



(12) FASCICULE DE BREVET

- (11) N° de publication : **MA 34374 B1** (51) Cl. internationale : **H01Q 7/00; H01Q 7/04; H01Q 21/10**
- (43) Date de publication : **03.07.2013**

-
- (21) N° Dépôt : **35552**
- (22) Date de Dépôt : **09.01.2013**
- (30) Données de Priorité : **15.06.2010 FR 1054724**
- (86) Données relatives à l'entrée en phase nationale selon le PCT : **PCT/FR2011/051346 14.06.2011**
- (71) Demandeur(s) : **COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE ET AUX ENERGIES ALTERNATIVES, BATIMENT LE PONANT D 25, RUE LEBLANC F-75015 PARIS (FR)**
- (72) Inventeur(s) : **THOMAS, Thierry**
- (74) Mandataire : **SABA & CO**

-
- (54) Titre : **ANTENNE HAUTE FREQUENCE**
- (57) Abrégé : L'invention concerne une antenne inductive formée d'au moins deux paires de tronçons (32, 34) géométriquement bout à bout et comportant chacun un premier (322, 342) et un second (324, 344) éléments conducteurs parallèles et isolés l'un de l'autre, chaque paire comportant à chaque extrémité une unique borne de raccordement électrique de son premier élément conducteur à celui de la paire voisine, dans laquelle lesdites paires sont: d'un premier type (3) dans lequel les éléments conducteurs sont interrompus approximativement en leur milieu pour définir les deux tronçons, le premier, respectivement second, élément conducteur d'un tronçon étant connecté au second, respectivement premier, élément conducteur de l'autre tronçon de la paire; ou d'un second type dans lequel le premier élément conducteur est interrompu approximativement en son milieu pour définir les deux tronçons, le second élément conducteur n'étant pas interrompu.

ANTENNE HAUTE FREQUENCE**Abrégé Descriptif**

L'invention concerne une antenne inductive formée d'au moins deux paires de tronçons (32, 34) géométriquement bout à bout et comportant chacun un premier (322, 342) et un second (324, 344) éléments conducteurs parallèles et isolés l'un de l'autre, chaque paire comportant à chaque extrémité une unique borne de raccordement électrique de son premier élément conducteur à celui de la paire voisine, dans laquelle lesdites paires sont : d'un premier type (3) dans lequel les éléments conducteurs sont interrompus approximativement en leur milieu pour définir les deux tronçons, le premier, respectivement second, élément conducteur d'un tronçon étant connecté au second, respectivement premier, élément conducteur de l'autre tronçon de la paire ; ou d'un second type dans lequel le premier élément conducteur est interrompu approximativement en son milieu pour définir les deux tronçons, le second élément conducteur n'étant pas interrompu.

Figure 2.

03 JUL 2013

1

ANTENNE HAUTE FREQUENCE

Domaine de l'invention

La présente invention concerne de façon générale les antennes et, plus particulièrement, la réalisation d'une antenne inductive haute fréquence.

5 L'invention s'applique plus particulièrement aux antennes destinées à des transmissions radiofréquence de plusieurs MHz, par exemple pour des systèmes de transmission de type à carte sans contact, à étiquette RFID, à transpondeur électromagnétique.

10 Exposé de l'art antérieur

La figure 1 représente, de façon très schématique, un exemple de système de transmission de type inductif du type auquel s'applique à titre d'exemple la présente invention.

15 Un tel système comporte un lecteur ou station de base 1 générant un champ électromagnétique propre à être capté par un ou plusieurs transpondeurs 2 se situant dans son champ. Ces transpondeurs 2 sont, par exemple, une étiquette électronique 2' rapportée sur un objet afin de l'identifier, une carte à puce sans contact 2" ou plus généralement n'importe quel transpondeur
20 électromagnétique (symbolisé par un bloc 2 en figure 1).

Côté lecteur 1, un circuit résonant série est constitué d'une résistance r , d'un condensateur $C1$ et d'un élément

inductif L1 ou antenne. Ce circuit est excité par un générateur haute fréquence 12 (HF) commandé (liaison 14) par d'autres circuits non représentés de la station de base 1. Une porteuse haute fréquence est généralement modulée (en amplitude et/ou en phase) pour transmettre des informations au transpondeur.

Côté transpondeur 2, un circuit résonant, généralement parallèle, comporte un élément inductif ou antenne L2 en parallèle avec un condensateur C2 et avec une charge R représentant les circuits électroniques 22 du transpondeur 2. Ce circuit résonant capte, lorsqu'il se trouve dans le champ du lecteur, le signal haute fréquence transmis par la station de base. Dans le cas d'une carte sans contact, ces circuits symbolisés par un bloc 22 incluant une ou plusieurs puces sont reliés à une antenne L2 généralement portée par le support de la carte. Dans le cas d'une étiquette électronique 2', l'élément inductif L2 est formé d'un enroulement conducteur relié à une puce électronique 22.

