

(19)



(11)

EP 2 042 402 A1

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:

01.04.2009 Bulletin 2009/14

(51) Int Cl.:

B61L 3/22 (2006.01)

H01Q 1/32 (2006.01)

H01Q 13/20 (2006.01)

H01Q 19/30 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **08105428.0**

(22) Date de dépôt: **25.09.2008**

(84) Etats contractants désignés:

**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MT NL NO PL PT
RO SE SI SK TR**

Etats d'extension désignés:

AL BA MK RS

• **Institut National de Recherche sur
les Transports et leur Sécurité (INRETS)
94114 Arcueil (FR)**

(72) Inventeurs:

• **Heddebaut, Marc
94114 ARCUEIL (FR)**
• **Duhot, Denis
75002 PARIS (FR)**

(30) Priorité: **25.09.2007 FR 0706722**

(71) Demandeurs:

• **ALSTOM Transport SA
92300 Levallois-Perret (FR)**

(54) **Dispositif de communication radioélectrique dans un moyen de transport guidé**

(57) L'invention concerne un dispositif de communication radioélectrique (10, 20) comportant une structure continue rayonnante (a) percé d'une première série de fentes (12), à l'intérieur de laquelle un signal hyperfréquence est injecté, une antenne directive (c) et un moyen

de transition (b) d'énergie entre la structure continue rayonnante (a) et l'antenne directive (c) **caractérisée en ce que** ledit moyen de transition (b) et ladite antenne directive (c) sont constitués respectivement d'un deuxième et d'un troisième tronçons de structures rayonnantes.

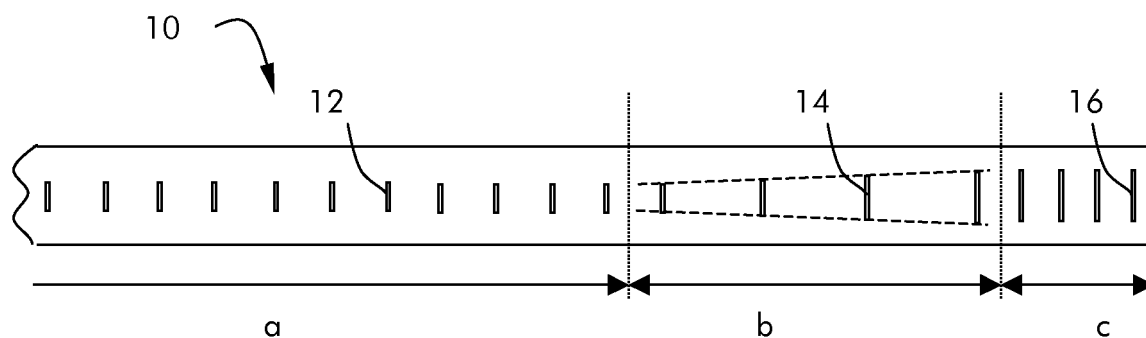


FIGURE 2

Description

[0001] L'invention concerne un dispositif de communication radioélectrique comportant une structure rayonnante continue, une antenne directive et un moyen de transition d'énergie entre la structure rayonnante continue et l'antenne directive.

[0002] Une telle structure rayonnante continue - décrite par exemple dans le document FR 2 608 119 - est utilisée sur certains sites de transports guidés urbains afin de maintenir une couverture radio continue entre un poste de supervision au sol et les trains, en s'affranchissant le plus possible des conditions de propagation particulières liées à l'environnement de la voie (dans les tunnels en particulier). Son fonctionnement est très différent de celui d'une antenne traditionnelle puisqu'il permet, via un réseau continu de fentes pratiquées dans un guide d'ondes, d'apporter une petite partie de l'énergie radiofréquence propagée à l'intérieur de la structure rayonnante vers l'extérieur à proximité immédiate (quelques dizaines de cm) de l'antenne du train mobile le long de la voie, en s'affranchissant presque totalement des conditions locales de propagation. Ce type de structure est dit « continu » car il s'étend typiquement sur plusieurs centaines de mètres de long.

[0003] La structure rayonnante continue connue couvre ainsi efficacement une zone que l'on peut qualifier de « à une dimension » concentrant l'énergie radiofréquence à proximité immédiate de la voie, le long de celle-ci. Cette structure n'est cependant pas en mesure de couvrir efficacement un volume important tel que celui présenté par une station d'arrêt, une zone de garage ou d'atelier. Il faudrait dans ce cas disposer le guide d'ondes sous la forme d'un réseau de guides parallèles, régulièrement espacés, ce qui s'avère économiquement irréaliste. La couverture radioélectrique de la station, du garage ou de l'atelier possède cependant un caractère nécessaire, voire vital.

