



Europäisches  
Patentamt  
European  
Patent Office  
Office européen  
des brevets



(11)

EP 2 736 118 A1

(12)

## DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:  
28.05.2014 Bulletin 2014/22

(51) Int Cl.:  
*H01Q 1/32 (2006.01)*      *H01Q 7/00 (2006.01)*  
*H01Q 21/28 (2006.01)*

(21) Numéro de dépôt: 13194112.2

(22) Date de dépôt: 22.11.2013

(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  
Etats d'extension désignés:  
BA ME

(30) Priorité: 23.11.2012 FR 1203159

(71) Demandeur: Thales  
92200 Neuilly Sur Seine (FR)

(72) Inventeur: Ngo Bui Hung, Frédéric  
92622 Gennevilliers Cedex (FR)

(74) Mandataire: Blot, Philippe Robert Emile  
Cabinet Lavoix  
2, place d'Estienne d'Orves  
75441 Paris Cedex 09 (FR)

### (54) Système antennaire à boucles imbriquées et véhicule comprenant un tel système antennaire.

(57) Système antennaire à boucle comportant un premier élément filiforme (8a, 8b) conducteur électrique et formant une portion de boucle.

Le système antennaire (4) comporte en outre un deuxième élément filiforme (8a, 8b) conducteur électrique

quement et formant une portion de boucle, et les deux éléments filiformes (8a, 8b) présentent des longueurs ( $l_a$ ,  $l_b$ ) différentes l'une de l'autre.

Véhicule (2) comprenant un tel système antennaire (4).

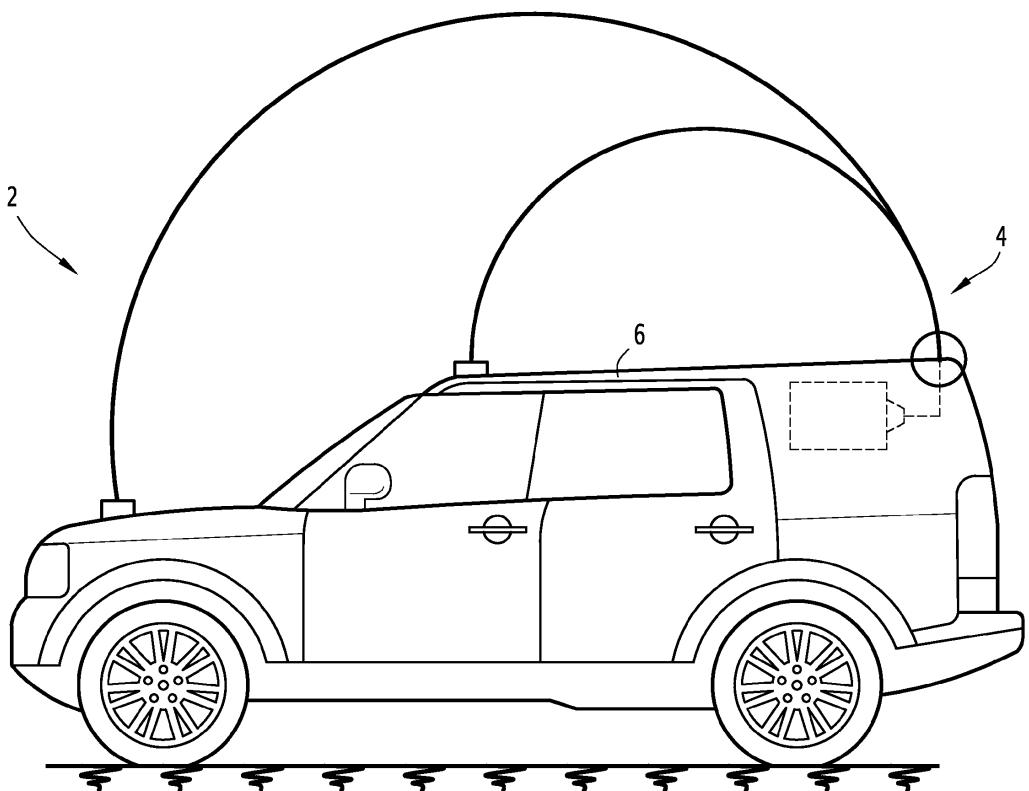


FIG.1

**Description**

**[0001]** La présente invention concerne les systèmes antennaires à boucle.

**[0002]** Plus spécifiquement, l'invention concerne un système antennaire à boucle comportant un premier élément filiforme conducteur électriquement et formant une portion de boucle.

**[0003]** Ces systèmes sont notamment utilisés dans le domaine des télécommunications dans la bande HF, par exemple sur terre ou en mer, et reposent sur l'utilisation des réflexions ionosphériques quasi-verticales (connues sous le nom anglais de « Near Vertical Sky Waves ») pour la propagation des ondes électromagnétiques qu'ils émettent et reçoivent.

**[0004]** De manière connue, l'élément conducteur filiforme de ces systèmes génère une surface rayonnante. La résistance de rayonnement  $R_r$  de cette surface est reliée à son aire  $S$  et à la longueur d'onde de travail  $\lambda$  par la relation suivante :

$$R_r = 320\pi^4(S^2 / \lambda^4) \quad (1)$$

**[0005]** Aux basses fréquences de la plage de fonctionnement de ces systèmes antennaires, c'est-à-dire aux grandes longueurs d'onde de travail  $\lambda$ , la bande passante instantanée de ces systèmes est faible du fait de la petitesse de la résistance de rayonnement  $R_r$ .

**[0006]** Au vu de la relation (1), une solution connue pour augmenter la résistance de rayonnement  $R_r$  de ces systèmes antennaires est d'augmenter la longueur physique de l'élément filiforme, ce qui se traduit par une augmentation de l'aire  $S$  de la surface de rayonnement.

