rapide et simple, une portée de plusieurs dizaines ou centaines de mètres en intérieur comme en extérieur, et une très faible taille des éléments du système, dont les balises radios.

Le document US20140192204 (A1) décrit un système qui oriente un dispositif de pointage vers un sujet porteur d'une balise radio appelée RFID dans ce document, et commande d'autres paramètres de ce dispositif comme le champ de vision, donc le zoom. Ce document ne détaille pas comment obtenir une grande portée, par exemple de plusieurs dizaines ou centaines de mètres, comment avoir un système transportable, simple et rapide à installer, ni comment avoir des balises radio de taille très faible, pour pointer un sujet aussi bien à l'intérieur d'un bâtiment qu'à l'extérieur.

Le document FR2975783 (A1) décrit un système qui oriente automatiquement un dispositif de pointage vers un sujet porteur d'une balise radio comportant un GPS, et le dispositif de pointage comporte un dispositif de goniométrie électromagnétique. La goniométrie réalisée sur des ondes électromagnétiques permet de définir la direction de provenance du signal. La goniométrie électromagnétique nécessite cependant des antennes directives qui sont encombrantes. Il est en effet connu que des antennes directives doivent avoir des dimensions du même ordre ou plus grandes que la longueur d'onde des signaux, afin de produire des interférences constructives autour de la direction privilégiée par l'antenne, et destructives quand la provenance du signal s'éloigne de la direction privilégiée par l'antenne. Par exemple, à 2,4GHz, la longueur d'onde est d'environ

12cm, si bien qu'une antenne directive à cette fréquence a des dimensions de cet ordre, ou plus grande encore selon la performance de directivité souhaitée. Vers 5GHz, la longueur d'onde est de l'ordre de 6cm, si bien que des antennes directives pour faire de la goniométrie sont encore au moins de cet ordre de grandeur de taille, et en général bien plus, puisqu'on trouve couramment des antennes Yagi à 5GHz et de 24° d'ouverture (l'angle dont s'écarte la provenance du signal ayant un gain à -3dB du gain maximum défini l'angle d'ouverture), avec une taille de 33cm. De tels encombrements peuvent constituer un obstacle à l'utilisation d'un tel système, à son transport, et à son installation simple et rapide, et à une faible taille de système. De plus, dans un bâtiment le GPS n'est plus disponible et les positions GPS ne peuvent donc pas servir à connaître la distance entre la caméra et le sujet pointé, et dans ce cas ce document ne donne pas de solution permettant de déterminer la distance entre le sujet et la caméra. Cette information de distance est nécessaire pour pouvoir actionner par exemple le zoom d'une caméra ou l'ouverture d'un éclairage en fonction de la distance entre un dispositif de pointage et le sujet pointé. Ce document ne détaille pas comment obtenir une grande portée, par exemple de plusieurs dizaines ou centaines de mètres, comment avoir un système de petite taille et qui soit donc transportable facilement, simple et rapide à installer, ni comment avoir des éléments radio de taille très faible pour réaliser un système permettant de pointer un sujet aussi bien à l'intérieur d'un bâtiment qu'à l'extérieur.

Description de l'invention

La présente invention vise à remédier à tout ou partie de ces inconvénients. Le but de l'invention est de pouvoir pointer un sujet en mouvement, par exemple filmer un sportif, aussi bien à l'intérieur qu'à l'extérieur d'un bâtiment, avec un procédé et un système qui autorisent de petites tailles pour les différentes parties du système, sa transportabilité, une installation simple et rapide, et permettant de pointer vers un sujet qui évolue à grande distance du dispositif de pointage, par exemple plusieurs dizaine à plusieurs centaines de mètre.

A cet effet, la présente invention vise, selon un premier aspect, un procédé et un système de poursuite d'une ou plusieurs unités mobiles qui peuvent être par exemple un ou des sportifs, par une plateforme de pointage sur laquelle on peut installer par exemple une caméra, ou un éclairage, ou tout autre instrument. La plateforme de pointage est montée articulée sur un support fixe qui peut être par exemple un trépied. Entre la plateforme de pointage et le support fixe il peut y avoir un ou plusieurs moteurs qui peuvent servir à actionner des mouvements d'orientation de la plateforme de pointage sous l'effet de commandes automatiquement générées par le procédé et le système objets de l'invention. Le support fixe peut être un trépied, ou tout autre support, qui reste fixe pendant l'utilisation du système. Le système pour la mise en œuvre du procédé comprend une

première balise radio qui est placée de préférence à proximité immédiate de la plateforme de pointage. Par « proximité immédiate » on entend une distance de l'ordre de quelques centimètres ou dizaines de centimètres. Ainsi, la mesure de distances entre la première balise radio et d'autres balises radio sera entâchée d'une erreur de quelques centimètres ou dizaines de centimètres par rapport à la distance entre la plateforme de pointage et ces autres balises radio. Une telle erreur est tolérable pour pointer une unité mobile avec une précision sur sa position qui soit de l'ordre de grandeur de quelques centimètres ou dizaines de centimètres. Le système pour la mise en œuvre du procédé comprend également une deuxième balise radio attachable sur l'unité mobile. Cette deuxième balise radio peut donc être en mouvement avec l'unité mobile, si bien que la détermination ultérieure de la position de la deuxième balise radio correspondra à la détermination de la position de l'unité mobile, afin de pointer celle-ci avec la plateforme de pointage sur laquelle peut être installé par exemple une caméra ou un éclairage.