[0004] Ces zones s'avèrent cependant moins contraintes du point de vue de la propagation radioélectrique et sont couvertes efficacement par une propagation radio libre, c'est-à-dire employant des antennes discrètes, directives, disposées de loin en loin, toutes les quelques centaines de mètres à la voie. Une solution mixte exploitant dans les zones à couverture radioélectrique complexe un support rayonnant continu s'affranchissant de ces contraintes d'environnement de propagation et, dans les zones de couverture radioélectrique plus aisée des antennes discrètes s'avère donc une configuration efficace.

[0005] Afin de satisfaire ces contraintes, la solution technique actuelle représentée sur la figure 1 est mise en oeuvre : en extrémité 3 de la structure rayonnante continue 1 (ici un guide d'ondes) subsiste une énergie radiofréquence significative puisque l'atténuation liée à la propagation et au rayonnement depuis le guide d'ondes s'élève à une valeur inférieure à 20 dB par kilomètre et que les longueurs de guide d'ondes généralement mi-

ses en oeuvre sont limitées à quelques centaines de mètres, soit la distance inter-stations généralement rencontrée en transports guidés urbains. Cette énergie est prélevée par une transition 4 « guide / coaxial », est transportée par un câble coaxial 5, puis alimente une antenne directive 6 - par exemple de type Yagi -, assurant une couverture radio en propagation libre dans le volume de la zone à couvrir et relayée, le cas échéant, par d'autres antennes similaires disposées judicieusement plus loin et de loin en loin.

[0006] Cependant, une telle solution présente plusieurs inconvénients : elle est relativement chère du fait des transitions 4 « guide / coaxial », du câble 5 et de l'antenne directive 6 à rajouter à chaque volume à couvrir, elle est compliquée à mettre en oeuvre et le signal hyperfréquence disponible en extrémité de guide d'ondes est rapidement atténué en passant au travers des transitions et du câble coaxial 5 vers l'antenne directive 6. De plus, des variations brutales des signaux transmis sont enregistrées au passage entre le guide et l'antenne directive.

[0007] Il n'est pas connu actuellement de solution optimale permettant d'accoler la technologie d'antenne directive de type Yagi à la technologie de structure rayonnante continue pour réduire notamment le problème d'atténuation du signal.

[0008] Il est connu de l'art antérieur des antennes directives à guides d'ondes à fentes. Ce type d'antenne traditionnelle est en général disposé sur des pylônes en hauteur afin de disposer d'un bon dégagement radioélectrique et, en particulier, de dégager la première zone de communication de Fresnel vers des mobiles. Ce type d'antenne est destiné à rayonner de façon directive avec un encombrement minimum toute l'énergie communiquée par un émetteur. Typiquement, selon le gain attendu d'une telle antenne, sa grande dimension, développée selon l'axe de propagation, ne dépasse pas quelques longueurs d'ondes, soit une grande dimension inférieure à 1 mètre à 2,5 GHz. Au-delà d'une taille de quelques longueurs d'ondes, le gain d'une telle antenne et sa directivité ne croissent plus significativement et n'ont plus de ce fait d'emploi pratique.

[0009] Il n'est pas possible cependant d'accoler directement une telle antenne directive en guide d'ondes à une structure continue rayonnante à guide d'ondes - en utilisant par exemple des guides de section identique - car l'antenne du train passant brutalement au droit de la zone de rayonnement de la section antenne directive serait « éblouie » par la transition très brutale d'un signal de puissance réduite, celui rayonné par la structure rayonnante continue, vers un signal identique mais de puissance beaucoup plus importante (typiquement 60 décibels de plus), due au rayonnement local intense de cette antenne directive. La transition s'effectuant en une distance très réduite, inférieure au mètre (longueur de l'antenne directive) et parcourue à la vitesse du train, les équipements radio train ou sol pourraient dès lors perdre leur synchronisation et ne seraient de ce fait plus tem-

porairement en état de communiquer efficacement entre eux.

[0010] Le dispositif de communication de la présente invention vise à résoudre les problèmes des dispositifs de couverture radioélectrique de plusieurs zones dont les conditions de propagation sont différentes les unes des autres en proposant une solution économique, efficace, simple à fabriquer et souple à mettre en oeuvre.

[0011] Conformément à l'invention, le dispositif de communication comporte une structure continue rayonnante à guide d'ondes percé d'une première série de fentes formant un premier tronçon de structure rayonnante, à l'intérieur de laquelle un signal hyperfréquence est injecté, une antenne directive et un moyen de transition d'énergie entre la structure continue rayonnante et l'antenne directive et tel que le moyen de transition et l'antenne directive sont constitués respectivement d'un deuxième et d'un troisième tronçon de structure rayonnante respectivement percés d'une deuxième et troisième séries de fentes, les premier, deuxième et troisième tronçons de structure rayonnante étant adjacents et consécutifs.

