

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

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

3 120 130

②① N° d'enregistrement national : **21 01709**

⑤① Int Cl⁸ : **G 01 S 15/00 (2020.12)**

①②

BREVET D'INVENTION

B1

⑤④ Procédé de certification de la géolocalisation d'un récepteur.

②② Date de dépôt : 22.02.21.

③③ Priorité :

④③ Date de mise à la disposition du public
de la demande : 26.08.22 Bulletin 22/34.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du
brevet d'invention : 24.03.23 Bulletin 23/12.

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) : *MARBEUF CONSEIL ET
RECHERCHE Société par Actions Simplifiées à
associé unique — FR.*

⑦② Inventeur(s) : SANGLE-FERRIERE Bruno.

⑦③ Titulaire(s) : *MARBEUF CONSEIL ET RECHERCHE
Société par Actions Simplifiées à associé unique.*

⑦④ Mandataire(s) : Cabinet NONY.

FR 3 120 130 - B1



Description

Titre de l'invention : Procédé de certification de la géolocalisation d'un récepteur

Domaine technique

- [0001] La présente invention concerne un procédé de certification de la géolocalisation d'un récepteur.
- [0002] L'invention concerne également un récepteur, un système et des applications utilisant un tel procédé.

Technique antérieure

- [0003] Il est connu d'utiliser des systèmes de positionnement par satellites pour géolocaliser un récepteur, en connaître sa vitesse ou diffuser l'heure grâce à la mesure des temps de propagation des ondes électromagnétiques émises par un ensemble de satellites en constellation. Un des inconvénients de ces systèmes en sus de leur imprécision, est que les différents éléments, satellites et récepteur, nécessitent d'être en visibilité directe. Dans les environnements urbains, boisés, les intérieurs de bâtiments et les sous-sols, cette contrainte n'est pas respectée. En effet, le calcul de la position s'appuie sur une hypothèse de propagation des signaux électromagnétiques en ligne directe entre les satellites émetteurs et les récepteurs, et s'avère donc difficile voire impossible lorsque les signaux sont bloqués ou significativement atténués par l'environnement du récepteur. Ces systèmes fonctionnent alors en mode dégradé, ou ne fonctionnent plus.
- [0004] Par ailleurs, de tels systèmes nécessitent le lancement et l'entretien de nombreux satellites vulnérables à des attaques ou à des collisions avec des débris satellitaires.
- [0005] De plus encore, ces systèmes peuvent voir leur précision altérée par les conditions climatiques et par les rayons ionisant en provenance du soleil arrêtés par l'atmosphère.
- [0006] Enfin, les signaux électromagnétiques en provenance de ces satellites peuvent être imités sans trop de difficultés à des fins frauduleuses. Cette menace pose d'importants problèmes de sécurité, notamment vis à vis d'applications nécessitant une certification de la position géographique du récepteur, telles que, par exemple les transactions sécurisées. Les données de localisation temporelle et spatiale d'une transaction peuvent en effet servir à sa certification. Cependant, cela nécessite d'être en mesure de garantir l'intégrité de cette localisation.
- [0007] Un système dit BOX NTP BiaTime permet de certifier une heure mais nécessite une connexion à un réseau de données tel qu'internet. De même le système SCP Time permet de certifier une heure mais en utilisant une communication bidirectionnelle entre l'émetteur et le récepteur de l'heure et donc des moyens de communication bidirectionnels, essentiellement par réseau informatique câblé ou non.

[0008] Il demeure plus généralement un besoin pour améliorer la géolocalisation des récepteurs, et pour fiabiliser les données relatives à cette géolocalisation.

Exposé de l'invention

[0009] L'invention vise à répondre à ce besoin, et a pour objet, selon un premier de ses aspects, un procédé de certification de la géolocalisation d'un récepteur, comportant préalablement à ladite certification, la réception, dans des temps prédéterminés, en plus des signaux de géolocalisation émis par une pluralité d'émetteurs et servant au calcul de ladite géolocalisation, d'un nombre prédéterminé de signaux électromagnétiques supplémentaires émis par les mêmes émetteurs et comportant des données servant à authentifier la géolocalisation, le procédé comportant la détermination de l'authenticité de la géolocalisation sur la base des signaux électromagnétiques supplémentaires.

[0010] De préférence les signaux électromagnétiques sont émis à une fréquence de répétition fixe et donc à des heures prévisibles de l'horloge des émetteurs et sont reçus décalés les uns des autres espacés d'écarts de temps connus avec une incertitude qui dépend notamment de la distance à laquelle l'émetteur peut se trouver du récepteur, de leur vitesse relative maximum et des écarts maximum de vitesse de propagation des signaux dans les milieux qu'ils traversent, toutes ces incertitudes physiques permettant de déterminer un temps compris entre deux dates de l'horloge du récepteur pour la réception des signaux. Alternativement les signaux peuvent être émis à des dates prédéterminées ou à des fréquences d'émission prédéterminées mais variables, ces calendriers de dates ou de fréquence pouvant avantageusement être modifiés et communiqués par tout moyen de communication à l'aide de messages de préférence signés, ou bien alternativement encore tout signal émis par un émetteur pouvant comporter la date d'émission du signal suivant ou un laps de temps durant lequel le signal suivant pourra être émis.

[0011] De préférence, les signaux électromagnétiques supplémentaires comportent chacun une signature digitale.

[0012] Par « signature digitale », on entend un mécanisme permettant de garantir l'intégrité d'un message électronique et d'en authentifier l'auteur, par exemple un hash dudit message, crypté par une clé cryptographique telle que la clé privée d'une paire de clés asymétriques, ou une clé partagée entre l'auteur et le destinataire dudit message telle que une clé à usage unique ou encore une telle signature dudit message après que celui-ci ait été mélangé à un nombre connu seulement de l'auteur et du destinataire. La signature digitale d'une donnée peut être composée du hash de la donnée mélangée à un nombre secret connu lors de la vérification de ladite signature de l'appareil faisant cette vérification de signature.

[0013] Par « géolocalisation », on entend la position du récepteur, notamment ses co-

ordonnées dans un référentiel absolu ou dans un repère local.

[0014] L'invention offre une solution simple, peu coûteuse et efficace pour certifier la géolocalisation du récepteur. En utilisant des signaux supplémentaires de certification en plus des signaux servant au calcul de la position du récepteur, le procédé permet de réduire voire d'éliminer les sources d'erreur et en particulier permet de prévenir l'utilisation de signaux de géolocalisation frauduleux, comme sera décrit plus loin.

[0015] L'invention s'avère utile pour des applications nécessitant la certification de la position du récepteur, notamment dans le cadre des transactions sécurisées, des licences ou des droits, ou encore dans le cadre du suivi des marchandises ou de synchronisation de systèmes informatiques ou de toute sorte d'horloge, avec le l'horloge des émetteurs.

[0016] Signaux de géolocalisation, de certification et d'information

[0017] Dans un mode de réalisation préféré, une partie des signaux électromagnétiques supplémentaires accompagnent les signaux de géolocalisation et sont dits « signaux d'information ». Le signal d'information accompagnant un signal de géolocalisation comporte des données relatives à la position de l'émetteur dudit signal de géolocalisation et/ou un identifiant renseignant sur la position dudit émetteur, le signal d'information comportant de préférence des informations temporelles permettant d'identifier la date et le moment d'émission dudit signal de géolocalisation. Le signal d'information peut être reçu avant, après ou simultanément à la réception du signal de géolocalisation.

[0018] Dans ce mode de réalisation, une partie des signaux électromagnétiques supplémentaires sont reçus à la suite des signaux de géolocalisation et sont dits « signaux de certification ». De préférence, le procédé comporte la réception par le récepteur dans une durée prédéterminée d'un nombre prédéfini de signaux de certification consécutifs aux signaux de géolocalisation utilisés pour le calcul de ladite géolocalisation.

[0019] Le signal d'information peut comporter, en outre, des données météorologiques renseignant sur la météo, notamment pression, couverture nuageuse, température, hygrométrie d'une zone entourant l'émetteur, et/ou des données de vitesse renseignant sur les vitesses de propagation des ondes électromagnétiques dans des directions et à des distances où le signal de géolocalisation est susceptible d'être utilisé. L'utilisation des données météorologiques peut permettre de tenir compte des perturbations susceptibles d'être subies par les signaux de géolocalisation et/ou les signaux de certification sur leur trajet depuis leur émetteur jusqu'au récepteur. Ces informations permettent notamment d'accroître la précision sur le calcul de la géolocalisation.

[0020] Le signal d'information peut comporter en outre une information indiquant l'heure à laquelle le ou les signaux de certification suivant(s) doit/doivent être émis.

[0021] Les signaux de certification et d'information peuvent comporter chacun une

signature digitale des données transportées.

- [0022] Dans un mode de réalisation, les signaux de certification correspondent à des signaux d'information.
- [0023] Les signaux de géolocalisation peuvent être intégrés aux signaux d'information.
- [0024] Ainsi, le signal de géolocalisation et le signal d'information peuvent correspondre à un unique signal électromagnétique.
- [0025] Les signaux de géolocalisation, information et certification peuvent être émis à une même fréquence, notamment de répétition, fixe. Cependant, Les signaux d'information peuvent aussi être émis à des cadences différentes de celles des signaux de certification.
- [0026] Le signal de géolocalisation, le signal de certification et les signaux de certification provenant du même émetteur peuvent être émis à des fréquences différentes.
- [0027] Les signaux de géolocalisation peuvent être émis sur des longueurs d'ondes différentes. En particulier, ces signaux de géolocalisation peuvent provenir d'au moins deux émetteurs différents à des fréquences différentes et se superposer dans le temps.
- [0028] Au moins un signal de géolocalisation peut être de fréquence inférieure à 1Ghz, de préférence dans le domaine des grandes ondes, notamment de fréquence comprise entre 3Khz et 300Khz.
- [0029] De préférence, les signaux de géolocalisation et de certification sont de fréquence comprise entre 30 Mhz et 3 Ghz, correspondant à des longueurs d'ondes comprises entre 10 cm et 10 m.
- [0030] Les signaux de géolocalisation et les signaux de certification peuvent correspondre chacun à des signaux de GPS (*Global Positioning System*), notamment de fréquence L1 ou L2, correspondant à 1 575,42 MHz et 1 227,60 MHz, respectivement. Ainsi, le procédé de certification selon l'invention peut être mis en œuvre en utilisant tout système GPS. On obtient alors une méthode simple et efficace permettant de certifier le récepteur compatible avec les systèmes GPS existants.
- [0031] En variante ou additionnellement, au moins un signal de géolocalisation est de fréquence appartenant aux bandes HF, VHF, UHF, FM ou TV.
- [0032] La bande FM comprend les signaux électromagnétiques de fréquence comprise entre 88 à 108 MHz environ.
- [0033] La bande VHF comprend les signaux électromagnétiques de fréquence comprise entre 30 MHz et 300 MHz.
- [0034] La bande UHF comprend les signaux électromagnétiques de fréquence comprise entre 300 MHz à 3000 MHz.
- [0035] La bande HF comprend les signaux électromagnétiques de fréquence comprise entre 3 MHz à 30 MHz.
- [0036] La bande TV comprend les signaux électromagnétiques de fréquence comprise 30 et

3000 MHZ.

- [0037] Les signaux de géolocalisation et/ou de certification peuvent provenir d'émetteurs disposés sur un satellite, un objet volant, ou un objet flottant dans le ciel.
- [0038] Les signaux de géolocalisation peuvent par exemple être émis par des satellites en orbite géostationnaire ou en mouvement autour de la terre.
- [0039] Au moins l'un des émetteurs peut être terrestre, notamment disposé sur une tour.
- [0040] Dans un mode de réalisation préféré, les signaux de géolocalisation et/ou de certification proviennent d'émetteurs terrestres, notamment d'émetteurs disposés en altitude ou au sommet de bâtiments tels que des tours, ou même sous l'eau pour les fréquences inférieures à 10MHz. Une telle disposition permet d'accroître la précision notamment verticale de la géolocalisation et de la mesure de la vitesse de transmission.
- [0041] Vérification des signaux de géolocalisation
- [0042] Le procédé peut comporter, pour au moins un signal de géolocalisation, émis par un émetteur de la pluralité des émetteurs, les étapes consistant à :
- [0043] – Vérifier l'authenticité dudit signal de géolocalisation, notamment celle du signal d'information accompagnant le signal de géolocalisation, à l'aide d'une ou plusieurs bornes de contrôle, et
- [0044] – Dans la négative, déclencher une action prédéfinie pour signal frauduleux de manière à effectuer au moins une des actions suivantes :
- Empêcher l'envoi d'au moins un signal de certification servant à certifier la géolocalisation calculée avec ledit signal frauduleux,
 - Faire incorporer au signal d'information accompagnant le signal de géolocalisation et devant être émis à la suite du signal de géolocalisation frauduleux, ou à au moins un des signaux de certification, et de préférence le premier signal de certification attendu à la suite du signal de géolocalisation frauduleux en vue de la certification, des informations indiquant que le signal de géolocalisation frauduleux et/ou que le signal d'information l'accompagnant est ou sont frauduleux,
 - Empêcher ou faire empêcher, notamment par brouillage, la réception par le récepteur, d'un des signaux de certification, et de préférence le premier signal de certification émis à la suite du signal de géolocalisation frauduleux et attendu par le récepteur pour la certification.
- [0045] Vérification des signaux de certification
- [0046] Le procédé peut comporter, pour au moins un signal de certification émis par un émetteur de la pluralité d'émetteurs, des étapes consistant à :
- [0047] – Vérifier l'authenticité dudit signal de certification, notamment à l'aide d'une ou plusieurs bornes de contrôle, et notamment sa signature et le fait que ledit

signal de certification ne doit pas certifier un signal de géolocalisation frauduleux,

[0048] – Dans la négative, déclencher une action prédéfinie pour signal de certification erroné de manière à effectuer au moins une des actions suivantes :

- Empêcher l'envoi, de préférence par l'émetteur référencé par le signal de certification erroné, d'au moins un autre signal de certification devant être émis à la suite du signal de certification erroné et servant à la certification de la géolocalisation calculée à l'aide du signal de géolocalisation frauduleux ou pouvant être certifiée à l'aide du signal de certification erroné,
- Faire incorporer à au moins un des signaux de certification devant être émis à la suite du signal de certification erroné, des informations indiquant que ledit signal de certification erroné ne peut pas être utilisé pour certifier la géolocalisation,
- Empêcher ou faire empêcher, notamment par brouillage, la réception par le récepteur d'au moins un autre signal de certification nécessaire à la certification de la géolocalisations calculée à l'aide du signal de géolocalisation frauduleux, ou pouvant être certifié à l'aide du message erroné.

