(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 2 472 215 B1**

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention de la délivrance du brevet:
28.08.2013 Bulletin 2013/35

(51) Int Cl.:
F41H 13/00 *(2006.01)*

(21) Numéro de dépôt: **11306780.5**

(22) Date de dépôt: **27.12.2011**

(54) **Procédé et dispositif de neutralisation d'une cible**

Verfahren und Vorrichtung zur Neutralisierung eines Ziels

Method and device for the neutralisation of a target

(84) Etats contractants désignés:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR

(30) Priorité: **29.12.2010 FR 1005160**

(43) Date de publication de la demande:
04.07.2012 Bulletin 2012/27

(73) Titulaire: **Thales**
92200 Neuilly Sur Seine (FR)

(72) Inventeurs:
- **Brasile, Jean-Pierre**
  91190 Gif Sur Yvette (FR)
- **Fasse, Dominique**
  95640 Breancon (FR)
- **Sirot, Patrick**
  33260 La Teste de Buch (FR)
- **Jousse, Dominique**
  94260 Fresnes (FR)

(74) Mandataire: **Jacobson, Claude**
Cabinet Lavoix
2, Place d'Estienne d'Orves
75441 Paris Cedex 09 (FR)

(56) Documents cités:
WO-A1-2007/059508
WO-A1-2008/138105
WO-A2-2010/073252
FR-A1- 2 718 228
US-A1- 2010 001 899

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la publication de la mention de la délivrance du brevet européen au Bulletin européen des brevets, toute personne peut faire opposition à ce brevet auprès de l'Office européen des brevets, conformément au règlement d'exécution. L'opposition n'est réputée formée qu'après le paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

EP 2 472 215 B1

Description

[0001] La présente invention concerne un procédé de neutralisation d'une cible à distance et son dispositif associé. Le procédé de neutralisation d'une cible est du type comportant les étapes suivantes :

- émission par une antenne sonde vers la cible d'un signal de test comportant au moins une onde radiofréquence de test et ayant un spectre fréquentiel comportant au moins deux fréquences de test distinctes ; et
- réception par un réseau d'au moins deux antennes d'une pluralité d'ondes diffusées par la cible en réponse au signal de test, chaque antenne du réseau recevant au moins une onde diffusée par la cible.

[0002] Plus particulièrement, l'invention concerne le domaine des armes hyperfréquences et des brouilleurs appliqués à la perturbation ou à la destruction d'équipements électroniques à distance, en particulier de systèmes d'arme ou d'engins explosifs.

[0003] Pour cela, il est primordial de bien choisir les fréquences des ondes émises en direction de la cible afin qu'elle capte le maximum d'énergie des ondes qu'elle reçoit pour la perturber. A moins de mettre en oeuvre des moyens très lourds dans le but d'émettre des puissances très élevées sur une large bande de fréquence, les émissions «en aveugle» ne permettent généralement pas de perturber notablement le fonctionnement d'une cible. Une solution est d'émettre des ondes à au moins une fréquence de résonance de la cible. Or l'excitation des fréquences de résonance de la cible dépend de nombreux paramètres tels que l'orientation relative entre la cible et l'émetteur des ondes radiofréquences émises.

[0004] On connaît, notamment du document WO 2007/59508, un procédé de neutralisation d'une cible, comportant une étape d'émission d'un signal large bande sur la cible par un émetteur et une étape de réception des signaux réémis par la cible par plusieurs récepteurs. Les signaux reçus sont ensuite inversés temporellement et renvoyés par plusieurs émetteurs à forte puissance en direction de la cible. Ce procédé permet d'émettre une onde dont la forme d'onde obtenue par retournement temporel est optimisée pour une position donnée de la cible.

[0005] Néanmoins, les méthodes de retournement temporel sont complexes et nécessitent des moyens de calcul importants.

[0006] Le but de l'invention est de fournir un procédé de neutralisation d'une cible à distance à la fois efficace et dépourvu de traitements de signaux complexes et coûteux en temps de calcul.

[0007] A cet effet, l'invention a pour objet un procédé de neutralisation d'une cible du type précité, caractérisé en ce qu'il comprend au moins les étapes suivantes :

- mesure d'une valeur représentative de l'amplitude des ondes diffusées par la cible en fonction des fréquences de test d'émission de l'onde radiofréquence ;
- choix, pour chaque antenne du réseau, d'au moins une fréquence d'émission privilégiée en fonction de la valeur représentative de l'amplitude des ondes diffusées ; et
- émission, par chaque antenne du réseau, d'au moins une onde radiofréquence vers la cible à au moins une fréquence privilégiée choisie précédemment pour cette antenne avec une phase assurant l'addition cohérente sur la cible des ondes radiofréquence émises par les antennes du réseau.

[0008] Suivant des modes particuliers de réalisation, le procédé de neutralisation d'une cible comporte l'une ou plusieurs des caractéristiques suivantes, prises seules ou en combinaison :

- une étape de mesure pour chaque antenne du réseau recevant une onde radiofréquence diffusée, du temps de parcours de l'onde radiofréquence diffusée entre la cible et l'antenne du réseau ;
- chaque antenne du réseau est synchronisée avec l'antenne sonde et en ce qu'elle émet, vers la cible, l'onde radiofréquence à un instant défini en fonction du temps de parcours mesuré de l'onde radiofréquence diffusée entre la cible et l'antenne du réseau ;
- une étape d'émission par l'antenne sonde d'un signal de synchronisation et une étape de réception de ce signal de synchronisation par chaque antenne du réseau qui se synchronise sur ce signal de synchronisation ;
- la ou les fréquences d'émission privilégiées choisies sont celles dont la valeur représentative de l'amplitude est la plus élevée parmi les ondes radiofréquences diffusées reçues par l'ensemble des antennes du réseau et en ce que la ou chaque fréquence sélectionnée pour l'émission d'une onde radiofréquence par les antennes du réseau sont communes à toutes les antennes du réseau ;
- la ou les fréquences d'émission privilégiées choisies pour l'antenne sont celles dont la valeur représentative de l'amplitude est la plus élevée parmi les ondes radiofréquences diffusées pour chaque antenne du réseau ;
- la ou les fréquences d'émission privilégiées choisies sont celles qui satisfont l'atteinte du maximum d'une fonction prédéterminée dépendant des valeurs représentatives de l'amplitude des ondes diffusées par la cible pour plusieurs combinaisons de fréquences ; et
- la fonction prédéterminée dépend du temps de parcours de l'onde radiofréquence diffusée entre la cible et l'antenne du réseau.

