

PROCEDE ET DISPOSITIF DE BROUILLAGE A EFFET LINEIQUE CONFINE

L'invention concerne un procédé et un dispositif de brouillage utilisant un aérien linéique et un dispositif de brouillage, l'ensemble étant
5 adapté à générer et diffuser des signaux perturbateurs ou de brouillage dans un espace fermé ou semi-ouvert donné sans impact sur le fonctionnement des éléments disposés à l'extérieur de cet espace.

Elle trouve son application pour perturber ou empêcher le fonctionnement de systèmes radioélectriques, de dispositifs de
10 radiocommunication, dont l'emploi est illicite, ou de systèmes radioélectriques ne possédant pas d'autorisation de fonctionnement, au sein d'enceintes, de prisons, de salles d'examen, etc.

Dans certains environnements tels que les prisons, les centres d'examen, les établissements scolaires, certaines salles dans les
15 ambassades, les centres d'expérimentations, etc., l'utilisation de dispositifs de radiocommunication, tels que les téléphones portables, est interdite. L'un des problèmes posés aujourd'hui est d'éradiquer toutes les radiocommunications non autorisées dans une enceinte fermée en contrôlant le confinement du signal utilisé pour empêcher ces communications en
20 évitant toute gêne pour les utilisateurs extérieurs non concernés par cette interdiction des radiocommunications.

L'état de l'art connu du demandeur décrit des systèmes de détection et des systèmes de brouillage qui vont bloquer les radiocommunications illicites et les systèmes qui les utilisent, depuis des
25 antennes radio conventionnelles. Ces dispositifs présentent de nombreux inconvénients; en raison des pertes géométriques en $20 \cdot \log_{10}(R)$ de la puissance rayonnée depuis une antenne conventionnelle (R étant la distance au centre de phase de l'antenne), ils sont mal appropriés en termes d'efficacité, de couverture, de puissance émise ; le confinement n'est pas
30 satisfaisant ce qui engendre des plaintes des opérateurs et des utilisateurs externes non concernés par cette interdiction ; ils sont très délicats à installer

et à maintenir, et souvent onéreux dès que des couvertures significatives doivent être obtenues.

Le brevet US 6 195 529 divulgue un procédé et un dispositif permettant de bloquer la transmission des téléphones mobiles en émettant
5 des signaux interférents dans la gamme de fréquence de la radio mobile.

Le document intitulé « Jamming Système for Mobile Communications » de POUSADA-CARBALLO et al, Electronics Letters, IEE STEVENAGE, vol.34, n°22, XP00601536, décrit un système de brouillage pour les communications dans une zone fermée, en générant des signaux de
10 bruit au niveau du canal de transmission correspondant au signal à brouiller.

La demande de brevet WO 98 56192 décrit un procédé permettant de réguler des communications cellulaires.

Il existe à l'heure actuelle un besoin de disposer d'un dispositif permettant un brouillage complet des radiocommunications considérées
15 comme illicites, dispositif s'appliquant à l'intérieur d'un espace donné fermé en général (ou connu sous l'expression espace « indoor »), dont l'efficacité soit fiable, la couverture contrôlée, l'effet confiné, et le confinement contrôlé. L'expression « terminal illicite ou interdit » désigne un terminal, dispositif de radiocommunication qui n'a pas l'autorisation de fonctionner dans un
20 périmètre donné et avec l'extérieur de ce périmètre.

On utilisera de manière indifférente l'expression «élément linéique» ou «aérien linéique » pour désigner un même élément.

L'objet de l'invention repose notamment sur l'utilisation d'un ou de plusieurs aériens à géométrie linéique associés à des effecteurs constitués
25 de dispositifs de brouillage et de couplages adaptés. L'emploi de ces effecteurs et la géométrie linéique de l'aérien permettent à la fois :

- d'assurer une couverture fiable du brouillage,
- de contrôler le confinement du brouillage,
- d'émettre simultanément de nombreux signaux de brouillage adressant
30 simultanément un grand nombre d'intervalles en fréquence et un grand

nombre de systèmes de radiocommunication dont les plans de fréquence sont inclus dans ces intervalles.

L'invention concerne un dispositif de brouillage confiné disposé dans une zone de couverture dans laquelle peuvent se trouver des dispositifs de radiocommunication interdits dont on cherche à empêcher le fonctionnement, caractérisé en ce qu'il comporte au moins les éléments suivants :

- au moins un aérien linéique comprenant plusieurs orifices O_i permettant le rayonnement de signaux de brouillage, l'aérien linéique étant relié à un ou plusieurs effecteurs via un connecteur,
- le ou lesdits éléments effecteurs, étant adaptés à injecter à une extrémité au moins de l'aérien linéique un ou plusieurs signaux de brouillage, le flux de puissance $P_{j,f}$ du signal de brouillage $J_{j,f}$ dans la bande $B_{j,f}$ d'une porteuse f est choisi tel que le rapport $P_{S,j,f}/P_{J,f}$, entre le flux de puissance $P_{S,j,f}$ du signal $S_{j,f}$ potentiellement utilisable par le dispositif interdit sur la porteuse f et le flux de puissance $P_{J,f}$, du signal J_f présent sur la porteuse f pour empêcher le dispositif interdit de fonctionner est inférieur au seuil de fonctionnement $\text{Seuil}_{S,j,f}$ du dispositif interdit ($P_{S,j,f}/P_{J,f} \leq \text{Seuil}_{S,j,f}$).

Selon une variante de réalisation, l'effecteur est adapté à générer, pour un point $M(r,l)$ où se trouve un dispositif de radiocommunication interdit, une valeur de la densité spectrale $N_{j,f}(r,l)$ du signal de brouillage injecté dans l'aérien linéique via le connecteur telle que pour la bande $B_{i,f}$ de chaque porteuse f on ait

$$10.\log_{10}(N_{j,f}(r,l).B_{i,f}) \geq 10.\log_{10}(P_{S,j,f}) - 10.\log_{10}(\text{Seuil}_{S,j,f}) + C(r_0) + P' \cdot (l - l_0) + 10.\log_{10}(r/r_0) + \eta \quad \text{où}$$

. r, l , sont les coordonnées d'un point M ,

. l_0 désigne une distance linéique de référence, r_0 désigne une distance radiale de référence à l'élément linéique,

. P' désigne le taux des pertes linéiques le long de l'aérien rayonnant à partir de la distance l_0 ,

. $-C(r_0)$ désigne les pertes par couplage dans la bande B_J à la distance radiale de référence r_0 ,

. η représente une marge de précaution tenant compte des atténuations supplémentaires du signal de brouillage lors de sa propagation de l'aérien au terminal interdit.