La représentation symbolique sous forme de circuit résonant série côté station de base et parallèle côté transpondeur est habituelle même si, en pratique, on pourra trouver des circuits résonants série côté transpondeur et parallèle côté station de base.

Les circuits résonants du lecteur et du transpondeur sont généralement accordés sur une même fréquence de résonance ω ($L1.C1.\omega^2 = L2.C2.\omega^2 = 1$).

Les transpondeurs sont généralement dépourvus d'alimentation autonome et captent l'énergie nécessaire à leur fonctionnement du champ magnétique produit par la station de base 1.

Selon un autre exemple d'application, la station de base sert à recharger une batterie ou autre élément de stockage d'énergie du transpondeur. Le champ haute fréquence rayonné par la station de base n'est alors pas nécessairement modulé pour transmettre des informations.

Dans une antenne inductive, le circuit conducteur est le plus souvent un circuit fermé le long duquel circule le

courant destiné à produire le champ magnétique radiofréquence. Le circuit conducteur fermé est alimenté par le générateur radiofréquence 12.

Lorsque la taille de l'antenne vis-à-vis de la longueur d'onde devient importante, la circulation du courant destiné à produire le champ magnétique le long du conducteur n'est plus assurée de manière simple. L'amplitude et la phase du courant présentent de fortes variations le long du circuit qui ne permettent plus un fonctionnement de l'antenne en boucle inductive. Par ailleurs, il est souvent souhaitable de disposer, côté station de base, d'une antenne de grande taille par rapport à la taille de l'antenne des transpondeurs. En effet, les transpondeurs sont généralement en mouvement (portés par un utilisateur) lorsqu'ils sont présentés à une station de base et il est souhaitable qu'ils puissent capter le champ même dans ce déplacement. Dans d'autres cas, il est recherché que la taille de la zone où la communication avec un transpondeur est possible, soit importante. D'autre part, il est avantageux de recourir à une boucle inductive de grande taille pour assurer une portée de communication importante.

Or, plus le circuit conducteur de l'antenne est long, plus son inductance L est élevée et plus le condensateur qui doit être associé à l'antenne présente une valeur faible. Il en découle que, pour des antennes de grande dimension, la valeur du condensateur peut être de l'ordre des capacités parasites présentes entre les différentes parties du circuit conducteur et des capacités parasites susceptibles d'être introduites dans le système, (par exemple par la main d'un utilisateur), ce qui perturbe le fonctionnement.

Plus le circuit conducteur de l'antenne inductive est long, plus la circulation du courant le long du circuit est différente de celle souhaitée. On assiste alors à une variation importante de l'amplitude et de la phase du courant le long du circuit qui modifie et perturbe la répartition spatiale du champ magnétique produit. On assiste également à une augmentation des

potentiels électriques entre différentes parties du circuit conducteur qui rend le comportement de l'antenne sensible à la présence de matériaux diélectriques dans son environnement proche.

5 La longueur des boucles inductives est donc classiquement limitée.

On a déjà proposé de subdiviser la boucle conductrice en éléments présentant individuellement la même longueur, et de reconnecter ces éléments par des condensateurs pour permettre
10 l'utilisation d'une boucle de grande taille. Une telle solution est décrite par exemple dans le brevet US 5,258,766.

On a également déjà proposé d'utiliser des boucles inductives blindées avec une interruption du blindage et une inversion des conducteurs. De telles boucles sont généralement
15 dénommées "boucle de Moebius". De telles structures sont décrites, par exemple, dans l'article "Analysis of the Moebius Loop Magnetic Field Sensor" de P. H. Duncan, paru dans IEEE Transaction on Electromagnetic Compatibility, mai 1974. De telles structures restent cependant limitées en longueur.

20 Il existe donc un besoin pour la réalisation d'une antenne inductive de grande dimension.

Résumé

Un objet d'un mode de réalisation de la présente invention est de proposer une antenne inductive qui pallie tout
25 ou partie des inconvénients des antennes classiques.

Un autre objet d'un mode de réalisation de la présente invention est de proposer une antenne particulièrement adaptée aux transmissions dans une plage de fréquences allant du MHz à la centaine de MHz.

30 Un autre objet d'un mode de réalisation de la présente invention est de proposer une antenne inductive de grande dimension (s'inscrivant dans une surface au moins dix fois supérieure) par rapport aux antennes des transpondeurs avec lesquels elle est destinée coopérer.

Un autre objet d'un mode de réalisation de la présente invention est de proposer une structure d'antenne compatible avec des tracés variés.