[0049] Vérification de l'authenticité des signaux de géolocalisation par les bornes de contrôle

[0050] Les bornes de contrôle sont des récepteurs de signaux de géolocalisation et, de préférence, de signaux de certification, communiquant ou liées à des émetteurs de signaux de géolocalisation ou de certification ou/et des stations de brouillages.

[0051] La vérification de l'authenticité d'un signal de géolocalisation par chaque borne de contrôle peut être effectuée en :

[0052] • Vérifiant la signature digitale contenue dans le signal d'information accompagnant le signal de géolocalisation,

[0053] • Calculant une vitesse moyenne de transmission du signal de géolocalisation, entre l'émetteur et la borne de contrôle,

[0054] • Comparant ladite vitesse moyenne de transmission calculée avec une plage de vitesses de transmission possibles.

[0055] On peut adresser, notamment dans les signaux d'information, à la ou les bornes de contrôle, des données sur la vitesse de transmission des ondes électromagnétiques entre l'émetteur et les lieux où le signal est susceptible d'être utilisé par le récepteur, notamment des vitesses moyennes de transmission minimum et maximum, ou des données météorologiques dont notamment la pression atmosphérique, la température et l'hygrométrie des espaces traversées par le signal de géolocalisation ou de certification

puis déterminer en fonction de ces données la plage de vitesses de transmission possibles. Alternativement les bornes de contrôle, ou certaines d'entre elles peuvent collecter ces données indépendamment, par exemple en interrogeant un serveur informatique.

[0056] Si la procédure prévoit l'envoi à une station émettrice ou à une station de brouillage d'informations indiquant la détection de signaux frauduleux, un procédé permettant de détecter tout mauvais fonctionnement dans l'envoi de telles informations est de préférence mis en place, et pouvant par exemple déclencher, après vérification éventuelle qu'un signal qui pourrait avoir été détecté comme frauduleux n'a pas été détecté valide par ailleurs, la procédure prévue en cas de détection de message frauduleux.

[0057] La vérification de la signature se fait par exemple par le calcul du hash dudit signal auquel a été préalablement enlevé la signature qui lui est attachée, en déchiffrant la signature attachée, elle-même composée du hash chiffré, et en comparant le hash calculé au produit du déchiffrement de la signature.

[0058] La vérification de l'authenticité d'un signal de géolocalisation ou d'un signal de certification par une borne de contrôle qui n'est pas fixe peut se faire en calculant d'abord à l'aide d'autres signaux de géolocalisation une position certifiée de ladite borne mobile, puis en tenant compte de l'incertitude sur sa propre position, vérifier l'authenticité du nouveau signal de géolocalisation ou d'un signal de certification.

[0059] Vérification de l'authenticité des signaux de certification

[0060] Les bornes de contrôle vérifient l'authenticité d'un signal de certification en

- [0061] • Recevant le signal de certification dans les temps impartis, c'est-à-dire par exemple après la date supposée d'émission dudit signal et avant la date supposée où ledit signal peut atteindre la portée maximum à laquelle il peut être utilisé,
- [0062] • Vérifiant la signature digitale dudit signal de certification,
- Recevant le signal de géolocalisation que le dit signal de certification peut certifier.
- Vérifiant l'authenticité dudit signal de géolocalisation.

[0063] Action prédéfinie des bornes de contrôle

[0064] Comme décrit plus haut, lorsque la vérification d'un signal de géolocalisation ou de certification est négative, une action prédéfinie pour signal de géolocalisation frauduleux ou pour signal de certification erroné est déclenchée pour le signal ou les signaux de géolocalisation auxquels ils se rapportent.

[0065] Comme mentionné précédemment, l'action prédéfinie peut viser à empêcher l'envoi par l'émetteur du signal de certification suivant le signal de géolocalisation frauduleux ou suivant le signal de certification erroné ou pour empêcher la réception par le

récepteur de ce signal de certification. Dans ce cas, l'action prédéfinie pour signal frauduleux peut être le brouillage du signal de certification suivant le signal frauduleux ou erroné attendu par le récepteur pour authentifier la géolocalisation à l'aide par exemple d'une ou plusieurs stations de brouillage associées ou connectées en réseau.

[0066] Le brouillage peut être restreint à une zone définie par :

- [0067] i. La position de l'émetteur du signal de géolocalisation frauduleux, calculée notamment par triangulation ou trilatération à l'aide des bornes de contrôle ainsi que par :
- ii. Soit la portée déduite à la fois de la position de l'émetteur du signal de géolocalisation frauduleux, de sa puissance observée lors de sa réception par la ou des bornes de contrôle et la puissance minimum de réception associée audit signal de géolocalisation frauduleux, que celle-ci soit générique, par exemple associées à l'émetteur et à la longueur d'onde, ou spécifiques c'est-à-dire inscrites dans le signal d'information accompagnant le signal de géolocalisation
- iii. Soit la portée du signal de géolocalisation frauduleux, à partir de son émetteur, telle qu'inscrite dans le signal d'information qui lui est associé ou associée par ailleurs audit message d'information frauduleux.
- iv. Soit l'intersection des deux zones définies ci-dessus en ii) et iii).

[0068] Le brouillage peut avoir lieu sur une zone plus vaste comprenant la zone identifiée ci-dessus.

[0069] Le seuil minimum peut être prédéterminé pour un émetteur de la pluralité des émetteurs, pour un sous-groupe de ces émetteurs, ou l'un de ces émetteurs, en dessous duquel le récepteur ne peut pas utiliser ledit signal de certification pour authentifier le signal de géolocalisation. Ce seuil est avantageusement joint au message accompagnant le signal de géolocalisation ou le signal de certification auquel il s'applique.

[0070] Le système de contrôle

[0071] Dans ce qui suit, par « système de contrôle », on entend l'ensemble formé par les bornes de contrôles et les stations de brouillage.

[0072] De préférence, le système de contrôle comporte en outre un système d'auto-contrôle par lequel tout défaut de fonctionnement du système de contrôle donne lieu à une 'action prédéfinie d'auto-contrôle.

[0073] Le défaut de fonctionnement du système de contrôle peut par exemple correspondre à :

- [0074]
- Une panne d'une des bornes de contrôle,
 - Une panne d'une station de brouillage,
 - Une panne du réseau de communication utilisé par les bornes de contrôle,

- La détection par une borne de contrôle du non-fonctionnement de l'action prédéfinie pour signal frauduleux déclenchée par une autre borne de contrôle,
- La détection par une autre borne de contrôle d'un signal frauduleux n'ayant pas donné lieu à une action prédéfinie pour signal frauduleux.

[0075] Dans la suite « une borne de contrôle défectueuse » correspondant à une borne présentant un défaut de fonctionnement comme détaillé ci-dessus.

[0076] Chaque borne de contrôle peut calculer une zone, dite « zone de non-contrôle », dans laquelle le signal de géolocalisation inexact ne peut pas être détecté ou dans laquelle l'action prédéfinie, notamment le brouillage du signal frauduleux, ne peut pas être effectuée.

[0077] Chaque borne de contrôle peut calculer une zone, dite « zone de contrôle », dans laquelle le signal de géolocalisation ou de certification frauduleux peut être détecté et pour laquelle l'action prédéfinie, notamment le brouillage du signal frauduleux peut être effectué.

[0078] De préférence les bornes de contrôle, stations de brouillage et émetteurs sont connectées en réseau ; par exemple par un réseau 4G, 5G, internet, Lora, Sigfox ou tout autre moyen de communication. Les bornes de contrôle sont de préférence fixes et synchronisées en temps. Les stations de brouillage peuvent être combinées aux bornes de contrôles et permettent de brouiller des signaux électromagnétiques émis par les émetteurs, notamment les signaux de géolocalisation et/ou de certification.

[0079] *L'action prédéfinie d'auto-contrôle* est de préférence, de faire joindre aux signaux de géolocalisation, notamment en indiquant dans les signaux d'information, des informations sur leurs zones de non-contrôle et/ou leurs zones de contrôle, notamment en indiquant les coordonnées des centres des zones ainsi qu'un paramètre renseignant sur leur étendue, par exemple le rayon. Alternativement ou additionnellement, *l'action prédéfinie d'auto-contrôle peut correspondre* à faire joindre à un ou plusieurs signaux de géolocalisation émis par un émetteur, notamment dans le signal d'information l'accompagnant, une information pour indiquer qu'une ou plusieurs bornes de contrôle n'est pas connectée à cet émetteur.

[0080] Dans certains cas, *l'action prédéfinie d'auto-contrôle* peut joindre aux signaux de géolocalisation, notamment dans les signaux d'information accompagnant les signaux de géolocalisation, des informations sur des zones correspondant à des zones de chevauchement d'une ou plusieurs zones de non-contrôle avec des zones de contrôle ; certaines bornes de contrôle pouvant être défaillantes tandis que d'autres sont encore valides, un signal situé à la fois dans une zone de contrôle et une zone de non contrôle est considéré comme contrôlé par les récepteurs et donc utilisables pour le calcul et la certification d'une géolocalisation.

[0081] Lorsque les émetteurs utilisent des gammes variées de longueurs d'ondes, seuls les

signaux de géolocalisation envoyés avec des longueurs d'ondes du domaine des signaux détectés par la ou les bornes de contrôle défectueuses, sont de préférence porteurs de ces informations.

[0082] Les bornes de contrôles peuvent être agencées pour calculer la position d'un émetteur à partir des signaux de géolocalisation émis par cet émetteur :

- [0083] – Comparer la position de l'émetteur calculée avec une position de référence, la position de référence correspondant à une position transmise par ledit émetteur et/ou à une position pré-enregistrée dans une base de données à laquelle les bornes de contrôle ont accès,
- Détecter un changement de position de l'émetteur sur la base de cette comparaison,
- Transmettre, notamment par l'intermédiaire de l'émetteur ou par l'intermédiaire d'un autre émetteur, une information relative à la position ou au changement de position de cet émetteur au serveur ou audit émetteur.

[0084] Calcul de la position par le récepteur

[0085] De préférence, le calcul de la position n'est effectué qu'avec des signaux de géolocalisation dont l'authenticité, notamment l'intégrité des données associées, en particulier leur signature digitale a été vérifiée, comme cela est décrit précédemment.

[0086] Dans un mode de réalisation, le récepteur possède une horloge synchronisée aux émetteurs et calcule sa position en :

[0087] - déterminant les temps de propagation des signaux de géolocalisation depuis les émetteurs et jusqu'au récepteur,

[0088] - calculant les distances entre le récepteur et les émetteurs à partir de ces temps de propagation, et

[0089] - déterminant la position du récepteur par une technique de localisation, notamment de triangulation et/ ou de trilatération, sur la base des distances calculées.

[0090] Nous allons détailler dans la suite un exemple de procédé qui peut être utilisé pour le calcul de la géolocalisation quand le récepteur ne possède pas d'horloge synchronisée aux émetteurs. Dans ce mode de réalisation, le récepteur se situe en effet en M sur une surface hyperbolique de révolution autour de l'axe M_1M_2 où les points M_1 et M_2 sont les positions d'émetteurs de signaux électromagnétiques de géolocalisation reçus, l'hyperbole, dans un plan contenant l'axe M_1M_2 étant définie par la position des points M_1 et M_2 ainsi que par la différence de distance Δd entre chaque point de ladite hyperbole aux émetteurs M_1 et M_2 , qui est calculée par la formule $\Delta d = c_1 * dt_1 - c_2 * dt_2 - dt * (c_1 - c_2)$ où dt_1 est la différence entre la date d'arrivée du signal en provenance de M_1 fournie par l'horloge du récepteur, et la date d'envoi du signal de géolocalisation indiquée dans le signal d'information accompagnant ledit signal, dt_2 est de même, pour le signal en provenance de l'émetteur situé en M_2 , dt est le décalage entre l'horloge du

récepteur et l'horloge des émetteurs et c_1 et c_2 sont les vitesses de propagation des signaux en provenance respectivement de M_1 et M_2 ; c_1 , c_2 et dt n'étant connus que approximativement.

[0091] Cependant en utilisant une seconde horloge, virtuelle, interne au récepteur donnant une heure décalée par rapport à l'horloge interne réelle dudit récepteur du temps $-dt_1$, alors Δd peut être recalculé en utilisant cette nouvelle horloge interne avec laquelle l'écart de temps dt'_1 entre la date d'envoi du signal de géolocalisation en M_1 telle qu'inscrite dans le signal d'information envoyé en M_1 et son heure d'arrivée constatée avec la nouvelle horloge est nul. Nous notons dt'_2 cet écart pour l'horloge en provenance de de M_2 et dt' l'écart entre l'horloge des émetteurs et la nouvelle horloge du récepteur.

[0092] $d_1 - d_2 = -c_2 * dt'_2 + dt' * (c_1 - c_2)$

[0093] Or les vitesses c_1 et c_2 supérieures à c et proches de $1,000\ 293 * c$ sont connues à $2 \cdot 10^{-4}$ près donc $(c_1 - c_2)/c < 4 \cdot 10^{-4}$, c étant la vitesse de la lumière dans le vide et dt' étant le temps mis par le signal en provenance de M_1 pour atteindre le récepteur en M , si la portée autorisée ou effective des signaux est inférieure à, par exemple 299km, $dt' < 300 \cdot 10^3 / c$ c étant la vitesse de la lumière dans le vide soit $3 \cdot 10^8$ m/s alors

[0094] $dt' < 1 \cdot 10^{-3}$ secondes

[0095] Donc l'incertitude sur $d_1 - d_2$ est inférieure à $1 \cdot 10^{-3} * 4 \cdot 10^{-4} * 3 \cdot 10^8 = 120$ m.

[0096] Le récepteur est donc compris dans une tranche délimitée par deux surfaces hyperboliques de révolution autour de la droite liant M_1 et M_2 , lieux d'émission des signaux, les deux hyperboles étant définies par les points M_1 et M_2 et une différence de longueur des points des hyperboles aux deux points M_1 et M_2 de $c_2 * dt'_2 \pm 60$ m.

[0097] Une portée moindre des signaux permet de réduire d'autant cette incertitude ; de même la présence dans le signal d'une vitesse moyenne minimale et d'une vitesse moyenne maximale du signal pour rejoindre tout point à sa portée permet de réduire aussi l'épaisseur de cette tranche. Enfin, L'incertitude peut aussi être réduite en choisissant les signaux en provenance des récepteurs de portée les plus faibles.