L'effecteur est, par exemple, adapté à générer une puissance d'émission tenant compte d'un ou de plusieurs des éléments suivants :

- les mesures des niveaux des signaux de balise, de contrôle et de trafic provenant d'émetteurs présents dans les réseaux externes et susceptibles

10 d'entrer en communication avec les dispositifs illicites,

- le taux P' de pertes linéiques dans l'aérien linéique,

- les pertes par couplages $-C(r_0)$ de l'aérien linéique,

15 - des marges η destinées à compenser les atténuations supplémentaires de nature diverses qui peuvent affecter le signal de brouillage J lors de sa propagation depuis l'aérien linéique jusqu'au dispositif à brouiller.

Selon une variante, les caractéristiques des dispositifs de radiocommunication interdits et les caractéristiques du régime de rayonnement de l'aérien sont préalablement connues ou mesurées pour paramétrer et régler les bandes de fréquence du signal de brouillage, la nature des signaux de brouillage émis et les niveaux en sortie de l'effecteur dont le signal est injecté dans l'aérien via le coupleur.

Au moins un des effecteurs est, par exemple, adapté à la génération et à l'émission des signaux de brouillage, et est un brouilleur générique large bande.

25 L'effecteur est, par exemple, adapté à la génération et l'émission des signaux de brouillage et est composé d'un ensemble de brouilleurs dédiés, dont les signaux en sorties sont transmis à des modules de filtrage et d'amplification et redressement, puis injectés dans un coupleur, la sortie dudit coupleur étant injectée dans l'aérien linéique.

30 Selon une variante, l'effecteur est, par exemple, adapté à la génération et l'émission des signaux de brouillage et comporte des modules

de filtrage sélectifs en fréquence adaptés à exciser le signal de brouillage pour libérer une ou plusieurs porteuses utilisables par un sur-réseau de radiocommunication contrôlé.

Le dispositif peut comporter un moyen adapté à duplexer le signal
 5 en sortie d'un effecteur et un dispositif d'injection dudit signal dans deux aériens linéiques différents.

Le dispositif peut aussi comporter un premier effecteur disposé à une première extrémité de l'aérien linéique et un deuxième effecteur disposé à une deuxième extrémité de l'aérien linéique afin d'injecter un signal de
 10 brouillage J1, J2, à chaque extrémité de l'aérien linéique.

Le dispositif peut comporter un système de baffles adapté à optimiser localement le confinement, baffles pour lesquelles on peut utiliser des grilles de passage de câbles électriques avec montage inversé, des grillages de mailles et de géométries diverses.

15 L'invention concerne aussi un procédé de brouillage confiné du fonctionnement d'un ou de plusieurs dispositifs de radiocommunication interdits dans une zone donnée, mis en œuvre dans le dispositif présentant l'une des caractéristiques précédentes, le procédé est caractérisé en ce qu'il comporte au moins les étapes suivantes :

- 20 • utiliser au moins un aérien linéique comprenant plusieurs orifices O_i permettant le rayonnement de signaux de brouillage, l'aérien linéique étant relié à un ou plusieurs effecteurs via un connecteur,
- injecter à une extrémité au moins de l'aérien linéique un ou plusieurs signaux de brouillage, le flux de puissance $P_{J,f}$ du signal de brouillage
 25 $J_{J,f}$ dans la bande $B_{J,f}$ d'une porteuse f est choisi tel que le rapport $P_{S,J,f}/P_{J,f}$, entre le flux de puissance $P_{S,J,f}$ du signal $S_{J,f}$ potentiellement utilisable par le dispositif interdit sur la porteuse f et le flux de puissance $P_{J,f}$ du signal J_f présent sur la porteuse f pour empêcher le dispositif interdit de fonctionner soit inférieur au seuil de
 30 fonctionnement $\text{Seuil}_{S,J,f}$ du dispositif interdit ($P_{S,J,f}/P_{J,f} \leq \text{Seuil}_{S,J,f}$).

Pour la mise en œuvre du procédé, on génère une valeur de la densité spectrale $N_{j,f}(r,l)$ pour le signal brouillage injecté dans l'aérien linéique telle que pour la bande $B_{i,f}$ de chaque porteuse f

$$10.\log_{10}(N_{j,f}(r,l).B_{i,f}) \geq 10.\log_{10}(P_{S,j,f}) - 10.\log_{10}(\text{Seuil}_{S,j,f}) + C(r_0) +$$

$$5 \quad P'.(l-l_0) + 10.\log_{10}(r/r_0) + \eta \text{ où}$$

. r, l , sont les coordonnées d'un point M ,

. l_0 désigne une distance linéique de référence,

. r_0 désigne une distance radiale de référence à l'élément linéique,

. P' désigne le taux des pertes linéiques le long de l'aérien rayonnant à partir
10 de la distance l_0 ,

. $-C(r_0)$ désigne les pertes par couplage dans la bande B_j à la distance radiale de référence r_0 ,

. η représente une marge de précaution tenant compte des atténuations supplémentaires du signal de brouillage lors de sa propagation de l'aérien au
15 terminal interdit.