**[0007]** Toutefois, cette solution ne donne pas entière satisfaction.

**[0008]** En effet, l'augmentation des dimensions de l'élément filiforme tend à placer la fréquence d'anti-résonance du système antennaire, c'est-à-dire la fréquence où l'impédance d'entrée de l'antenne devient très grande et difficilement adaptable, dans la plage des fréquences utiles du système, ce qui empêche l'utilisation du système antennaire aux fréquences proches de cette fréquence d'anti-résonance et donc sur la totalité de la plage de fréquences utiles. Ainsi, un rendement énergétique élevé pour ce type de système impose de limiter la bande passante utile.

**[0009]** L'un des objets de l'invention est de proposer un système antennaire ne présentant pas ces inconvénients.

**[0010]** A cet effet, l'invention concerne un système antennaire du type précité, caractérisé en ce que le système antennaire comporte en outre un deuxième élément filiforme conducteur électriquement et formant une portion de boucle, et en ce que les deux éléments filiformes présentent des longueurs différentes l'une de l'autre.

**[0011]** Selon d'autres aspects de l'invention, le système

antennaire comprend une ou plusieurs des caractéristiques techniques suivantes, prises isolément ou selon toute(s) combinaison(s) techniquement possible(s) :

- 5 - la longueur de l'élément filiforme le plus long est supérieure à la longueur de l'élément filiforme le plus court de plus de 50% ;
- la longueur de l'élément filiforme le plus long est sensiblement égale au double de la longueur de l'élément filiforme le plus court ;
- 10 - le premier élément filiforme est sensiblement compris dans un premier plan, le deuxième élément filiforme est sensiblement compris dans un deuxième plan, et le premier et le deuxième plans forment entre eux un angle inférieur à 45°, et de préférence inférieur à 10° ;
- les portions de boucle formées par les éléments filiformes sont imbriquées l'une dans l'autre ;
- 15 - le système antennaire comprend une embase de fixation pour la fixation des éléments filiformes, l'embase de fixation comportant une deuxième partie conductrice électriquement dans laquelle une extrémité de chaque élément filiforme est fixée ;
- le système antennaire comprend également un boîtier d'accord d'impédance raccordé électriquement à la deuxième partie pour l'alimentation des deux éléments filiformes avec un même signal radiofréquence ;
- 20 - le système antennaire comprend une embase secondaire de fixation dans laquelle les autres extrémités des éléments filiformes sont fixées, le boîtier d'accord d'impédance présentant deux voies symétriques raccordées pour l'une à l'embase de fixation, et pour l'autre à l'embase secondaire de fixation ;
- le système antennaire comprend un plan de masse, ladite embase de fixation comprenant une première partie isolante électriquement fixée sur ledit plan de masse et sur laquelle la deuxième partie est fixée, les autres extrémités des éléments filiformes étant fixées au plan de masse ;
- 25 - le système antennaire est destiné à l'émission et la réception d'ondes électromagnétiques de fréquence comprise entre 2 MHz et 30 MHz.
- 
- 30 -
- 
- 35 -
- 
- 40 -
- 
- 45 -

**[0012]** En outre, l'invention concerne un véhicule terrestre, aérien ou naval, caractérisé en ce qu'il comprend au moins un système antennaire selon l'invention.

**[0013]** Selon un autre aspect de l'invention, le véhicule comprend deux systèmes antennaires selon l'invention, les systèmes antennaires étant identiques l'un à l'autre et étant disposés côté à côté et parallèlement l'un à l'autre.

**[0014]** L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description détaillée qui va suivre, donnée uniquement à titre d'exemple et faite en se référant aux Figures annexées sur lesquelles :

- la Figure 1 est une représentation schématique d'un

- engin selon l'invention ;
- la Figure 2 est une représentation schématique d'un système antennaire selon l'invention ;
- la Figure 3 est une représentation schématique d'un engin selon une variante de l'invention; et
- la Figure 4 est une représentation schématique d'un système antennaire selon une variante de l'invention.

**[0015]** La Figure 1 illustre un engin 2 selon l'invention. L'engin 2 est destiné à une application terrestre, et est par exemple un véhicule tout terrain. L'engin 2 comprend un système antennaire à boucle 4 selon l'invention, ci-après système 4, ainsi qu'une surface métallique 6.

**[0016]** Dans l'exemple de la Figure 1, la surface métallique 6 comprend le toit et le capot du véhicule.

**[0017]** Le système 4 est destiné à fonctionner dans la gamme de fréquence 2 MHz - 30 MHz, et préférentiellement dans la gamme de fréquence 2 MHz - 12 MHz.

**[0018]** En référence à la Figure 2, le système 4 comprend un plan de masse 7, deux éléments filiformes de références respectives 8a, 8b ainsi qu'une embase de fixation 10, ci-après embase 10. En outre, le système 4 comprend un boîtier d'accord d'impédance 12, également connu sous le nom anglophone de « Antenna Tuning Unit » (qui signifie unité d'adaptation d'antenne), et désigné par ATU 12 dans ce qui suit, et un câble de connexion 14 raccordant l'ATU 12 à l'embase 10.

**[0019]** Le plan de masse 7 du système 4 est propre à fournir une référence de masse au système 4 et est formé par la surface métallique 6 de l'engin 2.

**[0020]** Les éléments filiformes 8a, 8b sont conducteurs électriquement et sont propres à émettre et recevoir des ondes électromagnétiques. Ils sont par exemple réalisés à partir d'acier cuivré.

**[0021]** En variante, ils comprennent un cœur en fibre de verre entouré d'une tresse cuivrée, ou bien sont réalisés à partir de tout matériau adapté connu de l'homme du métier.

**[0022]** Par « filiforme », on entend que les dimensions des éléments 8a, 8b dans le sens de leur longueur sont d'un ordre de grandeur très supérieur à l'ordre de grandeur des dimensions des éléments 8a, 8b selon les autres directions, et que les dimensions des éléments 8a, 8b selon les directions autres que sa longueur sont sensiblement du même ordre de grandeur.