[0098] Des tranches sont ainsi calculées pour divers couples d'émetteurs, au moins trois si l'altitude n'est pas connue mais de préférence issus de 4 émetteurs non coplanaires, cette caractéristique de non coplanarité pouvant être déduite de la lecture du message accompagnant chaque signal d'information, celui-ci permettant de localiser l'émetteur dudit signal. Le quatrième émetteur non coplanaire permet en effet de réduire le volume d'intersections des différentes tranches ou de choisir le volume d'intersection des tranches si cette intersection donne deux volumes différents symétriques par rapport au plan des émetteurs et que aucun autre indice telle qu'une indication externe sur l'altitude du récepteur ne peut être utilisée pour déterminer dans lequel des deux volumes se trouve ledit récepteur.

- [0099] Puis une intersection de ces différentes tranches est calculée ; A cette fin on peut calculer les coordonnées d'intersection de chaque surface délimitant chaque tranche avec deux autres surfaces délimitant chacune une autre tranche, en utilisant par exemple un premier repère orthogonal xyz, le plan xy étant le plan des positions des 3 premiers émetteurs et x étant un axe liant les positions de deux des 3 émetteurs.
- [0100] La première surface hyperbolique a pour équation :
- [0101] $x^2/a^2 - (y^2+z^2)/b^2=1$
- [0102] On utilise un paramètre t tel que $t=x/a-y/b$
- [0103] donc $t*(x/a+y/b)=1+z^2/b^2$ donc $x/a+y/b = (1+z^2/b^2) / t$
- [0104] $x/a= 1/2 [(1+z^2/b^2)/t + t]$
- [0105] $y/b= 1/2 [(1+z^2/b^2)/t-t]$
- [0106] La seconde surface hyperbolique est le résultat de la rotation autour d'un axe de direction parallèle à z et perpendiculaire au plan xy ,d'une autre surface hyperbolique de révolution autour de l'axe x et a donc une équation de la forme :
- [0107] $\alpha x^2 + \beta y^2 + \gamma xy + \epsilon z^2=1$
- [0108] Cette équation permet de trouver pour chaque z une ou des valeurs de t :
- [0109] $\alpha (a* 1/2 (t+(1+z^2/b^2)/t))^2 + \beta*(b 1/2 (-t+(1+z^2/b^2)/t))^2 + \gamma ab*(t^2-(1+z^2/b^2)^2/t^2)/4 + \epsilon z^2=1$
- [0110] $\alpha (a* 1/2 (t^2+(1+z^2/b^2)))^2 + \beta*(b 1/2 (-t^2+(1+z^2/b^2)))^2 + \gamma ab*(t^4-(1+z^2/b^2)^2)/4 + \epsilon z^2 t^2= t^2$
- [0111] $\alpha (a* 1/2 (t^4 + (1+z^2/b^2)^2 + 2*(1+z^2/b^2)*t^2)) + \beta*b 1/2*(t^4+(1+z^2/b^2)^2 - 2*(1+z^2/b^2)*t^2) + \gamma ab*(t^4 - (1+z^2/b^2)^2)/4 + \epsilon z^2 t^2=t^2$
- [0112] $t^{4*}(\alpha a/2 + \beta*b /2+ \gamma ab/4)+t^{2*}(\alpha a(1+z^2/b^2)- \beta b(1+z^2/b^2) + \epsilon z^2 -1)+ \alpha a/2 *(1+z^2/b^2)^2 + \beta*b /2 *(1+z^2/b^2)^2- \gamma ab/4*(1+z^2/b^2)=0$
- [0113] Qui est une équation qui permet de donner t^2 en fonction de z et donc x et y en fonction de z. La possibilité de trouver 4 valeurs différentes pour une seule valeur de z reflète la symétrie des surfaces hyperboliques par rapport à un plan perpendiculaire à leur axe de symétrie ainsi que par rapport au plan constitué des positions des trois émetteurs. Une vérification de chacune des solutions en tenant compte du signe de la différence d_1-d_2 entre les distances aux émetteurs ainsi que de la position du récepteur par rapport au plan des émetteurs permet de trouver l'unique intersection des trois surfaces. Si aucune hypothèse ne peut être faite sur la position du récepteur par rapport au plan des émetteurs, alors le calcul de la position peut être continué pour chacune des deux possibilités et l'utilisation d'un signal de géolocalisation émis par un quatrième émetteur non coplanaire aux trois premiers, notamment après affinement de la position calculée, permet alors de déterminer ladite position relative du récepteur par rapport au plan formé des positions des trois premiers émetteurs.
- [0114] L'équation cartésienne de la troisième surface parabolique peut donc générer pour chaque hypothèse de situation du récepteur par rapport au plan formé des positions des émetteurs, une équation en z dont la ou les solutions peuvent être trouvées par des

techniques numériques, notamment par dichotomie.

[0115] On peut alors déterminer pour chacune des deux hypothèses de situation de l'émetteur par rapport au plan formé des positions des émetteurs, les points d'intersection de toutes les surfaces puis vérifier que le volume dans lequel se trouve le récepteur est bien à portée des signaux de géolocalisation électromagnétiques utilisés, et dans le cas contraire utiliser une autre combinaison d'émetteurs excluant de préférence les émetteurs calculés pour être hors de portée, et ainsi de suite jusqu'à ce qu'une combinaison acceptable soit trouvée. Si le volume d'intersection est composé de l'intersection de plus de trois couches, on détermine de préférence d'abord la position relative du récepteur par rapport au plan déterminé par les positions de trois premiers émetteurs, choisissant de préférence parmi les triplets d'émetteurs ceux dont les émetteurs sont les moins alignés, puis on détermine les intersections des trois couches avec chacune des deux surfaces délimitant la quatrième couche, les dites intersections permettant de calculer deux volumes réduits par rapport au volume précédent et de déterminer dans lequel desdits deux volumes le récepteur est situé, et procéder ainsi de suite pour toutes les intersections de surfaces pour finalement avoir un volume d'intersection minimum.

[0116] Affinement et précision de la géolocalisation

[0117] La consultation des données météorologiques entre chacun des émetteurs retenus précédemment et le volume déterminé plus haut, ou la consultation des vitesses moyennes de propagation minimum et maximum vers ce volume, pour chacun des émetteurs, ainsi que la détermination plus précise de la géolocalisation du récepteur permet de réduire encore l'incertitude sur les vitesses de propagation des signaux et sur le décalage entre l'horloge du récepteur et celle des émetteurs. Une précision de 60m sur le volume et une incertitude sur la vitesse de propagation des signaux de $2 \cdot 10^{-6}$ au lieu de $2 \cdot 10^{-4}$ permet ainsi de réduire l'incertitude de l'horloge à $60/3 \cdot 10^8 \text{s} + 300 \cdot 10^3/3/10^8 \cdot 2 \cdot 10^{-6} = 2 \cdot 10^{-7} + 2 \cdot 10^{-11}$ secondes.

[0118] Cette nouvelle précision sur l'horloge, ainsi que la localisation du récepteur dans un volume réduit permettent alors de faire de nouveau des calculs de géolocalisation en utilisant les mêmes mesures sur les signaux reçus mais des vitesses de propagation des signaux et une horloge de récepteur plus précises, L'imprécision de la géolocalisation $dt \cdot (c_1 - c_2)$ est alors de $2 \cdot 10^{-7} \cdot 3 \cdot 10^8 \cdot 2 \cdot 10^{-6} = 12 \cdot 10^{-7} \text{ m}$ si c_1 et c_2 sont égales aux incertitudes près, ou $2 \cdot 10^{-7} \cdot 3 \cdot 10^8 \cdot 4 \cdot 10^4 = 24 \cdot 10^{-5} \text{ m}$ si les deux vitesses de propagation sont très différentes, par exemple si le signal traverse un cyclone. La précision de la mesure de l'heure d'arrivée du signal ou de l'heure d'émission peut néanmoins dégrader la précision des calculs de géolocalisation.

[0119] Calcul de la position d'un récepteur en mouvement

[0120] Si le récepteur est en mouvement, l'effet doppler permet de calculer la composante

vitesse dudit récepteur parallèle à la ligne liant, par exemple l'émetteur situé en M1, et le récepteur. Cette composante de la vitesse, combinée à la vitesse de propagation du signal autour du récepteur, et à la durée séparant la réception du signal en provenance dudit récepteur et la réception ultérieure d'un signal en provenance d'un autre émetteur permet de calculer la différence de temps entre la date de réception du signal par le récepteur si celui-ci se trouvait là où il se trouve au moment de la réceptions du dernier signal, et le l'heure à laquelle le signal a été émis, et ce pour chaque émetteur autre que le dernier servant à la géolocalisation. Le calcul décrit alors plus haut pour un récepteur immobile peut être utilisé pour le calcul de la géolocalisation ; De plus, l'emplacement du récepteur étant déterminé, l'utilisation des données sur sa vitesse provenant de la géolocalisation permettent alors de calculer sa vitesse dans les trois directions de l'espace.

[0121] Emetteur en mouvement

[0122] Si un émetteur est en mouvement lors de l'émission du signal de géolocalisation, la direction et la norme de la vitesse dudit émetteur sont de préférence renseignés dans le message certification accompagnant le message de géolocalisation. Après un premier calcul de géolocalisation effectué à l'aide d'une première série de signaux de géolocalisation, la projection de la vitesse sur chacun des axes liant le récepteur aux divers émetteurs déduite de l'effet doppler est alors ajustée en lui enlevant la composante sur cet axe de la vitesse de l'émetteur au moment de l'émission, avant d'être utilisées pour le calcul de la vitesse du récepteur.

[0123] Récepteur en mouvement accéléré

[0124] Si le récepteur est en mouvement accéléré, celui-ci peut calculer à l'aide de l'effet doppler la projection de la vitesse sur l'axe le liant à chacun des émetteurs sur deux séries de signaux successifs et ainsi en déduire la variation de vitesse sur ces axes et donc le vecteur d'accélération du récepteur. Ce calcul est utilisé avantageusement pour augmenter la précision du calcul de la différence de temps cité ci-dessus qui peut être réeffectué, par exemple sur la première série de signaux en tenant compte de l'accélération calculée précédemment pour déterminer une géolocalisation encore plus précise. Le calcul peut aussi être réeffectué sur la seconde série de signaux et permettre ainsi un second calcul de l'accélération plus précis. Cette nouvelle accélération permet alors éventuellement de recalculer des vitesses plus précises pour les deux séries de signaux puis une accélération plus précise, et ainsi de suite jusqu'à ce que l'amélioration de la précision sur les vitesses et accélérations ne soient plus significative pour l'utilisateur.

[0125] Resynchronisation de l'horloge du récepteur

[0126] La précision calculée permet avantageusement de resynchroniser l'horloge du récepteur. Un registre conservant l'imprécision de cette heure peut être renseigné, puis

un calcul dépendant notamment des précisions des appareils de mesure permet avantageusement, au moment de la consultation de ladite horloge de donner une valeur actualisée de la précision de ladite horloge, cette heure pouvant alors être de nouveau utilisée pour une nouvelle géolocalisation si cette précision est meilleure que celle afférentes aux heures calculées par les méthodes citées ci-dessus.

[0127] Localisation dans des endroits clos

[0128] Si les ou l'un des signaux transite par un milieu différent de celui de l'air ou de l'espace, ou si la vitesse de transmission des signaux dépend de l'altitude, les données météorologiques peuvent donner des vitesses de transmission de signaux différents selon l'altitude, ou la profondeur à laquelle se situe le récepteur. Le récepteur peut alors faire différents calculs de géolocalisation en faisant plusieurs hypothèses sur l'altitude ou la profondeur à laquelle il se trouve, ces différentes hypothèses regroupant des valeurs de vitesses de transmissions moyennes différentes jusqu'à ce que les intersections des tranches calculées se recoupent en un endroit compatibles avec l'hypothèse sur sa profondeur ou son altitude, puis utiliser l'incertitude sur la profondeur ou l'altitude calculée pour le récepteur pour examiner en fonctions du milieu enregistré ou des données météorologiques si les différentes valeurs de vitesses moyenne de propagation des signaux vers ces différentes profondeurs ou altitudes varient suffisamment au sein du domaine constitué de l'intersection des tranches pour induire une différence dans le calcul de ladite profondeur ou altitude supérieure à la précision recherchée, et si c'est le cas refaire de nouvelles hypothèses de profondeur ou d'altitude dans cet espace restreint ou bien seulement calculer la géolocalisation en utilisant les données correspondant au lieu estimé ; puis refaire éventuellement un dernier calcul utilisant les valeurs de vitesse de propagation pour cet endroit.

[0129] Dans les milieux clos, la vitesse de propagation moyenne peut être altérée par des matériaux dont l'indice de réfraction est bien supérieur à la l'indice de l'air. Sa mesure peut ainsi être difficile, notamment du fait que ceux-ci ne sont pas toujours apparents. On peut donc mesurer les vitesses moyennes de propagation des ondes en provenance d'un ou de récepteurs dans un volume et enregistrer ces mesures, de préférence en enregistrant aussi la précision de ces données, pour les utiliser par la suite pour une géolocalisation précise. La localisation de l'enregistreur peut être faite à l'aide de bornes de géolocalisation, par exemple temporaires situées dans le local où les mesures sont faites ou à l'aide de toute autre technique de localisation, par exemple en utilisant des lidars, des instruments mesure classiques. L'utilisation d'un Lidar permet en outre de déterminer des ou les volumes occupés par de l'air ou du vide et donc d'extrapoler des vitesses de transmission au sein de ces volumes , notamment si des mesures de vitesses de transmission sont faites sur une surface traversant tout sous-volume concave et perpendiculaire à l'axe de propagation de l'onde L'indice de réfraction étant souvent

variable en fonction de la température, on fera de préférence plusieurs mesures, au moins deux, à des époques où la température des dits matériaux peut être différents, par exemple une en hiver et une en été. Ces enregistrements sont avantageusement diffusés par des émetteurs locaux ou alternativement par exemple embarqués avec le récepteur, ou accessibles à travers un serveur. L'utilisation de telles mesure par un récepteur pour une géolocalisation pourra être notée dans l'enregistrement certifié de la géolocalisation, et le système peut avantageusement refuser de certifier une géolocalisation en sous-sol ou dans un bâtiment aux parois épaisses pour lequel de telles mesures n'ont pas été mises à la disposition du récepteur, ou alternativement ne certifier la mesure qu'en y apportant une mention spéciale telle que 'une mesure non ajustée', une telle mesure pouvant tout de même éventuellement permettre par la suite de retrouver l'endroit où la dite géolocalisation a été effectuée.