D'autres caractéristiques et avantages du procédé et du dispositif selon l'invention apparaîtront mieux à la lecture de la description qui suit d'un exemple de réalisation donné à titre illustratif et nullement limitatif annexé des figures qui représentent :

- 20 • la figure 1, un exemple de dispositif selon l'invention comprenant un élément linéique en entrée duquel un dispositif de brouillage injecte un signal de brouillage dédié à l'éradication des radiocommunications non autorisées,
- la figure 2, un détail d'élément linéique,
- 25 • la figure 3a, un exemple d'agencement d'un élément linéique pourvu à chacune de ses extrémités d'un effecteur et mis en œuvre dans un espace avec une direction privilégiée,
- la figure 3b, un exemple possible d'agencement de plusieurs éléments linéiques pour la mise en œuvre du procédé dans un espace fermé de
30 forme rectangulaire ou carrée dont les éléments linéiques définissent le périmètre, dans lequel le signal de brouillage, émanant de deux

effecteurs présents aux extrémités d'une diagonale, est distribué dans chaque demi-périmètre,

- la figure 4, une représentation d'un élément linéique avec un effecteur connecté à chaque extrémité.

5 Afin de mieux faire comprendre l'objet de l'invention, la description est donnée à titre illustratif et nullement limitatif pour une application visant à empêcher le fonctionnement (émission/réception) d'un téléphone mobile dont l'utilisation est interdite au sein d'une prison, c'est-à-dire que l'on va faire en sorte que les signaux de signalisation à destination de ce téléphone mobile
10 ne puissent être ni décodés ni interprétés par ce dernier, ce qui lui rend impossible tout accès au réseau, toute demande d'appel ou toute réponse aux appels. Cet exemple peut être étendu à tous les dispositifs de radiocommunication dont le fonctionnement n'est pas autorisé dans un espace donné.

15 La figure 1 schématise un premier exemple de réalisation du dispositif selon l'invention comportant un aérien à géométrie linéique 1, associé à un dispositif de génération d'ondes perturbatrices ou effecteur 2, via un connecteur 3. Le téléphone mobile 4 qui n'est pas autorisé à recevoir des communications ou des données se trouve sur cette figure dans le
20 voisinage et dans la zone d'efficacité de l'aérien linéique.

L'effecteur 2 est par exemple composé de:

- un ou plusieurs dispositifs de génération et d'émission de signaux de brouillages 5, 5',
- un ou plusieurs modules de filtrages et des étages d'amplification et
25 redressement 6, 6', des signaux émis par les dispositifs de génération et d'émission précités, ces modules de filtrages et amplification permettant de régler finement les bandes, les porteuses et les niveaux en sortie,
- d'un coupleur 7 permettant de constituer le signal effectivement injecté dans l'aérien linéique 1 via le connecteur 3.

30 Un tel agencement permet de produire un signal de brouillage large bande ou un signal de brouillage multi-bande, de bandes de fréquence,

de porteuses et de niveaux adéquats dans des zones données où des téléphones mobiles 4 dont on cherche à empêcher le fonctionnement peuvent se trouver. En pratique, le signal de brouillage est injecté dans l'aérien linéique via le connecteur 3 avec un niveau ajusté sur chaque bande et sur chaque porteuse dans ces bandes pour brouiller et empêcher sur ces porteuses tous les échanges de données entre le terminal mobile et des réseaux de communications interdites, et ce, dans l'ensemble de la zone couverte par l'aérien linéique. C'est-à-dire que dans l'exemple de la figure 1, le signal de brouillage J résultant, considéré au niveau du terminal interdit a, pour chacune des porteuses potentiellement utilisables par le terminal interdit, une puissance P_J définie en fonction de la puissance P_S des signaux écoutés par le terminal interdit, de telle manière que le rapport P_S/P_J soit inférieur au seuil de fonctionnement Seuil_S du téléphone portable interdit sur chaque porteuse utilisable (ce seuil de fonctionnement Seuil_S étant connu de l'homme de métier pour chaque réseau de radiocommunication à interdire par consultation des normes de ces réseaux).

L'aérien à géométrie linéique 1 présente par exemple des caractéristiques de rayonnement qui, combinés à des effecteurs adaptés tels que décrits ci-dessus, permettent de perturber le fonctionnement de téléphone mobile présent au point $M(r,l)$ en contrôlant précisément le flux de la puissance rayonnée $P_J(r,l)$ en fonction de la distance linéique l et de la distance radiale r qui définissent les positions $M(l)$ d'un ou de plusieurs dispositifs illicites (i.e. les positions des téléphones mobiles 4 dans la zone couverte par l'aérien linéique). La distance linéique l est définie, par exemple, par rapport au connecteur 3 de l'élément linéique. La distance radiale r est déterminée par la mesure de la perpendiculaire à l'élément linéique qui rencontre le point $M(r,l)$, par exemple.

Plus précisément, le flux de puissance de brouillage rayonné $P_J(l,r)$ par l'aérien dans une bande brouillée B_J au point $M(r,l)$ repéré par la distance linéique l et la distance radiale r , est donné en décibel (dB) par le régime « cylindrique » de rayonnement exprimé par la formule suivante :

$$10.\log_{10}(P_J(l,r)) = 10.\log_{10}(P_0(l_0)) - C(r_0) - P' \cdot (l-l_0) - 10.\log_{10}(r/r_0) \quad (1)$$

. l désignant la distance linéique,

. r désignant la distance radiale à l'élément linéique,

. l_0 désignant une distance linéique de référence (en général l'homme de l'art

5 considère l_0 comme nul ou très faible et fait correspondre l_0 par exemple à la sortie du coupleur 7) et $P_0(l_0)$ désignant la puissance correspondante dans la bande B_J résultant de l'injection du signal de brouillage dans l'aérien via le connecteur 3,

. P' désignant le taux des pertes linéiques le long de l'aérien rayonnant à
10 partir de la distance linéique de référence l_0 (perte supposée, pour simplifier l'écriture mais sans limitation de généralité, constante dans la bande B_J , elle-même supposée suffisamment étroite); cette valeur est une donnée constructeur en général ou une grandeur appairée par la mesure dans chacune des bandes B_J , cette valeur est d'au plus quelques dB par 100 m de
15 propagation dans l'aérien,

. r_0 désignant une distance radiale de référence à l'élément linéique (en général l'homme de l'art considère $r_0 = 2$ m),

. $-C(r_0)$ désignant les pertes par couplage dans la bande B_J à la distance radiale de référence r_0 ; ($-C(r_0)$, donnée constructeur en général, ou appairée
20 par mesure, présente une valeur de l'ordre de -55 dB à -70 dB à distance radiale de référence $r_0 = 2$ m, homogène sur la longueur de l'aérien),

. $P_J(l, r)$ est le flux de puissance dans la bande B_J du signal J au point $M(r, l)$. Dans le cas où l'on a plusieurs signaux de brouillage, la puissance P_J considérée est globale et peut correspondre à plusieurs sous bandes (dans
25 ce cas ce qui compte pour l'efficacité du brouillage est $P_S / P_J < \text{Seuil}_S$ dans la bande précédemment notée B_J de la porteuse de S).