L'invention vise ainsi un procédé de poursuite d'au moins une unité mobile par un système comprenant une plateforme de pointage montée articulée sur un support fixe, une première balise radio, une deuxième balise radio attachable sur l'unité mobile, au moins deux balises radio supplémentaires, et comportant une étape d'initialisation puis une étape de poursuite.

A chaque fois qu'il est fait mention de mesure de distance entre des balises radio, de telles mesures peuvent par exemple être faites avec les techniques de TOF (Time Of Flight), de TDOA (Time Difference Of Arrival), ou encore de RSSI (Received Signal Strength Intensity) ou toute autre technique radio de mesure de distance ou combinaison entre elles.

L'étape d'initialisation comprend au moins:

- Une étape de mesure des distances entre les balises radio supplémentaires.
- Une étape de mesure des distances entre les balises radio supplémentaires et la première balise radio,
- Une étape d'initialisation de l'angle de visée de la plateforme de pointage par la visée d'une des balises radio supplémentaires ou de la deuxième balise radio.

L'étape de poursuite comprend au moins:

- Une étape d'émission de signaux électromagnétiques omnidirectionnels par la deuxième balise radio (5) et au moins deux balises radio supplémentaires (6),
- Une étape de mesure des distances entre la deuxième balise radio et au moins trois balises radio parmi les balises radio supplémentaires et la première balise radio.
- Une étape de transfert d'informations par radio d'au moins une balise radio supplémentaire vers la première balise radio,
- Une étape de détermination de la position de la deuxième balise radio par multilatération, en utilisant au moins les informations de distance entre la deuxième balise radio et trois balises radio parmi les balises radio supplémentaires et la première balise radio,

- Une étape d'orientation de la plateforme de pointage afin de viser la position de la deuxième balise radio.

L'étape de poursuite peut également comporter en outre une étape de mesure d'accélération inertielle de l'unité mobile, et l'utilisation de cette mesure inertielle pour estimer la position de l'unité mobile avant d'orienter la plateforme de pointage vers la position de l'unité mobile.

Le procédé peut en outre comporter une étape d'émission d'un signal de commande en temps réel vers un dispositif fixé sur la plateforme de pointage.

Cette étape peut comporter une commande qui dépend par exemple de la distance, de la vitesse, ou de l'accélération de la deuxième balise radio.

10 Cette étape peut comporter une commande de zoom du dispositif fixé sur la plateforme de pointage, ce dispositif étant un appareil de prise de vue. Son zoom sera donc modifié, plus ou moins serré, après cette étape de commande.

L'invention vise également un système de poursuite d'au moins une unité mobile permettant la mise en œuvre du procédé. Ce système comporte une plateforme de pointage montée articulée sur un support fixe, une première balise radio, une deuxième balise radio attachable sur l'unité mobile, et au moins deux balises radio supplémentaires.

Les balises radio comportent des émetteurs-récepteurs radio et des processeurs leur permettant de mesurer des distances entre elles à l'aide d'échanges de signaux radios et de calculs.

Le système comprends des antennes omnidirectionnelles au moins dans la deuxième balise radio, et dans les balises radio supplémentaires,

Le système comporte les moyens d'orienter manuellement l'angle de visée de la plateforme de pointage vers l'une des balises radio supplémentaires ou la deuxième balise radio, pour une initialisation de son angle de visée avant d'entamer la poursuite.

Le système comporte les moyens de transférer des informations par radio d'au moins une balise radio supplémentaire vers la première balise radio.

Le système comporte un processeur dans lequel est déterminée la position de la deuxième balise radio par un algorithme de multilatération en utilisant au moins trois informations de distance parmi celles entre la deuxième balise radio et les balises radio supplémentaires et celle entre la deuxième balise radio et la première balise radio.

30 Le système comporte un moteur permettant d'orienter la plateforme de pointage afin de pointer la position du deuxième émetteur-récepteur radio.

Le système peut en outre comporter un dispositif de mesure d'accélération inertielle solidaire de la deuxième balise radio, et un processeur permettant de calculer la position de la balise radio en utilisant les informations de mesure inertielle.

35 Le système peut comporter en outre un signal de commande en temps réel d'un dispositif fixé sur la plateforme de pointage. Ce signal de commande dépend de la distance, de la vitesse, ou

de l'accélération entre la première balise radio et la deuxième balise radio. Ce signal de commande peut être un signal de commande de zoom d'un dispositif qui soit un appareil de prise de vue.

Un tel procédé et un tel système permettent d'obtenir un système de pointage automatique ayant les avantages recherchés : la transportabilité du système, son installation rapide et simple, une portée de plusieurs dizaines ou centaines de mètres en intérieur comme en extérieur, et une très faible taille des éléments du système, dont les balises radios.

10 **Brève description des figures**

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lumière de la description qui suit, réalisée sur la base du dessin annexé. Ces exemples sont donnés à titre non limitatif. La description est à lire en relation avec le dessin annexé dans lequel:

- la figure 1 représente une vue schématique d'un exemple de réalisation d'un système objet de l'invention. On y voit la balise radio (5) portée par l'unité mobile (1) qui est une personne. Le dispositif de mesure d'accélération inertielle (8) est solidaire de la balise radio (5). Le dispositif de pointage (2) est monté articulé sur un support fixe (3) qui est ici un trépied. Le dispositif de pointage (7) est une caméra dans cet exemple. La première balise radio (4) est installée dans le dispositif de pointage (2). Les balises radio supplémentaires (6) sont dans cet exemple au nombre de 3 et sont installées autour de la zone où l'unité mobile (1) évolue.