[0009] L'invention a également pour objet un dispositif

de neutralisation d'une cible du type comportant :

- une antenne sonde, adaptée pour émettre vers la cible un signal de test comportant au moins une onde radiofréquence de test et ayant un spectre fréquentiel comportant au moins deux fréquences de test distinctes,
- un réseau d'au moins deux antennes, chacune adaptée pour recevoir au moins une onde radiofréquence diffusée par la cible en réponse au signal de test et pour émettre vers la cible au moins une onde radiofréquence,

le dispositif étant caractérisé en ce que :

- chaque antenne du réseau comprend des moyens de mesure d'une valeur représentative de l'amplitude des ondes diffusées par la cible en fonction des fréquences de test d'émission de l'onde radiofréquence ;
- le dispositif comporte une unité de sélection d'au moins une fréquence d'émission privilégiée, pour chaque antenne du réseau, en fonction de la valeur représentative de l'amplitude des ondes diffusées ;
- chaque antenne du réseau est propre à émettre une onde radiofréquence vers la cible à au moins une fréquence privilégiée choisie précédemment pour cette antenne avec une phase assurant l'addition cohérente sur la cible des ondes radiofréquence émises par les antennes du réseau ; et

en ce que le dispositif est adapté à mettre en oeuvre le procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes.

[0010] Suivant un mode particulier de réalisation, le dispositif de neutralisation comporte la caractéristique suivante : le réseau d'antennes comporte l'antenne sonde, l'antenne sonde étant adaptée pour recevoir une onde radiofréquence diffusée par la cible.

[0011] L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui va suivre, donnée uniquement à titre d'exemple, et faite en se référant aux dessins, sur lesquels :

- la figure 1 est un schéma synoptique illustrant un mode de réalisation d'un dispositif de neutralisation d'une cible selon l'invention, et
- la figure 2 est un schéma bloc illustrant le procédé de neutralisation mis en oeuvre par le dispositif de la figure 1.

[0012] L'invention concerne un procédé de neutralisation d'une cible à distance et son dispositif associé. Un tel procédé a pour but de neutraliser des systèmes comprenant des composants électroniques.

[0013] En effet, il est connu que des composants électroniques soumis à de fortes émissions électromagnétiques peuvent être perturbés dans leur fonctionnement. En particulier, pour une fréquence donnée, une onde électromagnétique envoyée sur la cible engendre un couplage particulier avec la cible, du fait de la configuration de cette dernière et notamment de la présence de câbles électriques, de l'agencement d'ouvertures propices à la propagation de certaines longueurs d'ondes, de la nature des matériaux et composants intégrés dans la cible. La fréquence optimale de couplage est celle pour laquelle l'onde pénètre le mieux dans la cible, celle qui permet un couplage important avec des câbles et/ou avec des composants électroniques sensibles.

[0014] Pour cela, le procédé selon l'invention a pour but d'identifier les fréquences les plus efficaces (résonance, détection d'harmoniques) et de les émettre en cohérence de phase.

[0015] La figure 1 illustre un mode de réalisation selon l'invention d'un dispositif 10 de neutralisation d'une cible 12 comprenant au moins un composant électronique actif 13 et une ouverture 14.

[0016] Le dispositif 10 comporte plusieurs d'antennes désignées par la référence générale E_i, avec i un nombre entier compris entre 1 et N. Cette pluralité d'antennes forme un réseau lacunaire d'antennes, également appelé antenne lacunaire.

[0017] Une des antennes est particulièrement adaptée pour émettre en direction de la cible un signal radiofréquence de test ayant un spectre fréquentiel comportant au moins deux fréquences distinctes et comportant au moins une onde radiofréquence. Dans la suite, cette antenne est appelée antenne sonde 16.

[0018] Par exemple, l'antenne sonde émet un signal de test comportant une seule onde radiofréquence ayant un spectre comportant au moins deux fréquences distinctes.

[0019] Dans un autre exemple, l'antenne sonde émet un signal de test comportant plusieurs ondes radiofréquence successives, chacune de ces ondes radiofréquence étant soit mono-fréquentielle soit ayant un spectre comportant au moins deux fréquences distinctes.

[0020] Les antennes E_i du réseau lacunaire comportent chacune un récepteur R_i propre à recevoir une onde radiofréquence diffusée par la cible et un émetteur P_i propre à émettre vers la cible une onde radiofréquence.

[0021] En outre, chaque antenne E_i du réseau lacunaire comporte des moyens de traitement T_i des ondes radiofréquences diffusées par la cible, connectés à l'émetteur P_i et au récepteur R_i de l'antenne.

[0022] Ces moyens de traitement T_i comprennent des moyens de mesure de l'amplitude des ondes diffusées par la cible en fonction des fréquences d'émission de l'onde radiofréquence émise par l'antenne sonde 16, ou de tout autre valeur représentative de l'amplitude telle que la puissance instantanée ou l'intensité.

[0023] En outre, les moyens de traitement T_i comportent des moyens de mesure du temps de parcours t_i des ondes radiofréquence diffusées entre la cible et l'antenne E_i du réseau en fonction des fréquences d'émission de l'onde radiofréquence, ou de tout autre valeur représen-

tative du temps de parcours t_i telle que la phase des ondes radiofréquence diffusées par la cible et reçues par chaque antenne E_i du réseau.

[0024] Enfin, le dispositif 10 comporte une unité 50 de sélection d'au moins une fréquence d'émission privilégiée en fonction de l'amplitude et du temps de parcours t_i des ondes diffusées reçues par chacune des antennes E_i. Cette unité 50 comporte des moyens d'attribution à chaque émetteur P_i de chaque antenne E_i, d'un ensemble de fréquences d'émission privilégiées éventuellement propre à chaque antenne E_i.

[0025] L'unité 50 est propre également à fournir à l'antenne sonde 16 un ensemble de fréquences de test propres à être mise en oeuvre dans un signal radiofréquence de test adressé initialement sur la cible 12.

[0026] Selon une variante, l'antenne sonde est indépendante du réseau lacunaire.

[0027] Le dispositif 10 est adapté pour mettre en oeuvre le procédé de neutralisation 100 selon l'invention qui va maintenant être décrit en regard de la figure 2.

[0028] Au cours d'une étape 110, l'antenne sonde 16 émet un signal radiofréquence de test en direction de la cible. Ce signal radiofréquence a un spectre fréquentiel comportant au moins deux fréquences différentes afin d'accéder à un couplage optimal avec la cible dont la section efficace varie fortement avec la fréquence.

[0029] Par exemple, ce signal est un signal ayant un spectre fréquentiel large bande, d'une largeur d'au moins 100 MHz.

[0030] Selon un autre exemple, ce signal est un train d'ondes radiofréquences, chaque onde ayant un spectre fréquentiel étroit, de l'ordre de 10 à 100 kHz.