- [0130] Un calcul de géolocalisation dans un endroit pour lequel un tel enregistrement n'est pas à la disposition du récepteur peut néanmoins utiliser de telles données de vitesses de propagation mesurées pour les lieux situés entre l'émetteur et le récepteur pour ajuster le calcul de la vitesse moyenne de transmission du signal de géolocalisation, par exemple en faisant l'hypothèse sur la partie non mesurée de l'espace traversé, cette hypothèse étant par exemple que cet espace est composé de sol, ou au contraire composé des même matériaux que ceux traversés par l'onde jusqu'au lieu le plus proche du récepteur où les mesures précises ont été faites et utiliser la même vitesse de transmission moyenne.
- [0131] Accès aux données de vitesse moyenne de propagation
- [0132] L'accès aux données de vitesse moyenne de propagation se fait avantageusement par interrogation d'un serveur au cours de laquelle le lieu dont l'incertitude sur celui-ci, est avantageusement transmis audit serveur.
- [0133] Le récepteur peut aussi posséder une carte du relief, de la surface et de la hauteur des immeubles, et de l'épaisseur des planchers et murs ainsi que de leur composition, et éventuellement de la profondeur des surfaces en eau ainsi que des vitesses de propagation des ondes dans ces eaux, dans ces sols aux différentes longueurs d'onde susceptibles d'être reçues par ledit récepteur. L'utilisation d'une telle carte peut permettre d'améliorer la précision de la position en permettant de prendre en compte les perturbations ainsi que les modifications susceptibles d'être subies par les signaux électromagnétiques le long de leur trajet depuis leur émetteur jusqu'au récepteur. Les données nécessaires à l'établissement d'une telle carte peuvent être fournies, par des Lidar scannant le terrain, notamment lors de constructions.
- [0134] Le procédé peut comporter le calcul en plus de la position du récepteur, d'une information temporelle renseignant l'heure à laquelle les signaux de géolocalisation et/ou de certification ont été reçus.

[0135] Le procédé peut comporter le calcul, en plus de la position du récepteur, de la vitesse du récepteur, la direction de ladite vitesse ainsi que son vecteur accélération.

[0136] Certification

[0137] De préférence, la certification de la géolocalisation calculée à l'aide des signaux de géolocalisation n'est accordée qu'après la réception du nombre prédéterminé des signaux d'information et de certification dans les temps prédéterminés.

[0138] Avant la certification de la géolocalisation, le procédé peut comporter au moins une des actions suivantes :

- [0139]
- La vérification des signatures digitales des signaux de certification et d'information,
 - La vérification qu'aucun des signaux de certification ou d'information ne comporte de message infirmant la validité d'un des signaux de géolocalisation ayant servi au calcul de la géolocalisation,
 - La vérification qu'aucun des signaux de certification ne comporte de message infirmant la validité d'un des signaux de certification servant à la certification de ladite géolocalisation, ou
 - La vérification sur la base des signaux d'information et de certification que lesdits signaux de certification sont des signaux de certification du signal de géolocalisation, en vérifiant notamment l'identité ou la position de l'émetteur dudit signal de certification ainsi que le moment de son envoi, notamment la date et son heure telle que inscrits ou référencés dans les signaux de certification et d'information,
 - La vérification que le récepteur se situe dans une zone de contrôle contrôlée par au moins une borne de contrôle, l'information sur de telles zones étant fournies soit par le signal d'information accompagnant le signal de géolocalisation, soit par un des signaux de certification, soit par un moyen de communication autre tel qu'un autre signal radio ou un réseau Lora ou Sigfox ou bien un moyen de communication bidirectionnel tel que un réseau 4G, Wifi, ou une communication satellite connecté aux émetteurs.

[0140] Le procédé peut comporter en outre avant de certifier la géolocalisation, la vérification qu'au moins un signal de certification, de préférence tous les signaux de certification, a été reçu à des moments compatibles avec :

- [0141]
- i. Le décalage entre des horloges de l'émetteur du signal de certification et du récepteur tel que déterminé lors de la réception du signal de géolocalisation ayant été émis par cet émetteur ou lors de la réception du signal de certification,
 - ii. La distance entre le récepteur et l'émetteur par exemple déterminée à l'aide du signal de géolocalisation émis par le même émetteur,

- iii. Le moment d'émission du signal de géolocalisation, notamment sa date et son heure d'émission, tels que inscrits ou indiqués dans le signal d'information accompagnant le signal de géolocalisation ou dans un autre signal de certification, ou
 - iv. Les données météorologiques ou de vitesse de propagation des ondes connues par le récepteur, ces données étant transmises dans le signal de certification ou accessibles au moyen d'un serveur distant.
- [0142] Le récepteur, en vue de la certification de sa position, peut envoyer un message à une ou plusieurs bornes de contrôle permettant de choisir ou de déterminer une ou des clés permettant la signature digitale du ou des signaux de certification.
- [0143] Le récepteur est de préférence porteur d'une clé de cryptage, privée ou symétrique, ou de plusieurs clés à usage unique, lui permettant de signer ses propres calculs de géolocalisation.
- [0144] Le logiciel du récepteur est de préférence équipé d'un système permettant de contrôler que sa propre mise à jour n'est pas frauduleuse, par exemple en vérifiant avant d'autoriser ladite mise à jour que la version qui doit être installée a été signée digitalement par l'éditeur dudit logiciel ou par l'opérateur du système de géolocalisation.
- [0145] La certification de la position du récepteur peut être réalisée à l'aide d'un hash crypté, notamment utilisant un cryptage asymétrique dont une clé privée est consignée dans les émetteurs. Alternativement, on peut associer à ces données une signature digitale composée du hash de la donnée mélangée à un nombre secret connu aussi lors de la vérification de ladite signature.
- [0146] On peut également certifier l'heure, la vitesse ou l'accélération calculées, la certification étant de préférence réalisée à l'aide d'un hash crypté, utilisant un cryptage asymétrique dont une clé privée est consignée dans les émetteurs. Alternativement, on peut associer à ces données une signature digitale composée du hash de la donnée mélangée à un nombre secret connu lors de la vérification de ladite signature. Un procédé permettant d'obtenir la signature digitale décrite ci-dessus et de la vérifier est par exemple décrit dans WO2020169542.
- [0147] On peut enregistrer la position du récepteur, l'heure calculées, la précision avec laquelle ces valeurs ont été calculées, ainsi que des informations relatives aux signaux reçus ayant servi à leur calcul et les données météorologiques ou de vitesse de propagation des signaux utilisées accompagnées de l'incertitude ou précision de ces données ; ces informations pouvant éventuellement servir à un recalcul ultérieur de la géolocalisation
- [0148] La position du récepteur, l'heure et/ou la vitesse calculées et autres données ayant servi à leur calcul ainsi que leur ou leurs signatures digitales peuvent être enregistrées dans une unité de stockage.

- [0149] En variante ou additionnellement ces données sont transmises, en clair ou cryptées à un serveur distant afin que ces dernières y soient stockées, la position du récepteur et/ou l'heure et/ou la vitesse calculée étant de préférence enregistrées et/ou transmises avec une information relative à la précision avec laquelle ces informations ont été calculées. La transmission peut être effectuée, par exemple à l'aide d'un réseau internet avec ou sans fil ou par un réseau de type 4G ou 5G ou par un réseau de type Lora ou Sigfox.
- [0150] Le récepteur peut en outre être agencé aussi pour certifier une position, heure, vitesse ou une accélération en utilisant une position et vitesse certifiée déduite des signaux reçus et divers autres instruments notamment une horloge interne, capteur d'accélération et/ou un gyroscope.
- [0151] Dans un mode de réalisation, les signaux de certification sont également utilisés comme des signaux d'information et de géolocalisation.
- [0152] Dans ce mode de réalisation, le procédé peut comporter les étapes dans lesquelles :
- [0153] – Le récepteur effectue un premier calcul de sa position à l'aide des signaux de géolocalisation émis par les émetteurs,
- Le récepteur effectue en outre au moins un deuxième et de préférence un troisième calcul de sa position à l'aide des signaux de certification consécutifs aux signaux de géolocalisation utilisés pour le premier calcul,
- En cas d'échec d'au moins un des deuxièmes et troisièmes calculs de position, le récepteur refuse de certifier la position calculée à l'aide des signaux de géolocalisation,
- Sinon, le récepteur compare lesdits premier, deuxième et troisième calcul,
- En cas de différence importante, notamment montrant une accélération ou une vitesse du récepteur incompatibles avec nature, notamment non relativiste, le récepteur refuse la certification de la position,
- [0154] En absence de différence importante, le récepteur certifie la position obtenue à l'aide des signaux de géolocalisation.
- [0155] Lorsque les signaux de certification sont utilisés en tant que signaux de géolocalisation, avant de certifier la géolocalisation calculée à l'aide des signaux de géolocalisation, le récepteur vérifie de préférence qu'il peut déterminer cette même géolocalisation au moins deux fois de suite mais de préférence trois fois de suite à l'aide de signaux de certification consécutifs émis par chacun des mêmes émetteurs des signaux de géolocalisation. Si le récepteur prend en compte l'accélération pour ces calculs, il peut omettre de prendre en compte ce phénomène pour le calcul de la troisième géolocalisation pour ne pas avoir à utiliser encore un autre signal suivant. Le calcul de la géolocalisation effectuée à l'aide des premiers signaux de géolocalisation est de préférence utilisées pour donner les coordonnées spatiales et temporelles du récepteur,

tandis que le calcul à l'aide des signaux de certification suivant servent à vérifier que ces signaux de certification n'ont pas été brouillés par une borne de contrôle ou une station de brouillage, et le calcul utilisant les troisièmes signaux de certification servant à vérifier qu'aucun de ces dits deuxièmes signaux de certification n'ont pas été brouillés à la suite d'un dysfonctionnement du système de contrôle.

[0156] Récepteur

[0157] L'invention a encore pour objet, indépendamment ou en combinaison avec qui précède, un récepteur, notamment pour la mise en œuvre du procédé de certification tel que défini plus haut.

[0158] Le récepteur peut être configuré pour :

- [0159] – Recevoir des signaux électromagnétiques provenant d'une pluralité d'émetteurs et servant au calcul de la géolocalisation du récepteur, dits « signaux de géolocalisation »,
- Recevoir des signaux électromagnétiques supplémentaires provenant desdits émetteurs,
- Déterminer la géolocalisation du récepteur par mesure de temps de réception des signaux de géolocalisation,
- Déterminer l'authenticité de la géolocalisation sur la base des signaux électromagnétiques supplémentaires.

[0160] De préférence, les signaux électromagnétiques supplémentaires comportent chacun une signature digitale.

[0161] Avantageusement, le récepteur est agencé pour pouvoir décoder les signatures digitales des signaux électromagnétiques supplémentaires.

[0162] Les signaux électromagnétiques supplémentaires peuvent comporter des signaux reçus à la suite des signaux de géolocalisation, dits « signaux de certification ».

[0163] Les signaux électromagnétiques supplémentaires peuvent comporter des signaux accompagnant les signaux de géolocalisation, dits « signaux d'information ».

[0164] Le signal d'information accompagnant un signal de géolocalisation peut comporter des données relatives à la position de l'émetteur dudit signal de géolocalisation et/ou comportant un identifiant renseignant sur la position de l'émetteur, le signal d'information comportant de préférence des informations temporelles sur la date et le moment d'émission dudit signal de géolocalisation.

[0165] Le signal d'information peut comporter, en outre, des données météorologiques renseignant sur la météo, notamment pression, couverture nuageuse, température, hygrométrie d'une zone entourant l'émetteur, et/ou des données de vitesse renseignant sur les vitesses de propagation des ondes électromagnétiques dans des directions et à des distances où le signal de géolocalisation est susceptible d'être utilisé. L'utilisation des données météorologiques peut permettre de tenir compte des perturbations sus-

ceptibles d'être subies par les signaux de géolocalisation et/ou les signaux de certification sur leur trajet depuis leur émetteur jusqu'au récepteur. Cela peut permettre notamment d'accroître la précision sur le calcul de la géolocalisation.

[0166] Le signal d'information peut comporter en outre une information indiquant l'heure à laquelle le signal de certification suivant doit être émis.

[0167] Les signaux de certification et d'information peuvent comporter chacun une signature digitale des données transportées.

[0168] Le récepteur comporte, de préférence :

[0169] • Une horloge interne

[0170] • Un moyen de communication avec un réseau informatique permettant de recevoir des informations météorologiques ou sur la vitesse de propagation des signaux de géolocalisation et/ou des signaux de certification,

• Un moyen de communication avec un réseau informatique pouvant être celui décrit ci-dessus mais pouvant aussi être un réseau directionnel ne permettant que l'envoi de données, tel qu'un réseau Sigfox ou Laura pour transmettre les données de géolocalisation, notamment sa position,

• Un moyen de stockage des données sur environnements dans lesquels le récepteur est susceptible d'être utilisé, notamment des données relatives à des bâtiments, par exemple les épaisseurs des cloisons et des murs de ceux-ci et/ou à au sous-sol, y compris des données sur la composition des sols et la profondeur des cours d'eau, mers, lacs ainsi que la salinité desdits lieux celle-ci, ces données pouvant influencer la vitesse de transmission des signaux pour les endroits dans lesquels ledit récepteur est susceptible d'être utilisé ; ce moyen de stockage de données pouvant servir aussi pour enregistrer les géolocalisations effectuées et notamment lors de parcours dudit récepteur, accompagnées des informations temporelles et des informations sur la vitesse et l'accélération.

• Des moyens de calculs permettant de calculer les coordonnées et vitesses de l'émetteur grâce aux signaux de géolocalisation et/ou de certification, aux données associées aux signaux et aux données disponibles dans ledit récepteur.

[0171] Des moyens de certification permettant de vérifier les signatures digitales, créer des signatures digitales et éventuellement crypter et signer des données.

[0172] De préférence, le récepteur comporte une pluralité d'antennes réceptrices, par exemple en nombre de trois, notamment circulaires à induction magnétiques, les antennes étant de préférence placées dans des plans orthogonaux de façon à pouvoir recevoir des signaux en provenance de toutes les directions de l'espace.

[0173] Le récepteur peut comporter une unité de détection configurée pour détecter l'instant

de réception des signaux émis par les émetteurs, ladite unité comportant de préférence un circuit intégré ou un sous circuit intégré, le circuit ou le sous circuit étant de préférence configuré pour opérer à une fréquence de 60Ghz.

