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

(19) Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle
Bureau international

(43) Date de la publication internationale
10 avril 2014 (10.04.2014)

WIPO | PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2014/053758 A1

(51) Classification internationale des brevets :
H04B 5/00 (2006.01) *H01Q 13/20* (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2013/052321

(22) Date de dépôt international :
30 septembre 2013 (30.09.2013)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
1259291 1 octobre 2012 (01.10.2012) FR

(71) Déposant : **NEXANS** [FR/FR]; 8, rue du Général Foy, F-75008 Paris (FR).

(72) Inventeurs : **FEHLBAUM, Jean**; Chemin du Motier 5, 2024 Saint-Aubin-Sauges (CH). **DUCASSE, Jean-Claude**; Résidence Haute Corniche, 29, avenue des Jujubiers, F-11100 Narbonne Plage (FR).

(74) Mandataires : **GAUER, Pierre** et al.; Le Centralis, 63, avenue du Général Leclerc, F-92340 Bourg La Reine (FR).

(81) États désignés *(sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible)* : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

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

Publiée :

— *avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))*

— *avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues (règle 48.2.h))*

(54) Title : MOBILE COMMUNICATION INSTALLATION AND RELATED METHOD OF EXCHANGING DATA

(54) Titre : INSTALLATION DE COMMUNICATION MOBILE ET PROCEDE D'ECHANGE DE DONNEES AFFERENT

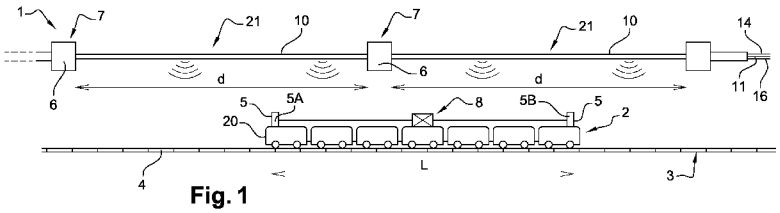


Fig. 1

(57) Abstract : The subject of the invention is a mobile communication installation (1), characterized in that it comprises: a mobile body (2) furnished with a communication element (5) that can transmit and receive electromagnetic signals, said mobile body (2) moving along a pathway (3), a radiating cable (10) extending along said pathway (3), said radiating cable (10) comprising an electrical conductor (14) and being able to transmit and receive electromagnetic signals by way of said electrical conductor (14) along said pathway (3), said installation (1) being designed to exchange data between said radiating cable (10) and said mobile body (2) by transmitting through said radiating cable (10) or through said communication element (5) an electromagnetic signal coding said data and then receiving said electromagnetic signal by said communication element (5) or by said radiating cable (10), the communication link between said radiating cable (10) and said communication element (5) relying on magnetic coupling, said installation (1) comprising at least one optical fibre (11) intended to transport an optical signal coding said data, said radiating cable (10) and said communication element (5) furthermore being at most a distance apart equal to twice the wavelength of said electromagnetic signal.

(57) Abrégé :

[Suite sur la page suivante]

WO 2014/053758 A1

L'invention a pour objet une installation de communication mobile (1), caractérisée en ce qu'elle comprend: un corps mobile (2) doté d'un élément de communication (5) pouvant émettre et recevoir des signaux électromagnétiques, ledit corps mobile (2) se déplaçant le long d'une voie (3), un câble rayonnant (10) s'étendant le long de ladite voie (3), ledit câble rayonnant (10) comprenant un conducteur électrique (14) et pouvant émettre et recevoir des signaux électromagnétiques par l'intermédiaire dudit conducteur électrique (14) le long de ladite voie (3), ladite installation (1) étant conçue pour échanger des données entre ledit câble rayonnant (10) et ledit corps mobile (2) par émission par ledit câble rayonnant (10) ou par ledit élément de communication (5) d'un signal électromagnétique codant lesdites données puis réception dudit signal électromagnétique par ledit élément de communication (5) ou par ledit câble rayonnant (10), la liaison de communication entre ledit câble rayonnant (10) et ledit élément de communication (5) reposant sur un couplage magnétique, ladite installation (1) comprenant au moins une fibre optique (11) destinée à transporter un signal optique codant lesdites données, ledit câble rayonnant (10) et ledit élément de communication (5) étant en outre au plus éloignés d'une distance égale au double de la longueur d'onde dudit signal électromagnétique.

INSTALLATION DE COMMUNICATION MOBILE ET PROCEDE D'ECHANGE DE DONNEES AFFERENT

La présente invention concerne le domaine des télécommunications et concerne plus particulièrement le domaine des équipements de télécommunication mobile.

La présente invention concerne plus précisément une installation de communication mobile comprenant :

- un corps mobile doté d'un élément de communication pouvant émettre et recevoir des signaux électromagnétiques, ledit corps mobile se déplaçant le long d'une voie,

- un câble rayonnant s'étendant le long de ladite voie, ledit câble rayonnant comprenant un conducteur électrique et pouvant émettre et recevoir des signaux électromagnétiques par l'intermédiaire dudit conducteur électrique le long de ladite voie,

ladite installation étant conçue pour échanger des données entre ledit câble rayonnant et ledit corps mobile par émission par ledit câble rayonnant ou par ledit élément de communication d'un signal électromagnétique codant lesdites données puis réception dudit signal électromagnétique par ledit élément de communication ou par ledit câble rayonnant.

La présente invention concerne également un procédé d'échange de données entre un corps mobile doté d'un élément de communication et se déplaçant le long d'une voie et un câble rayonnant s'étendant le long de ladite voie, ledit procédé comportant une étape de codage des données en un signal électromagnétique.

Le développement des télécommunications a pour conséquence une demande toujours plus accrue de la part des utilisateurs d'une connexion permanente à un réseau permettant d'échanger des données, tels que l'Internet ou le réseau téléphonique. Cette connexion doit pouvoir donner accès à un débit de données relativement important, compte tenu des usages actuels (visionnage de vidéos en flux continu, etc.). Il devient donc nécessaire

de développer des solutions techniques pour répondre à cette exigence de connexion permanente et à haut débit.

Certaines situations peuvent s'avérer complexes pour l'échange de données, comme lorsqu'on se déplace à grande vitesse, en train ou en métro par exemple. En effet, la transmission de données s'effectue habituellement à l'aide de signaux électromagnétiques codant les données et qui sont émis par des antennes disséminées sur la surface terrestre (communication non satellitaire). Recevoir en se déplaçant un signal émis d'un point fixe va engendrer des différences de fréquences entre le signal émis et le signal reçu : il s'agit de l'effet Doppler. Si ces différences sont trop importantes, il ne sera plus possible d'extraire les données codées dans le signal. Ce problème est d'autant plus présent que la vitesse de déplacement est importante. Ainsi, cette problématique affecte directement les moyens de transport terrestres rapides, tels que les trains à grande vitesse.

Par ailleurs, certains moyens de transport, comme les trains, s'avèrent être des objets imperméables à de nombreuses ondes électromagnétiques. Les structures métalliques ainsi que certaines vitres dont la surface est recouverte d'un dépôt métallique agissent comme un filtre ou un miroir à l'égard des ondes électromagnétiques. Il est donc nécessaire d'utiliser un niveau d'émission d'ondes électromagnétiques particulièrement important pour que la transmission du signal électromagnétique soit possible. Or, une telle intensité peut s'avérer dangereuse à proximité de l'antenne d'émission.

Ces deux problèmes que sont l'effet Doppler et la difficulté de transmission des ondes électromagnétiques rendent l'utilisation du réseau de téléphone mobile classique inefficace dans certaines situations. En effet, les bandes de fréquence employées induisent un décalage en fréquence, dû à l'effet Doppler, trop important pour pouvoir échanger des données à un débit important lors d'un déplacement à vitesse élevé, comme celui effectué par un train à grande vitesse. Ces bandes de fréquence ne permettent pas non plus de traverser convenablement de nombreux matériaux, comme ceux formant les voitures des trains à grande vitesse.