[0031] De préférence, le spectre fréquentiel du signal émis se situe dans la gamme de 1 à 5 GHz.

[0032] Ensuite, pour un certain nombre de fréquences dites privilégiées, le signal radiofréquence de test envoyé sur la cible 12 engendre un couplage particulier avec la cible, du fait de la configuration de cette dernière, par exemple l'agencement d'ouvertures 14 propices à la propagation de certaines longueurs d'ondes, améliorant ainsi la pénétration du signal dans la cible.

[0033] Des ondes radiofréquences sont alors diffusées par la cible 12 dans plusieurs directions. Par exemple, elles sont directement réfléchies sur la cible ou bien après la pénétration par les ouvertures 14 de la cible. Ces ouvertures, lorsqu'elles sont excitées par une onde à la fréquence de résonance de la cible, se comportent comme des antennes rayonnant un signal radiofréquence amplifié par la résonance dans toutes les directions, en particulier vers l'intérieur de la cible et en direction des antennes E_i du réseau.

[0034] L'amplitude des ondes radiofréquences diffusées sont fonction du signal radiofréquence reçu par la cible et des résonances de celle-ci, c'est-à-dire des fréquences privilégiées engendrant un couplage optimal.

[0035] Elles sont reçues par les récepteurs R_i d'au moins deux antennes du réseau lacunaire au cours d'une étape 112. Les moyens de traitement T_i des signaux diffusés par la cible et reçus par les récepteurs R_i analysent ces signaux afin de détecter les fréquences de résonance de la cible, c'est-à-dire les fréquences privilégiées.

[0036] Pour cela, les moyens de traitement T_i analysent le spectre fréquentiel des signaux reçus et identifient les fréquences ayant la plus grande amplitude correspondant aux fréquences pour lesquelles un couplage particulier a eu lieu entre la cible et l'onde radiofréquence reçue par la cible.

[0037] Chaque récepteur R_i reçoit un signal diffusé par la cible ayant un spectre fréquentiel comportant les fréquences de l'onde radiofréquence de test et, le cas échéant de leurs harmoniques d'ordre supérieur, c'est-à-dire les multiples de ces fréquences lorsque l'onde radiofréquence de test est détectée par un élément non linéaire de la cible, en particulier par le composant électronique 13.

[0038] Un exemple de spectre fréquentiel de signaux reçus par les récepteurs sont illustrés sur la figure 1. Dans cet exemple, l'onde radiofréquence émise en direction de la cible a un spectre fréquentiel comportant quatre fréquences f_1, f_2, f_3 et f_4 de même intensité ou amplitude.

[0039] Par exemple, le signal reçu à la fréquence f_3 a une plus grande amplitude par rapport aux signaux reçus aux fréquences f_2 ou f_4 sur les récepteurs R_2 et R_4, tandis que sur le récepteur R_3, le signal reçu aux fréquences f_2 et f_4 ont les amplitudes les plus grandes.

[0040] Au cours d'une étape 114, au moins une fréquence d'émission privilégiée est choisie pour chaque antenne E_i en fonction de l'amplitude des ondes diffusées reçues par chaque antenne E_i. Cette étape est mise en oeuvre par l'unité 50 de sélection.

[0041] Une onde radiofréquence est alors émise par chaque antenne E_i du réseau vers la cible à au moins une fréquence choisie parmi les fréquences d'émission privilégiées précédemment au cours d'une étape 116 de sorte à réaliser une addition cohérente sur la cible des ondes radiofréquence émises par les antennes E_i du réseau.

[0042] La ou les fréquences d'émission privilégiées choisies sont celles auxquelles correspond l'amplitude la plus élevée des ondes radiofréquences diffusées pour l'ensemble des antennes E_i du réseau. Dans ce cas, la ou chaque fréquence sélectionnée pour l'émission d'une onde radiofréquence par les antennes E_i du réseau sont communes pour toutes les antennes E_i du réseau d'antennes.

[0043] Par exemple, une seule fréquence est sélectionnée pour l'émission d'une onde radiofréquence pour chaque émetteur P_i d'une antenne E_i du réseau lacunaire. Dans ce cas, l'ensemble des antennes E_i du réseau émettent alors en cohérence de phase un signal à la fréquence sélectionnée en direction de la cible.

[0044] Pour l'exemple de spectres fréquentiels des ondes radiofréquence reçues par les antennes E_i du réseau illustré sur la figure 1, la fréquence f_3 a l'amplitude la plus grande pour une majorité des antennes E_i du réseau lacunaire. Dans ce cas, chaque émetteur P_i des antennes

E_i du réseau émet en cohérence de phase une onde à la fréquence sélectionnée f_3. Néanmoins, la fréquence f_3 ayant une amplitude faible pour l'antenne E_3, il est préférable de privilégier l'émission pour cette antenne E_3 d'une onde à la fréquence f_4 qui a une amplitude plus grande.

[0045] Une forte amplitude d'une fréquence dans les spectres fréquentiels des signaux reçus par l'ensemble du réseau lacunaire est caractéristique d'une résonance de la cible tandis qu'un faible niveau sur l'un des récepteurs R_i des antennes E_i du réseau est caractéristique d'une direction de diffusion défavorable. Cette direction de diffusion défavorable est alors également défavorable en cas d'émission à cette fréquence pour l'antenne E_i dans l'orientation de la cible considérée. Par conséquent, il est donc peu judicieux d'émettre une onde à cette fréquence pour l'antenne considérée. Dans ce cas, cette antenne E_i émet une onde à une fréquence qui a une amplitude plus grande pour cette antenne E_i.

[0046] Selon une première variante, la ou les fréquences d'émission privilégiées choisies sont celles auxquelles correspond l'amplitude la plus élevée des ondes radiofréquences diffusées pour chaque antenne du réseau.

[0047] Dans ce cas, chaque émetteur du réseau d'antenne émet une onde radiofréquence en direction de la cible à la fréquence ayant la plus grande amplitude dans le spectre fréquentiel du signal radiofréquence réémis par diffusion par la cible et reçu par le récepteur R_i de l'antenne E_i du réseau.

[0048] Pour l'exemple illustré sur la figure 1, la fréquence f_3 a l'amplitude la plus grande pour les antennes du réseau E_2 et E_N. Pour les antennes du réseau E_3 et E_i, il s'agit respectivement des fréquences f_4 et f_2. Dans ce cas, les émetteurs des antennes du réseau E_2, E_3, E_i et E_N émettent respectivement une onde à la fréquence sélectionnée f_3, f_4, f_2, f_3.