- [0174] Le récepteur peut être disposé dans n'importe quel environnement, en particulier dans un environnement intérieur, notamment à l'intérieur d'un bâtiment.
- [0175] Le récepteur peut en outre être configuré pour recevoir des données météorologiques renseignant sur la météo d'une zone entourant l'émetteur, et/ou sur des données de vitesse renseignant sur les vitesses de propagation des ondes électromagnétiques dans des directions et des distances où les signaux de géolocalisation sont susceptibles d'être utilisés, notamment des vitesses moyennes minimum et maximum de propagation des signaux pour atteindre les points de ladite zone entourant l'émetteur. Ces données météorologiques et/ou de vitesse peuvent être comprises dans le signal d'information accompagnant le signal de géolocalisation.
- [0176] En variante, le récepteur est configuré pour interroger un serveur renseignant sur les données météorologiques ou sur les données de vitesse, décrites ci-dessus.
- [0177] Le récepteur peut être agencé pour calculer en plus de sa position, une information temporelle renseignant l'heure à laquelle les signaux de géolocalisation et/ou de certification ont été reçus.
- [0178] Le récepteur peut être agencé pour calculer en plus de sa position, la vitesse du récepteur et/ou des émetteurs et de la direction de ladite vitesse.
- [0179] Le récepteur peut être agencé pour certifier sa position et/ou l'heure calculées, par exemple à l'aide d'un hash, notamment utilisant un cryptage asymétrique dont une clé privée est consignée dans les émetteurs.
- [0180] Le récepteur peut être agencé pour enregistrer la position du récepteur calculée et/ou l'heure calculée dans le moyen de stockage et/ou à transmettre ces données, en clair ou cryptées, à un serveur distant afin que ces dernières y soient stockées, la position du récepteur et/ou l'heure et/ou la vitesse calculée étant de préférence enregistrées et/ou transmises avec une information relative à la précision avec laquelle ces informations ont été calculées. La transmission peut être effectuée, par exemple à l'aide d'un réseau internet avec ou sans fil ou par un réseau de type 4G ou 5G ou par un réseau de type Lora ou Sigfox ou encore par une transmission satellite, notamment désynchronisée de la mesure de l'emplacement proprement dite.
- [0181] Le récepteur peut être configuré pour recevoir au moins un signal de fréquence inférieure à 1Ghz, de préférence dans le domaine des grandes ondes, notamment de fréquence comprise entre 3Khz et 300Khz.
- [0182] De préférence, le récepteur est configuré pour recevoir des signaux de géolocalisation et de certification de fréquence comprise entre 30 Mhz et 3 Ghz, correspondant à des longueurs d'ondes comprises entre 10 cm et 10 m.

- [0183] Le récepteur peut être également configuré pour recevoir des signaux de GPS (*Global Positioning System*), notamment de fréquence L1 ou L2, correspondant à 1 575,42 MHz et 1 227,60 MHz, respectivement.
- [0184] Système
- [0185] L'invention a encore pour objet, indépendamment ou en combinaison avec ce qui précède, un système, notamment pour la mise en œuvre du procédé de certification tel que défini ci-dessus.
- [0186] Le système peut comporter :
- [0187] a. Une pluralité d'émetteurs, chacun agencé pour émettre des signaux électromagnétiques servant à la géolocalisation, dits « signaux de géolocalisation » et des signaux électromagnétiques supplémentaires,
- b. Au moins un récepteur agencé pour recevoir les signaux électromagnétiques émis par les émetteurs et configuré pour :
- [0188] – Déterminer la position du récepteur à partir des signaux de géolocalisation, et
– Déterminer l'authenticité de la géolocalisation sur la base des signaux électromagnétiques supplémentaires.
- [0189] Le système peut être agencé pour :
- [0190] – Calculer en plus de la position du récepteur, une information temporelle renseignant l'heure à laquelle les signaux de géolocalisation et/ou de certification ont été reçus, et/ ou la vitesse et/ou l'accélération du récepteur, et
– Certifier la position, la vitesse ou l'accélération du récepteur et/ou l'heure calculée, par exemple à l'aide d'un hash, notamment utilisant un cryptage asymétrique dont une clé privée est consignée dans les émetteurs.
- [0191] Le système peut avantageusement comporter au moins au moins une borne de contrôle permettant de vérifier l'authenticité et la validité des signaux de géolocalisation.
- [0192] Le système peut comporter un système de contrôle tel que décrit précédemment. En particulier, le système de contrôle comporte la ou les bornes de contrôle. Le système peut comporter une ou plusieurs stations de brouillage.
- [0193] Le système peut avantageusement être agencé pour déduire de son horloge synchronisée par un signal certifié, de la position, de la vitesse et de l'accélération certifiée, ainsi, que éventuellement d'un accéléromètre l'heure, la positionne la vitesse et l'accélération à un moment différent du moment de réception de l'un des signaux de géolocalisation, la ou les données calculées pouvant alors être certifiées par ledit émetteur, leur précision étant néanmoins ajustée de la précision de l'horloge, et pour les calculs de la position, de la vitesse et de l'accélération, aussi de la précision de l'accéléromètre.
- [0194] Le système est de préférence agencé pour enregistrer, notamment au moyen du

récepteur, la position certifiée du récepteur calculée et/ou l'heure calculée dans une unité de stockage du système et/ou à transmettre ces informations, en clair ou cryptées, à un serveur distant afin que ces dernières y soient stockées, la position du récepteur et/ou l'heure et/ou la vitesse et l'accélération calculées étant de préférence enregistrées et/ou transmises avec une information relative à la précision avec laquelle ces informations ont été calculées ainsi que avec des informations relatives aux signaux reçus ayant servi à leur calcul.

[0195] Emetteurs

[0196] De préférence, les émetteurs ayant des horloges synchronisées en temps.

[0197] De préférence, les horloges des émetteurs tiennent compte de l'altitude et de la vitesse à laquelle elles ont voyagé ou ont été situées depuis leur dernière synchronisation pour calculer l'heure, ledit calcul prenant notamment en compte les différentiels d'écoulement de temps d'horloges selon leur altitude, comme décrit par le principe de la relativité générale.

[0198] De préférence, au moins deux émetteurs émettent des signaux de géolocalisation et/ou de certification se superposant dans le temps, les deux émetteurs émettant chacun des signaux de géolocalisation dans des longueurs d'ondes différentes.

[0199] De préférence, les émetteurs sont agencés pour émettre les signaux de géolocalisation avec un décalage prédéfini par rapport à un fuseau horaire donné.

[0200] Au moins un émetteur peut être agencé pour émettre un signal dans le domaine des grandes ondes, notamment de fréquence comprise entre 3Khz et 300Khz.

[0201] Au moins un des émetteurs peut être agencé pour émettre un signal de géolocalisation de fréquence inférieure à 1Ghz.

[0202] Au moins un émetteur peut être agencé pour émettre un signal de fréquence appartenant aux bandes HF, VHF, UHF, FM ou TV.

[0203] Au moins un émetteur peut être agencé pour émettre un signal de fréquence comprise entre 30 Mhz et 3 Ghz.

[0204] Au moins un émetteur étant un émetteur GPS (*Global Positioning System*), émettant notamment des signaux de géolocalisation de fréquence L1 ou L2, correspondant à 1 575,42 MHz et 1 227,60 MHz, respectivement.

[0205] Dans un mode de réalisation, au moins un des émetteurs est terrestre, notamment au moins un émetteur disposé en altitude ou au sommet de bâtiments tels que des tours. Une telle disposition permet d'accroître la précision de la géolocalisation et de la mesure de la vitesse de transmission.

[0206] En variante ou additionnellement, au moins un émetteur est disposé sur un satellite, un objet volant ou un objet flottant dans le ciel, ledit émetteur étant de préférence agencé pour émettre un signal de fréquence supérieure à 250 Mhz.

[0207] En particulier, les émetteurs peuvent être disposés dans des satellites en orbite géo-

stationnaire ou en mouvement autour de la terre.

- [0208] Le fait que des émetteurs soient disposés en orbite géostationnaire permet d'améliorer la précision des données d'altitude et de vitesse de transmission, mais restreint les longueurs d'ondes utilisables pour transporter les signaux de géolocalisation qu'ils émettent.
- [0209] Les ou des émetteurs peuvent être configurés pour transmettre de manière directionnelle le signal de géolocalisation, ledit émetteur comportant une antenne directionnelle, par exemple une antenne dipôle et/ ou au moins un directeur et/ou réflecteur étant disposé dans la trajectoire du signal émis par l'émetteur de manière à le diriger selon une direction prédéfinie.
- [0210] Chaque émetteur peut être configuré pour transmettre, avec le signal d'information ou avec au moins un signal de certification, des données relatives à la portée de l'émetteur ainsi que l'intensité minimum de son signal lors de sa réception, les zones de contrôle de et de non contrôle qui sont à sa portée c'est-à-dire dans le permettre dans lequel il peut être reçu et utilisé.
- [0211] Les émetteurs peuvent chacun être agencés pour transmettre une information relative au changement de leur propre position, vitesse, et accélération notamment de manière périodique, au récepteur et/ou aux bornes de contrôle, ou encore à un serveur auquel les bornes de contrôle sont connectées.
- [0212] Autres applications possibles
- [0213] Certification de transactions
- [0214] L'invention a encore pour objet un procédé de certification d'une transaction ou d'un paiement, dans lequel on procède à la certification de la géolocalisation, voire l'heure de de la transaction ou du paiement, en mettant en œuvre le procédé de certification de géolocalisation selon l'invention ou utilisant le récepteur selon l'invention ou en utilisant le système selon l'invention, et optionnellement on procède la certification de la géolocalisation des signataires ou cosignataires de la transaction ou du paiement.
- [0215] Le procédé de certification d'une transaction ou d'un paiement ci-dessus peut en outre comprendre les étapes consistant à :
- [0216] - si la transaction est effectuée à l'aide de deux terminaux éloignés l'un de l'autre, afficher sur l'un des terminaux ou sur les deux terminaux la localisation de l'autre terminal.- permettre et éventuellement aider à la saisie par les signataires de l'adresse à laquelle ils se trouvent lors de la signature ainsi que de la date et de l'heure,
- [0217] - comparer la géolocalisation, voire l'heure de la transition ou du paiement calculée(s) à une position, voire à l'heure de transaction déclarée(s) par les cosignataires,
- [0218] - En cas de différence, on refuse la certification de la transaction ou du paiement.
- [0219] Sécurisation de transaction

- [0220] L'invention a encore pour objet un procédé de sécurisation d'une transaction ou d'un paiement, comportant les étapes consistant à :
- [0221] – Procéder à la certification de la géolocalisation d'un récepteur associé à un système de transaction ou de paiement en mettant en œuvre le procédé de certification de géolocalisation l'invention ou en utilisant le récepteur selon l'invention ou en utilisant le système selon l'invention,
- En cas d'échec de ladite certification, ou bien si le calcul de la géolocalisation n'est pas suffisamment précis en regard de précision de géolocalisation prédéfinies pour ladite transaction, empêcher la transaction ou le paiement.
- [0222] De préférence, le calcul de la géolocalisation n'est pas suffisamment précis en regard d'une précision de géolocalisation prédéfinie si la précision du calcul est supérieure à la précision de géolocalisation prédéfinie par exemple 1m si la transaction requiert un seul signataire ou 5cm en coordonnées horizontales et 50 cm en coordonnées verticales si elle en requiert plusieurs.
- [0223] L'invention a encore pour objet un procédé de contrôle d'une transaction ou d'un paiement, dans lequel la transition ou le paiement est conditionnel à la possibilité de géolocaliser le terminal permettant ladite transaction ou ledit paiement en mettant en œuvre le procédé de certification de géolocalisation selon l'invention ou utilisant le récepteur selon l'invention ou utilisant le système selon l'invention.
- [0224] Restriction d'utilisation spatio-temporelle
- [0225] L'invention a encore pour objet un procédé de restriction de l'utilisation d'une licence ou à d'un droit par un utilisateur, dans lequel :
- [0226] – On procède à la géolocalisation de l'utilisateur, voire l'heure et/ou la date à laquelle l'utilisateur requiert l'accès, en mettant en œuvre le procédé de certification selon l'invention, en utilisant le récepteur, ou en utilisant le système selon l'invention,
- On vérifie si la géolocalisation appartient à une liste de positions autorisées, voire si ladite heure et/ou la date est dans une plage d'horaire prédéterminée, et
- Dans la négative, empêcher l'utilisation de la licence ou du droit.
- [0227] L'invention a encore pour objet un procédé de restriction de l'accès à des données lisibles par un appareil :
- [0228] – On procède à la certification de la géolocalisation d'un récepteur associé à l'appareil, voire de l'heure et/ou de la date à laquelle l'accès a été requis, en mettant en œuvre le procédé selon l'invention, ou en utilisant le récepteur ou le système selon l'invention,
- On vérifie si la géolocalisation appartient à une liste de positions autorisées, voire si l'heure et/ou la date est dans une plage d'horaire prédéterminée, et

- Dans la négative, refuser l'accès aux données.
- [0229] Suivi de trajet
- [0230] L'invention a encore pour objet un procédé de suivi d'un trajet de marchandises ou de véhicule dans lequel un ou plusieurs récepteurs enregistrent périodiquement la géolocalisation certifiée, voire l'heure et/ou la date et/ou la vitesse et/ou l'accélération certifiées des marchandises ou du véhicule en mettant en œuvre le procédé, en utilisant le récepteur ou le système selon l'invention.
- [0231] Alertes
- [0232] L'invention a encore pour objet un procédé de suivi de position où un signal d'alerte est déclenché quand le récepteur est détecté en dehors ou dans une zone prédéfinie, ou en sort ou y entre, l'alerte pouvant être sonore, visuelle, ou faire l'objet d'un message émis par exemple par un réseau Lora, Sigfox ou 4G ou 5G.
- [0233] Synchronisation d'horloges, Plongée sous-marine, natation, percement de tunnels et installation de câbles et canalisations
- [0234] L'utilisation du procédé de certification de géolocalisation selon l'invention ou utilisant le récepteur selon l'invention ou en utilisant le système selon l'invention pour :
- [0235] – Synchroniser des horloges distantes,
- La plongée sous-marine ainsi que pour la natation,
 - Pour le percement de tunnels ou l'installation de câble ou tuyaux souterrain sans creusement de tranchées, de préférence en utilisant au moins deux récepteurs placés aux points de mesure,
 - Permettre à un utilisateur de certifier sa position, en particulier si le récepteur est équipé de moyens de saisie de codes secrets ou de reconnaissance biométrique ; un tel système pouvant émettre une signature lisible de quelques dizaines de caractères, permettant de certifier l'identité, la localisation et l'heure de l'utilisateur, qui peut alors être vérifié par un correspondant dudit utilisateur et qui peut ainsi vérifier ces informations,
 - Infirmer une transaction dont une transaction de paiement par un moyen de paiement sur la base de l'enregistrement de la date et l'heure de ladite transaction, commise après une annulation ; l'annulation pouvant éventuellement entraîner l'annulation des transactions suivantes,

Brève description des dessins

- [0236] L'invention pourra être mieux comprise à la lecture de la description détaillée qui va suivre, d'exemples de mise en œuvre non limitatifs de celle-ci, et à l'examen du dessin annexé, sur lequel :
- [0237] [fig.1] la [fig.1] représente de façon schématique et partielle un système pour la mise

- en œuvre d'un procédé de certification d'une géolocalisation selon l'invention,
- [0238] [fig.2] la [fig.2] représente un exemple de procédé de certification selon l'invention,
- [0239] [fig.3] la [fig.3] est un schéma en blocs illustrant différentes étapes d'exemple de procédé mettant en œuvre le procédé de certification de la [fig.2],
- [0240] [fig.4] la [fig.4] est un schéma en blocs illustrant différentes étapes d'exemple de procédé mettant en œuvre le procédé de certification de la [fig.2],
- [0241] [fig.5] la [fig.5] est un schéma en blocs illustrant différentes étapes d'exemple de procédé mettant en œuvre le procédé de certification de la [fig.2], et
- [0242] [fig.6] la [fig.6] est un schéma en blocs illustrant différentes étapes d'exemple de procédé mettant en œuvre le procédé de certification de la [fig.2].