Dans la formulation (1) ci-dessus :

. le taux des pertes linéiques P' par propagation dans l'aérien est faible, ce qui garantit un niveau de radiation de l'aérien homogène sur les longueurs
30 visées par l'invention, la distance linéique vérifiant typiquement $l \in [l_0, L]$;

$L \leq 100$ m,

. le régime cylindrique (exprimé en dB par $-10 \cdot \log_{10}(r/r_0)$ dans la formulation(1)) des pertes de propagation par rayonnement dépend linéairement de l'inverse de la distance radiale r à l'aérien linéique et non pas quadratiquement de l'inverse de la distance R (distance réelle/centre de phase) absolue au centre de phase de l'aérien comme dans le cas des systèmes classiques décrits dans l'état de l'art.

Les dimensions de l'élément aérien linéique, son diamètre Φ , sa longueur L et son orientation par rapport à la géométrie de la zone à couvrir, ainsi que la répartition des orifices O_i permettant la diffusion des signaux de brouillage J et le positionnement d'éventuels baffles pour faciliter le confinement sont choisis notamment en fonction des dispositifs de radiocommunication dont on souhaite éradiquer le fonctionnement, et de la géométrie de la zone dans laquelle on souhaite éradiquer le fonctionnement des radiocommunications illicites.

Lorsque la zone à couvrir présente des directions privilégiées (couloirs, coursives) comme sur la figure 3a, l'orientation des éléments linéiques est effectuée par exemple de manière tangentielle à ces directions privilégiées. Lorsque la zone à couvrir est une enceinte fermée sans direction privilégiée, comme sur la figure 3b, les aériens sont disposés par exemple tangentiellement aux arêtes de cette enceinte.

Les puissances d'émission de l'effecteur 2 sont réglées, par exemple en tenant compte d'un ou plusieurs des éléments suivants:

- les mesures des niveaux de champs correspondant provenant des émetteurs 8, 9, 10, 11 présents dans les réseaux externes et susceptibles d'entrer en communication avec les terminaux illicites dont on veut éradiquer les radiocommunications, et
- le régime de pertes linéique explicité par la formule (1) ci-dessus, et
- de marges η destinées à compenser les atténuations supplémentaires de natures diverses qui peuvent affecter le signal de brouillage J lors de sa propagation depuis l'aérien linéique 1 jusqu'au dispositif d'émission à brouiller, 4, (murs, portes, corps humain, etc.).

L'objectif est d'obtenir un signal de brouillage J de niveau au moins tel que, dans chaque bande B_j $j = 1 \dots J$ et pour chaque voie balise ou de contrôle f dans chaque bande B_j correspondant aux émetteurs externes susceptibles d'entrer en communication avec les terminaux

5 émetteurs/récepteurs illicites dont on veut éradiquer les radiocommunications, le flux de puissance $P_{j,f}$ du signal de brouillage $J_{j,f}$ dans la bande $B_{j,f}$ de la porteuse f soit tel que le signal $S_{j,f}$ potentiellement utilisable par le terminal interdit (indice i) sur la porteuse f, de flux de puissance $P_{S,i,f}$, soit reçu avec un rapport $P_{S,i,f}/P_{j,f}$ inférieur au seuil de

10 fonctionnement $\text{Seuil}_{S,j,f}$ du terminal portable interdit (ce seuil de fonctionnement $\text{Seuil}_{S,j,f}$ étant connu de l'homme de métier pour chaque réseau de radiocommunication et pour chaque type de porteuse balises f à interdire, par consultation des normes de ces réseaux). Ou encore, le rapport $P_{S,j,f}/P_{j,f}$, entre le flux de puissance $P_{S,j,f}$ du signal $S_{j,f}$ potentiellement

15 utilisable par le dispositif interdit sur la porteuse f et le flux de puissance $P_{j,f}$, du signal J_f présent sur la porteuse f pour empêcher le dispositif interdit de fonctionner est inférieur au seuil de fonctionnement $\text{Seuil}_{S,j,f}$ du dispositif interdit ($P_{S,j,f}/P_{j,f} \leq \text{Seuil}_{S,j,f}$). Ceci s'écrit en décibels :

20 $10.\log_{10}(P_{S,j,f}) - 10.\log_{10}(P_{j,f}) \leq 10.\log_{10}(\text{Seuil}_{S,j,f})$ dans la bande $B_{i,f}$ de la porteuse j, f, j étant l'indice de la bande du terminal, f celui de la porteuse, ou encore :

$10.\log_{10}(P_{j,f}) \geq 10.\log_{10}(P_{S,j,f}) - 10.\log_{10}(\text{Seuil}_{S,j,f})$ dans la bande $B_{i,f}$ de la porteuse f

Considérant un terminal interdit au point $M(r,l)$, la densité spectrale

25 $N_{j,f}(r,l)$ du signal brouillage injecté dans l'aérien linéique via le connecteur 3 doit donc vérifier pour la bande $B_{i,f}$ de chaque porteuse f :

$10.\log_{10}(N_{j,f}(r,l).B_{i,f}) - C(r_0) - P' \cdot (l-l_0) - 10.\log_{10}(r/r_0) \geq 10.\log_{10}(P_{S,j,f}) - 10.\log_{10}(\text{Seuil}_{S,j,f}) + \eta$

soit encore:

30 $10.\log_{10}(N_{j,f}(r,l).B_{i,f}) \geq 10.\log_{10}(P_{S,j,f}) - 10.\log_{10}(\text{Seuil}_{S,j,f}) + C(r_0) + P' \cdot (l-l_0) + 10.\log_{10}(r/r_0) + \eta \quad (2)$

où η représente une certaine marge de précaution pour prendre en compte des atténuations supplémentaires du signal de brouillage lors de sa propagation de l'aérien au terminal interdit 4.