La présente invention vise à remédier à ces inconvénients.

Elle propose en particulier une installation de communication mobile qui permet d'échanger des données avec un corps à un débit important et dont le coût est modéré, et notamment un corps mobile se déplaçant à vitesse élevée, et avec des pertes de signal réduites, de manière à permettre une communication fiable et à haut débit avec un corps mobile.

L'invention propose également un procédé de d'échange de données permettant de communiquer un débit important de données à un corps mobile, sur de longues distances et avec des pertes de signal réduites.

L'invention a ainsi pour objet une installation de communication mobile.

L'installation selon l'invention comprend :

- un corps mobile doté d'un élément de communication pouvant émettre et recevoir des signaux électromagnétiques, ledit corps mobile se déplaçant le long d'une voie,

- un câble rayonnant s'étendant le long de ladite voie, ledit câble rayonnant comprenant un conducteur électrique et pouvant émettre et recevoir des signaux électromagnétiques par l'intermédiaire dudit conducteur électrique le long de ladite voie,

ladite installation étant conçue pour échanger des données entre ledit câble rayonnant et ledit corps mobile par émission par ledit câble rayonnant ou par ledit élément de communication d'un signal électromagnétique codant lesdites données puis réception dudit signal électromagnétique par ledit élément de communication ou par ledit câble rayonnant, la liaison de communication entre ledit câble rayonnant et ledit élément de communication reposant sur un couplage magnétique,

ladite installation comprenant au moins une fibre optique destinée à transporter un signal optique codant lesdites données,

ledit câble rayonnant et ledit élément de communication étant en outre au plus éloignés d'une distance égale au double de la longueur d'onde dudit signal électromagnétique.

Le conducteur électrique et la fibre optique peuvent être solidaires afin de former un ensemble unitaire, notamment en fonction du mode de déploiement physique le long de la voie. Ils peuvent ainsi être solidaires pour

certains modes de déploiement aérien ou par clippage au rail, ou distincts en cas de déploiement dans des fourreaux souterrains ou des caniveaux de surface.

Ledit élément de communication peut comprendre un capteur du champ magnétique dudit signal électromagnétique, afin de pouvoir décoder ledit signal électromagnétique pour en extraire lesdites données.

La fréquence des signaux électromagnétiques peut être comprise entre 1 et 100 MHz.

L'installation peut comprendre au moins un injecteur relié audit câble rayonnant et permettant de convertir au moins une partie dudit signal optique en un signal électromagnétique qui est injecté dans ledit câble rayonnant puis rayonné par ce dernier.

L'installation peut comprendre plusieurs injecteurs, la partie de ladite installation de communication entre deux injecteurs formant un tronçon, ledit corps mobile comprenant au moins deux éléments de communication afin que ledit signal électromagnétique soit constamment émis et reçu lors d'un changement de tronçon.

L'installation peut comprendre un appareil de synchronisation branché auxdits deux éléments de communication pour détecter ledit signal électromagnétique afin d'en extraire lesdites données.

Ledit câble rayonnant peut comprendre un câble d'alimentation électrique s'étendant le long dudit conducteur électrique et destiné à transporter du courant électrique permettant l'alimentation d'un ou plusieurs appareils, lesdits conducteur électrique et câble d'alimentation pouvant être solidaires afin de former un ensemble unitaire.

Ledit câble rayonnant peut être au moins en partie enterré le long de ladite voie.

Le câble rayonnant est typiquement constitué d'un câble coaxial comprenant au moins trois couches concentriques dont la première couche est formée par un premier matériau conducteur situé au centre dudit câble rayonnant et forme le conducteur central, ladite première couche étant entourée par une seconde couche formée d'un matériau isolant, elle-même

entourée d'une troisième couche constituée d'un second conducteur électrique circulaire, appelé conducteur extérieur.

Ledit conducteur électrique extérieur est perforé de manière à pouvoir rayonner le signal électromagnétique se propageant le long dudit câble rayonnant, respectivement recevoir des signaux électromagnétiques venant de l'extérieur du câble.

Le câble rayonnant peut comprendre de l'aluminium.

L'installation peut comprendre des moyens de fixation du câble rayonnant à la voie.

La voie peut être une voie de chemin de fer et les moyens de fixation peuvent comprendre des moyens de clippage.

L'invention a également pour objet un procédé d'échange de données entre un corps mobile doté d'un élément de communication et se déplaçant le long d'une voie et un câble rayonnant s'étendant le long de ladite voie, ledit procédé comportant une étape de codage des données en un signal électromagnétique, la composante magnétique dudit signal électromagnétique étant captée et traitée pour décoder ledit signal électromagnétique afin d'en extraire lesdites données.

Dans le procédé selon l'invention, ledit câble rayonnant ou ledit élément de communication émet le long de ladite voie ledit signal électromagnétique qui est réceptionné par ledit élément de communication ou ledit câble rayonnant, ledit câble rayonnant et ledit élément de communication étant au plus éloignés d'une distance égale au double de la longueur d'onde dudit signal électromagnétique, et préalablement au codage des données en un signal électromagnétique, lesdites données sont codées en un signal optique, ledit câble rayonnant pouvant comprendre une fibre optique permettant audit signal optique de se propager le long dudit câble rayonnant.

Le procédé peut comporter une étape d'injection dudit signal électromagnétique au cours de laquelle au moins une partie dudit signal optique est convertie en un signal électromagnétique qui est injecté dans ledit câble rayonnant puis rayonné par ce dernier.

Ledit signal électromagnétique peut être réceptionné par au moins deux éléments de communication.

On peut brancher lesdits éléments de communication à un appareil de synchronisation pour décoder ledit signal électromagnétique afin d'en extraire lesdites données.

D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront plus clairement à la lecture de la description suivante donnée à titre d'exemple illustratif et non limitatif et faite en référence aux dessins annexés sur lesquels :

- la figure 1 illustre schématiquement un exemple ferroviaire de communication mobile selon l'invention,

- la figure 2 illustre schématiquement un autre exemple ferroviaire d'installation de communication mobile selon l'invention,

- la figure 3 est une vue schématique en coupe transversale d'un exemple de câble rayonnant, et

- la figure 4 est une vue de détail d'un exemple ferroviaire de communication mobile selon l'invention.

Un exemple d'installation de communication mobile 1 est illustré de manière générale à la figure 1. Il s'agit d'une installation 1 destinée à une application ferroviaire. Cet exemple est présenté de manière illustrative et non limitative, l'installation 1 selon l'invention concernant tout domaine de transport ou de déplacement. Pour des questions de simplicité, la suite de la description sera centrée sur cet exemple qui constitue la réalisation préférentielle de l'invention.

L'installation de communication mobile 1 comprend un corps mobile 2 se déplaçant le long d'une voie 3. Ce corps mobile peut être un train 20, comme cela est représenté sur la figure 1, mais peut également être une voiture, un bus, une rame de métro, un tramway, une péniche ou tout autre corps mobile 2 se déplaçant le long d'une voie 3. La voie 3 forme un chemin prédéterminé, qui définit un trajet spécifique à suivre par le corps mobile 2. La voie 3 peut par exemple consister en une voie de chemin de fer avec des rails 4, ou en une route (autoroute en particulier) ou encore en un canal (ou une voie fluviale). La voie 3 est définie comme le lieu le long duquel le corps mobile 2 est contraint de se déplacer. Le corps mobile 2 selon l'invention est

doté d'un élément de communication 5 pouvant émettre et recevoir des signaux électromagnétiques.

Au sens de l'invention, un signal électromagnétique est un signal présentant une fréquence principale et ayant une composante électrique et une composante magnétique. Cet élément de communication 5 est de préférence adapté pour traiter (c'est-à-dire émettre et recevoir) un signal électromagnétique qui se présente sous la forme d'ondes radio dont la fréquence est comprise entre 1 MHz et 100 MHz, et de préférence entre 3 MHz et 30 MHz, un tel signal étant généralement désigné par l'appellation « ondes courtes ». Le recours à un signal à ondes courtes présente divers avantages qui ressortiront de ce qui suit.