[0049] Selon une troisième variante, un jeu de fréquences est choisi par l'unité 50 de sélection et le signal émis par chaque émetteur P_i du réseau lacunaire a un spectre fréquentiel comportant les fréquences du jeu choisi.

[0050] Par exemple, le signal comporte plusieurs ondes mono-fréquentielles, chacune étant émise à une fréquence du jeu de fréquences choisi. Chaque émetteur P_i des antennes E_i du réseau émet, en cohérence de phase, successivement les ondes mono-fréquentielles.

[0051] Dans le cas des spectres fréquentiels des ondes radiofréquence reçues par les antennes E_i du réseau illustré sur la figure 1, les fréquences f_2 et f_3 ont les amplitudes les plus grandes en moyenne pour l'ensemble des antennes E_i du réseau lacunaire. Dans ce cas, chaque émetteur P_i des antennes E_i du réseau émet, en cohérence de phase, une onde mono-fréquentielle successivement aux deux fréquences choisies f_2 et f_3.

[0052] Selon un autre exemple, le signal comporte une onde émise qui est alors la somme de plusieurs ondes mono-fréquentielles, chacune ayant une fréquence parmi le jeu de fréquence choisi. L'amplitude des ondes mono-fréquentielles dans l'onde radiofréquence émise est pondérée en fonction de l'amplitude de leur fréquence dans le spectre fréquentiel des signaux radiofréquences reçus par sur l'ensemble des antennes E_i du réseau.

[0053] Selon une quatrième variante, la ou les fréquences d'émission privilégiées choisies sont celles qui satisfont l'atteinte du maximum d'une fonction prédéterminée dépendant des valeurs représentatives de l'amplitude des ondes diffusées par la cible 12 pour plusieurs combinaisons de fréquences.

[0054] Par exemple, l'onde radiofréquence de test a un spectre fréquentiel comportant deux fréquences f_1 et f_2. Chaque récepteur R_i reçoit une des ondes radiofréquences diffusée par la cible en réponse à l'onde radiofréquence de test. Les valeurs représentatives de l'amplitude de ces ondes diffusées sur chaque récepteur R_i sont notées U_{i1} et U_{i2} pour les fréquences f_1 et f_2. L'unité de sélection 50 calcule pour chaque fréquence f_1 et f_2 une fonction prédéterminée $G(f_j) = \sum_i g_i \times U_{ij}$ où g_i est un coefficient de pondération prédéterminé de la fréquence f_i. La fréquence d'émission privilégiée choisie pour l'ensemble des antennes E_i du réseau est la fréquence pour laquelle la fonction G est maximale. En particulier, cette fonction privilégie les fréquences permettant la détection d'harmoniques, qui même à des niveaux très faibles, correspondent à des fréquences ayant eu un effet sur l'électronique intégrée dans la cible.

[0055] Les diverses variantes possibles ne sont pas exclusives les unes des autres. De façon avantageuse, des ondes sont émises successivement en direction de la cible à des fréquences choisies selon tout ou partie des variantes envisageables.

[0056] Afin de réaliser l'addition cohérente sur la cible des ondes radiofréquence émises par les antennes du réseau, une étape de mesure 118 est mise en oeuvre pour chaque antenne E_i du réseau recevant une onde radiofréquence diffusée du temps de parcours t_i de l'onde radiofréquence diffusée entre la cible et l'antenne E_i du réseau.

[0057] Pour cela, chaque antenne E_i du réseau émet un signal comportant au moins une onde. Le spectre fréquentiel de ce signal comporte au moins une fréquence d'émission privilégiée choisie. Ensuite, les temps de parcours $t_i(f)$ du signal pour chaque fréquence f d'émission privilégiée choisie sont mesurés par les moyens de traitement T_i par exemple, en mesurant la phase des ondes diffusées par la cible en fonction des fréquences d'émission de l'onde radiofréquence émise par l'antenne E_i.

[0058] Enfin, les antennes du réseau émettent un signal comportant au moins une onde radiofréquence en direction de la cible à un instant devançant l'instant d'arrivée de la ou chaque onde, ayant chacune une fréquence d'émission privilégiée choisie, sur la cible escomptée

d'une durée égale à $t_i(f)/c$ ou c est la célérité de l'onde.

[0059] Cette étape 118 est réalisée postérieurement à l'étape 114 de choix d'au moins une fréquence privilégiée.

[0060] En outre, les antennes E_i du réseau sont synchronisées ensemble. Pour cela, l'antenne sonde émet un signal de synchronisation à un instant de référence T_0. Ce signal a un spectre fréquentiel comportant au moins les fréquences de test. Par la suite, le fonctionnement ne sera détaillé que pour une fréquence de test f afin d'en faciliter la compréhension. Ce signal est reçu par chaque récepteur des antennes E_i à l'instant $T_0 + t_s(f) + t_i(f)$, c'est-à-dire après une durée $t_s(f)$ de propagation du signal de synchronisation pour une fréquence f entre la sonde et la cible et une durée $t_i(f)$ de propagation du signal de synchronisation pour une fréquence f entre la cible et le récepteur de l'antenne E_i.

[0061] Chaque antenne du réseau lacunaire émet alors une onde à un instant $T_0 + t_s(f) + t_i(f) + T(f) - 2t_i(f) + k.T_f$ avec k un nombre entier.

[0062] $T(f)$ est une durée prédéfinie dite durée de majoration afin d'être sûr que tous les récepteurs ont reçu l'onde de synchronisation à la fréquence f. T est définie de telle sorte que $T(f) - 2t_i(f) > 0$ pour toutes les antennes E_i du réseau. Selon une variante, la durée T est unique pour toutes les fréquences de test.

[0063] T_f est la période correspondant à la fréquence f d'émission. Par exemple, t_i est mesuré avec une précision suffisante, dans ce cas k=0. Selon un autre exemple, t_i ne peut pas être mesuré avec une précision suffisante, dans ce cas, on mesure l'écart de phase à la fréquence f entre le signal émis par l'antenne E_i et l'onde rétrodiffusée par la cible et reçue par l'antenne E_i, qui est égal au temps de parcours t_i modulo la période T_f.

[0064] Chaque onde radiofréquence émise à une fréquence d'émission privilégiée choisie f par une antenne E_i du réseau lacunaire arrive sur la cible au bout d'un temps t_i, dépendant de la fréquence f, c'est-à-dire à un instant $T_0 + t_s(f) + T(f) + k.T_f$. Ainsi, toutes les ondes arrivent en même temps sur la cible de sorte à obtenir une addition cohérente des signaux sur la cible pour chaque fréquence d'émission privilégiée choisie.

[0065] Selon un autre mode de réalisation du procédé, l'étape 118 est réalisée parallèlement ou avant l'étape 114 de choix d'au moins une fréquence privilégiée.