**[0023]** En outre, les éléments filiformes 8a, 8b sont déformables élastiquement.

**[0024]** Les éléments filiformes 8a, 8b sont constitués d'un seul tronçon.

**[0025]** En variante, l'un au moins des éléments filiformes 8a, 8b est réalisé à partir d'une pluralité de tronçons raccordés les uns aux autres. Ils sont alors montés ou démontés pour respectivement monter, démonter l'élément filiforme 8a, 8b correspondant. Ceci a pour effet de permettre de minimiser l'encombrement du système 4 sur l'engin 2 lorsque le système 4 n'est pas requis.

**[0026]** Les éléments filiformes 8a, 8b présentent des

longueurs respectives  $l_a, l_b$  présentant un ordre de grandeur inférieur aux longueurs d'onde des fréquences de travail préférentielles du système 4.

**[0027]** Plus spécifiquement, les éléments filiformes 8a, 8b ont des longueurs  $l_a, l_b$  comprises entre 3 m et 6 m.

**[0028]** En variante, les éléments filiformes 8a, 8b ont des longueurs  $l_a, l_b$  comprises entre 3 m et 10 m. Cette variante est avantageusement mise en oeuvre lorsque l'engin 2 présente une taille adaptée pour ce faire.

**[0029]** En outre, les longueurs  $l_a, l_b$  des éléments filiformes 8a, 8b sont différentes l'une de l'autre. Dans l'exemple de la Figure 2, l'élément filiforme 8a est le plus court des deux.

**[0030]** Plus spécifiquement, la longueur  $l_a, l_b$  de l'élément filiforme 8a, 8b le plus long est supérieure à la longueur  $l_a, l_b$  de l'élément filiforme 8a, 8b le plus court de plus de 50 %.

**[0031]** Ceci augmente les performances radioélectriques du système 4, comme on le verra par la suite.

**[0032]** Préférentiellement, la longueur  $l_a, l_b$  de l'élément filiforme 8a, 8b le plus long est sensiblement égale au double de la longueur  $l_a, l_b$  de l'élément filiforme 8a, 8b le plus court. Ceci constitue un compromis optimal entre l'encombrement du système 4 et ses performances radioélectriques.

**[0033]** Comme illustré sur la Figure 2, les éléments filiformes 8a, 8b sont fixés sur le plan de masse 7.

**[0034]** Plus spécifiquement pour le raccord des éléments filiformes 8a, 8b à l'ATU 12, l'une des extrémités de chaque élément 8a, 8b est insérée dans l'embase 10 dans un orifice (non représenté) que l'embase 10 comporte.

**[0035]** L'autre extrémité de chaque élément 8a, 8b est fixée sur le plan de masse 7 via une pièce de mise à la masse bien connue de l'homme du métier.

**[0036]** Les éléments filiformes 8a, 8b forment chacun une portion de boucle.

**[0037]** En pratique, les dimensions des portions de boucle sont obtenues via le positionnement adéquat de l'emplacement de la fixation sur le plan de masse 7 de l'extrémité des éléments filiformes 8a, 8b via la pièce de mise à la masse.

**[0038]** Les deux éléments filiformes 8a, 8b, et donc les portions de boucles qu'ils délimitent, sont sensiblement compris dans un plan  $P_a$ , respectivement  $P_b$ .

**[0039]** Les deux plans  $P_a, P_b$  forment entre eux un angle  $\alpha$ .

**[0040]** La valeur de l'angle  $\alpha$  contribue à déterminer le niveau de couplage radioélectrique entre les surfaces rayonnantes formées par les éléments filiformes 8a, 8b.

**[0041]** Avantageusement, l'angle  $\alpha$  entre les plans  $P_a, P_b$  est inférieur à 45°, et de préférence inférieur à 10°.

**[0042]** Ceci a pour effet d'augmenter le couplage radioélectrique entre les surfaces rayonnantes et d'optimiser l'encombrement latéral du système antennaire.

**[0043]** Préférentiellement, l'angle  $\alpha$  est sensiblement nul, ce qui maximise le couplage radioélectrique entre les surfaces rayonnantes et minimise l'encombrement

latéral du système antenne.

[0044] En pratique, la valeur de l'angle  $\alpha$  est susceptible de varier sous l'effet de l'accélération et de la décélération de l'engin 2.

[0045] Préférentiellement, les éléments filiformes 8a, 8b sont suffisamment rigides pour que l'angle  $\alpha$  demeure inférieur à 45°, et de préférence inférieur à 10° lors du déplacement de l'engin 2. En pratique, la rigidité nécessaire est obtenue en faisant varier le diamètre des éléments filiformes 8a, 8b.

[0046] Comme indiqué ci-dessus, les éléments filiformes 8a, 8b génèrent chacun une surface de rayonnement S1, respectivement S2 délimitées d'un part par l'élément filiforme correspondant, et d'autre part par le plan de masse 7. Les surfaces de rayonnement S1, S2 sont sensiblement comprises dans le plan P<sub>a</sub>, P<sub>b</sub> correspondant.

[0047] Préférentiellement, les deux surfaces de rayonnement S1, S2 présentent une même forme générale.

[0048] Dans l'exemple de la Figure 2, les surfaces S1, S2 formées par les éléments 8a, 8b sont toutes deux sensiblement semi-circulaires.

[0049] En variante, les portions de boucles formées par les éléments filiformes 8a, 8b forment toutes deux des portions de rectangle ou de triangle.

[0050] En variante encore, les surfaces S1, S2 présentent une forme générale différente l'une de l'autre.

[0051] Du fait que les deux éléments 8a, 8b sont de longueurs différentes, les deux surfaces S1, S2 présentent des aires différentes.

[0052] Dans ce qui suit, S1 désignera la surface de rayonnement de plus petite aire parmi les deux, c'est-à-dire la surface délimité par le petit élément filiforme 8a.

[0053] Les portions de boucles formées par les deux éléments filiformes 8a, 8b sont imbriquées l'une dans l'autre.