[0012] Le dispositif de communication de l'invention satisfait également à l'une des caractéristiques suivantes :

- la grande dimension de la première série de fentes est très inférieure à la longueur d'onde du signal hyperfréquence se propageant dans la structure rayonnante,
- la grande dimension de la deuxième série de fentes s'étend progressivement sur la longueur du deuxième tronçon, depuis la grande dimension de la première série de fentes jusqu'à une dimension qui reste inférieure à celle de la troisième série de fentes,
- la grande dimension de la troisième série de fentes est identique sur la longueur du troisième tronçon et proche mais inférieure à la demi longueur d'onde du signal propagé dans la structure rayonnante;
- le pas entre deux fentes consécutives est constant et identique le long des trois tronçons de structure rayonnante ;
- les fentes sont disposées transversalement à la direction longitudinale de la structure rayonnante,
- la longueur du deuxième tronçon est comprise entre 1 et 20 mètres.
- la troisième série de fentes comprend jusque dix fentes ;
- la troisième série de fentes est formée par la jonction de la deuxième série de fentes avec la même série de fentes inversée en ce que la grande dimension diminue progressivement de la demi-longueur d'onde du signal propagé à une dimension très inférieure à la longueur d'onde du signal propagé,

[0013] D'autres buts, caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description des modes de réalisation du dispositif de communication,

description faite en liaison avec les dessins dans lesquels :

- la figure 1 est une vue schématique du dispositif de communication radioélectrique par support rayonnant continu le long de la voie puis en propagation libre par antenne directive de l'art antérieur,
- la figure 2 représente schématiquement un dispositif de communication radioélectrique par support rayonnant le long de la voie puis en propagation libre conforme à un premier mode de réalisation,
- la figure 3 représente schématiquement un dispositif de communication radioélectrique par support rayonnant le long de la voie permettant localement d'augmenter la portée de la liaison sol-train conforme à un second mode de réalisation.

[0014] La figure 1 est une vue schématique du dispositif de communication radioélectrique par support rayonnant continu le long de la voie puis en propagation libre par antenne directive, et a été décrite précédemment.

[0015] La figure 2 représente schématiquement un dispositif de communication radioélectrique 10 conforme à un premier mode de réalisation. Le dispositif de communication 10 est composé d'une structure rayonnante formée par un guide d'ondes de section rectangulaire présentant trois tronçons de structure rayonnante a, b, c percés respectivement de fentes 12, 14 et 16. Le dispositif de communication 10 est disposé en surélévation au-dessus du sol ou, le cas échéant, installé en voûte de tunnel. Le premier tronçon rayonnant a s'étend dans une zone de circulation d'un train sur une distance pouvant atteindre plusieurs centaines de mètres. Les deuxième et troisième tronçons b et c s'étendent dans une zone permettant une montée progressive de la puissance rayonnée, sur une distance de plusieurs mètres de long compatible avec les caractéristiques de résistance aux variations brutales des signaux incidents des équipements radio train et sol, et permettant également de construire une directivité marquée des signaux vers la zone à couvrir en propagation libre, après l'extrémité mécanique de la structure 10 (station, atelier, garage ou couverture radioélectrique mixte par structure rayonnante continue puis antennes discrètes). Le tronçon c permet tout particulièrement d'exploiter et de rayonner toute l'énergie résiduelle en extrémité de structure vers le volume à couvrir.

[0016] Le dispositif de communication 10 assure deux fonctions : la première fonction, maintenue par le premier tronçon a de structure rayonnante continue, permet de communiquer dans une dimension de l'espace avec une antenne d'un train circulant au-dessus et à proximité de la structure. La deuxième fonction, maintenue par le troisième tronçon c d'antenne directive, permet de communiquer en propagation libre dans un volume avec une antenne disposée à distance de l'extrémité du dispositif de communication 10, par exemple sur un train quittant le tronçon c. La structure rayonnante intermédiaire b per-

met de passer progressivement et efficacement d'un mode de fonctionnement à l'autre en permettant la transition d'énergie radiofréquence entre la structure rayonnante continue a et l'antenne directive c.