[0066] Dans ce cas, la ou les fréquences d'émission privilégiées choisies sont par exemple, celles qui satisfont l'atteinte du maximum d'une fonction prédéterminée dépendant des valeurs représentatives de l'amplitude des ondes diffusées par la cible 12 pour plusieurs combinaisons de fréquences ainsi que des temps t_i.

[0067] Par exemple, l'onde radiofréquence de test a un spectre fréquentiel comportant deux fréquences f_1 et f_2. Chaque récepteur R_i reçoit une des ondes radiofréquences diffusée par la cible en réponse à l'onde radiofréquence de test. Les valeurs représentatives de l'amplitude de ces ondes diffusées sur chaque récepteur R_i sont notées U_{i1} et U_{i2} pour les fréquences f_1 et f_2. L'unité de sélection 50 calcule pour chaque fréquence f_1 et f_2 une fonction prédéterminée $H(f_j) = \sum_i h_i \times U_{ij}$ où h_i est un coefficient de pondération prédéterminé de la fréquence f_i. Le coefficient de pondération h_i dépend du temps de parcours t_i de l'onde radiofréquence diffusée entre la cible 12 et l'antenne E_i du réseau. La fréquence d'émission privilégiée choisie pour les antennes E_i du réseau est la fréquence pour laquelle la fonction G est maximale.

[0068] Par exemple, si le temps de parcours à la fréquence f est plus faible pour le récepteur R_i qui est donc plus proche que le récepteur R_2 de la cible 12, le bilan de liaison, c'est-à-dire la qualité de la liaison, est alors plus favorable pour l'antenne E_1 que pour l'antenne E_2 à la fréquence f. Ainsi, l'amplitude du signal reçu à la fréquence f sera prépondérante pour l'antenne E_1. Par conséquent, la fonction H sera pondérée pour en tenir compte.

[0069] Le dispositif et le procédé selon l'invention permettent d'identifier les fréquences les plus efficaces (résonance, détection d'harmoniques, orientation de la cible favorable) et d'émettre en cohérence de phase. Le choix de la fréquence optimale est réalisé par l'analyse du niveau de la puissance reçue par les diverses antennes du réseau lacunaire.

[0070] En outre, ils permettent d'utiliser les antennes du réseau lacunaire disponibles sans préjuger de leur position par rapport à la cible.

Revendications

1. Procédé de neutralisation (100) d'une cible (12), comportant les étapes suivantes :

   - émission (110) par une antenne sonde (16) vers la cible (12) d'un signal de test comportant au moins une onde radiofréquence de test et ayant un spectre fréquentiel comportant au moins deux fréquences de test distinctes ;
   - réception par un réseau d'au moins deux antennes (E_i) d'une pluralité d'ondes diffusées par la cible en réponse au signal de test, chaque antenne du réseau recevant au moins une onde diffusée par la cible (12) ;

   ledit procédé étant **caractérisé en ce qu'**il comprend au moins les étapes suivantes :

   - mesure d'une valeur représentative de l'amplitude des ondes diffusées par la cible (12) en fonction des fréquences de test d'émission de l'onde radiofréquence ;
   - choix (114), pour chaque antenne (E_i) du réseau, d'au moins une fréquence d'émission privilégiée en fonction de la valeur représentative

de l'amplitude des ondes diffusées ; et
- émission, par chaque antenne (E_i) du réseau, d'au moins une onde radiofréquence vers la cible (12) à au moins une fréquence privilégiée choisie précédemment pour cette antenne avec une phase assurant l'addition cohérente sur la cible des ondes radiofréquence émises par les antennes du réseau.

2. Procédé de neutralisation selon la revendication 1, **caractérisé en ce qu'**il comprend une étape de mesure pour chaque antenne (E_i) du réseau recevant une onde radiofréquence diffusée, du temps de parcours (t_i) de l'onde radiofréquence diffusée entre la cible (12) et l'antenne (E_i) du réseau.

3. Procédé de neutralisation selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** chaque antenne (E_i) du réseau est synchronisée avec l'antenne sonde (16) et **en ce qu'**elle émet, vers la cible (12), l'onde radiofréquence à un instant défini en fonction du temps de parcours mesuré de l'onde radiofréquence diffusée entre la cible (12) et l'antenne (E_i) du réseau.

4. Procédé de neutralisation selon la revendication 3, **caractérisé en ce qu'**il comprend une étape d'émission par l'antenne sonde (16) d'un signal de synchronisation et une étape de réception de ce signal de synchronisation par chaque antenne (E_i) du réseau qui se synchronise sur ce signal de synchronisation.

5. Procédé de neutralisation selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** la ou les fréquences d'émission privilégiées choisies sont celles dont la valeur représentative de l'amplitude est la plus élevée parmi les ondes radiofréquences diffusées reçues par l'ensemble des antennes (E_i) du réseau et **en ce que** la ou chaque fréquence sélectionnée pour l'émission d'une onde radiofréquence par les antennes du réseau sont communes à toutes les antennes (E_i) du réseau.

6. Procédé de neutralisation selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** la ou les fréquences d'émission privilégiées choisies pour l'antenne (E_i) sont celles dont la valeur représentative de l'amplitude est la plus élevée parmi les ondes radiofréquences diffusées pour chaque antenne du réseau.

7. Procédé de neutralisation selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** la ou les fréquences d'émission privilégiées choisies sont celles qui satisfont l'atteinte du maximum d'une fonction prédéterminée dépendant des valeurs représentatives de l'amplitude des ondes diffusées par la cible (12) pour plusieurs combinaisons de fréquences.

8. Procédé de neutralisation selon la revendication 7 lorsqu'elle dépend de la revendication 2, **caractérisé en ce que** la fonction prédéterminée dépend du temps de parcours (t_i) de l'onde radiofréquence diffusée entre la cible (12) et l'antenne (E_i) du réseau.

9. Dispositif (10) de neutralisation d'une cible (12) comportant :

- une antenne sonde (16), adaptée pour émettre vers la cible (12) un signal de test comportant au moins une onde radiofréquence de test et ayant un spectre fréquentiel comportant au moins deux fréquences de test distinctes,
- un réseau d'au moins deux antennes (E_i), chacune adaptée pour recevoir au moins une onde radiofréquence diffusée par la cible (12) en réponse au signal de test et pour émettre vers la cible au moins une onde radiofréquence,

le dispositif étant caractérisé en ce qui :
- chaque antenne (E_i) du réseau comprend des moyens (T_i) de mesure d'une valeur représentative de l'amplitude des ondes diffusées par la cible (12) en fonction des fréquences de test d'émission de l'onde radiofréquence ;
- le dispositif comporte une unité (50) de sélection d'au moins une fréquence d'émission privilégiée, pour chaque antenne (E_i) du réseau, en fonction de la valeur représentative de l'amplitude des ondes diffusées ;
- chaque antenne (E_i) du réseau est propre à émettre une onde radiofréquence vers la cible (12) à au moins une fréquence privilégiée choisie précédemment pour cette antenne avec une phase assurant l'addition cohérente sur la cible (12) des ondes radiofréquence émises par les antennes du réseau ; et

en ce que le dispositif est adapté à mettre en oeuvre le procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes.