Description de modes de réalisation de l'invention

- On observe sur la figure 1, selon un exemple de réalisation, la présence de 3 balises radio supplémentaires (6) chacune représentée dans un petit boîtier. Elles sont placées autour de la zone où l'unité mobile (1), ici un sportif, doit évoluer et être filmé par la caméra qui est le dispositif de pointage (7) posé sur la plateforme de pointage (2). Le dispositif de pointage (7) et la plateforme (2) peuvent parfois gagner à être mécaniquement alignés afin de permettre la visée correcte par le dispositif de pointage (7) lorsque la plateforme (2) pointe vers sa cible. Par exemple, un alignement à 1° près permet un écart de visé entre la plateforme (2) et le dispositif de pointage (7) d'environ 1,7m pour une cible située à une distance de 100m de la plateforme de pointage. Comme nous le verrons ultérieurement, cet alignement mécanique n'est pas toujours nécessaire. La plateforme de pointage (2) peut tourner sur 360° sous l'effet d'un moteur qui l'entraîne par rapport au support fixe (3) qui est ici un trépied transportable, mais qui pourrait aussi bien être une pièce mécanique d'interface permettant la pose ou la fixation sur un mur, un poteau, ou sur un murêt. La première balise radio (4) est ici disposée à l'intérieur de la plateforme de pointage (2). Ceci de façon à ce que

la première balise radio (4) soit à proximité immédiate de la plateforme de pointage (2). Par « proximité immédiate » on entend une distance de l'ordre de quelques centimètres ou dizaines de centimètres. Ainsi, la mesure de distance entre la première balise radio (4) et d'autres balises radio sera entâchée d'une erreur de quelques centimètres ou dizaines de centimètres par rapport à la distance entre la plateforme de pointage (2) et ces autres balises radio. Une telle erreur est tolérable pour pointer une unité mobile avec une précision sur sa position qui soit de l'ordre de grandeur de quelques centimètres ou dizaines de centimètres. Selon les techniques électroniques classiques, chaque balise radio supplémentaire (6), la première balise radio (4), et la deuxième balise radio (5) comprennent au moins un émetteur-récepteur radio et un processeur qui permettent d'émettre et recevoir des signaux radio pour des mesures et des calculs de distance entre balises. Les techniques radio utilisées par les émetteurs-récepteurs des balises radio (4)(5)(6) sont connues par ailleurs. Il peut s'agir par exemple de déterminer un TOF (Time Of Flight), un TDOA (Time Difference of Arrival), ou un RSSI (Received Signal Strength Intensity). De tels émetteurs-récepteurs existent et fonctionnent par exemple à des fréquences entre 2,4GHz et 6GHz environ. L'avantage de ces fréquences pour la mise en œuvre de l'invention est de permettre des mesures de distance à la fois en extérieur sur un terrain dégagé, mais aussi à l'intérieur d'un bâtiment et dans la plupart des lieux confinés, car les mesures de distance y sont en général fiables et précises (souvent mieux qu'un mètre de précision). Ces balises radio (4)(5)(6) permettent aussi l'envoi d'informations sous forme de messages d'une balise à une ou plusieurs autres comme il est connu en radio. Un avantage des techniques radio de mesure de distance est de pouvoir fonctionner avec des antennes omnidirectionnelles. De telles antennes peuvent être beaucoup plus petites que des antennes directives utilisées dans les techniques de goniométrie. Par exemple, les antennes omnidirectionnelles à 5GHz peuvent ne mesurer qu'environ 1cm. De ce fait, les balises radio peuvent être petites, avec des dimensions de quelques centimètres seulement, ce qui est un des avantages recherchés, et facilite de plus la transportabilité du système, et son installation rapide et simple. On voit ainsi apparaître ici certains avantages par rapport aux techniques de goniométrie et leurs extensions qui sont les techniques de triangulation qui consistent à déterminer le lieu d'intersection de plusieurs droites déterminées par plusieurs goniomètres. Cet avantage est entier si l'ensemble des balises radio (4)(5)(6) sont équipées d'antennes omnidirectionnelles, mais on conserve aussi ces avantages si l'antenne de la première balise radio (4) est légèrement directive sans pour autant être utilisée pour faire de la goniométrie. En effet, si l'antenne de la première balise radio (4) a par exemple une ouverture de 180° environ plutôt que d'être omnidirectionnelle, alors la première balise radio (4) conserve la possibilité de communiquer avec les balises radio qui sont dans son ouverture ce qui peut s'avérer suffisant, par exemple en disposant six balises radio supplémentaires (6) également réparties autour de la première balise radio (4) afin qu'il y en ait toujours trois dans l'ouverture de l'antenne de la première balise radio (4), afin que ces trois balises radio supplémentaires (6) puissent par exemple envoyer à la première balise radio (4) leurs

informations de distance d'avec la deuxième balise radio (5). Trois informations de distance permettent en effet de déterminer une position par trilatération, qui est la forme la plus simple de la multilatération. Ce qui suit permettra de préciser ces étapes de calcul de position et l'utilisation qui est faite de la position.

- 5 La deuxième balise radio (5) se présente sous la forme d'un boîtier montre porté par le sportif qui est unité mobile (1).