[0017] Les fentes 12 du premier tronçon a sont disposées transversalement à la direction longitudinale du guide d'ondes et leur grande dimension est très inférieure à la longueur d'onde du signal hyperfréquence se propageant dans le guide d'ondes. La grande dimension est entendue comme étant la dimension de la fente dans le sens transversal (aussi appelé « grand axe »), cette dimension étant nettement plus grande que la dimension de la fente dans le sens longitudinal (aussi appelée « petit axe »). Cette caractéristique permet de ne prélever que très peu d'énergie le long du guide et donc d'obtenir une structure rayonnante avec une très faible atténuation linéique. Le signal rayonné est faible mais continu le long de la structure et de puissance suffisante afin d'assurer une communication radio via l'antenne train se déplaçant à proximité immédiate. Ce tronçon a est appelé « rayonnant continu ». Selon la configuration du réseau de transport, il peut s'étendre sur plusieurs centaines de mètres.

Les fentes 14 du deuxième tronçon b (qui correspond au moyen de transition d'énergie) sont disposées transversalement à la direction longitudinale du guide d'ondes. Leur grande dimension varie depuis la grande dimension des fentes 12 du premier tronçon a (grande dimension très inférieure à la longueur d'onde) jusqu'à une dimension qui reste inférieure à celle des fentes 16 du troisième tronçon c (qui correspond à l'antenne directive). Les fentes 16 du troisième tronçon c sont toutes identiques et également transversales à la direction longitudinale du guide d'ondes, et leur grande dimension est proche de la demi-longueur d'onde du signal propagé dans le guide. Pour des raisons de simplicité, seules quelques fentes 12, 14 et 16 sont représentées sur la figure 2. Le prélèvement d'énergie effectué, et par conséquent la puissance rayonnée depuis chaque fente 14 croît rapidement lorsque la taille de celle-ci augmente, la taille de chaque fente 14 restant toutefois inférieure à la demi-longueur d'onde. Cette énergie est transférée depuis l'intérieur du guide d'ondes vers l'extérieur. Une directivité, dans l'axe du guide vers son extrémité et donc en direction du volume à couvrir après la fin du guide naît de la composition des rayonnements des différentes fentes 12, 14, 16 successives, régulièrement espacées et déphasées selon le principe de calcul de distance inter-fentes expliqué ci-dessous.

[0018] Dans le tronçon a, la théorie du rayonnement de petites ouvertures due à H. A. Bethe, « Theory of diffraction by small holes, Phys. Rev., vol. 66, pp. 1263, 1944 » s'applique. Dès lors, le rayonnement d'une petite ouverture, ici une fente élémentaire 12, peut s'exprimer sous la forme du rayonnement de dipôles magnétiques équivalents notés $\vec{m}$ et s'écrivant sous la forme d'une relation entre le champ magnétique propagé à l'intérieur

du guide d'ondes, noté $\vec{H}_0$, et d'un coefficient appelé « polarisabilité magnétique de l'ouverture », noté α_m . A distance suffisante de l'ouverture, le moment magnétique du dipôle magnétique équivalent au rayonnement de cette ouverture s'écrit sous la forme de la dyade $\vec{m} = \alpha_m \cdot \vec{H}_0$. La polarisabilité magnétique d'une fente en forme d'ellipse très allongée possède une solution analytique. Elle s'écrit selon le grand axe de dimension « $2l$ » de

$$\alpha_m = \frac{2\pi}{3} \frac{l^3 e^2}{E(e) - K(e)},$$

expression où « e » est l'excentricité de l'ouverture en forme d'ellipse, « $K(e)$ » et « $E(e)$ » sont respectivement les intégrales elliptiques complètes de première et de seconde espèce. La polarisabilité magnétique d'une fente de géométrie rectangulaire 12 s'avère correctement approchée par celle d'une fente de géométrie elliptique de même grand et petit axe. Dès lors, le long du tronçon rayonnant continu a, on dispose des fentes 12 de grand axe calculées telles que la polarisabilité de ces fentes permette un couplage réduit d'environ 60 décibels entre la puissance propagée à l'intérieur du guide et celle rayonnée à l'extérieur, permettant le passage d'une puissance suffisante à entretenir la communication sol-train. L'expression précédente de la polarisabilité magnétique de l'ouverture montre également que α_m croît en fonction de β^3 .

[0019] Le long du tronçon b de transition, on augmente très progressivement la polarisabilité des ouvertures en modifiant régulièrement ce paramètre l des fentes 14 afin que, depuis les -60 dB initiaux, on monte progressivement le niveau de puissance rayonnée extrait du guide et reçu par l'antenne du train en translation à proximité. L'évolution de cette dimension l est calculée afin que l'évolution de la puissance transmise par chaque fente, qui varie en β^3 , produise la variation linéaire de montée en puissance requise le long de ce tronçon b, tant que l'hypothèse de Bethe des petites ouvertures reste valide. En fin de tronçon b, la puissance du signal rayonné a augmenté fortement.