[0054] Par « imbriquées », on entend que la plus petite des portions de boucle apparaît comme intégralement comprise dans l'aire délimitée par la plus grande portion de boucle lorsque le système 4 est observé depuis une direction sensiblement perpendiculaire à l'une de deux surfaces S1, S2.

[0055] En d'autres termes, en référence à la Figure 2, la surface S1 apparaît comme intégralement comprise dans la surface S2 lorsque le système 4 est observé depuis le côté.

[0056] Cette imbrication a pour effet de minimiser l'encombrement du système 4.

[0057] L'embase 10 permet la fixation des éléments filiformes 8a, 8b sur le plan de masse 7 tout en assurant l'isolation électrique des éléments filiformes du plan de masse, et permet le raccord électrique des éléments filiformes au câble de connexion 14 et à l'ATU 12.

[0058] A cet effet, l'embase 10 comprend une première partie 101 isolante électriquement et une deuxième partie 102 conductrice électriquement. Les deux parties 101, 102 sont cylindriques et présentent le même diamètre.

[0059] La première partie 101 est fixée sur le plan de

masse 7 et est réalisée en matériau diélectrique isolant électriquement.

[0060] La deuxième partie 102 est fixée sur la première partie 101 et est réalisée en métal. Du fait de la première partie 101, elle est isolée électriquement du plan de masse 7.

[0061] La deuxième partie 102 est pourvue des orifices (non représentés) dans lesquels l'une des extrémités de chacun des éléments filiformes 8a, 8b est fixée, comme indiqué précédemment.

[0062] En outre, la deuxième partie 102 reçoit une extrémité du câble de connexion 14.

[0063] Du fait que la deuxième partie 102 est conductrice électriquement, le câble de connexion 14 est raccordé électriquement aux extrémités des deux éléments filiformes 8a, 8b insérées dans l'embase 10.

[0064] L'ATU 12 est propre à adapter l'impédance du système 4, c'est-à-dire à maximiser la puissance électrique échangée entre le système 4 respectivement et un dispositif d'émission/réception RF (non représenté) auquel le système 4 est couplé.

[0065] L'ATU 12 se situe sur le plan de masse 7.

[0066] En variante, il se situe à bord de l'engin 2, par exemple dans une cavité située sous le plan de masse 7.

[0067] Comme indiqué précédemment, l'ATU 12 est raccordé électriquement à l'embase 10 via le câble de connexion 14, et fournit le même signal radiofréquence aux deux éléments filiformes 8a, 8b.

[0068] Le fonctionnement du système 4 selon l'invention va maintenant être décrit en référence aux Figures 1 et 2.

[0069] Lors du fonctionnement du système 4, l'ATU 12 délivre un même signal RF aux éléments filiformes 8a, 8b à travers l'embase 10. Le courant parcourt les éléments filiformes 8a, 8b et se reboucle sur le plan de masse 7.

[0070] Du fait que le système antenne 4 comprend deux éléments filiformes 8a, 8b de longueurs différentes, la fréquence d'anti-résonance du système 4 est modifiée par rapport à un système présentant un unique élément filiforme, et plus précisément est distincte de la fréquence d'anti-résonance que présenterait le système ne comprenant que l'un ou l'autre des éléments filiformes 8a, 8b.

[0071] Ceci a pour effet que lorsque la fréquence de travail vaut sensiblement la fréquence d'anti-résonance du système 4, cette fréquence de travail est éloignée des fréquences d'anti-résonance des éléments filiformes 8a, 8b. Ceci permet de bénéficier d'une impédance du système 4 à sa fréquence d'anti-résonance qui est plus faible que pour un système à un seul élément filiforme.

[0072] En d'autres termes, le couplage des éléments filiformes 8a, 8b dans le système 4 selon l'invention abaisse l'impédance du système à sa fréquence d'anti-résonance, et permet son adaptation par un ATU, et améliore donc son rendement énergétique global.

[0073] En outre, la bande passante instantanée du système selon l'invention, qui découle de la résistance de rayonnement, est sensiblement augmentée du fait

qu'il comprend deux surfaces de rayonnement S1, S2, et donc une surface de rayonnement totale supérieure à celle d'un système ne comprenant que l'un ou l'autre des éléments filiformes 8a, 8b.

**[0074]** Pour un système antennaire de l'état de la technique comprenant un unique élément filiforme plié de façon à former un demi-cercle de deux mètres de diamètre, il a été modélisé que l'impédance du système à 3 MHz vaut  $0.002 + 66j\Omega$ . La fréquence d'anti-résonance de ce système vaut 23,7 MHz. L'impédance du système à cette fréquence d'anti-résonance vaut  $19000\Omega$ .

**[0075]** Comparativement, pour un système 4 selon l'invention dans lequel l'élément filiforme 8a se présente sous la forme d'un demi cercle de deux mètres de diamètre et l'élément filiforme 8b se présente sous la forme d'un demi cercle de quatre mètres de diamètre, il a été simulé que l'impédance du système à 3 MHz vaut  $0.004 + 40j\Omega$ . Du fait de la présence des deux éléments 8a, 8b, la fréquence d'anti-résonance du système 4 vaut 17,8 MHz. La valeur de l'impédance du système 4 selon l'invention à cette fréquence et obtenue par simulation vaut  $2400\Omega$ .

**[0076]** On constate ainsi que dans un système 4 selon l'invention, la résistance de rayonnement - qui correspond à la partie réelle de l'impédance - du système 4 aux basses fréquences a sensiblement augmenté, et plus précisément a sensiblement doublé.

**[0077]** En outre, l'impédance du système 4 à sa fréquence d'anti-résonance a diminué d'un rapport proche de dix.

**[0078]** En variante, l'engin 2 est un navire, la surface métallique 6 correspondant par exemple au pont du navire.

**[0079]** Dans le cadre de cette variante, il est préférable de réaliser les éléments filiformes de sorte que leur tenue mécanique soit supérieure celle des éléments d'un système adapté pour un véhicule terrestre.