10. Dispositif de neutralisation selon la revendication 9, **caractérisé en ce que** le réseau d'antennes (E_i) comporte l'antenne sonde (16), l'antenne sonde (16) étant adaptée pour recevoir une onde radiofréquence diffusée par la cible (12).

Patentansprüche

1. Verfahren zur Neutralisierung (100) eines Ziels (12), das die folgenden Schritte umfasst:

- Senden (110) eines Testsignals, das mindestens eine Testfunkfrequenzwelle aufweist und ein Frequenzspektrum hat, das mindestens zwei unterschiedliche Testfrequenzen aufweist, durch eine Sondenantenne (16) in Richtung des

Ziels (12),
- Empfangen durch ein Netzwerk aus mindestens zwei Antennen (E_i) einer Vielzahl von Wellen, die durch das Ziel als Antwort auf das Testsignal gestreut werden, wobei jede Antenne des Netzwerks mindestens eine durch das Ziel (12) gestreute Welle empfängt, wobei das Verfahren **dadurch gekennzeichnet ist, dass** es mindestens die folgenden Schritte umfasst:
- Messen eines für die Amplitude der durch das Ziel (12) in Abhängigkeit der Sendetestfrequenzen der Funkfrequenzwelle gestreuten Wellen repräsentativen Werts,
- Auswahl (114) für jede Antenne (E_i) des Netzwerks mindestens einer bevorzugten Sendefrequenz in Abhängigkeit des für die Amplitude der gestreuten Wellen repräsentativen Werts, und
- Senden durch jede Antenne (E_i) des Netzwerks mindestens einer Funkfrequenzwelle in Richtung des Ziels (12) mit mindestens einer bevorzugten Frequenz, die zuvor für diese Antenne ausgewählt wurde, mit einer Phase, die die kohärente Addition der von den Antennen des Netzwerks gesendeten Funkfrequenzwellen auf dem Ziel sicherstellt.

2. Neutralisierungsverfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** es für jede Antenne (E_i) des Netzwerks, die eine gestreute Funkfrequenzwelle empfängt, einen Messschritt der Wegezeit (t_i) der gestreuten Funkfrequenzwelle zwischen dem Ziel (12) und der Antenne (E_i) des Netzwerks umfasst.

3. Neutralisierungsverfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** jede Antenne (E_i) des Netzwerks mit der Sondenantenne (16) synchronisiert ist und dass sie die Funkfrequenzwelle in Richtung des Ziels (12) in einem Augenblick sendet, der in Abhängigkeit von der gemessenen Wegezeit der gestreuten Funkfrequenzwelle zwischen dem Ziel (12) und der Antenne (E_i) des Netzwerks festgelegt wird.

4. Neutralisierungsverfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** es einen Sendeschritt eines Synchronisierungssignals durch die Sondenantenne (16) und einen Empfangsschritt dieses Synchronisierungssignals durch jede Antenne (E^i) des Netzwerks umfasst, die sich auf dieses Synchronisierungssignal synchronisiert.

5. Neutralisierungsverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die ausgewählte(n) bevorzugte(n) Sendefrequenz(en) diejenigen ist/sind, deren für die Amplitude repräsentativer Wert der höchste ist von den gestreuten Funkfrequenzwellen die von der Gesamtheit der Antennen (E_i) des Netzwerks empfangen werden, und dass die oder jede für die Sendung einer Funkfrequenzwelle durch die Antennen des Netzwerks ausgewählte Frequenz allen Antennen (E_i) des Netzwerks gemeinsam ist.

6. Neutralisierungsverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die für die Antenne (E_i) ausgewählte(n) bevorzugte(n) Sendefrequenzen diejenige(n) ist/sind, deren für die Amplitude repräsentativer Wert der höchste von den für jede Antenne des Netzwerks gestreuten Funkfrequenzwellen ist.

7. Neutralisierungsverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die ausgewählte(n) bevorzugte(n) Sendefrequenzen diejenigen sind, die das Maximum einer vorbestimmten Funktion erreichen, die von den für die Amplitude repräsentativen Werten der durch das Ziel (12) für mehrere Frequenzkombinationen gestreuten Wellen abhängt.

8. Neutralisierungsverfahren nach Anspruch 7, wenn er von Anspruch 2 abhängt, **dadurch gekennzeichnet, dass** die vorbestimmte Funktion von der Wegezeit (t_i) der gestreuten Funkfrequenzwelle zwischen dem Ziel (12) und der Antenne (E_i) des Netzwerks abhängt.

9. Vorrichtung (10) zur Neutralisierung eines Ziels (12), aufweisend:

- eine Sondenantenne (16), die ausgebildet ist, um in Richtung des Ziels (12) ein Testsignal zu senden, das mindestens eine Testfunkfrequenzwelle aufweist und ein Frequenzspektrum hat, das mindestens zwei unterschiedliche Testfrequenzen aufweist,
- ein Netzwerk aus mindestens zwei Antennen (E_i), wobei jede Antenne ausgebildet ist, um mindestens eine durch das Ziel (12) in Antwort auf das Testsignal gestreute Funkfrequenzwelle zu empfangen und mindestens eine Funkfrequenzwelle in Richtung des Zieles zu senden,

wobei die Vorrichtung **dadurch gekennzeichnet ist, dass**:
- jede Antenne (E_i) des Netzwerks Messmittel (T_i) eines für die Amplitude der durch das Ziel (12) gestreuten Wellen in Abhängigkeit von den Testsendefrequenzen der Funkfrequenzwelle repräsentativen Werts umfasst,
- die Vorrichtung eine Auswahleinheit (50) mindestens einer für jede Antenne (E_i) des Netzwerks bevorzugten Sendefrequenz aufweist, in Abhängigkeit des für die Amplitude der gestreuten Wellen repräsentativen Wertes,
- jede Antenne (E_i) des Netzwerks imstande ist,

eine Funkfrequenzwelle in mindestens einer bevorzugten Frequenz, die zuvor für diese Antenne ausgewählt wurde, in Richtung des Zieles zu senden (12), mit einer Phase, die die kohärente Addition der von den Antennen des Netzwerks gesendeten Funkfrequenzwellen auf dem Ziel (12) sicherstellt, und
dass die Vorrichtung imstande ist, das Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche umzusetzen.