Dans un mode de réalisation présenté à titre d'exemple, la balise radio supplémentaire (6) située le plus à droite sur la figure 1 peut être connue du système comme étant sa référence pour déterminer l'angle initial de visée de la plateforme de pointage (2). Par « angle initial » on entend
 10 l'angle de visée de la plateforme de pointage (2) avant que ne débute l'étape de poursuite de l'unité mobile (1). Pour être plus précis sur ce que nous entendons, cette connaissance par le dispositif peut être assurée par exemple par un code binaire pré-déterminé qui fait partie de messages envoyés par radio par cette balise radio supplémentaire (6) que l'utilisateur a placé le plus à droite, et permet de différencier cette balise radio supplémentaire (6) des autres balises radio
 15 supplémentaires (6) ; et l'utilisateur peut reconnaître cette balise radio supplémentaire (6) grâce par exemple à un signe distinctif comme un étiquetage ou une couleur différente des deux autres balises radio supplémentaires (6) représentées sur la figure 1, ce qui permet à l'utilisateur de placer la bonne balise radio supplémentaire (6) le plus à droite. Pour la phase d'initialisation, il faut donc viser cette balise radio supplémentaire (6) que l'utilisateur a placé le plus à droite. Cette visée se
 20 fait par une opération manuelle de l'utilisateur. Pour cette visée, on peut par exemple tourner le trépied support fixe (3) à la main, ou forcer sur le ou les moteurs qui lient la plateforme de pointage (2) et le support fixe (3) afin d'orienter à volonté la plateforme de pointage (2), ou actionner des boutons prévus pour cela afin d'actionner le moteur pour faire tourner la plateforme de pointage (2) par rapport au support fixe (3), jusqu'à diriger la plateforme de pointage (2) vers la balise
 25 supplémentaire (6) située le plus à droite. Comme cette visée sert de référence pour entamer ensuite la phase de poursuite, toute imprécision d'angle (notée epsilon) dans cette étape de visée initiale produira une erreur angulaire constante epsilon dans la phase de poursuite. Aussi est il nécessaire de réduire cette erreur initiale à la précision souhaitée pour l'application visée. Pour cela, par exemple, lorsqu'il s'agit de filmer un sujet, il est possible d'observer sur l'écran de la caméra ou
 30 dans son viseur la balise radio supplémentaire (6) que l'on souhaite viser, et d'ajuster manuellement l'orientation initiale jusqu'à ce que cette balise radio supplémentaire (6) soit centrée sur l'image observée avec la précision souhaitée, qu'on peut estimer à l'œil nu facilement lorsqu'on connaît la taille approximative de la balise et qu'on utilise le zoom de la caméra pour être à même d'observer ses dimensions approximatives à l'écran. On notera que ce mode de réalisation
 35 consistant à centrer cette balise radio supplémentaire (6) sur un écran ou un viseur permet de ne pas se soucier de l'alignement mécanique du dispositif de pointage (7) et de la plateforme de pointage (2). Sans cette astuce il faut prêter attention à cet alignement mécanique, de façon à ce que le

pointage du dispositif de pointage (7) ne s'éloigne pas de celui de la plateforme de pointage (2) d'un angle qui pénaliserait la qualité souhaitée du pointage. Par exemple un alignement mécanique présentant une erreur de 1° conduit à une erreur de pointage de 1,7m à 100m de distance. Selon les objectifs de l'utilisateur cet ordre de grandeur peut être toléré, par exemple s'il s'agit de filmer un

5 sujet dans un cadre qui fasse 5 mètres de largeur et que cela suffit donc à avoir le sujet dans le cadre. Un alignement mécanique d'environ 1° peut être obtenu facilement par des moyens mécaniques habituels comme des repères visuels. En effet, une caméra dont les dimensions sont d'environ 10cm peut être placée sur des repères visuels à l'œil nu avec une précision meilleure que les 1,7mm qui à 10cm provoqueraient 1° d'angle.

10 Dans un mode de réalisation préféré, le système comporte au moins un processeur dans la plateforme de pointage (2). Après l'étape de visée initiale, à l'allumage de la plateforme de pointage (2)(par exemple par un interrupteur sur celui-ci), ou lors de la pression d'un bouton prévu pour cela, ce processeur reçoit les informations de distances préalablement mesurées entre chacune des balises radio supplémentaires (6) et entre les balises radio supplémentaires (6) et la première

15 balise radio (4). Le processeur détermine ensuite par des algorithmes connus de multilatération (voir par exemple « New Strategies to Improve Multilateration Systems in the Air Traffic Control », Thèse de Ivan A. Mantilla Gaviria, Universitat Politecnica de Valencia, Spain, 2013) les coordonnées de chacune des balises radio : les balises radio supplémentaires (6) et la première balise radio (4), et initialise son angle de visée comme étant par exemple 0° en direction de la

20 balise radio supplémentaire (6) préalablement visée comme expliqué ci-dessus. Ces informations permettent de définir entièrement un repère orthonormé dans lequel chaque balise radio (4) et (6) a des coordonnées parfaitement définies. Tel que décrit, ce repère est relatif à la position des balises radio, mais il est bien sûr possible de déterminer les coordonnées des balises radio (4) et (6) dans tout autre repère, par exemple un repère terrestre si le système dispose en outre des moyens de le

25 connaître en étant par exemple équipé d'une centrale de cap et d'attitude. Dans la mesure où il s'agit de calculs géométriques simples, il est possible d'obtenir ces coordonnées des balises radio (4) et (6) par d'autres méthodes plus simples que la multilatération. Par exemple : après la visée initiale et la mesure de la distance D1 entre la première balise radio (4) et la balise supplémentaire (6) située le plus à droite et choisie comme référence d'angle de visée de la plateforme de pointage

30 (2), on connaît les coordonnées (D1,0) de la balise supplémentaire (6) choisie comme référence d'angle. Pour toute autre balise radio supplémentaire (6), on connaît sa distance D2 d'avec la balise supplémentaire (6) de coordonnées (D1,0) et sa distance D3 d'avec la première balise (4), si bien qu'avec la loi des cosinus dans un triangle quelconque et le théorème de Pythagore on détermine aisément les coordonnées de cette balise radio supplémentaire (6). Ces informations de position des

35 balises radio peuvent être stockées dans une mémoire, par exemple celle du processeur dans la plateforme de pointage (2) ou toute autre mémoire à proximité de celui-ci. Dans un autre mode de réalisation non limitatif, ces informations de coordonnées des balises radio (4) et (6) peuvent être

transmises et stockées dans la deuxième balise radio (5) équipée d'un processeur et d'une mémoire. Dans un autre mode de réalisation encore, les informations de distance entre chacune des balises radio supplémentaires (6) et entre les balises radio supplémentaires (6) et la première balise radio (4) sont transmises par radio à la deuxième balise radio (5) équipée d'un processeur et d'une
5 mémoire, et ce processeur calcule les coordonnées des balises radio (4) et (6) et cette mémoire les stocke.