**[0080]** Aussi, dans le cadre de cette variante, les éléments filiformes 8a, 8b sont constitués d'un tube ou de plusieurs tubes fixés successivement les uns aux autres, par exemple par soudage. Les tubes sont par exemple réalisés à partir d'aluminium.

**[0081]** En variante, en référence à la Figure 3, l'engin 2 comprend deux systèmes 4 selon l'invention sensiblement identiques l'un à l'autre et disposés côte à côte sensiblement parallèlement l'un à l'autre.

**[0082]** Plus précisément, ils sont agencés l'un relativement à l'autre de sorte que les plans  $P_a$  respectifs des deux systèmes 4 soient parallèles l'un à l'autre, les éléments filiformes 8a, 8b respectifs des deux systèmes étant situés à une distance les uns des autres comprise entre 50 et 100 cm. Cette distance a pour effet de prévenir la mise en contact des éléments filiformes 8a, 8b des deux systèmes 4 lorsque ceux-ci se déforment sous l'effet de l'accélération ou de la décélération de l'engin 2.

**[0083]** La surface métallique 6 de l'engin 2 forme le plan de masse 7 commun des deux systèmes 4.

**[0084]** Les ATU 12 des deux systèmes 4 sont tous

deux raccordés à un même dispositif d'émission/réception associé aux systèmes 4, par exemple via un diviseur de puissance, et sont par exemple commandés de façon conforme à la commande décrite dans FR 2 829 622.

**[0085]** Cette variante de l'engin 2 selon l'invention a pour effet d'augmenter la puissance admissible du dispositif formé par les deux systèmes 4 disposés en parallèle, ainsi que d'augmenter la résistance de rayonnement correspondante aux basses fréquences de la plage d'utilisation.

**[0086]** En variante encore, en référence à la Figure 4, le système 4 ne comprend pas de plan de masse 7.

**[0087]** Dans le cadre de cette variante, l'embase 10 est uniquement constituée de la deuxième partie 102 conductrice électriquement précédemment décrite

**[0088]** En outre, le système 4 comprend une embase secondaire 10' identique à l'embase 10.

**[0089]** Les deux embases 10, 10' sont respectivement raccordées à l'une de deux voies symétriques 121, 122 que comprend l'ATU 12 et sont fixées à l'aplomb de l'ATU 12, par exemple au moyen de tiges de connexion rigides conductrices électriquement et disposées parallèlement l'une à l'autre, et qui assurent la même fonction que le câble de connexion 14 précédemment décrit ainsi que le maintien physique de l'ensemble.

**[0090]** Les tiges de connexion ainsi que leur raccord aux voies 121 et 122 de l'ATU et aux embases 10, 10' sont connus de l'homme du métier et ne seront donc pas décrits.

**[0091]** Les extrémités de chaque élément filiforme 8a, 8b sont pour l'une insérée dans l'embase 10, et pour l'autre dans l'embase secondaire 10'.

**[0092]** Les portions de boucles formées par les éléments filiformes 8a, 8b présentent toutes deux une forme sensiblement circulaire.

**[0093]** Les surfaces de rayonnement S1, S2 sont uniquement générées par les éléments filiformes 8a, 8b.

**[0094]** Cette variante est avantageusement mise en oeuvre lorsqu'il n'est pas possible ou que l'on ne souhaite pas utiliser de plan de masse.

**[0095]** Dans un autre mode de réalisation de cette variante selon l'invention, les portions de boucles présentent toutes deux une forme générale triangulaire ou rectangulaire.

**[0096]** Comme précédemment, les deux portions de boucles définies par les éléments filiformes 8a, 8b sont imbriquées l'une dans l'autre, respectivement sensiblement comprises dans un plan, les deux plans ainsi définis formant un angle inférieur à  $45^\circ$ , et de préférence inférieur à  $10^\circ$ .

**[0097]** Cette variante de l'invention peut à son tour être mise en oeuvre sur un engin 2 selon l'invention, dans lequel deux systèmes selon cette variante de l'invention sont disposés côte à côte l'un de l'autre, les deux plans

$P_a$  des éléments filiformes 8a, 8b de l'un et l'autre des systèmes étant sensiblement parallèles et situés à une distance l'un de l'autre comprise entre 50 cm et 100 cm.

**[0098]** En variante encore, l'engin 2 est un aéronef.

**[0099]** En variante, le système 4 est dépourvu d'ATU 12. Les éléments filiformes 8a, 8b sont par exemple raccordés directement au dispositif d'émission/réception radiofréquence auquel le dispositif 4 est couplé. Dans les modes de réalisation correspondants, les deux éléments filiformes 8a, 8b sont également alimentés avec le même signal radiofréquence.

**[0100]** Comme indiqué ci-dessus, le couplage des éléments filiformes 8a, 8b résultant notamment de leur alimentation par un même signal radiofréquence permet d'abaisser l'impédance du système antennaire 4 à sa fréquence d'anti-résonance.

**[0101]** En outre, comme indiqué ci-dessus, le système 4 est configuré pour l'émission et la réception d'ondes électromagnétiques par réflexions ionosphériques. Les éléments filiformes 8a, 8b sont destinés à rayonner principalement selon une direction de rayonnement verticale.

**[0102]** En particulier, dans les modes de réalisation dans lesquels l'antenne 4 est disposée sur un plan de masse 7, l'antenne 4 est configurée pour principalement rayonner selon une direction de rayonnement orthogonale au plan de masse 7. Le plan de masse 7 est alors disposé sensiblement horizontalement.

**[0103]** Dans les modes de réalisation dans lesquels l'antenne 4 n'est pas disposée sur un plan de masse 7, l'antenne 4 est configurée pour rayonner principalement selon un axe médian des boucles formées par les éléments filiformes 8a, 8b et passant entre l'embase 10 et l'embase secondaire 10'.