L'installation de communication 1 selon l'invention comprend également un câble rayonnant 10 s'étendant le long de ladite voie 3, ledit câble rayonnant 10 comprenant un conducteur électrique 14 et pouvant émettre et recevoir des signaux électromagnétiques par l'intermédiaire dudit conducteur électrique 14 le long de ladite voie 3. Le câble rayonnant 10 permet au signal électromagnétique se propageant en son sein entre ses extrémités d'être également rayonné le long du câble 10, vers l'extérieur de ce dernier. En tout point de la voie 3, il est possible de réceptionner le signal émis par le câble rayonnant 10 dans un cadre classique de communication par l'intermédiaire d'ondes électromagnétiques. Réciproquement, tout signal émis par le câble 10 est suffisamment intense pour être réceptionné en chaque point le long de la voie 3.

L'installation de communication mobile 1 selon l'invention est conçue pour échanger des données entre ledit câble rayonnant 10 et ledit corps mobile 2 par émission par ledit câble rayonnant 10 ou par ledit élément de communication 5 d'un signal électromagnétique codant lesdites données puis réception dudit signal électromagnétique par ledit élément de communication 5 ou par ledit câble rayonnant 10. Au sens de l'invention, le terme « données » désigne toute entité qui contient de l'information, comme par exemple, à titre non limitatif, les données informatiques, les données de voix lors d'un échange téléphonique ou bien les données codant la télévision ou la radio. Le codage des données en un signal électromagnétique est

particulièrement classique en télécommunication et peut revêtir diverses formes comme cela est bien connu en tant que tel.

L'invention réside donc en particulier dans la capacité de chacun des deux éléments (câble rayonnant 10 et corps mobile 2) à recevoir un signal électromagnétique provenant de l'autre élément ainsi qu'à émettre un signal d'intensité suffisante pour être reçu par l'autre élément. Ainsi, des données, provenant par exemple du réseau Internet, sont codées en un signal électromagnétique. Ce signal se propage le long du câble rayonnant 10 et est également rayonné au travers et le long du câble 10. Au niveau du corps mobile 2, le signal rayonné par le câble 10 est reçu par l'élément de communication 5. Les données peuvent alors passer du câble rayonnant 10 vers l'élément de communication 5. Des données peuvent également faire le chemin inverse. La communication avec le corps mobile 2 fonctionne par le biais de cet échange de données. Le signal électromagnétique étant rayonné tout le long du câble 10, la communication avec le corps mobile 2 est possible sur l'ensemble de la voie 3. Le corps mobile 2 se déplace donc tout en recevant continûment le signal issu du câble rayonnant 10 et tout en émettant continûment un signal électromagnétique pouvant être reçu par le câble 10. Une fois reçu par ledit élément de communication 5, le signal électromagnétique est décodé pour fournir les données aux utilisateurs finaux. Ces utilisateurs finaux peuvent être des passagers ou des machines qui nécessitent l'accès à un réseau. Le système de répartition de données au sein du corps mobile 2 s'effectue avec des moyens classiques de communication, comme par exemple le déploiement d'un réseau Wifi ou d'un réseau Ethernet au sein du corps mobile 2.

Conformément à l'invention, le câble rayonnant 10 et ledit élément de communication 5 sont au plus éloignés d'une distance égale au double de la longueur d'onde dudit signal électromagnétique. Dans cette configuration, l'élément de communication 5 et le câble rayonnant 10 communiquent avec un signal électromagnétique reçu en champ proche. Le champ proche est le champ rayonné par un émetteur d'ondes électromagnétiques lorsqu'on est à proximité de ce dernier, ou plus précisément à une distance inférieure à deux fois la longueur d'onde du signal électromagnétique. En champ proche, le

signal électromagnétique présente la particularité d'avoir une composante magnétique majoritaire par rapport à la composante électrique. Ainsi, l'élément de communication 5 comprend avantageusement un appareil de mesure du champ magnétique 6 dudit signal électromagnétique, afin de pouvoir décoder ledit signal électromagnétique pour en extraire lesdites données. Ledit appareil de mesure du champ magnétique 6 est ainsi conçu pour capter la composante magnétique dudit signal électromagnétique et la traiter pour la convertir en données. Par conséquent, dans ce mode de réalisation préférentiel, la liaison entre le corps mobile 2 et le câble rayonnant 10 est majoritairement un couplage électromagnétique. La plupart des télécommunications connues s'effectuent en champ lointain, ce qui correspond à une réception du signal électromagnétique à une distance supérieure à $2D^2/\lambda$ de l'émetteur (où D représente la dimension caractéristique de l'émetteur et λ et la longueur d'onde). La mesure (et même la simple captation) de la composante magnétique s'avère quasi inutile en champ lointain car la composante électrique est très majoritaire dans cette situation. Communiquer à l'aide d'ondes électromagnétiques en champ proche présente de nombreux avantages qui sont listés ci-après.

La communication en champ proche ne nécessite pas d'émettre selon une puissance importante car le récepteur se trouve à proximité de l'émetteur. Ceci évite de créer à proximité de l'émetteur des zones d'émission électromagnétique forte qui peuvent s'avérer dangereuses. Par ailleurs, de nombreux appareils émettent des ondes électromagnétiques qui vont *in fine* interférer entre elles ce qui peut se révéler nuisible pour les télécommunications en générant un taux important d'erreurs dans le décodage des données. Le champ proche interfère de manière faible avec le champ extérieur présent. Travailler en champ proche permet donc de grandement diminuer ces interférences et ainsi s'assurer de la qualité des données transmises.

L'utilisation du champ proche implique également que le système fonctionne avec des ondes dont la longueur d'onde est relativement importante pour éviter que l'élément de communication 5 et le câble rayonnant 10 ne doivent être trop proches. En effet, une trop grande

proximité entre le câble 10 et l'élément de communication 5 peut s'avérer dangereuse et difficile à gérer lors du passage du train 20 par exemple. Ainsi, l'invention met de préférence en œuvre un signal électromagnétique dont la fréquence est comprise entre 100 kHz et 1 GHz, ou plus préférentiellement entre 1 MHz et 100 MHz, ce qui correspond à une longueur d'onde comprise entre 3 et 300 m. Ce domaine de fréquence est celui des ondes courtes. Les ondes courtes se propagent très facilement dans l'atmosphère, ce qui peut poser notamment des problèmes d'interférences. En combinant cette utilisation des ondes courtes avec une mesure en champ proche, on évite cet écueil majeur sans que cela nécessite d'émettre une puissance très importante (qui de toute façon serait limitée par la réglementation). L'utilisation conjointe des ondes courtes et de l'émission/réception en champ proche, à l'aide en particulier d'un appareil de mesure du champ magnétique 6 pour capter la composante magnétique du signal émis et la traiter pour en extraire des données, est une caractéristique originale de l'invention qui permet de répondre à la problématique de communication mobile à grande vitesse.