Cette condition exprimée dans la formule (2), devant être vérifiée pour une zone définie par un rayon $r_0 \leq r \leq r_{\max}$, $l_0 \leq l \leq L_{\max}$ une condition suffisante est de la vérifier pour $r = r_{\max}$, $l = L_{\max}$, $\eta = \eta_{\max}$

$$10.\log_{10}(N_{j,f}.B_{i,f}) \geq 10.\log_{10}(P_{S,j,f}) - 10.\log_{10}(\text{Seuil}_{S,j,f}) + C(r_0) + P' \cdot (L_{\max} - l_0) + 10.\log_{10}(r_{\max}/r_0) + \eta_{\max} \quad (3).$$

L'exemple illustratif et non limitatif de la figure 1 montre des signaux de radiocommunication S_8, S_9, S_{10}, S_{11} provenant des émetteurs externes 8, 9, 10, 11 dans des bandes B_8, B_9, B_{10}, B_{11} , les émetteurs étant susceptibles d'entrer en communication avec le terminal illicite 4 dont on veut éradiquer les radiocommunications. Pour cette configuration, si l'on considère une porteuse balise ou de contrôle par émetteur externe, aux fréquences porteuses respectivement notées f_8, f_9, f_{10}, f_{11} , et aux bandes respectivement notées $B_{J,8}, B_{J,9}, B_{J,10}, B_{J,11}$, si l'on note $P_{S,8}, P_{S,9}, P_{S,10}, P_{S,11}$ les flux puissances correspondantes reçues par le terminal illicite 4, si l'on note $\text{Seuil}_{S,8}, \text{Seuil}_{S,9}, \text{Seuil}_{S,10}, \text{Seuil}_{S,11}$ les points de fonctionnements (connus de l'homme du métier) du terminal illicite 4 dans les bandes $B_{J,8}, B_{J,9}, B_{J,10}, B_{J,11}$ des porteuses f_8, f_9, f_{10}, f_{11} , les niveaux de signaux de brouillages minimum $P_{J,8}, P_{J,9}, P_{J,10}, P_{J,11}$ qui doivent être reçus par le terminal illicite 4 dans les bandes $B_{J,8}, B_{J,9}, B_{J,10}, B_{J,11}$ vérifient les conditions suivantes

En grandeurs réelles :

$$\begin{aligned} P_{S,8} / P_{J,8} &\leq \text{Seuil}_{S,8} \text{ dans la bande } B_{J,8} \text{ de la porteuse } f_8 \\ P_{S,9} / P_{J,9} &\leq \text{Seuil}_{S,9} \text{ dans la bande } B_{J,9} \text{ de la porteuse } f_9 \\ P_{S,10} / P_{J,10} &\leq \text{Seuil}_{S,10} \text{ dans la bande } B_{J,10} \text{ de la porteuse } f_{10} \\ P_{S,11} / P_{J,11} &\leq \text{Seuil}_{S,11} \text{ dans la bande } B_{J,11} \text{ de la porteuse } f_{11} \end{aligned}$$

En décibels :

$$10.\log_{10}(P_{J,8}) \geq 10.\log_{10}(P_{S,8}) - 10.\log_{10}(\text{Seuil}_{S,8}) \text{ dans la bande } B_{J,8} \text{ de la porteuse } f_8$$

$10.\log_{10}(P_{J,9}) \geq 10.\log_{10}(P_{S,9}) - 10.\log_{10}(\text{Seuil}_{S,9})$ dans la bande $B_{J,9}$ de la porteuse f_9

$10.\log_{10}(P_{J,10}) \geq 10.\log_{10}(P_{S,10}) - 10.\log_{10}(\text{Seuil}_{S,10})$ dans la bande $B_{J,10}$ de la porteuse f_{10}

- 5 $10.\log_{10}(P_{J,11}) \geq 10.\log_{10}(P_{S,11}) - 10.\log_{10}(\text{Seuil}_{S,11})$ dans la bande $B_{J,11}$ de la porteuse f_{11} , et ce,

sur la zone couverte par l'aérien linéique.

- On en déduit que les niveaux de densité spectrale de puissance injectés $N_{S,8}$ $N_{S,9}$ $N_{S,10}$ $N_{S,11}$ dans l'aérien linéique via le connecteur 3 doivent
10 vérifier les conditions suivantes en décibels :

$$10.\log_{10}(N_{J,11}(r,l).B_{J,11}) \geq 10.\log_{10}(P_{S,11}) - 10.\log_{10}(\text{Seuil}_{S,11}) + C(r_0) + P' \cdot (l-l_0) + 10.\log_{10}(r/r_0) + \eta_{11}$$

$$10.\log_{10}(N_{J,10}(r,l).B_{J,10}) \geq 10.\log_{10}(P_{S,10}) - 10.\log_{10}(\text{Seuil}_{S,10}) + C(r_0) + P' \cdot (l-l_0) + 10.\log_{10}(r/r_0) + \eta_{10}$$

15 $10.\log_{10}(N_{J,9}(r,l).B_{J,9}) \geq 10.\log_{10}(P_{S,9}) - 10.\log_{10}(\text{Seuil}_{S,9}) + C(r_0) + P' \cdot (l-l_0) + 10.\log_{10}(r/r_0) + \eta_9$

$$10.\log_{10}(N_{J,8}(r,l).B_{J,8}) \geq 10.\log_{10}(P_{S,8}) - 10.\log_{10}(\text{Seuil}_{S,8}) + C(r_0) + P' \cdot (l-l_0) + 10.\log_{10}(r/r_0) + \eta_8$$

- où η_8 η_9 η_{10} η_{11} représentent certaines marges de précaution pour prendre en
20 compte des atténuations supplémentaires du signal de brouillage lors de sa propagation de l'aérien au terminal interdit 4 dans les bandes B_8 , B_9 , B_{10} , B_{11} .