Les algorithmes de multilatération consistent à estimer des distances $D(i)$ entre un point qu'on veut positionner et des balises $B(i)$, et à calculer les lieux d'intersection de cercles ou de sphères centré(e)s chacun sur une balise $B(i)$ et de rayon respectif $D(i)$ afin d'en déduire une position. Les
10 calculs peuvent être menés en deux ou en trois dimensions. La trilatération est un cas particulier de multilatération lorsque seulement trois informations de distance sont utilisées pour les calculs. De nombreuses variantes existent pour traiter au mieux les sources d'erreurs spécifiques à certaines applications comme par exemple le GPS ou le trafic aérien qui utilisent couramment les techniques de multilatération. On trouvera par exemple une revue de ces techniques et ses récents
15 développements dans la thèse « New Strategies to Improve Multilateration Systems in the Air Traffic Control », Thèse de Ivan A. Mantilla Gaviria, Universitat Politecnica de Valencia, Spain, 2013.

Après l'étape d'initialisation détaillée ci-dessus, l'étape de poursuite peut ensuite débiter. Pour cela la deuxième balise radio (5) interagit par des échanges de signaux radio avec les balises radio
20 supplémentaires (6) et la première balise radio (4) si elles sont à sa portée, afin que soient déterminées les distances entre la deuxième balise radio (5) et chacune d'elles. Ces distances peuvent être, selon les modes de réalisation, calculées dans chacune des balises radio (4) et (6), ou dans la deuxième balise radio (5). Selon les modes de réalisation, ces informations de distance, après avoir été calculées, peuvent être envoyées à une ou plusieurs autres balises radio (4), (5),
25 et/ou (6).

Il est ainsi possible, selon les modes de réalisation, de recueillir les informations de distance de la deuxième balise radio (5) avec d'autres balises radio dans n'importe quelle balise radio du système. Dans un mode de réalisation, non limitatif, ces informations peuvent être disponibles dans la deuxième balise radio (5) afin qu'un processeur y calcule, par multilatération, la position de la
30 deuxième balise radio (5). Dans ce mode de réalisation, ces informations de position sont transmises par un signal radio vers la première balise radio (4) afin d'être utilisées par un processeur pour commander au moins un moteur et ainsi orienter la plateforme de pointage (2) vers la position de la deuxième balise radio (5). Dans un mode de réalisation, les informations de position de la deuxième balise radio (5) sont d'abord réduites à des informations d'angle de visée, puis c'est cette information d'angle de visée qui est transmise par radio vers la première balise
35 radio (4) afin de servir dans un processeur à orienter la plateforme de pointage (2) vers la deuxième balise radio (5). L'angle de visée est calculé grâce à la connaissance des coordonnées de la

deuxième balise radio (5) et de la première balise radio (4) dont la position est assimilée à celle de la plateforme de pointage (2), et la connaissance d'un angle de visée de référence présenté plus haut, par rapport auquel tout angle de visée peut être repéré. Dans ces modes de réalisation où la deuxième balise radio (5) doit communiquer des informations vers la première balise radio (4), il

5 peut arriver que ces deux balises radio (4) et (5) ne soient pas à portée l'une de l'autre. Cela peut par exemple être le cas si un corps humain est interposé entre la deuxième balise radio (5) et la première balise radio (4) et que la distance entre ces deux balises radio dépasse une vingtaine de mètres et que la puissance des signaux radio est de l'ordre de 10dBm (soit 10mW). Afin de disposer d'un système ayant une portée de plusieurs dizaines ou centaines de mètres, c'est à dire

10 ayant la capacité à pointer au moins une unité mobile située à plusieurs dizaines ou centaines de mètres de la plateforme de pointage (2), l'invention comporte, dans un mode de réalisation non limitatif, une étape et les moyens d'envoyer les informations de position ou d'angle de la deuxième balise radio (5) vers au moins une balise radio supplémentaire (6), qui les retransmet à la première balise radio (4). Selon un mode de réalisation, la balise supplémentaire (6) qui reçoit les

15 informations de la deuxième balise radio (5) peut aussi les retransmettre à une autre balise radio supplémentaire (6) et ainsi de suite autant de fois que nécessaire dans le but d'atteindre la première balise radio (4), ce qui permet ainsi d'utiliser ces informations par un processeur pour orienter le dispositif de pointage (2) vers la deuxième balise radio (5).