[0020] Dans l'antenne directive formée par le tronçon c, partant de ce niveau de rayonnement déjà important obtenu progressivement le long du deuxième tronçon b, l'objectif est d'utiliser au mieux toute l'énergie résiduelle afin de rayonner rapidement et efficacement toute l'énergie résiduelle en extrémité de guide. Une fente résonante en demi-onde dans l'air, correctement alimentée, possède une efficacité de rayonnement importante et présente la propriété de rayonner pratiquement toute l'énergie qui lui est communiquée. Dès lors, si l'on dispose dans ce troisième tronçon c une fente résonante 16 en demi-onde à la fréquence de travail, celle-ci rayonne de part et d'autre de son plan l'essentiel de l'énergie incidente. Cette énergie est donc rayonnée pour moitié dans le demi-milieu interne au guide d'ondes (elle est réinjectée dans celui-ci) et rayonnée pour moitié vers l'extérieur.

En pratique, Il subsiste donc dans le guide d'ondes, dans le tronçon c, après une première fente 16 résonante en demi-onde, environ la moitié de la puissance initiale. On dispose dès lors un nombre réduit n de fentes résonantes 16 en demi-onde successives ($n < 10$) dans cette partie c terminale afin que l'on puisse considérer que toute l'énergie résiduelle est effectivement rayonnée, fente 16 après fente 16. Ce processus conduit à une atténuation

rapide, proche de $\left(\frac{1}{2}\right)^n$, de la puissance transmise en

interne au guide et au rayonnement efficace de toute l'énergie résiduelle, sans pertes additionnelles (transitions, connecteurs, câble) et dans la direction de propagation commune aux trois tronçons a, b et c. L'extrémité du guide ne transportant plus d'énergie radiofréquence pourra être laissée ouverte, simplement protégée par un capuchon diélectrique assurant l'étanchéité mécanique.

[0021] Le pas entre deux fentes 12, 14 et 16 consécutives est fonction de la section du guide d'ondes et de la longueur d'onde des signaux utilisés. Il est calculé de manière à obtenir un signal d'amplitude constante tout le long du dispositif de communication à proximité de la structure rayonnante continue, en particulier au-dessus d'une fente, ou entre deux fentes. Il est obtenu en prenant en compte le déphasage de signaux alimentant les fentes du guide d'ondes, à partir de la longueur d'onde guidée - elle-même fonction des dimensions géométriques internes du guide et de son mode de propagation - ainsi que du déphasage subi dans l'air, hors du guide d'ondes, par l'ensemble des rayonnements des fentes contribuant au champ total reçu en tous points de réception à proximité du guide. Cette distance inter-fentes est constante et identique le long des tronçons a, b et c afin d'assurer un niveau croissant continûment de signal au-dessus du guide d'ondes.

[0022] Le guide d'ondes rayonnant est installé le long de la voie de transport sous la forme de tronçons unitaires raccordés électriquement et mécaniquement entre eux. Afin d'assurer le transport et le montage/démontage aisé de ces tronçons, la longueur de chacun de ces tronçons unitaire est limitée en pratique à une valeur n'excédant pas 20 m. Un tronçon terminal est formé des tronçons b et c représentés en figure 2. L'antenne directive formée par le troisième tronçon c présente une longueur courte, limitée à moins de dix fentes, de longueur nettement inférieure à un mètre. Le deuxième tronçon de transition b pourra avantageusement avoir une dimension au plus égale à la longueur d'un tronçon unitaire moins la longueur du tronçon c. Le premier tronçon rayonnant continu a, très long, est réalisé par tous les autres tronçons unitaires situés en amont mais peut en variante, faire partie du tronçon terminal, en fonction de la dynamique de variation des signaux tolérable par les équipements radio et donc de la distance de transition effective nécessaire à assurer les tronçons b et c.

[0023] Au-delà de l'antenne directive formée par le

troisième tronçon c, la couverture radioélectrique aval s'effectue en propagation libre, c'est-à-dire avec des caractéristiques fonction de l'environnement radioélectrique propres à l'environnement de propagation de station, d'atelier, de garage ou, de voie dans le cas de la solution mixte d'exploitation par structure rayonnante continue et antennes discrètes.