- Le dispositif effecteur 2 permettant la génération et l'émission des signaux de brouillage est composé, par exemple, d'un brouilleur générique large bande ou bien d'un ensemble de brouilleurs dédiés chacun à l'un des
25 réseaux de radiocommunications interdites dans la zone couverte, redressés en amplitude le cas échéant, et dont les sorties sont couplées selon des procédés bien connus de l'homme du métier avant injection dans l'aérien linéique de manière à traiter plusieurs bandes B_j et de multiples porteuses f_j simultanément. Ses caractéristiques sont, par exemple, choisies en fonction
30 des dispositifs illicites susceptibles de se trouver dans une zone surveillée. Ceci permet en quelque sorte de construire un effecteur « à la carte »

spécifiquement adapté à la configuration radioélectrique traitée et aux réseaux dont les communications doivent être localement neutralisées.

Par exemple, il est possible d'utiliser des brouilleurs dédiés de radio-cellulaires de deuxième, troisième et quatrième Génération, des
5 brouilleurs GPS (acronyme anglo-saxon de Global Positioning system) des brouilleurs opérant la bande industriel ISM (Industrial, scientific et medical) (de type radio courte Bluetooth, ou suivant le protocole sans fil WiFi), etc. (voir figure 1, 5 et 5'). Ces brouilleurs dédiés présentent une faible puissance par sous bande ($< 1 \text{ W}$), un faible coût ($\text{odg} \leq 100 \$ \text{ unité} \times \text{quelques unités}$
10 par dispositif).

Il est aussi possible d'utiliser un dispositif supplémentaire adapté à redresser des niveaux de puissance par amplification et filtrage dédiée de chaque sous-bande pour compenser si besoin une dispersion en fréquence des niveaux d'émission nécessaires (voir figure 1) et en particulier:

- 15
- une inhomogénéité des pertes de câbles en fonction des fréquences (aériens linéiques dispersifs),
 - une inhomogénéité des niveaux de signaux S_8, S_9, S_{10}, S_{11} reçus par les systèmes de radiocommunication illicites et que l'on veut brouiller.

Selon une autre variante de réalisation on va réaliser une excision
20 en fréquence, procédé connu de l'homme du métier, d'une ou plusieurs porteuses dans le signal de brouillage par un filtrage adapté au niveau des étages d'amplification et redressement (6, 6'), de manière à permettre l'utilisation de ces porteuses pour des radiocommunications contrôlées par l'opérateur du système, appels d'urgence, sur-réseau de
25 radiocommunications autorisées, etc.

Le procédé selon l'invention associé à l'exemple de la figure 1 comporte par exemple les étapes suivantes :

- 1) définir la disposition des aériens linéiques dans une zone à contrôler dans laquelle les radiocommunications illicites doivent être empêchées,
- 30 2) définir des paramètres pour un signal de brouillage: bande de fréquence, niveaux de flux de puissance de brouillage dans la zone à contrôler exprimés

en fonction notamment des distances radiales des différents points de la zone aux aériens linéiques disposés pour couvrir ladite zone, des mesures de niveaux de champs ou des éléments précités,

3) émettre un signal de puissance adaptée à brouiller les dispositifs illicites présents dans la zone contrôlée à partir des aériens linéiques qui y sont disposés, le niveau de signal étant tel que le rapport entre le flux de puissance de fonctionnement du dispositif illicite et le flux de puissance du signal de brouillage est inférieur à la valeur seuil de fonctionnement du dispositif illicite.

La figure 2 est un détail d'un exemple de câble linéique comprenant plusieurs orifices agencés de façon à permettre le passage des ondes de brouillage dans la zone à surveiller. L'aérien linéique comporte plusieurs orifices O_i distribués le long de l'élément selon l'application souhaitée, les orifices sont séparés par des tronçons 21 qui ne permettent pas le passage de signaux de brouillage.

La figure 3a, schématise une variante de réalisation de l'invention dans une enceinte à direction privilégiée de type couloir, dans laquelle on a installé un seul élément 301, au niveau d'un plafond et deux effecteurs 305, 306 aux extrémités opposées de l'élément, selon la description ci-dessus.

Les orifices de l'élément linéique permettent l'émission de signaux de brouillages J_1 , J_2 , le téléphone mobile 4 situé dans le couloir ne peut décoder les signaux émis par des extérieurs. Les paramètres de brouillage, de niveaux de puissance, seront notamment choisis en fonction de l'agencement linéaire de ces éléments linéiques.

La figure 3b, schématise une variante de réalisation de l'invention dans une enceinte ne présentant pas de direction privilégiée, dans laquelle on a installé quatre éléments linéiques 311, 312, 313, 314, de longueur respectivement L_2 , L_1 , L_2 , L_1 , au niveau des murs non représentés d'une pièce de géométrie carrée à surveiller et deux effecteurs 315, 316 aux extrémités opposées de l'une des diagonales de la pièce, selon la description ci-dessus. L'effecteur 315 est relié selon un agencement décrit à la figure 1

aux deux éléments linéiques 311, 312, l'effecteur 316 est en liaison avec les éléments linéiques 313, 314. Les orifices des quatre éléments linéiques permettent l'émission de signaux de brouillages J_1 , J_2 , J_3 , J_4 , le téléphone mobile 4 situé dans la pièce ne peut décoder les signaux émis par des
5 extérieurs. Les paramètres de brouillage, du niveau de puissance, seront notamment choisis en fonction de l'agencement en carré des ces éléments linéiques.

La figure 4 représente un autre mode de réalisation, on pourra connecter un premier effecteur 42a au niveau d'une première extrémité 41a de l'aérien linéique 41 via un premier connecteur 43a et un deuxième
10 effecteur 42b au niveau de la deuxième extrémité 41b de l'aérien linéique 41 via un deuxième connecteur 43b afin d'injecter un signal de brouillage J_1 , J_2 , à chaque extrémité de l'aérien linéique 41. Dans ce cas, le premier et le deuxième effecteur présentent des caractéristiques sensiblement identiques
15 (mêmes niveaux d'émission, mêmes bandes de fréquences), mais leur signaux sont décorrélés selon une technique connue de l'homme du métier afin d'éviter les phénomènes d'interférences et d'ondes stationnaires lors de leur propagation dans l'aérien linéique.