**[0104]** La direction de rayonnement de l'antenne 4 résulte du rapport entre les longueurs d'onde des fréquences préférentiellement utilisées par le système 4 et la longueur des éléments filiformes 8a, 8b. Plus particulièrement, la longueur des éléments filiformes 8a, 8b est plus petite que les longueurs d'onde des fréquences préférentielles du système 4. Par exemple, une fréquence de 2 MHz correspond à une longueur d'onde de 150 m, et une fréquence de 12 MHz correspond à une longueur de 25 m. Ces longueurs sont d'un ordre de grandeur supérieur à la longueur des éléments filiformes 8a, 8b.

## Revendications

1. Système antennaire à boucle comportant un premier élément filiforme (8a, 8b) conducteur électriquement et formant une portion de boucle,  
**caractérisé en ce que** le système antennaire (4) comporte en outre un deuxième élément filiforme (8a, 8b) conducteur électriquement et formant une portion de boucle, et **en ce que** les deux éléments filiformes (8a, 8b) présentent des longueurs ( $l_a, l_b$ ) différentes l'une de l'autre.
2. Système antennaire selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la longueur ( $l_a, l_b$ ) de l'élément filiforme (8a, 8b) le plus long est supérieure à la lon-

gueur ( $l_a, l_b$ ) de l'élément filiforme (8a, 8b) le plus court de plus de 50%.

3. Système antennaire selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** la longueur ( $l_a, l_b$ ) de l'élément filiforme (8a, 8b) le plus long est sensiblement égale au double de la longueur ( $l_a, l_b$ ) de l'élément filiforme (8a, 8b) le plus court.
4. Système antennaire selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le premier élément filiforme (8a, 8b) est sensiblement compris dans un premier plan ( $P_a$ ), **en ce que** le deuxième élément filiforme (8a, 8b) est sensiblement compris dans un deuxième plan ( $P_b$ ), et **en ce que** le premier et le deuxième plans ( $P_a, P_b$ ) forment entre eux un angle ( $\alpha$ ) inférieur à 45°, et de préférence inférieur à 10°.
5. Système antennaire selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les portions de boucle formées par les éléments filiformes (8a, 8b) sont imbriquées l'une dans l'autre.
6. Système antennaire selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'il** comprend une embase de fixation (10) pour la fixation des éléments filiformes (8a, 8b), l'embase de fixation (10) comportant une deuxième partie (102) conductrice électriquement dans laquelle une extrémité de chaque élément filiforme (8a, 8b) est fixée.
7. Système antennaire selon la revendication 6, **caractérisé en ce qu'il** comprend également un boîtier d'accord d'impédance (12) raccordé électriquement à la deuxième partie (102) pour l'alimentation des deux éléments filiformes (8a, 8b) avec un même signal radiofréquence.
8. Système selon la revendication 7, **caractérisé en ce qu'il** comprend une embase secondaire de fixation (10') dans laquelle les autres extrémités des éléments filiformes (8a, 8b) sont fixées, le boîtier d'accord d'impédance (12) présentant deux voies symétriques (121, 122) raccordées pour l'une à l'embase de fixation (10), et pour l'autre à l'embase secondaire de fixation (10').
9. Système antennaire selon la revendication 6 ou 7, **caractérisé en ce qu'il** comprend un plan de masse (7), ladite embase de fixation (10) comprenant une première partie (101) isolante électriquement fixée sur ledit plan de masse (7) et sur laquelle la deuxième partie (102) est fixée, les autres extrémités des éléments filiformes étant fixées au plan de masse (7).
10. Système antennaire selon l'une quelconque des re-

vendications précédentes, **caractérisé en ce qu'il est destiné à l'émission et la réception d'ondes électromagnétiques de fréquence comprise entre 2 MHz et 30 MHz.**

5

11. Véhicule terrestre, aérien ou naval, **caractérisé en ce qu'il comprend au moins un système antennaire (4) selon l'une quelconque des revendications précédentes.**

10

12. Véhicule selon la revendication 11, **caractérisé en ce qu'il comprend deux systèmes antennaires (4) selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, les systèmes antennaires (10) étant identiques l'un à l'autre et étant disposés côte à côte et parallèlement l'un à l'autre.** 15