[0024] L'explication ci-dessus a été donnée en considérant un train évoluant au-dessus du dispositif de communication et quittant cette zone de couverture radioélectrique. Le tronçon terminal rayonnant formé des deuxième et troisième tronçons b et c assure la montée en puissance progressive des signaux reçus par le train. Le problème est réversible lorsqu'un train approche depuis une zone non-équipée par le dispositif de communication selon l'invention vers une zone équipée, en assurant une décroissance continue de la puissance des signaux reçus depuis cette fois l'antenne directive (troisième tronçon c) jusqu'à la structure rayonnante continue (premier tronçon a). Cette disposition réversible est particulièrement utile dans le scénario où deux tronçons de voie à couverture radioélectrique complexe requièrent l'emploi d'un guide d'ondes rayonnant et encadrent un environnement plus simple dont la couverture radioélectrique est assurée par une ou des antenne(s) discrète(s) consécutives. En extrémité de première zone à guide d'ondes équipée d'un tronçon terminal de transition conforme à l'invention, la puissance des signaux transmis augmentera progressivement, en accord avec la dynamique tolérable par les équipements radio utilisés. Les conditions de propagation libre s'appliquent ensuite dans l'environnement de propagation libre intermédiaire pour lequel un maximum d'énergie radiofréquence a cependant été communiqué par le tronçon terminal de transition à pertes très réduites, permettant ainsi d'assurer une propagation libre efficace. A proximité de la seconde zone d'installation du guide d'ondes à nouveau couverte par un guide d'ondes rayonnant selon l'invention, le signal augmentera du fait de la proximité de la source de rayonnement puis, passé le début du troisième tronçon c et le long du deuxième tronçon b, le signal décroîtra progressivement sur quelques mètres, jusqu'à revenir au niveau de base reçu tout le long du premier tronçon a.

[0025] Dans ce premier mode de réalisation, les premier, deuxième et troisième tronçons du dispositif de communication sont adjacents et consécutifs, le second tronçon b permettant de passer progressivement d'un mode de fonctionnement continu de faible rayonnement à un mode de fonctionnement local de rayonnement intense.

L'invention permet donc de réaliser très simplement et économiquement un dispositif de communication radioélectrique qui assure deux types de communication dans deux environnements de propagation différents.

Ce dispositif autorise une montée continue en puissance, sur une longueur ajustable, pouvant atteindre plusieurs mètres et permettant aux équipements radio embarqués sur le train de « suivre » cette montée en puissance pro-

gressivement, sans risque de perte de synchronisation des signaux.

[0026] En variante, il est possible de renforcer localement le rayonnement en pratiquant localement des fentes de taille plus importantes sur quelques mètres, par exemple dans le cas où le guide d'ondes est physiquement et localement éloigné de l'antenne du train pour contourner un appareil de voie. L'énergie supplémentaire rayonnée localement sur ces quelques mètres permet de pallier l'atténuation supplémentaire liée à cet écart de distance accru localement. Une telle variante est représentée par la figure 3.

[0027] Sur une région de la structure rayonnante 20 où l'on souhaite accroître localement le rayonnement du signal, il est pratiqué entre deux tronçons rayonnants continus a une première série de fentes 14 (zone rayonnante intermédiaire b) dont la grande dimension croît depuis une longueur très inférieure à la longueur d'onde du signal propagé dans le guide à une longueur inférieure à la demi-longueur d'onde. Il est ensuite pratiqué une deuxième série de fentes 14' (zone rayonnante intermédiaire b') dont la grande dimension décroît depuis une longueur inférieure à la demi-longueur d'onde à une longueur très inférieure à la longueur d'onde du signal propagé dans le guide. Le profil d'évolution de la longueur des grands axes des fentes dans ces tronçons intermédiaires b et b' est déterminé théoriquement comme cela a été décrit précédemment pour le deuxième tronçon b. La série de fentes du tronçon b, suivie de la série de fentes du tronçon b' crée localement un tronçon c' rayonnant plus intense. Afin d'obtenir le renforcement du signal nécessaire sur la longueur souhaitée, le tronçon c' peut être développé sur la longueur souhaitée en ajoutant des fentes dont les grandes dimensions sont toutes égales à celle de la dernière fente 14 du tronçon b ou à la première fente 14' du tronçon b'. Cette dimension, limite supérieure du grand axe des fentes des tronçons b, c', b' est calculée à partir de l'expression précédente de la polarisabilité magnétique α_m de la fente afin d'obtenir la puissance rayonnée nécessaire à compenser l'atténuation supplémentaire liée à l'écart de distance accru localement puis, à autoriser un retour à un fonctionnement de type a après cette zone de renforcement local c' de signal, via le tronçon b'. Bien entendu, l'énergie du signal propagé après ce type de zone est atténuée par rapport à une structure à guide d'ondes ne comprenant pas les tronçons b, c' et b', ce qui sous-entend qu'il faut, à longueur égale de guide d'ondes, prévoir des répéteurs en plus grand nombre.

[0028] Le fonctionnement d'un tel dispositif a été décrit en considérant le cas de figure d'une communication sol vers trains, où l'énergie radiofréquence est communiquée à la structure rayonnante à destination des trains. Le principe général de réversibilité émission-réception des antennes s'applique à l'invention, c'est-à-dire dans le cas d'une communication trains vers sol pour laquelle de l'énergie radiofréquence est émise par l'antenne train, captée par la structure rayonnante et propagée en inter-

ne à cette structure jusqu'à un équipement de réception distant.