Par ailleurs, les ondes courtes présentent l'avantage de moins s'atténuer lors de leur propagation qu'un signal de plus haute fréquence. Avantageusement, le câble rayonnant 10, et plus précisément son conducteur électrique 14, présente, à la fréquence de 30 MHz, un affaiblissement linéique de l'ordre de seulement 5 dB/km et un affaiblissement de couplage à 2 m non supérieur à une perte de couplage à 30MHz comprise entre 55 et 65 dB. De préférence, la résistance ohmique dudit conducteur électrique est de l'ordre de 1 Ohm/km, afin de pouvoir transporter, outre ledit signal électromagnétique, un courant d'alimentation (par exemple un courant continu de tension égale à 48 V) comme expliqué en détails ci-après. Les ondes courtes sont également moins sensibles à l'effet Doppler, car le décalage en fréquence dû à l'effet Doppler dépend de la fréquence du signal électromagnétique. Les ondes courtes étant par définition de fréquence élevée, elles constituent donc un support idéal pour transporter de l'information vers un corps mobile 2. De plus, les ondes courtes ne sont que très peu atténuées par la traversée de solides. Le câble 10 selon l'invention peut donc être au moins en partie enterré le long de ladite voie 3, car les ondes se propagent malgré la terre le

recouvrant ce qui permet la connexion fonctionnelle à distance avec l'élément de communication 5. Cette caractéristique (enterrement du câble 10 sous la voie 3, ou agrafage du câble 10 aux rails de la voie 3) peut éviter certaines pannes dues à la chute du câble 10 par exemple. Bien entendu, dans le cas où le câble 10 est disposé dans ou sous le plan de la voie 3 (en étant attaché aux rails ou aux traverses par exemple, si la voie 3 est une voie de chemin de fer), l'élément de communication 5 sera alors avantageusement disposé sous le corps mobile 2 (qui est un train par exemple). Il est bien entendu tout-à-fait envisageable que le câble 10 soit installé en aérien, c'est-à-dire à une altitude supérieure à celle de la voie 3, par l'intermédiaire d'une infrastructure adaptée (poteaux ou autre), pour répondre aux exigences d'exploitation de certaines applications (tramway, bus, etc.).

Bien que l'atténuation du signal électromagnétique lors de sa propagation le long du câble 10 soit minime, il est cependant préféré, afin de transporter le signal sur des distances particulièrement importantes (supérieures à 10 km) que l'installation inclue au moins une fibre optique 11 destinée à transporter un signal optique codant lesdites données. De préférence, ledit câble rayonnant 10 comprend ladite fibre optique 11, laquelle s'étend avantageusement le long du conducteur électrique 14 afin de transporter ledit signal codant lesdites données. Lesdits conducteur électrique 14 et fibre optique 11 peuvent être solidaires afin de former un ensemble unitaire pour certains modes de déploiement tels que le clippage au rail. Dans ce cas, la fibre optique 11 est dans une position décentrée et jointive au câble rayonnant 10. Bien entendu, l'installation inclut en pratique autant de fibres optiques que nécessaire, afin d'atteindre les performances requises, notamment sur le plan du débit. Par exemple, pour une voie 3 longue d'environ 500 km, un nombre minimum de 14 paires de fibres optiques est à prévoir (une paire permettant d'équiper environ 80 km). En pratique, l'installation inclura donc avantageusement au moins une paire de fibres optiques.

Le transport d'un signal optique par une fibre optique n'induit que des pertes minimes, classiquement inférieures à 0,15 dB/km. On peut dès lors transporter, via la fibre optique 11, des données sur une très longue distance

sans que cela ne nécessite de système particulier pour rehausser l'amplitude du signal. Par ailleurs, un signal optique peut transporter un débit de données particulièrement important, supérieur à celui que pourrait transporter le conducteur électrique 14. Il est dès lors avantageux de disposer d'un système pour transférer les données transportées par cette fibre optique 11 vers l'élément de communication 5. Avantageusement, l'installation de communication mobile 1 comprend au moins un injecteur 7 permettant de convertir au moins une partie dudit signal optique en un signal électromagnétique qui est injecté dans ledit câble rayonnant 10 puis rayonné par ce dernier. L'injecteur 7 est disposé le long de la voie 3 de façon à compenser les pertes induites par le transport du signal électromagnétique le long du câble rayonnant 10. Une partie des données codées de manière optique sont recodées en un signal électromagnétique au niveau de l'injecteur 7 pour être ensuite rayonnées par le câble rayonnant 10. L'injection permet ainsi d'introduire un niveau d'énergie suffisant pour permettre au câble 10 d'émettre à un niveau suffisant pour que le signal soit reçu par l'élément de communication 5. Le câble 10 selon l'invention permet non seulement d'émettre et de recevoir une onde électromagnétique le long de la voie 3 grâce à sa partie rayonnante, mais peut également transporter sur de très longues distances des données sans perte d'énergie significative grâce à la fibre optique 11.

Par ailleurs, l'injecteur 7 permet également de transférer une partie des données contenue dans le signal électromagnétique en un signal optique. Ces données correspondant aux données envoyées par l'utilisateur et à destination du réseau. En effet, pour qu'il puisse y avoir un échange de données entre l'extérieur et le corps mobile 2, il est nécessaire que l'élément de communication 5 puisse également émettre des ondes électromagnétiques vers ledit câble. Ce dernier est ensuite relié à un réseau extérieur, avantageusement à l'aide de la fibre optique 11.

De préférence, l'installation de communication mobile 1 selon l'invention comprend plusieurs injecteurs 7 séparés mutuellement d'une distance d, la partie de ladite installation de communication 1 entre deux injecteurs 7 formant un tronçon 21. La distance d d'un tronçon 21 est

avantageusement la distance maximale (appelée distance d'atténuation) à partir de laquelle le signal n'est plus émis par le câble rayonnant 10 avec assez d'intensité vers l'élément de communication 5 pour que ce dernier puisse le réceptionner de façon adéquate. Il est donc nécessaire d'injecter de nouveau, à l'extrémité du tronçon 21, le signal à un niveau d'énergie supérieur au sein du câble rayonnant 10. Ainsi, l'injecteur 7 transfère une partie des données codées de manière optique en un signal électromagnétique présentant un niveau d'énergie suffisant pour qu'il puisse être rayonné sur l'ensemble du tronçon 21 suivant, c'est-à-dire sur toute la longueur d dudit tronçon suivant. L'injecteur 7 joue donc, outre son rôle de convertisseur du signal optique en signal électromagnétique, un rôle d'amplification du signal. L'injecteur 7 forme ainsi un convertisseur-injecteur opto-magnétique. De manière alternative, les injecteurs 7 peuvent être séparés d'une distance égale à deux fois la longueur d'atténuation d. Dans cette configuration, chaque injecteur 7 transfère, sous la forme d'un signal électromagnétique, les données codées de manière optique dans les deux branches auxquelles il est relié, en amont et en aval de la voie 3. Ce signal injecté sera atténué au bout d'une distance d, mais l'injecteur 7 suivant aura permis au signal d'être injecté dans l'autre sens. Ainsi, tout au long de la voie 3, le signal est suffisamment rayonné. Le lieu où la puissance d'émission est minimale se situe, selon cette variante, vers le milieu du tronçon 21.

Ainsi, l'installation de communication 1 est avantageusement formée d'une pluralité de tronçons de longueur d, disposés les unes derrières les autres, en ligne, comme illustré. La fibre optique 11 présente au sein du câble rayonnant 10 peut transporter des données qui sont ensuite rayonnées sur plusieurs tronçons 21. En effet, la fibre optique 11 peut par exemple contenir un débit d'information dix fois supérieur à celui pouvant être rayonné par le câble 10. Cette valeur est donnée à titre illustratif et ne limite pas la portée de l'invention à un type de fibre optique 11 particulier. Dans cette situation, seul un dixième des données contenues dans le signal optique est transféré au niveau de chaque injecteur 7 vers le câble 10 en un signal électromagnétique destiné à être rayonné. La fibre optique 11 transporte donc des données qui vont être rayonnées sur une longueur égale à dix fois la longueur d. De plus,

si on souhaite que l'installation de communication 1 s'étende sur une distance supérieure à dix fois la longueur d, il est nécessaire d'avoir une autre fibre optique 11 pour transporter des données pour les tronçons dix à vingt. Ainsi, le nombre de fibres optiques 11 dans le câble 10 dépend des débits de données possibles que l'on peut transporter avec le conducteur électrique 14 et aussi de la distance d qui est elle-même fonction des caractéristiques d'atténuation du signal électromagnétique lors de sa propagation dans le conducteur électrique 14.