Description détaillée

- [0243] [fig.1]
- [0244] On a illustré à la [fig.1] un exemple de système 1 pour la mise en œuvre d'un procédé de certification selon l'invention.
- [0245] Ce système 1 comporte un récepteur 10. De préférence, le récepteur 10 comporte une pluralité d'antennes réceptrices, par exemple en nombre de trois, notamment circulaires à induction magnétiques, les antennes étant de préférence placées dans des plans orthogonaux de façon à pouvoir recevoir des signaux en provenance de toutes les directions de l'espace.
- [0246] Dans l'exemple illustré, le récepteur 10 comporte en outre une unité de détection configurée pour détecter le temps de réception des signaux émis par les émetteurs, ladite unité comportant de préférence un circuit intégré ou un sous circuit intégré, le circuit ou le sous circuit étant de préférence configuré pour opérer à une cadence de 60Ghz.
- [0247] Le récepteur 10 peut être disposé dans n'importe quel environnement, en particulier dans un environnement intérieur, notamment à l'intérieur d'un bâtiment.
- [0248] Comme illustré à la [fig.1], le système 1 comporte également une pluralité d'émetteurs 20.
- [0249] Les émetteurs 20 émettent des signaux électromagnétiques 23 servant au calcul de la position du récepteur 10, dits « signaux de géolocalisation ».
- [0250] Outre les signaux de géolocalisation 23, les émetteurs 20 émettent chacun, des signaux électromagnétiques supplémentaires comportant des données servant à authentifier la position du récepteur.
- [0251] Les signaux électromagnétiques supplémentaires comportent des signaux 25 reçus à la suite des signaux de géolocalisation, dits « signaux de certification ».
- [0252] Les signaux électromagnétiques supplémentaires comportent des signaux 27 accompagnant les signaux de géolocalisation, dits « signaux d'information ».

- [0253] Le signal d'information 27 accompagnant un signal de géolocalisation 23 comporte des données relatives à la position de l'émetteur dudit signal de géolocalisation et/ou comportant un identifiant renseignant sur la position de l'émetteur, le signal d'information comportant de préférence des informations temporelles sur la date et le moment d'émission dudit signal de géolocalisation.
- [0254] Le signal d'information 27 comporte, en outre, des données météorologiques renseignant sur la météo, notamment pression, couverture nuageuse, température, hygrométrie d'une zone entourant l'émetteur, et/ou des données de vitesse renseignant sur les vitesses de propagation des ondes électromagnétiques dans des directions et à des distances où le signal de géolocalisation est susceptible d'être utilisé.
- [0255] En variante, les données météorologiques et de vitesse sont accessibles depuis un serveur distant 40.
- [0256] Dans l'exemple illustré, le signal d'information 26 comporte en outre une information indiquant l'heure à laquelle le signal de certification suivant doit être émis.
- [0257] Les signaux de certification et d'information comportent chacun une signature digitale des données transportées.
- [0258] Les émetteurs 20 peuvent être terrestres. Ils sont par exemple disposés en altitude ou au sommet de bâtiments, notamment de tours, et de préférence à des altitudes différentes.
- [0259] En variante, les émetteurs 20 sont disposés sur des satellites en orbite géostationnaire ou en mouvement autour de la terre.
- [0260] De préférence, ces émetteurs 20 sont aptes pour transmettre de manière directionnelle les signaux de géolocalisation 23 et les signaux de certification 25.
- [0261] Par exemple, les émetteurs 20 comportent chacun une antenne directionnelle, par exemple une antenne dipôle. Alternativement, les émetteurs 20 comportent chacun un directeur et/ou réflecteur étant disposé dans la trajectoire du signal émis par l'émetteur de manière à le diriger selon une direction prédéfinie.
- [0262] [fig.2]
- [0263] Nous allons dans la suite, en se référant à la [fig.2], décrire un procédé de certification selon l'invention.
- [0264] L'étape 101 correspond à la réception par le récepteur 10 de signaux de géolocalisation 23 émis par les émetteurs 20.
- [0265] Préalablement, ou simultanément ou ultérieurement à l'étape 101, les signaux de géolocalisation sont analysés à l'étape 102 en vue de vérifier leur authenticité. A cette fin, le système 1 comporte une pluralité de bornes de contrôle 30.
- [0266] La vérification de l'authenticité des signaux de géolocalisation par chaque borne de contrôle 30 en vérifiant la signature digitale des signaux d'information et de certification, en calculant une vitesse moyenne de transmission des signaux de géoloca-

lisation entre leurs émetteurs et la borne de contrôle, et en comparant ladite vitesse moyenne de transmission calculée avec une plage de vitesses de transmission possibles.

[0267] Dans l'exemple, la plage de vitesses de transmission possibles est déterminée en tenant compte de la situation météorologique dont notamment la pression atmosphérique, la température et l'hygrométrie des espaces traversés par le signal entre son émetteur et la borne de contrôle.

[0268] Si le résultat de l'analyse effectuée pour un signal de géolocalisation 23 à l'étape 102 est négatif, c'est-à-dire si la vitesse de transmission de ce signal n'est pas comprise dans la plage de valeurs possibles et/ou si l'intégrité des données du message joint au signal n'est pas valide, alors une action prédéfinie pour signal frauduleux est déclenchée à l'étape 103 de manière à empêcher l'envoi par l'émetteur du signal de géolocalisation frauduleux d'un signal de certification suivant ce signal frauduleux ou la réception par le récepteur de ce signal de certification.

[0269] Dans l'exemple illustré, l'action prédéfinie pour signal frauduleux comporte le brouillage, notamment par l'intermédiaire d'un ou plusieurs stations de brouillage associées à la borne de contrôle, du signal de certification attendu par le récepteur 10 pour la certification de la géolocalisation à la suite de la réception du signal de géolocalisation frauduleux.

[0270] Dans l'exemple illustré, le brouillage est restreint à une zone Z définie par :

- [0271] i. la position de l'émetteur 20 du signal de géolocalisation inexact 23, calculée par trilatération à l'aide des bornes de contrôle, ainsi que par
- ii. Une puissance de signal de géolocalisation 23, la zone Z identifiée correspondant à une zone ayant été parcourue par le signal de géolocalisation inexact avec une puissance de signal supérieure ou égale à un seuil minimum.

[0272] Le seuil minimum peut être prédéterminé pour un émetteur de la pluralité d'émetteurs, pour un groupe de ces émetteurs, ou pour tous ces émetteurs, en dessous duquel le récepteur ne peut pas utiliser ledit signal de certification pour certifier une géolocalisation.

[0273] A l'inverse, si le résultat de l'analyse est positif, le récepteur reçoit à l'étape 104 un premier signal de certification 25 de chaque émetteur ayant émis les signaux de géolocalisation 23.

[0274] De la même manière que pour le signal de géolocalisation, le procédé peut comporter une étape 105 dans laquelle l'authenticité du signal de certification est vérifiée par les bornes de contrôle 30.

[0275] Si le résultat de l'analyse effectuée pour le signal de certification 25 à l'étape 105 est négatif, alors une action prédéfinie pour signal frauduleux à l'étape 106 est déclenchée pour empêcher l'envoi par l'émetteur du signal de certification frauduleux d'un

deuxième signal de certification suivant ce signal frauduleux ou la réception par le récepteur de ce deuxième signal de certification.

- [0276] A l'instar du signal de géolocalisation, l'action prédéfinie est de préférence le brouillage du deuxième signal de certification frauduleux.
- [0277] A l'inverse si le résultat est positif, le récepteur reçoit un deuxième un signal de certification à l'étape 107 de chaque émetteur ayant émis le signal de géolocalisation et le premier signal de certification.
- [0278] Le récepteur calcule sa position à l'étape 108 à l'aide des signaux de géolocalisation si celle n'a pas encore été calculée. Dans l'exemple illustré, le calcul de la position du récepteur 10 est fait par trilatération.
- [0279] A cette étape 108 de calcul, le récepteur peut calculer en outre information temporelle renseignant l'heure à laquelle les signaux de géolocalisation et/ou de certification ont été reçus.
- [0280] Le procédé comporte également à l'étape 108 le calcul, en plus de la position du récepteur, de la vitesse du récepteur et de la direction de ladite vitesse.
- [0281] De préférence, à l'étape 109, le récepteur en vue de la certification de sa position, calcule sa position une deuxième et une troisième fois en utilisant les premiers et deuxièmes signaux de certification.
- [0282] Le calcul à l'aide des premiers signaux de certification suivant les signaux de géolocalisation servent à vérifier que ces signaux de certification n'ont pas été brouillés par une borne de contrôle ou une station de brouillage commandé par une borne de contrôle.
- [0283] Le calcul utilisant les deuxièmes signaux de certification permettent de vérifier que le système de contrôle n'a pas détecté d'anomalie dans son fonctionnement lors du brouillage éventuel du premier signal de certification.
- [0284] Si aucun problème n'a été détecté lors de ces calculs de position, alors le récepteur peut certifier à l'étape 110 sa position calculée à l'étape 108 à l'aide des signaux de géolocalisation.
- [0285] De préférence, la certification de la position du récepteur peut être réalisée à l'aide d'un hash crypté utilisant un cryptage asymétrique dont une clé privée est consignée dans l'émetteur 20.
- [0286] L'étape 110 comporte également la certification l'heure et/ou la vitesse du récepteur calculées, la certification est de préférence réalisée à l'aide d'un hash crypté utilisant un cryptage asymétrique dont une clé privée est consignée dans les émetteurs 20.
- [0287] L'étape 111 comporte l'enregistrement la position du récepteur, l'heure calculées ainsi que des informations relatives aux signaux reçus ayant servi à leur calcul.
- [0288] L'enregistrement est effectué dans une unité de stockage du système, notamment du récepteur.

- [0289] En variante, ces informations sont transmises à un serveur distant 40 afin que ces dernières y soient stockées.
- [0290] Dans l'exemple illustré, la position du récepteur et/ou l'heure et/ou la vitesse du récepteur sont enregistrée et/ou transmises avec une information relative à la précision avec laquelle ces informations ont été calculées.
- [0291] Ces informations peuvent être enregistrées et/ou transmises avec des informations relatives aux signaux de géolocalisation reçus ayant servi à leur calcul.
- [0292] [fig.3]
- [0293] On a illustré à la [fig.3] un exemple de procédé de de sécurisation d'une transaction selon l'invention.
- [0294] Comme illustré, à l'étape 201, on procède au calcul et à la certification de la position d'un récepteur associé à un système de transaction en mettant en œuvre le procédé de certification décrit ci-dessus,
- [0295] En cas d'échec du calcul de ladite position ou de la certification de la position, on empêche à l'étape 202 la transaction.
- [0296] [fig.4]
- [0297] On a illustré à la [fig.4] un procédé de restriction de l'utilisation d'une licence ou à d'un droit par un utilisateur selon l'invention.
- [0298] Ce procédé comporte à l'étape 301, la détermination de la position certifiée de l'utilisateur, voire l'heure à laquelle l'utilisateur requiert l'accès en mettant en œuvre le procédé de certification décrit plus haut.
- [0299] A l'étape 302, on vérifie si cette position appartient à une liste de positions autorisées, voire si ladite heure est dans une plage d'horaire prédéterminée.
- [0300] Dans la négative, on empêche l'utilisation de la licence ou du droit, ce qui correspond à l'étape 303.
- [0301] [fig.5]
- [0302] On a illustré à la [fig.5] un procédé de restriction de l'accès à des données lisibles par un appareil selon l'invention.
- [0303] Ce procédé comporte à l'étape 401, la certification de la géolocalisation d'un récepteur associé à l'appareil l'heure à laquelle l'accès a été requis en mettant en œuvre le procédé de certification décrit précédemment.
- [0304] A l'étape 402, on vérifie si la géolocalisation appartient à une liste de positions autorisées voire si ladite heure est dans une plage d'horaire prédéterminée, et
- [0305] Dans la négative, on refuse l'accès aux données à l'étape 403.
- [0306] [fig.6]
- [0307] On a illustré à la [fig.6], un exemple de procédé de certification d'une transaction selon l'invention.
- [0308] A l'étape 501, on procède à la certification de la géolocalisation de la transaction,

voire de l'heure de de la transaction en mettant en œuvre le procédé de certification de géolocalisation selon l'invention et optionnellement on procède à la certification de la géolocalisation des cosignataires de la transaction,

- [0309] A l'étape 502, on compare la géolocalisation, voire l'heure de la transition calculée(s) à une géolocalisation, voire une heure de transition déclarée par les cosignataires, et optionnellement on compare la géolocalisation des cosignataires de la transition à une géolocalisation des cosignataires déclarée.
- [0310] En cas de différence, on refuse la certification de la transaction à l'étape 503.
- [0311] A l'inverse, on certifie la transaction à l'étape 504.
- [0312] Bien entendu, l'invention n'est pas limitée aux exemples décrits.