Ce mode de réalisation permet notamment :

- 20 - de mieux homogénéiser le niveau du signal J de brouillage dans les aériens linéiques grâce à une propagation à double sens, et de garantir une meilleure couverture du brouillage,
- de réduire les niveaux d'émission du signal de brouillage aux extrémités de l'aérien linéique et de garantir de ce fait un meilleur
25 confinement du brouillage.

Sans sortir du cadre de l'invention d'autres variantes de mise en œuvre de l'invention sont possibles.

Par exemple, il est possible d'adjoindre au dispositif des baffles pour optimiser localement le confinement. Pour la nature, la forme et la taille
30 des baffles, on peut utiliser : des grilles de passage de câbles électriques (fréquences > 900 MHz) avec montage inversé, des grillages de mailles et

géométries diverses. L'exemple d'un grillage plan rectangle d'ouverture $\geq (\lambda/2)^2$ (λ : longueur d'onde de l'émission de brouillage) conduit à une directivité d'environ 120°, un rapport Avant/Arrière de l'ordre de 10 à 15dB). Ceci facilite le confinement du signal de brouillage lors d'installation en

5 « milieu semi-ouvert », par exemple pour des fenêtres prisons ou fenêtre salles examen/conférence, ou lorsqu'il existe des problèmes de diffraction (conduites métalliques, autres).

Une autre variante consiste à adjoindre une métrologie en phase installation/maintenance ce qui permet de faciliter l'installation et le réglage

10 du dispositif. Pour cela on peut utiliser un analyseur de spectre, ou encore des stations mobiles de contrôle du spectre connus de l'homme du métier.

Selon une autre variante de réalisation, on peut adjoindre un « sur-réseau » de communications filaires totalement contrôlé, ou encore un « sur-réseau » de communications exploitant des courants de ligne etc.

15 Selon une autre variante de réalisation, on peut adjoindre un « sur-réseau » de radiocommunications « à la carte » totalement contrôlé, au moyen des éléments suivants :

- choix de fréquences porteuses d'après un relevé préalable des planifications en fréquence des réseaux externes selon des procédés

20 connus de l'homme de l'art.

- le cas échéant, excision en fréquence du signal de brouillage pour « libérer » les porteuses et les rendre exploitables.
- installation d'un micro réseau local exploitant les porteuses libérées et relais vers réseau externe.

25 Des exemples de composantes utilisables sur les porteuses libérées pour un tel sur-réseau sont des points d'accès sans fil DECT (Digital Enhanced Cordless Telephone), des pico/femto-cellules du système de troisième génération UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) ou de la norme LTE (Long Term Evolution), des points d'accès points Wifi ou

30 WiFi Direct, des terminaux UMTS «dispositif à dispositif » ou des terminaux LTE manet (Release 12) connus de l'homme du métier, etc.

Le dispositif et le procédé selon l'invention présente notamment les avantages suivants :

- une éradication totale des radiocommunications dans la gamme 0,3 – 3 GHZ, avec un seul dispositif selon l'invention,
- 5 • un confinement du brouillage à une zone donnée sans impact sur l'environnement extérieur, en raison de la nature linéique de l'aérien et du régime de pertes cylindriques qui en découle selon la formulation (1),
- 10 • une souplesse d'installation, avec un déploiement de dispositifs « à la carte »,
- une facilité de maintenance,
- de nombreuses possibilités d'extension en termes de fonctions ajoutées et en termes de services.

REVENDICATIONS

1 – Dispositif de brouillage confiné disposé dans une zone de couverture dans laquelle peuvent se trouver des dispositifs de radiocommunication interdits dont on cherche à empêcher le fonctionnement, caractérisé en ce qu'il comporte au moins les éléments suivants :

- au moins un aérien linéique (1) comprenant plusieurs orifices O_i permettant le rayonnement de signaux de brouillage, l'aérien linéique (1) étant relié à un ou plusieurs effecteurs (2) via un connecteur (3),
 - 10 • le ou lesdits éléments effecteurs (2), étant adaptés à injecter à une extrémité au moins de l'aérien linéique (1) un ou plusieurs signaux de brouillage, le flux de puissance $P_{j,f}$ du signal de brouillage $J_{j,f}$ dans la bande $B_{j,f}$ d'une porteuse f est choisi tel que le rapport $P_{S,j,f}/P_{J,f}$, entre le flux de puissance $P_{S,j,f}$ du signal $S_{j,f}$ potentiellement utilisable par le dispositif interdit sur la porteuse f et le flux de puissance $P_{J,f}$ du signal J_f présent sur la porteuse f pour empêcher le dispositif interdit de fonctionner est inférieur au seuil de fonctionnement $\text{Seuil}_{S,j,f}$ du dispositif interdit ($P_{S,j,f}/P_{J,f} \leq \text{Seuil}_{S,j,f}$), et en ce que
 - 15 • l'effecteur (2) est adapté afin de générer, pour un point $M(r,l)$ où se trouve un dispositif de radiocommunication interdit (4), une valeur de la densité spectrale $N_{j,f}(r,l)$ du signal de brouillage injecté dans l'aérien linéique via le connecteur (3) telle que pour la bande $B_{i,f}$ de chaque porteuse f on ait
- $$10 \cdot \log_{10}(N_{j,f}(r,l) \cdot B_{i,f}) \geq 10 \cdot \log_{10}(P_{S,j,f}) - 10 \cdot \log_{10}(\text{Seuil}_{S,j,f}) + C(r_0) + P' \cdot (l - l_0) + 10 \cdot \log_{10}(r/r_0) + \eta$$
- 25 où
- . r, l , sont les coordonnées d'un point M ,
 - . l_0 désigne une distance linéique de référence, r_0 désigne une distance radiale de référence à l'élément linéique,
 - . P' désigne le taux des pertes linéiques le long de l'aérien rayonnant à partir de la distance l_0 ,
- 30

. $-C(r_0)$ désigne les pertes par couplage dans la bande B_J à la distance radiale de référence r_0 ,

. η représente une marge de précaution tenant compte des atténuations supplémentaires du signal de brouillage lors de sa propagation de l'aérien au terminal interdit.