20 Selon un mode de réalisation, l'étape de poursuite comporte en outre une étape d'émission par un processeur d'un signal de commande par des moyens électroniques, en temps réel afin de commander un dispositif de pointage (7) fixé rigidement sur la plateforme de pointage (2). Sans que ce soit limitatif, il peut s'agir d'allumer ou d'éteindre une caméra ou un éclairage fixé sur la plateforme de pointage (2), de lancer un enregistrement vidéo ou de le stopper. Ou il peut encore

25 s'agir de commander à une caméra de zoomer un peu plus ou un peu moins selon que l'unité mobile (1) se rapproche ou s'éloigne de cette caméra fixée sur la plateforme de pointage (2), et/ou selon qu'elle va plus ou moins vite, et/ou selon qu'elle accélère plus ou moins, car il peut être agréable d'avoir un champ de vision plus large à l'image lorsqu'un sujet filmé a des vitesses et/ou des accélérations qui sont importantes, et d'avoir des champs de vision plus serrés lorsque le sujet

30 filmé bouge moins. Ces commandes peuvent être envoyées par tous moyens connus en électronique comme par exemple un lien série, un lien infrarouge, ou un lien radio-fréquence. On notera par exemple la possibilité de commander le zoom d'une caméra par un lien série comme il est décrit dans le document « demande de brevet FR1455459 ». Un mode de réalisation particulièrement intéressant est de transmettre également une commande de lancement d'un enregistrement vidéo

35 par une caméra, ou d'arrêt de l'enregistrement. Cette commande peut provenir par exemple d'un bouton situé sur la deuxième balise radio (5), ce qui permet par exemple à un sportif de décider

quand la caméra enregistre ou pas. Cette commande peut également provenir de tout type de télécommande par lien série, infrarouge, ou radio-fréquence.

Dans un mode de réalisation, l'étape de poursuite comporte en outre une étape de mesure d'accélération inertielle de l'unité mobile (1) par un dispositif de mesure d'accélération inertielle (8). Dans un mode de réalisation préféré, le dispositif de mesure d'accélération inertielle (8) comporte 3 axes perpendiculaires de mesure d'accélération, et est associé à des gyromètres et des magnétomètres afin de constituer, comme il est connu, une unité de mesure inertielle permettant de mesurer les accélérations dans un référentiel terrestre. Il est connu qu'un signal d'accélération intégré deux fois indique une position. Donc l'un des avantages est de pouvoir entretenir une information de position pertinente pendant un certain temps, tout au plus quelques secondes avec des accéléromètres bas de gamme comme on en trouve dans des téléphones portables par exemple, lorsqu'une partie ou toutes les informations de distance ne sont pas disponibles pour calculer une position de l'unité mobile (1) par multilatération. On peut rencontrer ces cas de figure par exemple si la portée des balises radio est dégradée par un obstacle situé entre eux, notamment le corps du sportif filmé, si l'unité mobile (1) est un sportif et que l'invention est utilisée pour le filmer. Par exemple avec des échanges radio à des fréquences d'environ 4 à 6GHz et une puissance de 10dBm la portée radio qui peut dépasser 100m en champ libre peut devenir seulement une dizaine de mètres si un corps humain s'interpose sur la trajet des ondes radio, si bien qu'une unité mobile (1) équipée d'une deuxième balise radio (5) située à 30 mètres d'une balise radio supplémentaire (6) peut perdre le contact radio avec celle-ci, et le dispositif trouve alors avantage à utiliser les informations inertielles pour entretenir quelques secondes une information de position. Un autre avantage est de pouvoir entretenir l'information de position de l'unité mobile (1) entre les mesures de distance même si celles-ci ont lieu sans faire face au problème de portée évoqué ci-dessus, afin par exemple d'avoir une information de position à 10 ou 20Hz, alors que les informations de distances ne seraient rafraichies qu'à 1 ou 2Hz. Ainsi la plateforme de pointage (2) peut avoir une plus grande réactivité grâce à des informations de position plus fréquentes qu'en l'absence du dispositif de mesure d'accélération inertielle (8). On calcule qu'un accéléromètre ayant des incertitudes de mesure importantes, de l'ordre de 1m.s^{-2} , peut conduire à des incertitudes de position de $\frac{1}{2} * (1\text{m.s}^{-2}) * t^2$ comme il est connu, où t est le temps écoulé, soit des incertitudes de position de 0,5m après 1 seconde, ce qui reste une incertitude compatible avec l'objectif de filmer un sportif en mouvement dans une image qui fasse quelques mètres de largeur. Un avantage est aussi et encore de pouvoir combiner les mesures de position réalisées par multilatération et les mesures inertielles par de nombreuses méthodes de moyennage des informations: il est en effet connu de pouvoir calculer la position d'une unité mobile (1) en combinant des mesures inertielles et des mesures de position ; La littérature est par exemple très abondante sur les techniques de filtrage de Kalman qui permettent de combiner des mesures GPS (qui sont faites par multilatération) et des mesures inertielles, et sont tout à fait utilisables pour l'invention présentée

en remplaçant les mesures GPS par les mesures de position de la deuxième balise radio (5) déterminée par multilatération. On se référera par exemple à « Global Navigation Satellite Systems, Inertial Navigation, and Integration, 3rd Edition, Mohinder S. Grewal, Angus P. Andrews, Chris G. Bartone, ISBN : 978-1-118-44700-0 ».

5 Comme nous l'avons décrit, l'invention permet donc l'orientation automatique et éventuellement la commande d'un dispositif de pointage comme une caméra ou un éclairage, aussi bien à l'intérieur d'un bâtiment qu'à l'extérieur. Par la faible taille permise pour le système, grâce notamment à des antennes omnidirectionnelles plutôt que des antennes directives, celui-ci est aisément transportable. Son installation est rapide et simple, notamment du fait des tailles faibles
10 des antennes omnidirectionnelles et du fait du procédé qui ne demande qu'une étape manuelle de visée initiale et ne demande pas d'autre effort d'installation ou d'initialisation à l'utilisateur. La portée est grande, de plusieurs dizaines ou centaines de mètres en intérieur comme en extérieur, notamment grâce au procédé qui comprend une étape de transmission d'information d'une balise radio supplémentaire (6) vers la première balise radio (4) dont nous avons montré qu'elle
15 permettait notamment de contourner le problème de la baisse de portée entre des balises radio lorsque par exemple un corps humain s'interpose entre des balises.