5 Revendications

1. Dispositif de communication radioélectrique (10, 20) comportant une structure continue rayonnante (a) à guide d'ondes percé d'une première série de fentes (12) formant un premier tronçon de structure rayonnante, à l'intérieur de laquelle un signal hyperfréquence est injecté, une antenne directive (c) et un moyen de transition (b) d'énergie entre la structure continue rayonnante (a) et l'antenne directive (c) **caractérisée en ce que** ledit moyen de transition (b) et ladite antenne directive (c) sont constitués respectivement d'un deuxième et d'un troisième tronçon de structure rayonnante respectivement percés d'une deuxième et troisième séries de fentes (14, 16), lesdits premier, deuxième et troisième tronçons de structure rayonnante (a, b, c) étant adjacents et consécutifs.
2. Dispositif de communication radioélectrique (10, 20) selon la revendication 1 **caractérisé en ce que** la grande dimension de la première série de fentes (12) est très inférieure à la longueur d'onde du signal hyperfréquence se propageant dans la structure rayonnante.
3. Dispositif de communication radioélectrique (10, 20) selon la revendication 1 **caractérisé en ce que** la grande dimension de la troisième série de fentes (16) est identique sur la longueur du troisième tronçon (c) et proche mais inférieure à la demi longueur d'onde du signal propagé dans la structure rayonnante.
4. Dispositif de communication radioélectrique (10, 20) selon l'une quelconque des revendications précédentes **caractérisé en ce que** la grande dimension de la deuxième série de fentes (14) s'étend progressivement sur la longueur du deuxième tronçon (b), depuis la grande dimension de la première série de fentes (12) jusqu'à une dimension qui reste inférieure à celle de la troisième série de fentes (16).
5. Dispositif de communication radioélectrique (10, 20) selon l'une quelconque des revendications précédentes **caractérisé en ce que** le pas entre deux fentes (12, 14, 16) consécutives est constant et identique le long des trois tronçons de structure rayonnante (a, b, c).
6. Dispositif de communication radioélectrique (10, 20) selon l'une quelconque des revendications précédentes **caractérisé en ce que** les fentes (12, 14, 16) sont disposées transversalement à la direction

longitudinale de la structure rayonnante.

7. Dispositif de communication radioélectrique (10, 20) selon l'une quelconque des revendications précédentes **caractérisée en ce que** la longueur du deuxième tronçon (b) est comprise entre 1 et 20 mètres. 5
8. Dispositif de communication radioélectrique (10, 20) selon l'une quelconque des revendications précédentes **caractérisée en ce que** la troisième série de fentes (16) comprend jusqu'à dix fentes. 10
9. Dispositif de communication radioélectrique (10, 20) selon l'une quelconque des revendications précédentes **caractérisée en ce que** la troisième série de fentes (16) est formée par la jonction de la deuxième série de fentes (14) avec la même série de fentes (14') inversée **en ce que** la grande dimension diminue progressivement de la demi-longueur d'onde du signal propagé à une dimension très inférieure à la longueur d'onde du signal propagé. 15 20