5

2 – Dispositif de brouillage selon la revendication 1 caractérisé en ce que ledit effecteur (2) est adapté à générer une puissance d'émission tenant compte d'un ou de plusieurs des éléments suivants :

- 10 - les mesures des niveaux des signaux de balise, de contrôle et de trafic provenant d'émetteurs (8, 9, 10, 11) présents dans les réseaux externes et susceptibles d'entrer en communication avec les dispositifs illicites,
- le taux P' de pertes linéiques dans l'aérien linéique,
- les pertes par couplages $-C(r_0)$ de l'aérien linéique,
- 15 - des marges η destinées à compenser les atténuations supplémentaires de nature diverses qui peuvent affecter le signal de brouillage J lors de sa propagation depuis l'aérien linéique (1) jusqu'au dispositif (4) à brouiller.

3 – Dispositif de brouillage selon la revendication 1 dans lequel les caractéristiques des dispositifs de radiocommunication interdits et les caractéristiques du régime de rayonnement de l'aérien sont préalablement connues ou mesurées pour paramétrer et régler les bandes de fréquence du signal de brouillage, la nature des signaux de brouillage émis et les niveaux en sortie de l'effecteur dont le signal est injecté dans l'aérien via le coupleur (3).

25

4 – Dispositif de brouillage selon l'une des revendications précédentes caractérisé en ce que l'un au moins des effecteurs (2) est adapté à la génération et à l'émission des signaux de brouillage et est un brouilleur générique large bande.

30

5 – Dispositif de brouillage selon l'une des revendications précédentes caractérisé en ce que l'effecteur (2) adapté à la génération et l'émission des signaux de brouillage et est composé d'un ensemble de brouilleurs dédiés, dont les signaux en sorties sont transmis à des modules de filtrage et d'amplification et redressement (6, 6') , puis injectés dans un coupleur (7), la sortie dudit coupleur (7) étant injectée dans l'aérien linéique (1).

6 – Dispositif de brouillage selon l'une des revendications précédentes caractérisé en ce que l'effecteur (2) adapté à la génération et l'émission des signaux de brouillage et comporte des modules de filtrage sélectifs en fréquence adaptés à exciser le signal de brouillage pour libérer une ou plusieurs porteuses utilisables par un sur-réseau de radiocommunications contrôlé.

7 – Dispositif de brouillage selon l'une des revendications précédentes caractérisé en ce qu'il comporte un moyen adapté à duplexer le signal en sortie d'un effecteur et un dispositif d'injection dudit signal dans deux aériens linéiques différents.

8 – Dispositif de brouillage selon l'une des revendications précédentes caractérisé en ce qu'il comporte un premier effecteur (42a) disposé à une première extrémité (41a) de l'aérien linéique (41) et un deuxième effecteur (42b) disposé à une deuxième extrémité (41b) de l'aérien linéique afin d'injecter un signal de brouillage J_1 , J_2 , à chaque extrémité de l'aérien linéique (41).

9 – Dispositif de brouillage selon l'une des revendications précédentes caractérisé en ce qu'il comporte un système de baffles adapté à optimiser localement le confinement, tel que des grilles de passage de câbles électriques avec montage inversé, des grillages de mailles et de géométries diverses.

10 – Procédé de brouillage confiné du fonctionnement d'un ou de plusieurs dispositifs de radiocommunication interdits dans une zone donnée, mis en œuvre dans le dispositif selon l'une des revendications 1 à 9 caractérisé en ce qu'il comporte au moins les étapes suivantes :

- utiliser au moins un aérien linéique (1) comprenant plusieurs orifices O_i permettant le rayonnement de signaux de brouillage, l'aérien linéique étant relié à un ou plusieurs effecteurs (2) via un connecteur (3),
- injecter à une extrémité au moins de l'aérien linéique (1) un ou plusieurs signaux de brouillage, le flux de puissance $P_{j,f}$ du signal de brouillage $J_{j,f}$ dans la bande $B_{j,f}$ d'une porteuse f étant choisi tel que le rapport $P_{S,j,f}/P_{J,f}$, entre le flux de puissance $P_{S,j,f}$ du signal $S_{j,f}$ potentiellement utilisable par le dispositif interdit sur la porteuse f et le flux de puissance $P_{J,f}$ du signal J_f présent sur la porteuse f pour empêcher le dispositif interdit de fonctionner soit inférieur au seuil de fonctionnement $\text{Seuil}_{S,j,f}$ du dispositif interdit ($P_{S,j,f}/P_{J,f} \leq \text{Seuil}_{S,j,f}$).

11 – Procédé de brouillage confiné selon la revendication 10 caractérisé en ce l'on génère une valeur de la densité spectrale $N_{j,f}(r,l)$ pour le signal brouillage injecté dans l'aérien linéique telle que pour la bande $B_{i,f}$ de chaque porteuse f :

$$10 \cdot \log_{10}(N_{j,f}(r,l) \cdot B_{i,f}) \geq 10 \cdot \log_{10}(P_{S,j,f}) - 10 \cdot \log_{10}(\text{Seuil}_{S,j,f}) + C(r_0) + P' \cdot (l - l_0) + 10 \cdot \log_{10}(r/r_0) + \eta \text{ où}$$

- . r, l , sont les coordonnées d'un point M ,
- . l_0 désigne une distance linéique de référence,
- . r_0 désigne une distance radiale de référence à l'élément linéique,
- . P' désigne le taux des pertes linéiques le long de l'aérien rayonnant à partir de la distance l_0 ,
- . $-C(r_0)$ désigne les pertes par couplage dans la bande B_j à la distance radiale de référence r_0 ,

. η représente une marge de précaution tenant compte des atténuations supplémentaires du signal de brouillage lors de sa propagation de l'aérien au terminal interdit.