Les données transportées, sous forme d'un signal électromagnétique rayonné, dans chaque tronçon 21 du câble rayonnant 10, sont avantageusement différentes. Mais cela ne doit pas empêcher que l'échange de données soit continu ente le câble rayonnant 10 et l'élément de communication 5 lors d'un changement de tronçon 21. Préférentiellement, le corps mobile 2 comprend deux éléments de communication 5 séparés d'une distance L afin que ledit signal électromagnétique soit constamment émis et reçu lors d'un changement de tronçon 21. En effet, lorsque l'élément de communication 5 se trouve au niveau de l'injecteur 7, il reçoit un signal rayonné par la partie du câble 10 disposée en amont de l'injecteur 7 ainsi qu'un signal, avantageusement différent, rayonné par la partie du câble disposée en aval de l'injecteur 7. Ces deux signaux peuvent être différents et le décodage de données peut alors se révéler complexe à mettre en œuvre. Pour s'affranchir de cela, on dispose sur le corps mobile 2 un deuxième élément de communication 5 éloigné d'une distance L du premier. Préférentiellement, cette distance est maximale compte tenu des dimensions du corps mobile 2, avec par exemple un premier élément de communication 5A disposé à l'avant du corps mobile 2 et un second élément de communication 5B disposé à l'arrière. Cela permet au deuxième élément de communication 5B de recevoir un signal électromagnétique qui pourra être décodé sans erreur.

De préférence, l'installation de communication mobile 1 comprend un appareil de synchronisation 8 branché auxdits deux éléments de communication 5A, 5B pour décoder ledit signal électromagnétique afin d'en extraire lesdites données. Cet appareil 8 tire partie du fait que nécessairement

au moins l'un des deux éléments de communication 5A, 5B reçoit un signal aisément décodable, comme décrit précédemment. Avoir deux éléments de communication 5 permet également d'éviter d'éventuelles erreurs de décodage.

Par ailleurs, il est nécessaire d'avoir une source d'alimentation, notamment pour les injecteurs 7 qui transmettent de l'énergie au sein du câble 10 pour que le signal puisse être rayonné avec une intensité suffisante. Les injecteurs 7 doivent donc avoir accès à un réseau d'énergie. Avantageusement, le câble rayonnant 10 comprend un câble d'alimentation électrique 16 s'étendant le long dudit conducteur électrique 14 et destiné à transporter du courant électrique permettant l'alimentation d'un ou plusieurs appareils, lesdits conducteur électrique 14 et câble d'alimentation 16 étant solidaires afin de former un ensemble unitaire. Avantageusement, l'installation est conçue pour que le conducteur 14 (qui est en cuivre ou de préférence en aluminium) assure à la fois le transport du signal électromagnétique et le transport du courant électrique d'alimentation (qui est de préférence un courant continu avec une tension de 48V). Dans ce cas, le conducteur électrique 14 et le câble d'alimentation électrique 16 sont confondus. L'intégration, dans le câble rayonnant 10, d'un vecteur de courant d'alimentation, permet une mise en œuvre facilitée de l'installation de communication 1 car il n'est pas nécessaire de relier chaque injecteur 7 au réseau classique d'énergie, et donc d'amener des câbles électriques pour les alimenter. Cela simplifie grandement l'installation 1. De préférence, le câble 10, et plus précisément le conducteur électrique 14 (ou le câble d'alimentation électrique 16, s'il est distinct dudit conducteur 14) transporte un courant électrique de 48 Volts, d'une intensité adaptée aux équipements actifs d'injection (injecteurs 7), à leur nombre et à la résistance ohmique du conducteur électrique 14 (ou du câble 16 s'il est distinct du conducteur 14). Avec un tel câble 10, les injecteurs 7 répartis sur une très longue distance peuvent tous être alimentés, malgré les pertes d'énergie dues à la propagation le long du câble 10.

Ainsi, l'installation 1 peut notamment permettre un raccordement des utilisateurs au réseau Internet ou peut par exemple leur permettre de

regarder la télévision numérique, codées le long du câble 10. L'installation 1 selon l'invention peut également permettre une localisation précise des trains, les données de localisation pouvant facilement être transportées jusqu'à un centre de gestion du trafic ferroviaire. Ceci garantit la sécurité du transport et permet de s'informer en temps réel du trafic, ce qui permet par exemple d'éviter une collision entre différents trains en cas de panne d'un train en pleine voie.

Un exemple d'un câble rayonnant mis en œuvre dans l'installation 1 est illustré de manière générale à la figure 3. Il comprend un conducteur électrique 14 et est conçu pour émettre et recevoir de signaux électromagnétiques à l'aide dudit conducteur électrique 14. L'échange de données entre le câble rayonnant 10 et l'élément de communication 5 est donc possible grâce à la présence de ce conducteur électrique 14. Avantageusement, le conducteur électrique 14 est entouré d'une gaine isolante perforée à intervalles réguliers de manière à laisser aisément passer le rayonnement électromagnétique émis par ledit conducteur 14, ledit rayonnement électromagnétique étant produit par la propagation du signal électromagnétique le long dudit câble rayonnant 10. Ces perforations peuvent se présenter sous la forme de trous ou de fentes. La forme et la taille de ces perforations sont optimisées en fonction du signal électromagnétique à rayonner. De manière préférentielle, lesdits signaux électromagnétiques ont une fréquence inférieure à 1 GHz, ou plus préférentiellement inférieure à 100 MHz. Ainsi, la conception du câble rayonnant 10 lui permet d'être particulièrement adapté à l'émission/réception en ondes courtes. Avantageusement, le câble 10 comprend de l'aluminium. L'aluminium peut constituer tout ou partie des éléments conducteurs présents dans le câble rayonnant 10, notamment le conducteur 14. Ce matériau se révèle être particulièrement un bon conducteur pour les signaux utilisés et son coût de revient faible diminue le prix de revient du câble rayonnant 10 en comparaison des câbles classiquement fabriqués en cuivre. Le câble rayonnant 10 selon l'invention comprend au moins une fibre optique 11 s'étendant le long dudit conducteur 14 et destinée à transporter un signal optique. Elle assure la fonction de transport de données qui sont codées sous forme optique. Ce

mode de transport présente l'avantage de faiblement atténuer le signal et donc de pouvoir transporter ce dernier sur de très grandes distances sans nécessiter un apport supplémentaire d'énergie.

Le câble rayonnant 10 comprend également un câble d'alimentation électrique 16 s'étendant le long dudit conducteur 14 et destiné à transporter du courant électrique permettant l'alimentation d'un ou plusieurs appareils. Avantageusement, le câble d'alimentation permet d'alimenter des systèmes luttant contre l'atténuation du signal transporté le long du câble rayonnant 10. Cela évite le déploiement de câbles électriques additionnels pour l'alimentation de ces appareils. De manière préférentielle, les injecteurs 7 tels que décrits précédemment sont alimentés en énergie à l'aide de ce câble d'alimentation 16, qui est avantageusement confondu avec le conducteur électrique 14. Lesdits conducteur électrique 14, fibre optique 11 et câble d'alimentation 16 sont solidaires afin de former un ensemble unitaire. Ainsi, les différentes fonctions, à savoir le rayonnement, le transport de données avec une faible atténuation et le transport d'énergie électrique, sont regroupées dans un seul et même câble. Ceci facilite la mise en place de l'installation de communication selon l'invention telle que décrite précédemment.

Par exemple, le câble rayonnant 10 est formé d'un câble coaxial comprenant au moins trois couches concentriques dont la première couche est formée par un premier matériau conducteur situé au centre dudit câble rayonnant 10. La première couche est avantageusement formée par un conducteur central creux 12. Elle est entourée par une seconde couche formée d'un matériau isolant 13. De nombreux plastiques peuvent conférer des propriétés d'isolation suffisantes, comme le polyéthylène par exemple. La troisième couche est elle-même entourée d'une troisième couche conductrice formant ledit conducteur électrique 14.