20

25

30

35

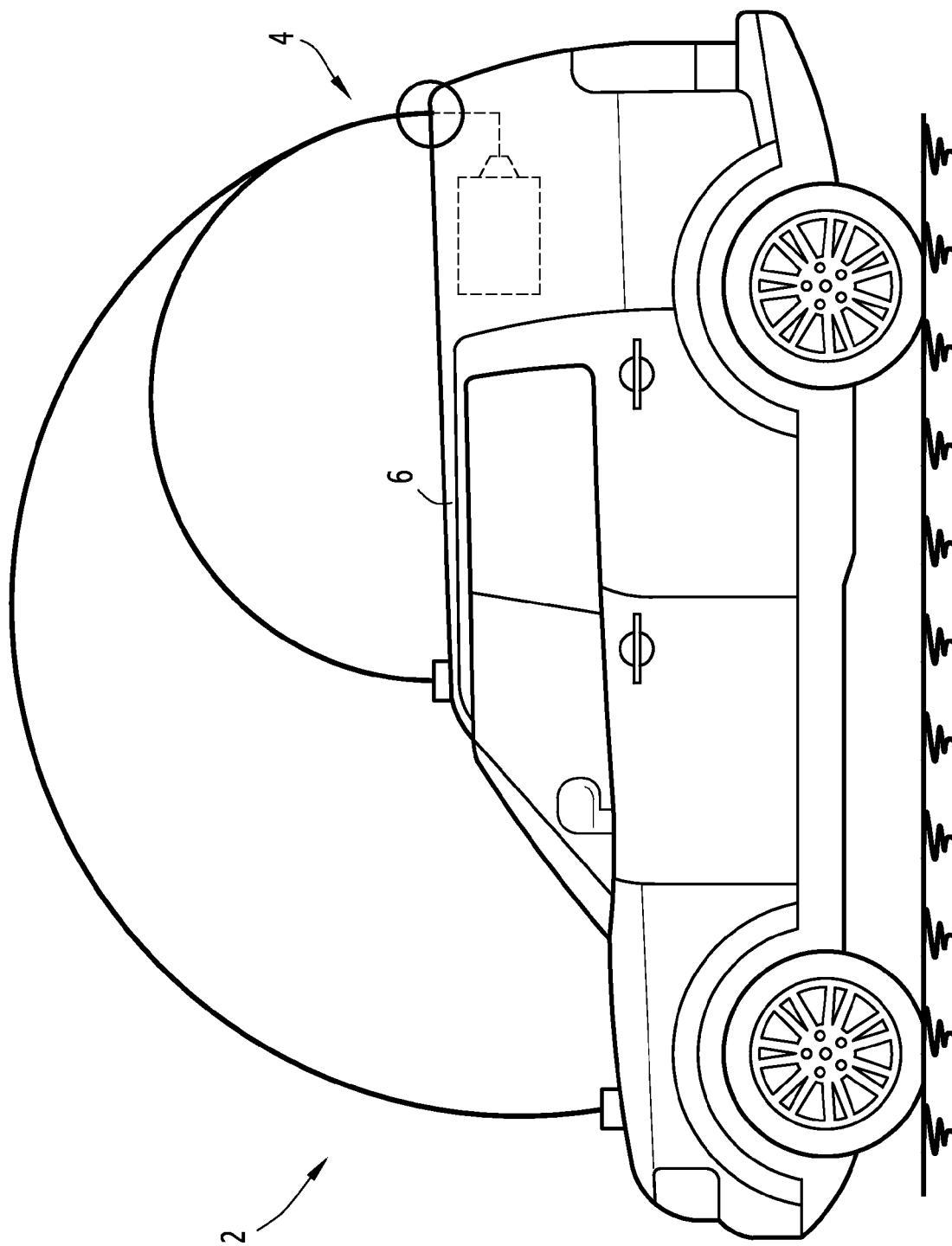
40

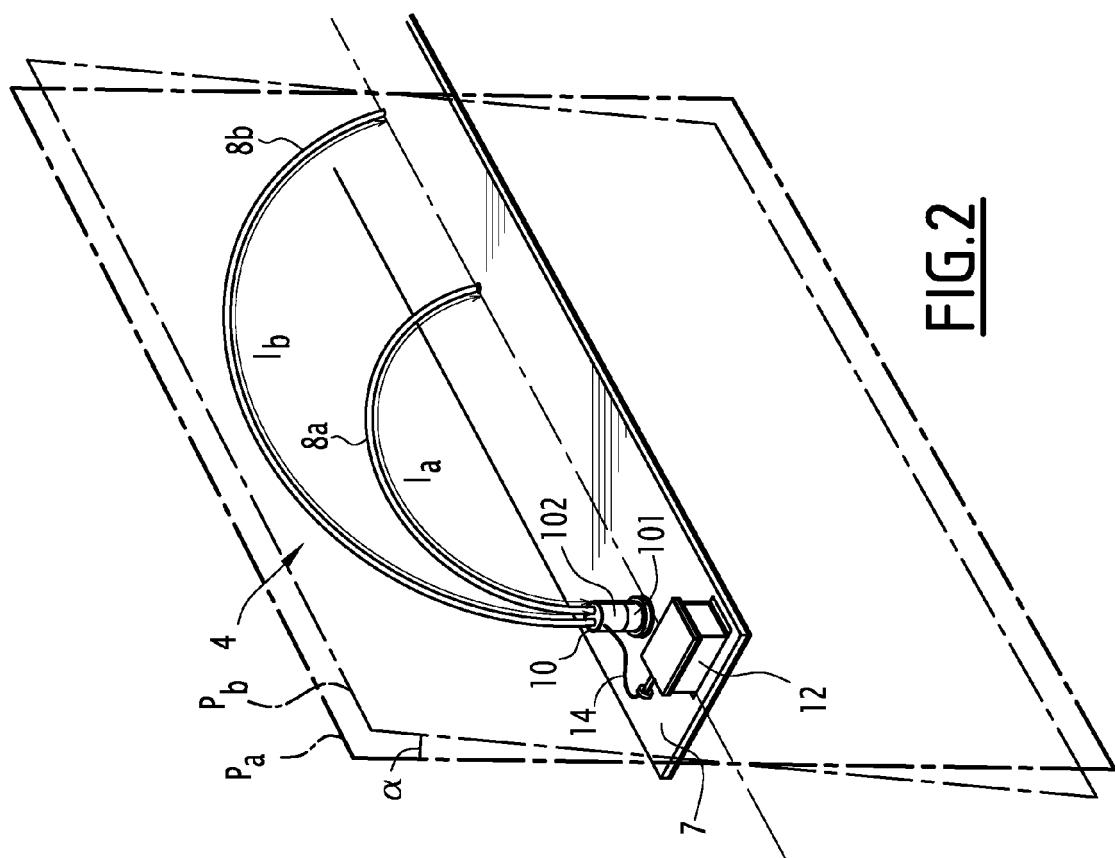
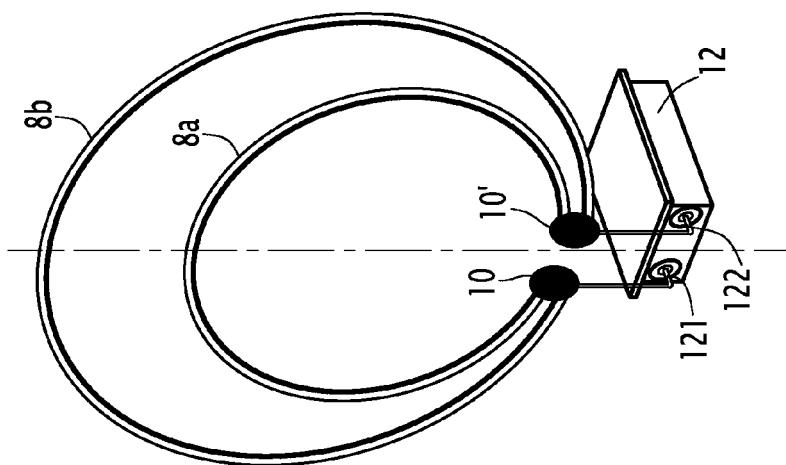
45