Revendications

- [Revendication 1] Procédé de certification de la géolocalisation d'un récepteur (10), comportant préalablement à ladite certification, la réception, dans des temps prédéterminés, en plus des signaux de géolocalisation émis par une pluralité d'émetteurs (20) et servant au calcul de ladite géolocalisation (23), d'un nombre prédéterminé de signaux électromagnétiques supplémentaires (25 ; 27) émis par les mêmes émetteurs (20) et comportant des données servant à authentifier la géolocalisation, le procédé comportant la détermination de l'authenticité de la géolocalisation sur la base des signaux électromagnétiques supplémentaires (25 ; 27).
- [Revendication 2] Procédé selon la revendication précédente, une partie des signaux électromagnétiques supplémentaires (25 ; 27) étant reçus à la suite des signaux de géolocalisation (23), dits « signaux de certification » (25), le procédé comportant de préférence la réception par le récepteur (10) dans une durée prédéterminée d'au moins deux signaux de certification (25) consécutifs à chaque signal de géolocalisation (23) utilisé pour le calcul de ladite géolocalisation et émis par le même émetteur (20).
- [Revendication 3] Procédé selon la revendication 1 ou 2, une partie des signaux électromagnétiques supplémentaires (25 ; 27) accompagnant les signaux de géolocalisation, dits « signaux d'information » (27), le signal d'information (27) accompagnant un signal de géolocalisation comportant des données relatives à la position de l'émetteur (20) dudit signal de géolocalisation et/ou comportant un identifiant renseignant sur la position de l'émetteur (20), le signal d'information comportant de préférence des informations temporelles sur la date et le moment d'émission dudit signal de géolocalisation (23).
- [Revendication 4] Procédé selon la revendication précédente, dans lequel le signal d'information (27) comporte, en outre, des données météorologiques renseignant sur la météo, notamment pression, couverture nuageuse, température, hygrométrie d'une zone entourant l'émetteur, et/ou des données de vitesse renseignant sur les vitesses de propagation des ondes électromagnétiques dans des directions et à des distances où le signal de géolocalisation (23) est susceptible d'être utilisé.
- [Revendication 5] Procédé selon la revendication 3 ou 4, le signal d'information (27) comportant en outre une information indiquant l'heure à laquelle le signal de certification (25) suivant doit être émis.

- [Revendication 6] Procédé selon l'une des revendications 2 à 5, le signal de certification (25) comportant une information indiquant l'heure à laquelle le signal de certification (25) suivant doit être émis par le même émetteur (20).
- [Revendication 7] Procédé selon l'une quelconque des revendications 3 à 6, les signaux de certification et d'information (25 ; 27) comportant chacun une signature digitale des données transportées.
- [Revendication 8] Procédé selon l'une des revendications 3 à 7, la certification de la géolocalisation calculée à l'aide des signaux de géolocalisation (23) n'étant accordée qu'après la réception du nombre prédéterminé des signaux d'information (23) et de certification (25) dans les temps prédéterminés.
- [Revendication 9] Procédé selon l'une des revendications 3 à 8 et la revendication 7, avant la certification au moins une des actions suivantes étant effectuée :
- La vérification des signatures digitales des signaux de certification (25) et d'information (23),
 - La vérification qu'aucun des signaux de certification (25) ou d'information (27) ne comporte de message infirmant la validité d'un des signaux de géolocalisation ayant servi au calcul de la géolocalisation,
 - La vérification qu'aucun des signaux de certification (25) ne comporte de message infirmant la validité d'un des signaux de certification (25) servant à la certification de ladite géolocalisation, ou
 - La vérification sur la base des signaux d'information (27) et de certification (25) que lesdits signaux de certification sont des signaux de certification du signal de géolocalisation, en vérifiant notamment l'identité ou la position de l'émetteur (20) dudit signal de certification (25) ainsi que le moment de son envoi, notamment la date et son heure telle que inscrits ou référencés dans les signaux de certification (25) et d'information (27).
- [Revendication 10] Procédé selon l'une des revendications 3 à 9, dans lequel avant de certifier une géolocalisation on vérifie en outre qu'au moins un signal de certification (25), de préférence tous les signaux de certification (25), a été reçu à des moments compatibles avec :
- i. Le décalage entre des horloges de l'émetteur du signal de certification (25) et du récepteur (10) tel que déterminé lors de la

- réception du signal de géolocalisation (23) ayant été émis par cet émetteur (20) ou lors de la réception du signal de certification (25),
- ii. La distance entre le récepteur (10) et l'émetteur (20) par exemple déterminée à l'aide du signal de géolocalisation (23) émis par le même émetteur (20),
 - iii. Le moment d'émission, notamment sa date et son heure d'émission, tels que inscrits ou indiqués dans le signal d'information (27) accompagnant le signal de géolocalisation (23) ou dans un autre signal de certification (25), ou
 - iv. Les données météorologiques ou de vitesse de propagation des ondes connues par le récepteur (10), ces données étant transmises dans le signal de certification (25) ou accessibles au moyen d'un serveur distant.

[Revendication 11] Procédé selon l'une quelconque des revendications 3 à 10, comportant, pour au moins un signal de géolocalisation (23), émis par un émetteur de la pluralité d'émetteurs (10), les étapes consistant à :

- Vérifier l'authenticité dudit signal de géolocalisation (23), notamment celle du signal d'information (27) accompagnant le signal de géolocalisation (23), à l'aide d'une ou plusieurs bornes de contrôle (30), et
- Dans la négative, déclencher une action prédéfinie pour signal frauduleux de manière à effectuer au moins une des actions suivantes :
 - empêcher l'envoi d'au moins un signal de certification (25) pour certifier la géolocalisation calculée avec ledit signal frauduleux,
 - faire incorporer au signal d'information (27) joint au signal de géolocalisation (23) devant être émis par le même émetteur à la suite du signal de géolocalisation frauduleux, ou à au moins un des signaux de certification, et de préférence le premier signal de certification (25) attendu à la suite du signal de géolocalisation frauduleux en vue de la certification, des in-

formations indiquant que le signal de géolocalisation frauduleux et/ou que le signal d'information l'accompagnant est/sont frauduleux,

- Empêcher ou faire empêcher, notamment par brouillage, la réception par le récepteur (10), d'un des signaux de certification (25), et de préférence le premier signal de certification émis à la suite du signal de géolocalisation frauduleux et attendu par le récepteur (10) pour la certification.

[Revendication 12] Procédé selon la revendication précédente, comportant, pour au moins un signal de certification (25) émis par un émetteur de la pluralité d'émetteurs (20), les étapes consistant à :

- Vérifier l'authenticité dudit signal de certification (25), notamment à l'aide d'une ou plusieurs bornes de contrôle (30), et notamment sa signature et le fait que ledit signal de certification ne doit pas certifier un signal de géolocalisation frauduleux, notamment un signal de certification émis à la suite de la réception d'un signal de géolocalisation frauduleux, par l'émetteur dont ledit signal de géolocalisation frauduleux prétendait provenir,
- Dans la négative, déclencher une action prédéfinie pour signal de certification erroné de manière à effectuer au moins une des actions suivantes :
 - Empêcher l'envoi par l'émetteur référencé par le signal de certification erroné d'au moins un autre signal de certification devant être émis à la suite du signal de certification erroné et servant à la certification de la géolocalisation calculée à l'aide du signal de géolocalisation frauduleux ou pouvant être certifiée à l'aide du signal de certification erroné,
 - Faire incorporer à au moins un des signaux de certification devant être émis à la suite du signal de certification erroné, des informations indiquant que ledit signal de certification ne peut pas être utilisé pour

certifier la géolocalisation,

- Empêcher ou faire empêcher, notamment par brouillage, la réception par le récepteur (10) d'au moins un autre signal de certification nécessaire à la certification de la géolocalisations calculée à l'aide du signal de géolocalisation frauduleux ou pouvant être certifié à l'aide du message erroné.

[Revendication 13] Procédé selon la revendication 11 ou 12, la vérification de l'authenticité du signal de géolocalisation (23) en :

- Vérifiant la signature digitale contenue dans le signal d'information (27) accompagnant le signal de géolocalisation (23),
- Calculant une vitesse moyenne de transmission du signal de géolocalisation (23), entre l'émetteur et la borne de contrôle (30),
- Comparant ladite vitesse moyenne de transmission calculée avec une plage de vitesses de transmission possibles.

[Revendication 14] Procédé selon l'une des revendications 11 à 13, dans lequel le récepteur (10) vérifie avant de certifier une géolocalisation que celui-ci se situe dans une zone de contrôle contrôlée par au moins une borne de contrôle, avant de certifier une position ; l'information sur de telles zones étant fournies soit par le signal d'information accompagnant le signal de géolocalisation, soit par un des signaux de certification, soit par un moyen de communication autre tel qu'un autre signal radio ou un réseau Lora ou Sigfox ou bien un moyen de communication bidirectionnel tel que un réseau 4G, Wifi, ou une communication satellite connecté aux émetteurs (20).

[Revendication 15] Procédé selon l'une quelconque des revendications 11 à 14, dans lequel le récepteur (10) envoie un message à une ou plusieurs bornes de contrôle (30) permettant de choisir ou de déterminer la ou les clés permettant la signature du ou des signaux de certification (25).

[Revendication 16] Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel on certifie l'heure, la vitesse ou l'accélération calculées, la certification étant de préférence réalisée à l'aide d'un hash crypté, utilisant

- un cryptage asymétrique dont une clé privée est consignée dans les émetteurs (20).
- [Revendication 17] Procédé selon l'un quelconque des revendications 15 et 16, dans lequel, la signature digitale est composée du hash des données mélangé à un nombre secret connu, lors de la vérification de ladite signature d'un appareil faisant cette vérification de signature, notamment le récepteur ou la ou les bornes de contrôle (30).
- [Revendication 18] Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel on enregistre des informations relatives aux signaux reçus ayant servi à leur calcul et/ou les précisions sur les calculs de géolocalisation effectués, notamment sur l'heure, la position et la vitesse.
- [Revendication 19] Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel des signaux de géolocalisation (23) provenant d'au moins deux émetteurs (20) se superposent dans le temps, lesdits signaux de géolocalisation étant de longueurs d'ondes différentes.
- [Revendication 20] Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, les signaux de géolocalisation étant émis sur plusieurs longueurs d'ondes différentes.
- [Revendication 21] Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel au moins un signal de géolocalisation (23) étant de fréquence inférieure à 1Ghz, de préférence dans le domaine des grandes ondes, notamment de fréquence comprise entre 3Khz et 300Khz.
- [Revendication 22] Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel au moins un signal de géolocalisation étant de fréquence comprise entre 30 Mhz et 3 Ghz, correspondant à des longueurs d'ondes comprises entre 10 cm et 10 m.
- [Revendication 23] Procédé selon l'une des revendications précédentes, au moins l'un des émetteurs (20) étant terrestre, notamment disposé sur une tour.
- [Revendication 24] Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, lequel le récepteur (10) certifie une position, heure ou vitesse en utilisant une position et vitesse certifiée déduite des signaux reçus et divers autres instruments notamment une horloge interne, capteur d'accélération et/ou un gyroscope.
- [Revendication 25] Récepteur (10), notamment pour la mise en œuvre du procédé de certification selon l'une quelconque des revendications précédente, configuré pour :
- Recevoir des signaux électromagnétiques provenant d'une

- pluralité d'émetteurs (20) et servant au calcul de la géolocalisation du récepteur (10), dits « signaux de géolocalisation »,
- Recevoir des signaux électromagnétiques supplémentaires (25 ; 27) provenant desdits émetteurs (20),
- Déterminer la géolocalisation du récepteur par mesure de temps de réception des signaux de géolocalisation, et
- Déterminer l'authenticité de la géolocalisation sur la base des signaux électromagnétiques supplémentaires (25 ; 27).

[Revendication 26] Récepteur selon la revendication précédente, comportant une unité de détection configurée pour détecter l'instant de réception des signaux émis par les émetteurs, ladite unité comportant de préférence un circuit intégré ou un sous circuit intégré, le circuit ou le sous circuit étant de préférence configuré pour opérer à une fréquence de 60Ghz.

[Revendication 27] Récepteur selon l'une quelconque des revendications 25 et 26, étant disposé dans un environnement intérieur, notamment à l'intérieur d'un bâtiment.

[Revendication 28] Système, notamment pour la mise en œuvre du procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 24, comportant

- Une pluralité d'émetteurs (20), chacun agencé pour émettre des signaux électromagnétiques servant à la géolocalisation, dits « signaux de géolocalisation » (23) et des signaux électromagnétiques supplémentaires (25 ; 27),
- Au moins un récepteur (10) agencé pour recevoir les signaux électromagnétiques (23 ; 25 ; 27) émis par les émetteurs (20) et configuré pour :
 - Déterminer la position du récepteur (10) à partir des signaux de géolocalisation (23), et
 - Déterminer l'authenticité de la géolocalisation sur la base des signaux électromagnétiques supplémentaires (25 ; 27),

Le système comportant de préférence au moins une borne de contrôle (30) permettant de vérifier l'authenticité et la validité des signaux de géolocalisation (23).

[Revendication 29] Système selon la revendication précédente, au moins deux émetteurs (20) émettant chacun des signaux de géolocalisation (23) dans des

longueurs d'ondes différentes.

[Revendication 30] Procédé de certification d'une transaction ou d'un paiement, dans lequel :

- On procède à la certification de la géolocalisation de la transaction ou du paiement voire l'heure de de la transaction en mettant en œuvre le procédé de certification de géolocalisation selon l'une quelconque des revendications 1 à 24 ou utilisant le récepteur selon l'une quelconque des revendications 25 à 27 ou utilisant le système selon l'une quelconque des revendications 28 à 29, et optionnellement on procède à la certification de la géolocalisation des cosignataires de la transaction ou du paiement.

[Revendication 31] Procédé de sécurisation d'une transaction ou d'un paiement, comportant les étapes consistant à :

- Procéder à la certification de la géolocalisation d'un récepteur associé à un système de transaction ou de paiement en mettant en œuvre le procédé de certification de géolocalisation selon l'une quelconque des revendications 1 à 24 ou utilisant le récepteur selon l'une quelconque des revendications 25 à 27 ou utilisant le système selon l'une quelconque des revendications 28 à 29,
- En cas d'échec de ladite certification, ou bien si le calcul de la géolocalisation n'est pas suffisamment précis en regard d'une précision de géolocalisation prédéfinie pour ladite transaction, empêcher la transaction ou le paiement.

[Revendication 32] Procédé de contrôle d'une transaction ou d'un paiement effectuée à l'aide de deux terminaux éloignés l'un de l'autre dans lequel on peut afficher sur l'un des terminaux ou sur les deux terminaux la localisation de l'autre terminal, en mettant en œuvre le procédé de certification de géolocalisation selon l'une quelconque des revendications 1 à 24 ou utilisant le récepteur selon l'une quelconque des revendications 25 à 27 ou utilisant le système selon l'une quelconque des revendications 28 à 29.