10. Neutralisierungsvorrichtung nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Netzwerk von Antennen (E_i) die Sondenantenne (6) aufweist, wobei die Sondenantenne (16) ausgebildet ist, um eine durch das Ziel (12) gestreute Funkfrequenzwelle zu empfangen.

Claims

1. A method for neutralizing (100) a target (12), comprising the following steps:

- the transmission (110) by a probe antenna (16) toward the target (12) of a test signal comprising at least one test radiofrequency wave and having a frequency spectrum comprising at least two distinct test frequencies;
- reception by an array of at least two antennas (E_i) of a plurality of waves scattered by the target in response to the test signal, each antenna of the array receiving at least one wave scattered by the target (12);
said method being **characterized in that** it comprises at least the following steps:
- measuring a representative value of the amplitude of the waves scattered by the target (12) as a function of the transmission test frequencies of the radiofrequency waves;
- choosing (114), for each antenna (E_i) of the array, at least one favored transmission frequency as a function of the representative value of the amplitude of the scattered waves; and
- transmitting, by each antenna (E_i) of the array, at least one radiofrequency wave toward the target (12) at a minimum of one favored frequency chosen beforehand for that antenna with a phase ensuring the coherent addition on the target of the radiofrequency waves transmitted by the antennas of the array.

2. The neutralization method according to claim 1, **characterized in that** it comprises a measuring step for each antenna (E_i) of the array receiving a scattered radiofrequency wave, to measure the travel time (t_i) of the scattered radiofrequency wave between the target (12) and the antenna (E_i) of the array.

3. The neutralization method according to claim 2, **characterized in that** each antenna (E_i) of the array is synchronized with the probe antenna (16) and **in that** it transmits, toward the target (12), the radiofrequency wave at a defined moment as a function of the measured travel time of the scattered radiofrequency wave between the target (12) and the antenna (E_i) of the array.

4. The neutralization method according to claim 3, **characterized in that** it comprises a step for transmission by the probe antenna (16) of a synchronization signal and a step for reception of that synchronization signal by each antenna (E_i) of the array, which synchronizes itself on said synchronization signal.

5. The neutralization method according to any one of claims 1 to 4, **characterized in that** the selected favored transmission frequency or frequencies are those whereof the representative value of the amplitude is the highest among the scattered radiofrequency waves received by all of the antennas (E_i) in the array and **in that** the or each selected frequency for the transmission of a radiofrequency wave by the antennas of the array are shared by all of the antennas (E_i) of the array.

6. The neutralization method according to any one of claims 1 to 4, **characterized in that** the selected favored transmission frequency or frequencies for the antenna (E_i) are those whereof the value representative of the amplitude is highest among the scattered radiofrequency waves for each antenna of the array.

7. The neutralization method according to any one of claims 1 to 4, **characterized in that** the selected favored transmission frequency or frequencies are those that meet the expectation of the maximum of a predetermined function depending on the values representative of the amplitude of the waves scattered by the target (12) for several frequency combinations.

8. The neutralization method according to claim 7 when it depends on claim 2, **characterized in that** the predetermined function depends on the travel time (t_i) of the scattered radiofrequency wave between the target (12) and the antenna (E_i) of the array.

9. A device (10) for neutralizing a target (12) comprising:

- a probe antenna (16), adapted to transmit, toward the target (12), a test signal comprising at

least one test radiofrequency wave and having a frequency spectrum comprising at least two distinct test frequencies,
- an array of at least two antennas (E_i), each adapted to receive at least one radiofrequency wave scattered by the target (12) in response to the test signal and to transmit at least one radiofrequency wave toward the target,
the device being **characterized in that**:
- each antenna (E_i) of the array comprises means (T_i) for measuring the value representative of the amplitude of the waves scattered by the target (12) as a function of the transmission test frequencies of the radiofrequency wave;
- the device comprises a unit (50) for selecting at least one favored transmission frequency, for each antenna (E_i) of the array, as a function of the value representative of the amplitude of the scattered waves;
- each antenna (E_i) of the array is capable of transmitting a radiofrequency wave toward the target (12) at a minimum of one favored frequency chosen beforehand for that antenna with a phase ensuring the coherent addition on the target (12) of the radiofrequency waves transmitted by the antennas of the array; and
in that the device is adapted to implement the method according to claim 1.

10. The neutralization device according to claim 9, **characterized in that** the antenna (E_i) array comprises the probe antenna (16), the probe antenna (16) being adapted to receive a radiofrequency wave scattered by the target (12).