L'invention est particulièrement utile pour filmer ou éclairer un sujet en mouvement sans l'aide d'un caméraman ou d'un technicien. On peut par exemple filmer un sportif, un conférencier, un acteur ou un danseur.

Revendications

1. Procédé de poursuite d'au moins une unité mobile (1) par un système comprenant une plateforme de pointage (2) montée articulée sur un support fixe (3), une première balise radio (4),
 5 une deuxième balise radio (5) attachable sur l'unité mobile (1), au moins deux balises radio supplémentaires (6), caractérisé en ce qu'il comporte au moins les étapes suivantes:
 - Etape d'initialisation comprenant au moins:
 - Etape de mesure des distances entre les balises radio supplémentaires (6),
 - Etape de mesure des distances entre les balises radio supplémentaires (6) et la première
 10 balise radio (4),
 - Etape d'initialisation de l'angle de visée de la plateforme de pointage (2) par la visée d'une des balises radio (5) ou (6).
 - Etape de poursuite comprenant au moins:
 - Etape d'émission de signaux électromagnétiques omnidirectionnels par la deuxième balise
 15 radio (5) et au moins deux balises radio supplémentaires (6),
 - Etape de mesure des distances entre la deuxième balise radio (5) et au moins trois balises radio parmi les balises radio supplémentaires (6) et la première balise radio (4),
 - Etape de transfert d'informations par radio d'au moins une balise radio supplémentaire (6) vers la première balise radio (4),
 - 20 - Etape de détermination de la position de la deuxième balise radio (5) par multilatération, en utilisant au moins les informations de distance entre la deuxième balise radio (5) et trois balises radio parmi les balises radio supplémentaires (6) et la première balise radio (4),
 - Etape d'orientation de la plateforme de pointage (2) afin de viser la position de la deuxième balise radio (5).
- 25 2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'étape de poursuite comporte en outre une étape de mesure d'accélération inertielle de l'unité mobile (1), et une étape d'utilisation de cette mesure inertielle pour estimer la position de l'unité mobile (1).
- 30 3. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'étape de poursuite comporte en outre une étape d'émission d'un signal de commande vers un dispositif de pointage (7) fixé sur la plateforme de pointage (2).
4. Procédé selon la revendication 3, caractérisé en ce que l'étape de commande du dispositif de
 35 pointage (7) comporte une étape de commande qui dépend de la distance entre la première balise radio (4) et la deuxième balise radio (5).

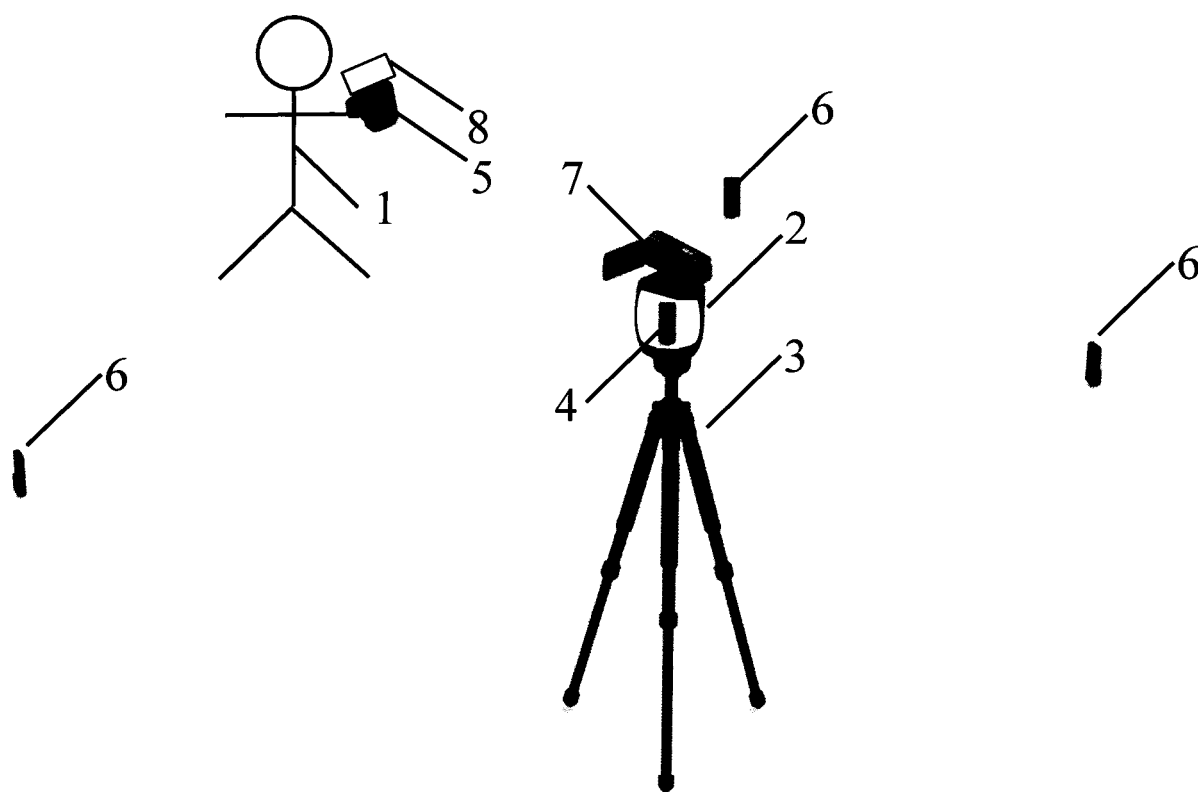
5. Procédé selon l'une des revendications 3 à 4, caractérisé en ce que l'étape d'émission d'un signal de commande est une étape d'émission d'un signal de commande de zoom d'un dispositif de pointage (7) qui soit un appareil de prise de vue.
6. Système de poursuite d'au moins une unité mobile (1) comportant une plateforme de pointage (2) montée articulée sur un support fixe (3), une première balise radio (4), une deuxième balise radio (5) attachable sur l'unité mobile (1), au moins deux balises radio supplémentaires (6), pour la mise en œuvre d'un procédé de l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce qu'il comporte:
- Des antennes omnidirectionnelles au moins dans la deuxième balise radio (5), et dans les balises radio supplémentaires (6),
 - Des mesures de distance par l'échange de signaux radio entre les balises radio supplémentaires (6),
 - Des mesures de distance par l'échange de signaux radio entre la première balise radio (4) et les balises radio supplémentaires (6),
 - La possibilité d'orienter manuellement l'angle de visée de la plateforme de pointage (2) afin de viser l'une des balises radio (5)(6) pour initialiser l'angle de visée de la plateforme de pointage (2),
 - Des mesures de distance par l'échange de signaux radio entre la deuxième balise radio (5) et les balises radio supplémentaires (6),
 - Des mesures de distance par l'échange de signaux radio entre la deuxième balise radio (5) et la première balise radio (4)
 - Le transfert d'informations par radio d'au moins une balise radio supplémentaire (6) vers la première balise radio (4),
 - Un processeur permettant de déterminer la position de la deuxième balise radio (5) par multilatération,
 - Au moins un moteur permettant d'orienter la plateforme de pointage (2) afin de viser la position du deuxième émetteur-récepteur radio (5)
7. Système selon la revendication 6, caractérisé en ce qu'il comporte en outre un dispositif de mesure d'accélération inertielle (8) solidaire de la deuxième balise radio (5), et un processeur permettant de calculer la position de la balise radio (5) en utilisant les informations de mesure inertielle.
8. Système selon l'une des revendications 6 à 7, caractérisé en ce qu'il comporte en outre un signal de commande d'un dispositif de pointage (7) fixé sur la plateforme de pointage (2).