[Revendication 33] Procédé de restriction de l'utilisation d'une licence ou à d'un droit par

un utilisateur, dans lequel :

- On procède à la certification de la géolocalisation de l'utilisateur, voire l'heure et/ou la date à laquelle l'utilisateur requiert l'accès, en mettant en œuvre le procédé de certification selon l'une quelconque des revendications 1 à 24 ou utilisant le récepteur selon l'une quelconque des revendications 25 à 27 ou utilisant le système selon l'une quelconque des revendications 28 à 29,
- On vérifie si la géolocalisation appartient à une liste de positions autorisées et/ou si ladite date et/ou heure est dans une plage d'horaire prédéterminée, et
- Dans la négative, empêcher l'utilisation de la licence ou du droit.

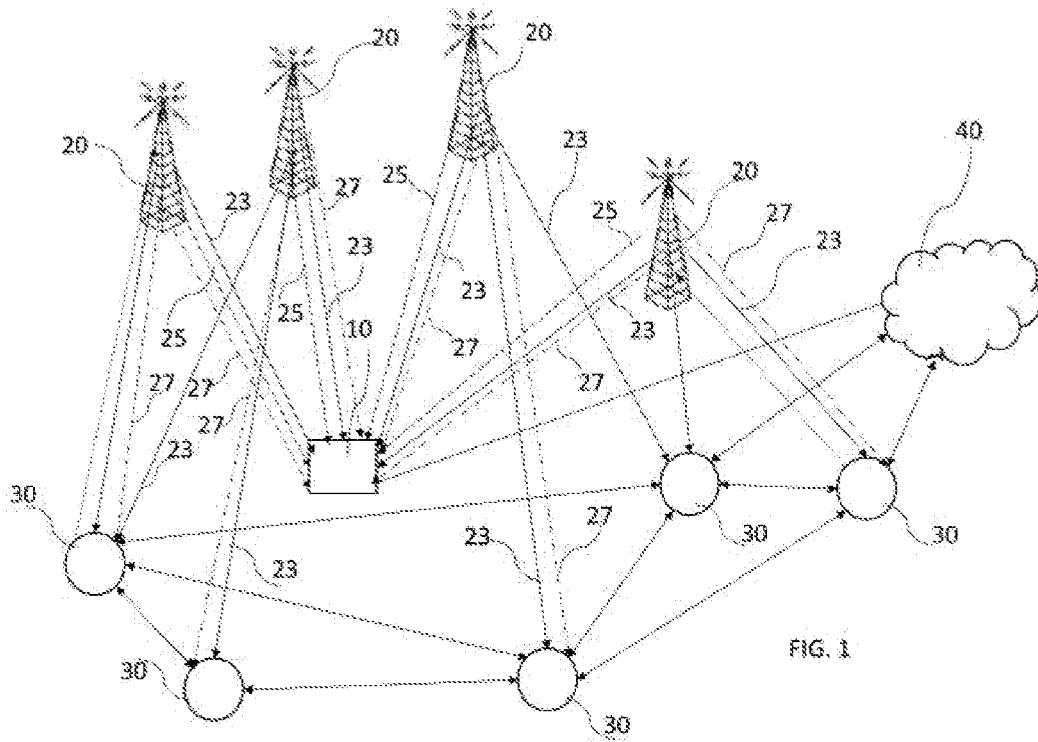
[Revendication 34] Procédé de restriction de l'accès à des données lisibles par un appareil :

- On procède à la certification de la géolocalisation d'un récepteur associé à l'appareil, voire l'heure et/ou la date à laquelle l'accès a été requis, en mettant en œuvre le procédé de certification selon l'une quelconque des revendications 1 à 24 ou utilisant le récepteur selon l'une quelconque des revendications 25 à 27 ou utilisant le système selon l'une quelconque des revendications 28 à 29,
- On vérifie si la géolocalisation appartient à une liste de positions autorisées, voire si ladite heure et/ou la date est dans une plage d'horaire prédéterminée, et
- Dans la négative, refuser l'accès aux données.

[Revendication 35] Procédé de suivi d'un trajet de marchandises ou de véhicule dans lequel un ou plusieurs récepteurs enregistrent périodiquement la géolocalisation certifiée, voire l'heure et/ou la date certifiées ou la vitesse certifiée des marchandises ou du véhicule en mettant en œuvre le procédé de certification selon l'une quelconque des revendications 1 à 24 ou utilisant le récepteur selon l'une quelconque des revendications 25 à 27 ou utilisant le système selon l'une quelconque des revendications 27 à 29, la position du ou des récepteurs et/ou l'heure et/ou la date à laquelle cette position a été calculée étant de préférence certifiée en

mettant en œuvre le procédé selon la revendication 16.

[Fig. 1]



[Fig. 2]

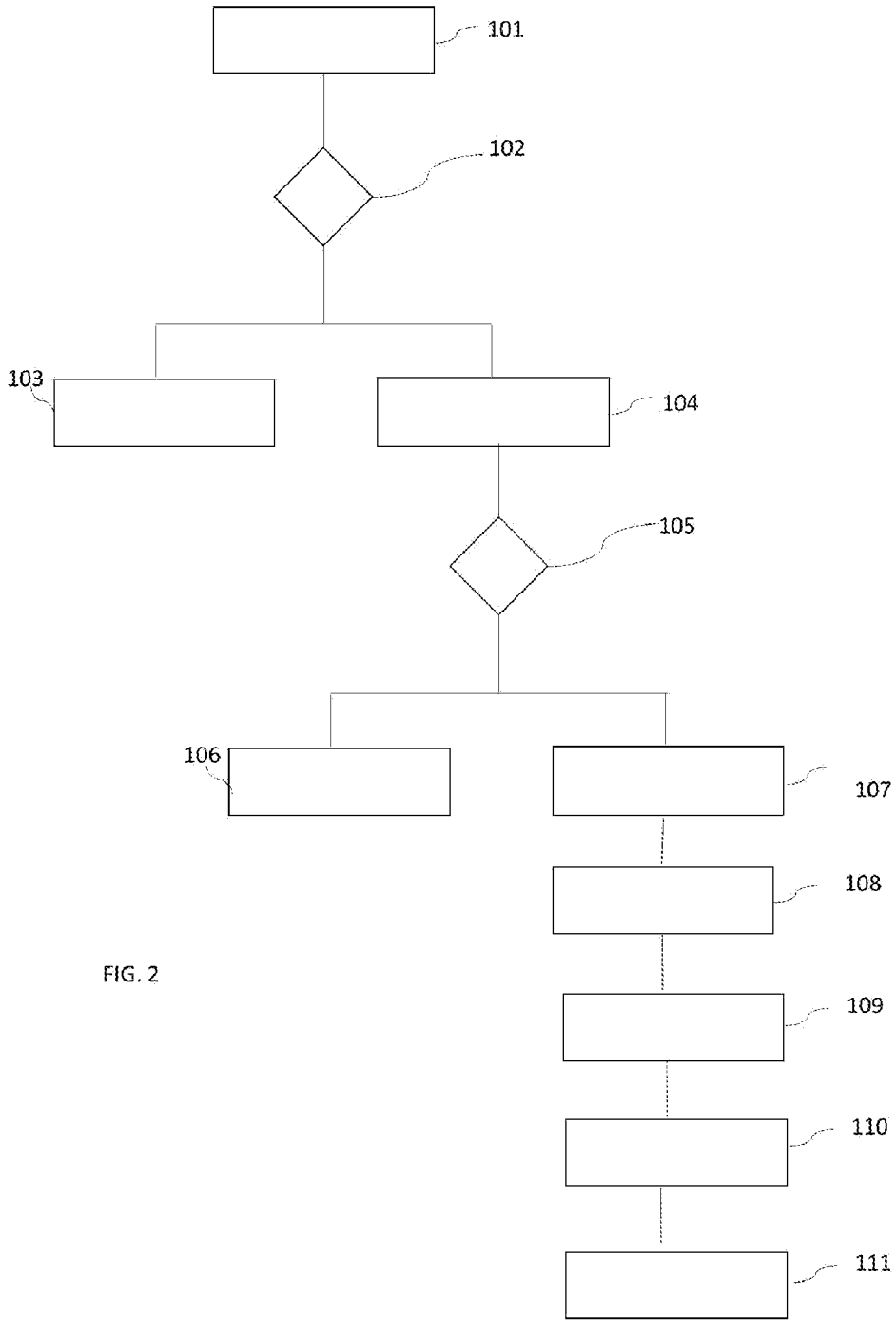


FIG. 2

[Fig. 3]

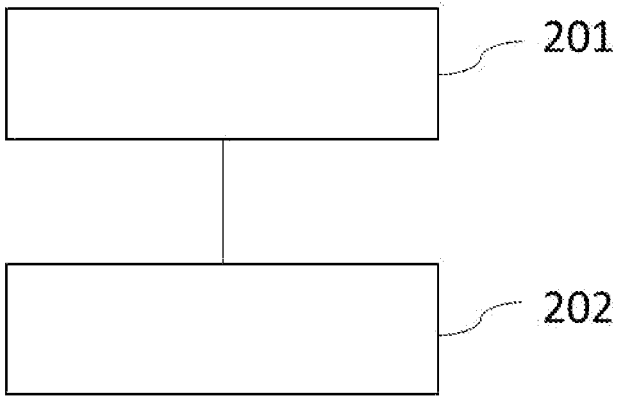


FIG. 3

[Fig. 4]

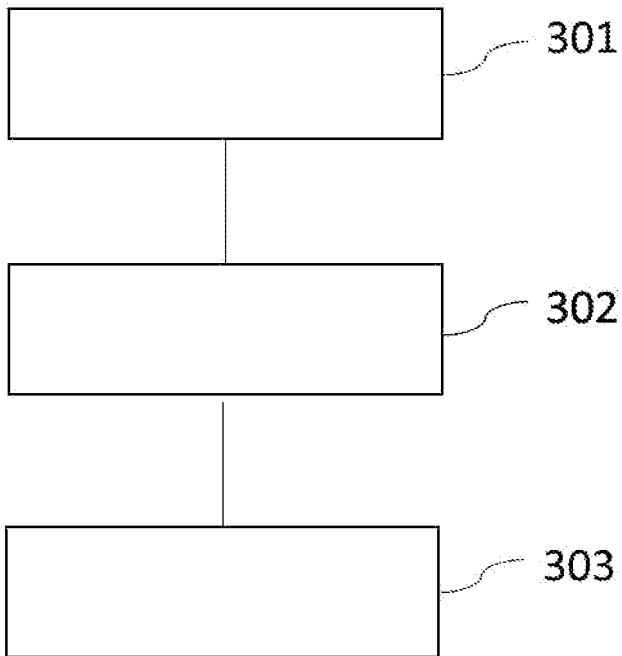


FIG. 4

[Fig. 5]

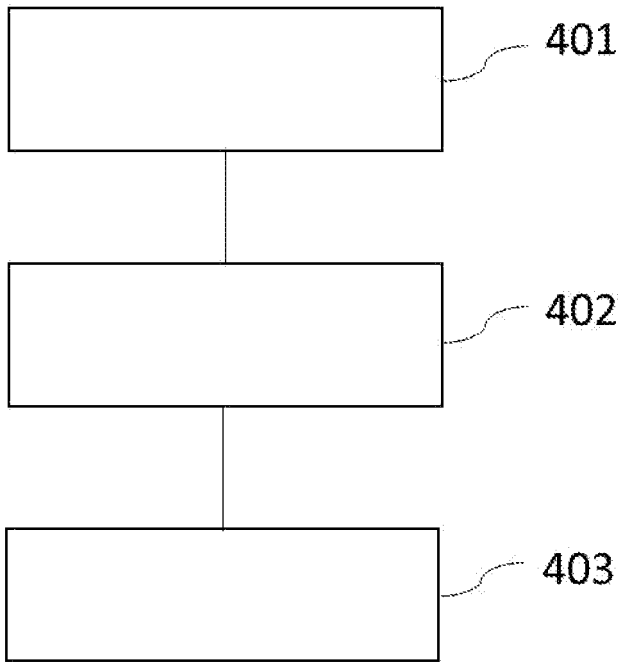


FIG. 5

[Fig. 6]

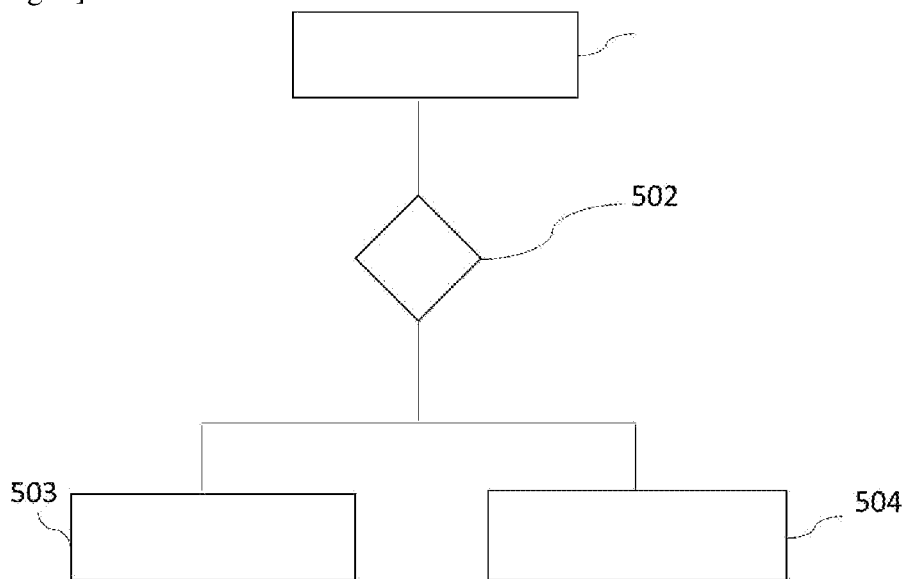


FIG. 6

RAPPORT DE RECHERCHE

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

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

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

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

CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

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

Le demandeur a maintenu les revendications.

Le demandeur a modifié les revendications.

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

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

Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

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

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

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

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

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

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

NEANT

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

US 2017/006417 A1 (CANOY MICHAEL-DAVID
NAKAYOSHI [US] ET AL)
5 janvier 2017 (2017-01-05)

US 2020/322805 A1 (WANG JIBING [US] ET AL)
8 octobre 2020 (2020-10-08)

US 2019/110197 A1 (SOUTH JOHN A [US] ET
AL) 11 avril 2019 (2019-04-11)

US 2017/250986 A1 (VAJJHALA VARAPRASAD
[US] ET AL) 31 août 2017 (2017-08-31)

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

NEANT