Avantageusement, le câble rayonnant 10 est également pourvu d'une structure porteuse 15 en acier formée par exemple par un épais fil métallique qui soutient le poids du câble rayonnant 10. La structure porteuse 15 est rattachée à la couche externe du câble 10 afin de pouvoir être suspendue.

Cela permet de facilement suspendre le câble sans risquer d'endommager sa partie rayonnante.

Tel qu'illustré à la figure 4, la câble rayonnant 10 peut être fixé au rail 4, notamment par clippage, par exemple à l'aide de brides 22 en acier inoxydable insérées à intervalles réguliers. Cette fixation du câble 10 au rail permet de pouvoir installer le câble 10 quand il n'y a pas de canalisation adéquate à proximité. Elle a également une action antivol et permet une plus grande proximité entre le câble 10 et l'antenne mobile.

L'invention concerne également un procédé d'échange de données, ledit procédé étant avantageusement destiné à être mis en œuvre au moyen de l'installation de communication mobile 1 décrite ci-dessus. L'ensemble de la description concernant l'installation 1 et son fonctionnement est donc également valable pour le procédé. Comme exposé précédemment, l'invention concerne un procédé d'échange de données entre un corps mobile 2 doté d'un élément de communication 5 et se déplaçant le long d'une voie 3. Le procédé comporte une étape de codage des données en un signal électromagnétique, comme cela est classiquement effectué dans le domaine de la télécommunication. Avantageusement, préalablement au codage des données en un signal électromagnétique, lesdites données sont codées en un signal optique, ledit câble rayonnant 10 comprenant une fibre optique 11 permettant audit signal optique de se propager le long dudit câble rayonnant 10. En effet, un signal optique peut être transporté au travers d'une fibre optique 11 avec une très faible atténuation sur des dizaines ou centaines de kilomètres.

Le procédé comporte de préférence une étape d'injection dudit signal électromagnétique au cours de laquelle au moins une partie dudit signal optique est convertie en un signal électromagnétique qui est injecté dans ledit câble rayonnant puis rayonné par ce dernier. De cette façon, on combine les avantages de la fibre optique 11 qui permet de transporter un haut débit de données sans atténuation et les avantages du câble rayonnant 10 qui permet d'émettre et de recevoir un signal électromagnétique tout le long du câble 10.

Ledit câble rayonnant 10 ou ledit élément de communication 5 émet le long de ladite voie 3 le signal électromagnétique qui est réceptionné par ledit élément de communication 5 ou ledit câble rayonnant 10, ledit câble

rayonnant 10 et ledit élément de communication 5 étant au plus éloignés d'une distance égale au double de la longueur d'onde dudit signal électromagnétique. Cet échange de données permet ainsi au corps mobile 2 de communiquer avec l'extérieur. Le câble 10 peut être connecté à tout type de réseau (téléphonie, Internet, télévision..). La distance entre l'élément de communication 5 et le câble 10 implique que la communication s'effectue en champ proche, tel que cela a été précédemment décrit. Le procédé comprend de préférence une étape durant laquelle on capte la composante magnétique dudit signal électromagnétique et on la traite (notamment par des mesures appropriées) pour décoder ledit signal électromagnétique afin d'en extraire lesdites données. Dans ce mode de réalisation préférentiel, la liaison de communication entre le câble 10 et le corps mobile 2 repose avantageusement sur un couplage magnétique. Le champ proche a effectivement pour caractéristique que la majorité de l'énergie du signal électromagnétique se retrouve sous forme magnétique. Avantageusement, ledit signal électromagnétique est réceptionné par au moins deux éléments de communication 5A, 5B séparés d'une distance $\underline{L}$ afin d'obtenir une réception de bonne qualité du signal électromagnétique provenant du câble 10. Cela présente également des avantages lors du passage à proximité des injecteurs 7 où le signal émis par le câble rayonnant 10 peut être difficile à décoder, comme cela a été expliqué précédemment. Le procédé selon l'invention comprend de préférence une étape durant laquelle on branche lesdits éléments de communication 5 à un appareil de synchronisation 8 pour décoder ledit signal électromagnétique afin d'en extraire lesdites données. Cet appareil 8 a donc la capacité de traiter simultanément les deux signaux électromagnétiques de manière à décoder de manière optimale les données codées dans ce signal.

L'installation de communication 1, le câble rayonnant 10 et le procédé selon l'invention représentent une solution optimale, facile et rapide à mettre en œuvre, pour la communication à haut débit entre un corps mobile 2 en mouvement et les réseaux classiques de communication.

En définitive, l'invention repose, dans son mode de réalisation préférentiel, sur la mise en œuvre d'une communication en champ proche avec couplage opto-magnétique, dans laquelle :

- un signal (par exemple IP numérique ou radiofréquence analogique, modulé en numérique) chemin au sein d'une fibre optique d'un premier point à un deuxième point ;

- ce signal est converti en un signal radio ondes courtes et est injecté (grâce aux injecteurs 7) dans un conducteur électrique (conducteur 14) qui va rayonner ledit signal entre lesdits premier et deuxième points, au niveau desquels sont disposés les injecteurs 7 ;

- l'élément de communication 5 va capter et traiter la composante magnétique (grâce à une boucle magnétique couplée au rayonnement du conducteur électrique 14) dudit signal radio ondes courtes pour décoder les informations et données contenues dans ce dernier.

REVENDICATIONS

1. Installation de communication mobile (1), caractérisée en ce qu'elle comprend :

   - un corps mobile (2) doté d'un élément de communication (5) pouvant émettre et recevoir des signaux électromagnétiques, ledit corps mobile (2) se déplaçant le long d'une voie (3),

   - un câble rayonnant (10) s'étendant le long de ladite voie (3), ledit câble rayonnant (10) comprenant un conducteur électrique (14) et pouvant émettre et recevoir des signaux électromagnétiques par l'intermédiaire dudit conducteur électrique (14) le long de ladite voie (3),

   ladite installation (1) étant conçue pour échanger des données entre ledit câble rayonnant (10) et ledit corps mobile (2) par émission par ledit câble rayonnant (10) ou par ledit élément de communication (5) d'un signal électromagnétique codant lesdites données puis réception dudit signal électromagnétique par ledit élément de communication (5) ou par ledit câble rayonnant (10), la liaison de communication entre ledit câble rayonnant (10) et ledit élément de communication (5) reposant sur un couplage magnétique,

   ladite installation (1) comprenant au moins une fibre optique (11) destinée à transporter un signal optique codant lesdites données,

   ledit câble rayonnant (10) et ledit élément de communication (5) étant en outre au plus éloignés d'une distance égale au double de la longueur d'onde dudit signal électromagnétique.

2. Installation de communication mobile (1) selon la revendication 1, caractérisée en ce que le conducteur électrique (14) et la fibre optique (11) sont solidaires afin de former un ensemble unitaire.

3. Installation de communication mobile (1) selon la revendication 1 ou 2, caractérisée en ce que ledit élément de communication (5) comprend un capteur du champ magnétique (6) dudit signal électromagnétique, afin de pouvoir décoder ledit signal électromagnétique pour en extraire lesdites données.

4. Installation de communication mobile (1) selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisée en ce que la fréquence des signaux électromagnétiques est comprise entre 1 et 100 MHz.

5. Installation de communication mobile (1) selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisée en ce qu'elle comprend au moins un injecteur (7) relié audit câble rayonnant (10) et permettant de convertir au moins une partie dudit signal optique en un signal électromagnétique qui est injecté dans ledit câble rayonnant (10) puis rayonné par ce dernier.

6. Installation de communication mobile (1) selon la revendication 5, caractérisée en ce qu'elle comprend plusieurs injecteurs (7), la partie de ladite installation de communication (1) entre deux injecteurs (7) formant un tronçon (21), ledit corps mobile (2) comprenant au moins deux éléments de communication (5) afin que ledit signal électromagnétique soit constamment émis et reçu lors d'un changement de tronçon (21).