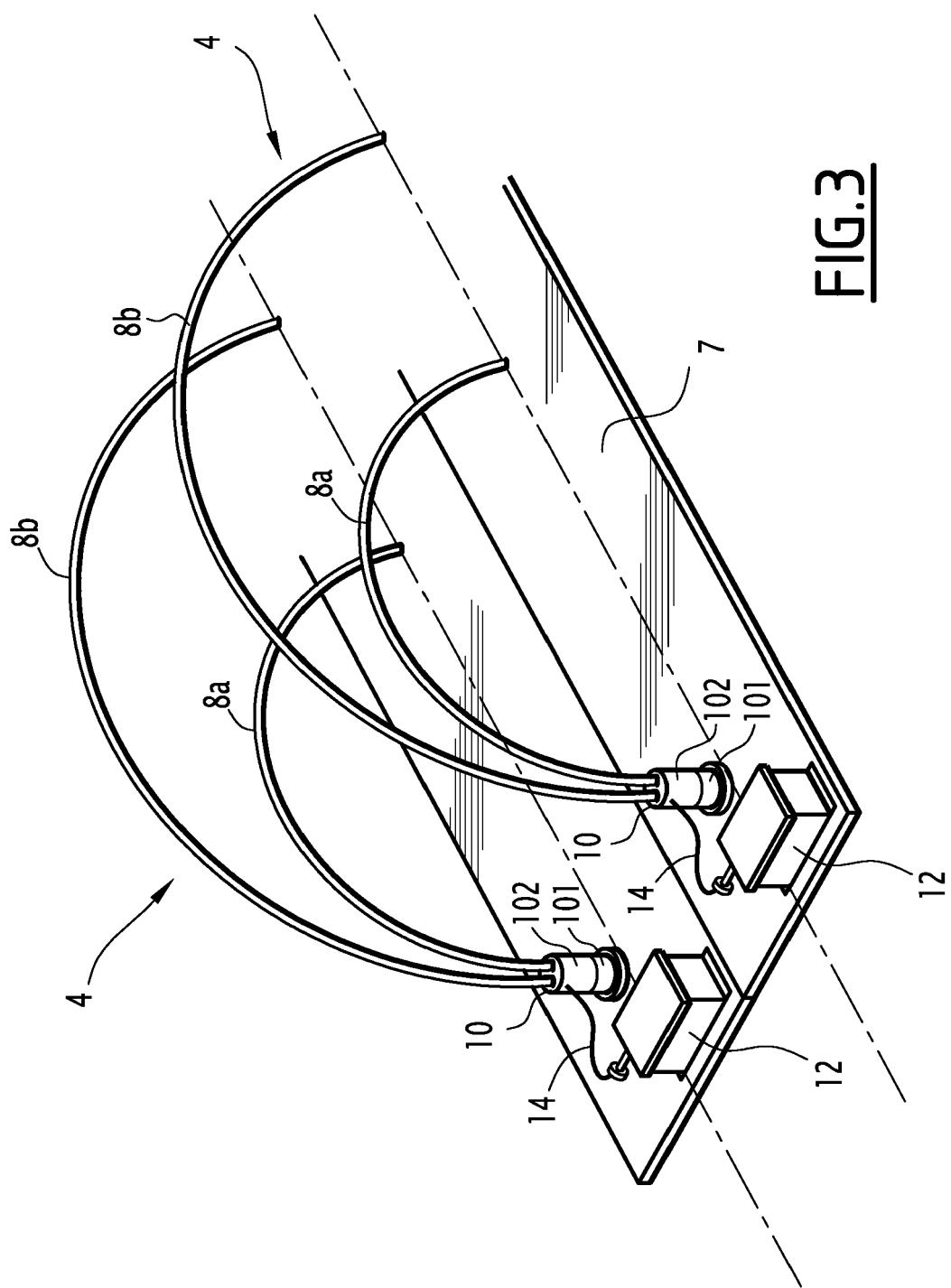
50

55

FIG.1







**FIG.3**



## RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande  
EP 13 19 4112

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	
X	EP 1 246 299 A2 (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD [JP]) 2 octobre 2002 (2002-10-02) * alinéas [0104], [0105]; figure 22B *	1-3,5-7, 9 -----	INV. H01Q1/32 H01Q7/00 H01Q21/28
Y	US 4 217 591 A (CZERWINSKI WATSON P [US]) 12 août 1980 (1980-08-12) * le document en entier *	1-5, 10-12 -----	
Y	US 2012/056790 A1 (LEE CHENG-TSE [TW] ET AL) 8 mars 2012 (2012-03-08) * alinéas [0030], [0031], [0032]; figure 2 *	8 -----	
A	EP 0 897 200 A1 (THOMSON CSF [FR]) 17 février 1999 (1999-02-17) * le document en entier *	1-12 -----	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
			H01Q
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
1	Lieu de la recherche  La Haye	Date d'achèvement de la recherche  13 décembre 2013	Examinateur  Moumen, Abderrahim
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		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	
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			

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

EP 13 19 4112

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.

13-12-2013

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)		Date de publication
EP 1246299	A2	02-10-2002	CN DE EP JP US	1377101 A 60213902 T2 1246299 A2 2002359515 A 2002190909 A1	30-10-2002 29-03-2007 02-10-2002 13-12-2002 19-12-2002
US 4217591	A	12-08-1980	AUCUN		
US 2012056790	A1	08-03-2012	CN US	102386482 A 2012056790 A1	21-03-2012 08-03-2012
EP 0897200	A1	17-02-1999	EP FR	0897200 A1 2767420 A1	17-02-1999 19-02-1999

**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 2829622 [0084]