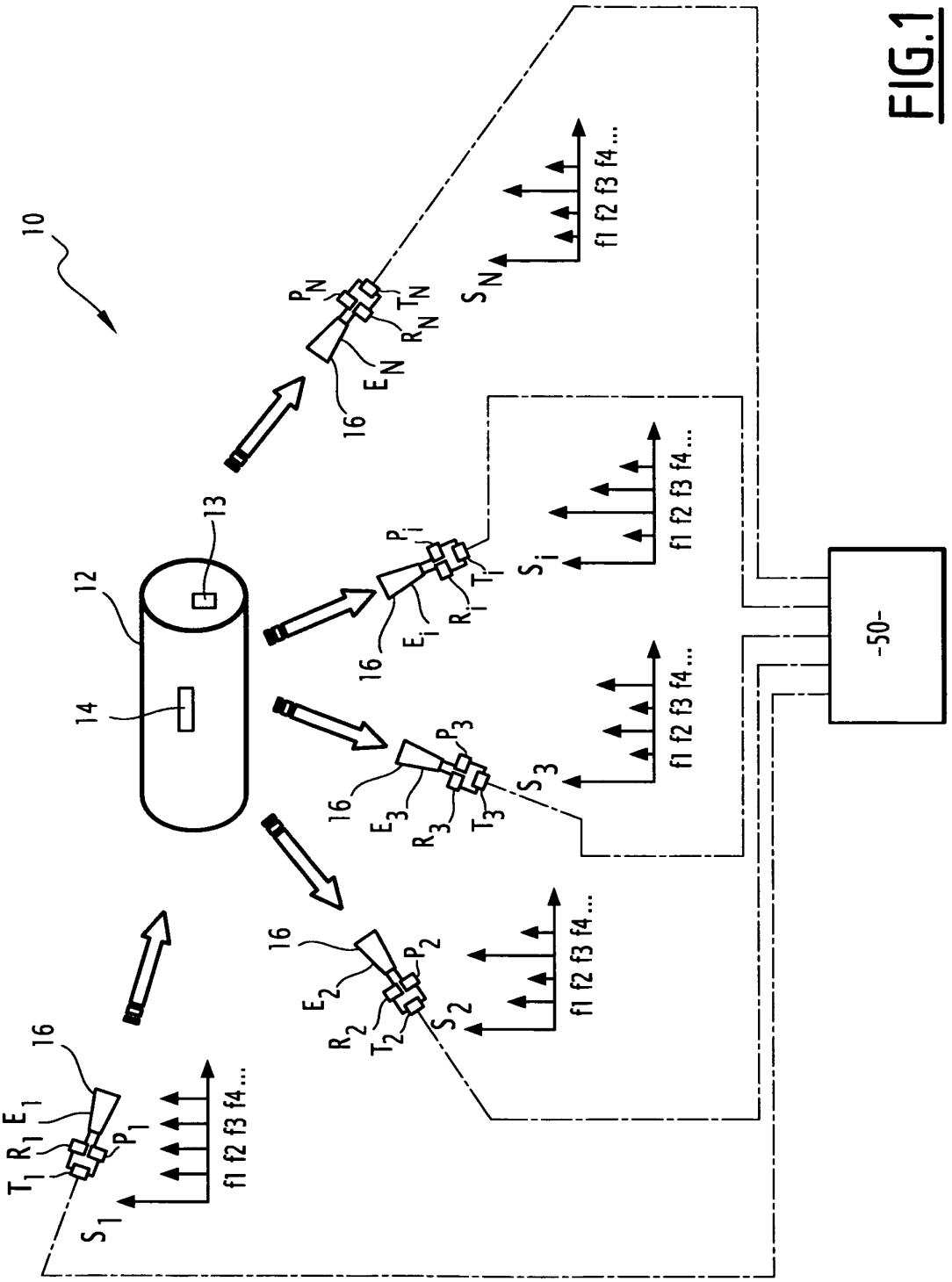

10
12
13
14
16
-50-
f1 f2 f3 f4...
T_1 R_1 E_1 P_1 S_1
E_2 R_2 T_2 P_2 S_2
E_3 R_3 T_3 P_3 S_3
E_i R_i T_i P_i S_i
E_N R_N T_N P_N S_N

FIG.1

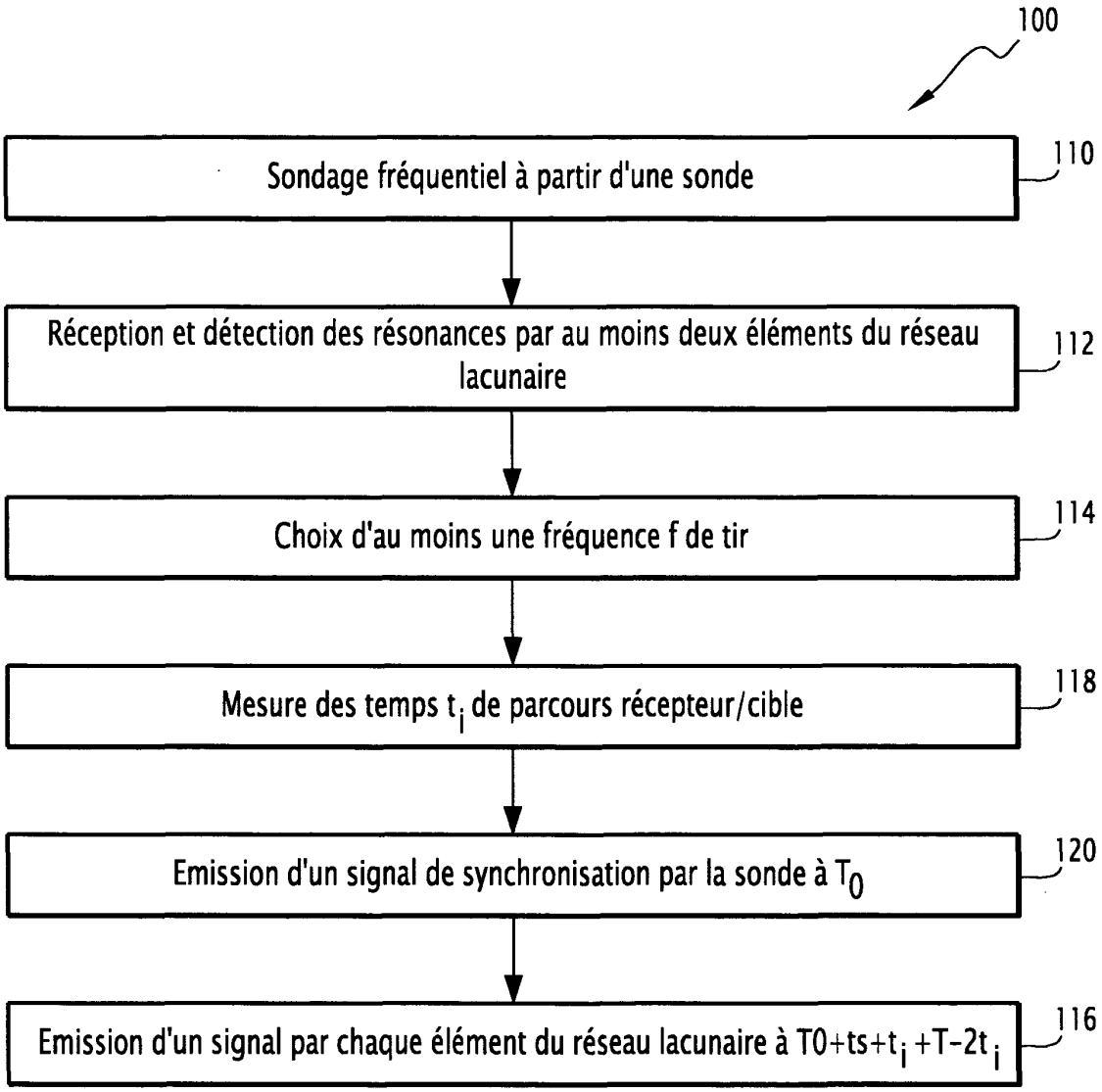

100
Sondage fréquentiel à partir d'une sonde
110
Réception et détection des résonances par au moins deux éléments du réseau lacunaire
112
Choix d'au moins une fréquence f de tir
114
Mesure des temps t_i de parcours récepteur/cible
118
Emission d'un signal de synchronisation par la sonde à T_0
120
Emission d'un signal par chaque élément du réseau lacunaire à $T0+ts+t_i+T-2t_i$
116

FIG.2

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

- WO 200759508 A **[0004]**