7. Installation de communication mobile (1) selon la revendication 6, caractérisée en ce qu'elle comprend un appareil de synchronisation (8) branché auxdits deux éléments de communication (5) pour détecter ledit signal électromagnétique afin d'en extraire lesdites données.

8. Installation de communication mobile (1) selon l'une des revendications 1 à 7, caractérisée en ce que ledit câble rayonnant (10) comprend un câble d'alimentation électrique (16) s'étendant le long dudit conducteur électrique (14) et destiné à transporter du courant électrique permettant l'alimentation d'un ou plusieurs appareils.

9. Installation de communication mobile (1) selon la revendication 8, caractérisée en ce que le conducteur électrique (14) et le câble d'alimentation (16) sont solidaires afin de former un ensemble unitaire.

10. Installation de communication mobile (1) selon l'une des revendications 1 à 9, caractérisée en ce que ledit câble rayonnant (10) est au moins en partie enterré le long de ladite voie (3).

11. Installation de communication mobile (1) selon l'une des revendications 1 à 10, caractérisée en ce que le câble rayonnant (10) est constitué d'un câble coaxial comprenant au moins trois couches concentriques dont la première couche (12) est formée par un premier matériau conducteur situé au centre dudit câble rayonnant (10) et forme le conducteur central, ladite première couche (12) étant entourée par une seconde couche (13) formée d'un matériau isolant, elle-même entourée d'une troisième couche (14) constituée d'un second conducteur électrique circulaire, appelé conducteur extérieur.

12. Installation de communication mobile (1) selon l'une des revendications 1 à 11, caractérisée en ce que le câble rayonnant (10) comprend de l'aluminium.

13. Installation de communication mobile (1) selon l'une des revendications 1 à 12, caractérisée en ce qu'elle comprend des moyens de fixation (22) du câble rayonnant (10) à la voie (3).

14. Installation de communication mobile (1) selon la revendication 13, caractérisée en ce que la voie (3) est une voie de chemin de fer (4) et en ce que les moyens de fixation (22) comprennent des moyens de clippage (22).

15. Procédé d'échange de données entre un corps mobile doté d'un élément de communication (5) et se déplaçant le long d'une voie (3) et un câble rayonnant (10) s'étendant le long de ladite voie (3), ledit procédé comportant une étape de codage des données en un signal

électromagnétique, la composante magnétique dudit signal électromagnétique étant captée et traitée pour décoder ledit signal électromagnétique afin d'en extraire lesdites données, et étant caractérisé en ce que ledit câble rayonnant (10) ou ledit élément de communication (5) émet le long de ladite voie (3) ledit signal électromagnétique qui est réceptionné par ledit élément de communication (5) ou ledit câble rayonnant (10), ledit câble rayonnant (10) et ledit élément de communication (5) étant au plus éloignés d'une distance égale au double de la longueur d'onde dudit signal électromagnétique, et en ce que, préalablement au codage des données en un signal électromagnétique, lesdites données sont codées en un signal optique.

16. Procédé selon la revendication 15, caractérisé en ce que ledit câble rayonnant (10) comprend une fibre optique (11) permettant audit signal optique de se propager le long dudit câble rayonnant (10).

17. Procédé selon la revendication 15 ou 16, caractérisé en ce qu'il comporte une étape d'injection dudit signal électromagnétique au cours de laquelle au moins une partie dudit signal optique est convertie en un signal électromagnétique qui est injecté dans ledit câble rayonnant (10) puis rayonné par ce dernier.

18. Procédé selon l'une des revendications 15 à 17, caractérisé en ce que ledit signal électromagnétique est réceptionné par au moins deux éléments de communication (5).

19. Procédé selon la revendication 18, caractérisé en ce qu'on branche lesdits éléments de communication (5) à un appareil de synchronisation (8) pour décoder ledit signal électromagnétique afin d'en extraire lesdites données.