9. Système selon la revendication 8, caractérisé en ce que le signal de commande dépend de la distance entre la première balise radio (4) et la deuxième balise radio (5).

- 5 10. Système selon l'une des revendications 8 à 9, caractérisé en ce que le signal de commande est une signal de commande de zoom d'un dispositif de pointage (7) qui soit un appareil de prise de vue.

1/1

FIG 1





RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 814987
FR 1501231

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	US 2008/225137 A1 (KUBO YUICHI [JP] ET AL) 18 septembre 2008 (2008-09-18) * abrégé * * alinéas [0024] - [0027], [0037] * * figure 1 *	1-10	H04N5/232 H04L29/02
A	EP 2 618 566 A1 (FILMME GROUP OY [FI]) 24 juillet 2013 (2013-07-24) * abrégé * * alinéa [0014] - alinéa [0032] * * figures 1-4 *	1-10	
A	US 2011/135149 A1 (GEFEN SMADAR [US]) 9 juin 2011 (2011-06-09) * abrégé * * alinéas [0031], [0033] * * figures 1B, 2 *	1-10	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			G01S
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
1 avril 2016		Van den Bosch, I	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS			
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1501231 FA 814987

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **01-04-2016**

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication		Membre(s) de la famille de brevet(s)		Date de publication
US 2008225137	A1	18-09-2008	CN	101267501 A		17-09-2008
			JP	2008227877 A		25-09-2008
			US	2008225137 A1		18-09-2008

EP 2618566	A1	24-07-2013	EP	2618566 A1		24-07-2013
			EP	2618567 A1		24-07-2013
			US	2013188067 A1		25-07-2013

US 2011135149	A1	09-06-2011	EP	2510377 A2		17-10-2012
			US	2011135149 A1		09-06-2011
			WO	2011072123 A2		16-06-2011



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 814987
FR 1501231

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	US 2008/225137 A1 (KUBO YUICHI [JP] ET AL) 18 septembre 2008 (2008-09-18) * abrégé * * alinéas [0024] - [0027], [0037] * * figure 1 *	1-10	H04N5/232 H04L29/02
A	EP 2 618 566 A1 (FILMME GROUP OY [FI]) 24 juillet 2013 (2013-07-24) * abrégé * * alinéa [0014] - alinéa [0032] * * figures 1-4 *	1-10	
A	US 2011/135149 A1 (GEFEN SMADAR [US]) 9 juin 2011 (2011-06-09) * abrégé * * alinéas [0031], [0033] * * figures 1B, 2 *	1-10	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			G01S
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
1 avril 2016		Van den Bosch, I	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS			
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1501231 FA 814987

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **01-04-2016**

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication		Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2008225137	A1	18-09-2008	CN	101267501 A	17-09-2008
			JP	2008227877 A	25-09-2008
			US	2008225137 A1	18-09-2008

EP 2618566	A1	24-07-2013	EP	2618566 A1	24-07-2013
			EP	2618567 A1	24-07-2013
			US	2013188067 A1	25-07-2013

US 2011135149	A1	09-06-2011	EP	2510377 A2	17-10-2012
			US	2011135149 A1	09-06-2011
			WO	2011072123 A2	16-06-2011