25

30

35

40

45

50

55

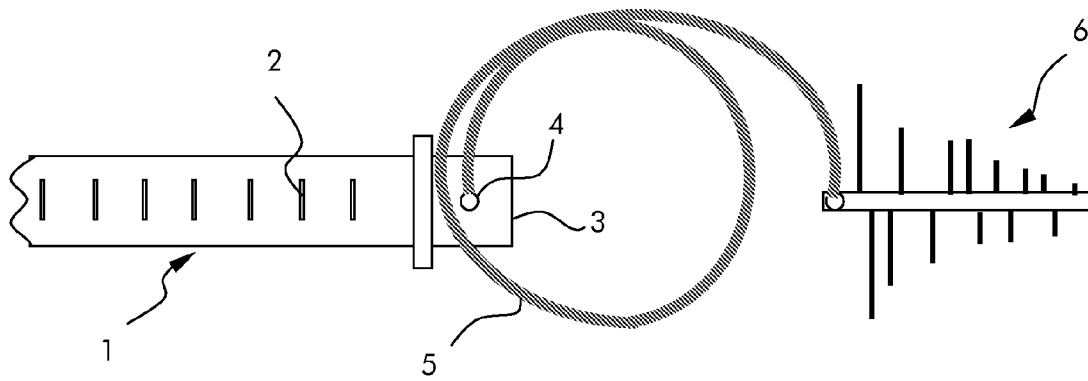


FIGURE 1 – ART ANTERIEUR

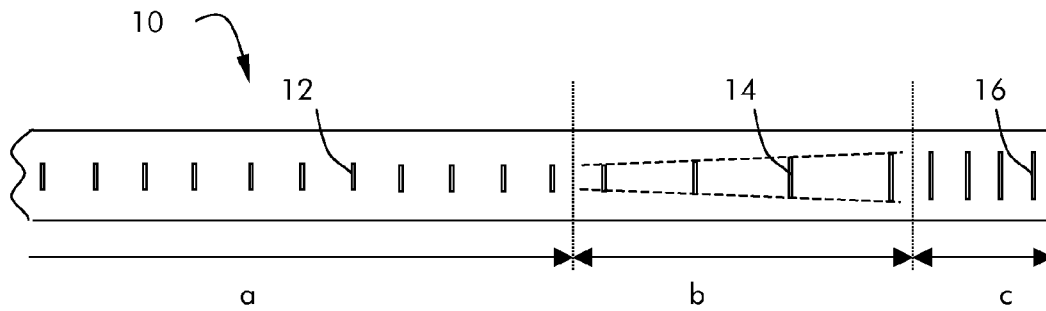


FIGURE 2

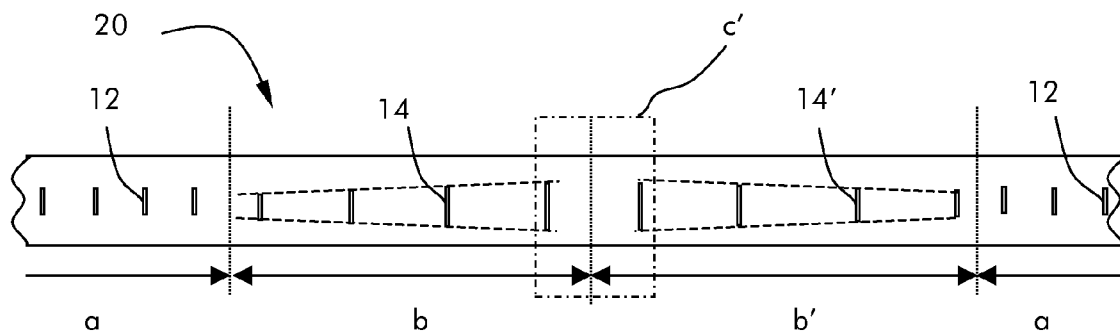


FIGURE 3



RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 08 10 5428

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
X	US 2 981 949 A (ELLIOTT ROBERT S) 25 avril 1961 (1961-04-25) * le document en entier * -----	1-9	INV. B61L3/22 H01Q1/32 H01Q13/20 H01Q19/30
X	FR 1 531 311 A (TOKYO SHIBAURA ELECTRIC CO) 5 juillet 1968 (1968-07-05) * le document en entier * -----	1,2,4-8	
X	EP 0 274 055 A (ALSTHOM [FR]) 13 juillet 1988 (1988-07-13) * le document en entier * -----	1-9	
X	US 4 518 967 A (WESTERMAN CHARLES W [US]) 21 mai 1985 (1985-05-21) * le document en entier * -----	1-8	
X	US 4 313 120 A (WESTERMAN CHARLES W) 26 janvier 1982 (1982-01-26) * le document en entier * -----	1-8	
X	EP 0 529 581 A (ALSTHOM GEC [FR]) 3 mars 1993 (1993-03-03) * pages 2-3; figure 1 * -----	1-3	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC) B61L H01Q
3 Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche La Haye		Date d'achèvement de la recherche 17 octobre 2008	Examineur Fredj, Aziz
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 08 10 5428

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

Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du

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

17-10-2008

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2981949	A	25-04-1961	AUCUN	
FR 1531311	A	05-07-1968	AUCUN	
EP 0274055	A	13-07-1988	CA 1288135 C	27-08-1991
			DE 3784678 D1	15-04-1993
			DE 3784678 T2	17-06-1993
			ES 2039412 T3	01-10-1993
			US 4932617 A	12-06-1990
US 4518967	A	21-05-1985	AUCUN	
US 4313120	A	26-01-1982	AUCUN	
EP 0529581	A	03-03-1993	CA 2077049 A1	01-03-1993
			DE 69201284 D1	09-03-1995
			DE 69201284 T2	24-05-1995
			ES 2069356 T3	01-05-1995
			FR 2680876 A1	05-03-1993
			JP 5208677 A	20-08-1993
			US 5430455 A	04-07-1995

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82

RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- FR 2608119 [0002]

Littérature non-brevet citée dans la description

- **H. A. BETHE.** Theory of diffraction by small holes.
Phys. Rev., 1944, vol. 66, 1263 [0018]