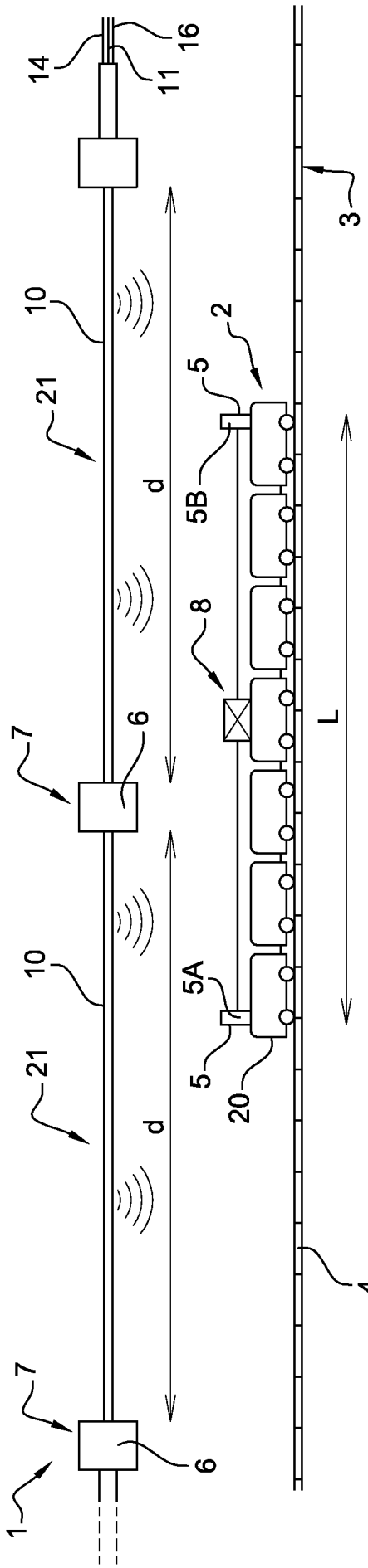

14
16
11
3
10
2
21
5
5B
d
8
7
6
L
10
5A
21
5
20
d
7
6
1
4

Fig. 1

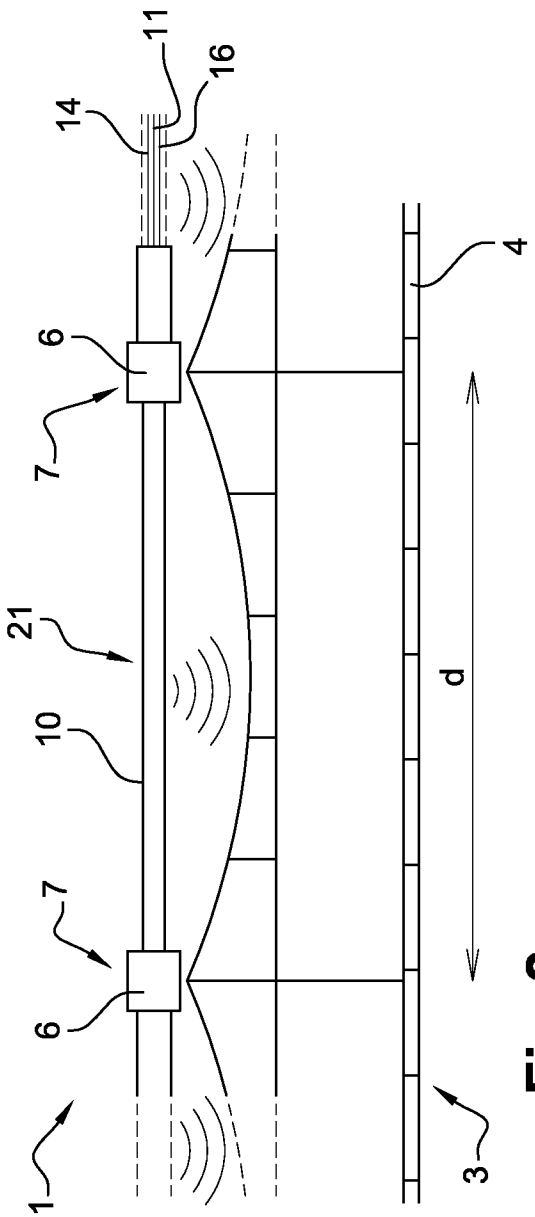

11
16
14
4
6
7
21
d
10
7
6
1
3

Fig. 2

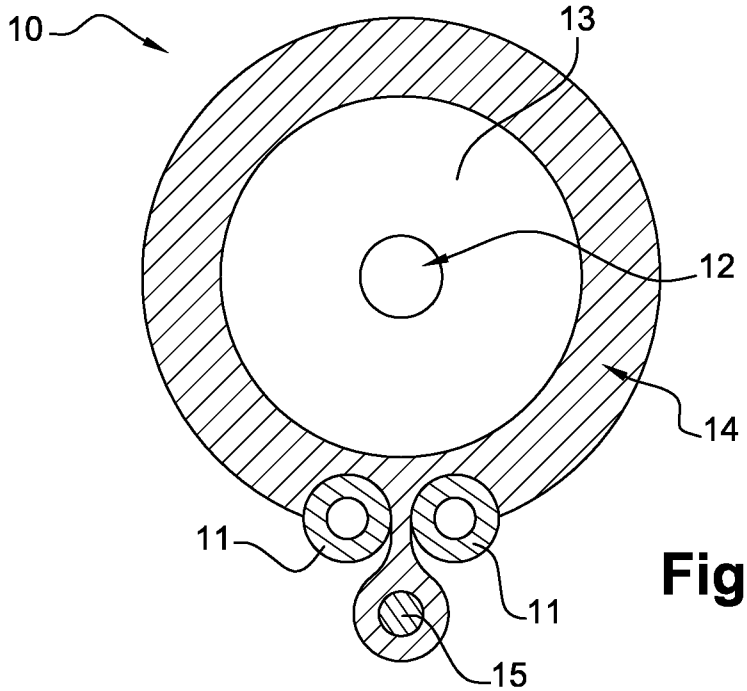


Fig. 3

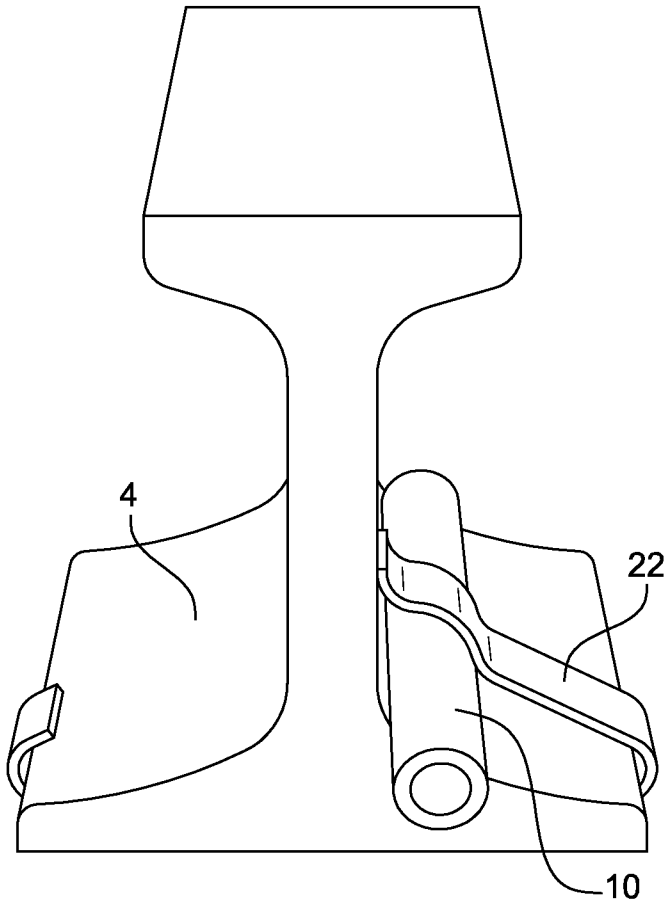


Fig. 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/FR2013/052321

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. H04B5/00 H01Q13/20
ADD.

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
H04B H04L H01Q

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

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	DE 195 03 744 A1 (ALCATEL KABEL AG [DE]) 8 August 1996 (1996-08-08)	1-6,8-18
A	column 1, line 1 - line 55 column 2, line 55 - column 3, line 35; figure 2	7,19

Y	EP 1 998 403 A1 (ALSTOM TRANSPORT SA [FR]; INRETS [FR]) 3 December 2008 (2008-12-03)	1-6,8-18
A	paragraph [0010]	7,19

A	US 5 467 420 A (ROHRMANN PETER [DE] ET AL) 14 November 1995 (1995-11-14) abstract	1,15

A	US 2 934 637 A (WILCOX CLINTON S) 26 April 1960 (1960-04-26) column 1	1,15

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
7 January 2014	30/01/2014

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

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/FR2013/052321

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 19503744 A1	08-08-1996	AU 694828 B2	30-07-1998
		AU 4205796 A	15-08-1996
		DE 19503744 A1	08-08-1996
		NZ 280836 A	24-03-1997
EP 1998403 A1	03-12-2008	AT 508492 T	15-05-2011
		CN 101373860 A	25-02-2009
		EP 1998403 A1	03-12-2008
		ES 2366345 T3	19-10-2011
		FR 2916908 A1	05-12-2008
		SG 148136 A1	31-12-2008
US 5467420 A	14-11-1995	AT 183330 T	15-08-1999
		AU 672479 B2	03-10-1996
		AU 5920794 A	13-10-1994
		EP 0620565 A2	19-10-1994
		EP 0775925 A2	28-05-1997
		NO 941277 A	11-10-1994
		US 5467420 A	14-11-1995
US 2934637 A	26-04-1960	NONE	

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°
PCT/FR2013/052321

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
INV. H04B5/00 H01Q13/20
ADD.

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)
H04B H04L H01Q

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés)
EPO-Internal, INSPEC

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
Y	DE 195 03 744 A1 (ALCATEL KABEL AG [DE]) 8 août 1996 (1996-08-08)	1-6,8-18
A	colonne 1, ligne 1 - ligne 55 colonne 2, ligne 55 - colonne 3, ligne 35; figure 2	7,19

Y	EP 1 998 403 A1 (ALSTOM TRANSPORT SA [FR]; INRETS [FR]) 3 décembre 2008 (2008-12-03)	1-6,8-18
A	alinéa [0010]	7,19

A	US 5 467 420 A (ROHRMANN PETER [DE] ET AL) 14 novembre 1995 (1995-11-14) abrégé	1,15

A	US 2 934 637 A (WILCOX CLINTON S) 26 avril 1960 (1960-04-26) colonne 1	1,15

☐ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent

"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date

"L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)

"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens

"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

"X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

"Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

"&" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée	Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale
7 janvier 2014	30/01/2014

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale	Fonctionnaire autorisé
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Brichau, Gert

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°
PCT/FR2013/052321

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
DE 19503744 A1	08-08-1996	AU 694828 B2	30-07-1998
		AU 4205796 A	15-08-1996
		DE 19503744 A1	08-08-1996
		NZ 280836 A	24-03-1997
EP 1998403 A1	03-12-2008	AT 508492 T	15-05-2011
		CN 101373860 A	25-02-2009
		EP 1998403 A1	03-12-2008
		ES 2366345 T3	19-10-2011
		FR 2916908 A1	05-12-2008
		SG 148136 A1	31-12-2008
US 5467420 A	14-11-1995	AT 183330 T	15-08-1999
		AU 672479 B2	03-10-1996
		AU 5920794 A	13-10-1994
		EP 0620565 A2	19-10-1994
		EP 0775925 A2	28-05-1997
		NO 941277 A	11-10-1994
		US 5467420 A	14-11-1995
US 2934637 A	26-04-1960	AUCUN	