Pour atteindre tout ou partie de ces objets ainsi que d'autres, il est prévu une antenne inductive formée d'au moins deux paires de tronçons géométriquement bout à bout et comportant chacun un premier et un second éléments conducteurs parallèles et isolés l'un de l'autre, chaque paire comportant à chaque extrémité une unique borne de raccordement électrique de son premier élément conducteur à celui de la paire voisine, dans laquelle lesdites paires sont :

d'un premier type dans lequel les éléments conducteurs sont interrompus approximativement en leur milieu pour définir les deux tronçons, le premier, respectivement second, élément conducteur d'un tronçon étant connecté au second, respectivement premier, élément conducteur de l'autre tronçon de la paire ; ou

d'un second type dans lequel le premier élément conducteur est interrompu approximativement en son milieu pour définir les deux tronçons, le second élément conducteur n'étant pas interrompu.

Selon un mode de réalisation de la présente invention, les tronçons conducteurs sont longilignes, l'antenne formant une boucle de géométrie quelconque dans l'espace.

Selon un mode de réalisation de la présente invention, les longueurs respectives des éléments conducteurs sont choisies en fonction de la fréquence de résonance de l'antenne.

Selon un mode de réalisation de la présente invention, les longueurs respectives des éléments conducteurs sont choisies en fonction de la capacité linéique entre les premier et second éléments conducteurs.

Selon un mode de réalisation de la présente invention, au moins un élément capacitif relie entre eux les seconds éléments conducteurs de paires voisines ou les premier et second éléments conducteurs d'une même paire.



Selon un mode de réalisation de la présente invention, au moins un élément résistif relie entre eux les seconds éléments conducteurs de paires voisines ou les premier et second éléments conducteurs d'une même paire.

5 Selon un mode de réalisation de la présente invention, chaque tronçon est un tronçon de câble coaxial.

Selon un mode de réalisation de la présente invention, les tronçons sont formés d'éléments conducteurs torsadés.

10 On prévoit également un système de génération d'un champ haute fréquence comportant :

une antenne inductive ; et

un circuit d'excitation de l'antenne par un signal haute fréquence.

15 Selon un mode de réalisation de la présente invention, ledit circuit d'excitation comporte un transformateur haute fréquence dont un enroulement secondaire est intercalé entre les premiers éléments conducteurs de deux paires voisines de l'antenne.

Brève description des dessins

20 Ces objets, caractéristiques et avantages, ainsi que d'autres seront exposés en détail dans la description suivante de modes de réalisation particuliers faite à titre non-limitatif en relation avec les figures jointes parmi lesquelles :

25 la figure 1 qui a été décrite précédemment représente, de façon schématique et sous forme de blocs, un exemple de système de transmission radiofréquence du type auquel s'applique la présente invention ;

la figure 2 est une représentation schématique d'un mode de réalisation d'une antenne inductive selon l'invention ;

30 la figure 3 représente un mode de réalisation d'une paire de tronçons d'un premier type de l'antenne de la figure 2 ;

35 la figure 4 est une représentation schématique d'un autre mode de réalisation d'une antenne inductive selon l'invention ;

la figure 5 représente le tracé électrique d'un mode de réalisation d'un premier type de paire de tronçons d'une antenne ;

la figure 5A représente le schéma-électrique équivalent de la paire de la figure 5 ;

la figure 6 représente le tracé électrique d'un mode de réalisation d'un second type de paire de tronçons d'une antenne ;

la figure 6A représente le schéma-électrique équivalent de la paire de la figure 6 ;

la figure 7 représente un mode de réalisation d'une antenne inductive et de circuits d'excitation et de réglage ;

les figures 8A et 8B représente deux autres modes de réalisation d'une paire de tronçons du premier type ; et

la figure 9 représente un autre mode de réalisation d'une paire de tronçons du second type.

Description détaillée

De mêmes éléments ont été désignés par de mêmes références aux différentes figures qui ont été tracées sans respect d'échelle. Par souci de clarté, seuls les éléments utiles à la compréhension de l'invention ont été représentés et seront décrits. En particulier, les circuits d'excitation d'une antenne inductive n'ont pas été détaillés, l'invention étant compatible avec les signaux d'excitation habituellement utilisés pour ce genre d'antenne. De plus, les transpondeurs auxquels sont destinés des antennes de génération de champ qui vont être décrites n'ont pas non plus été détaillées, l'invention étant compatible avec les divers transpondeurs, cartes sans contact, étiquettes RFID, etc. usuels.

La figure 2 est une représentation schématique d'une antenne selon un mode de réalisation de la présente invention.

Dans cet exemple, on prévoit de mettre bout à bout plusieurs tronçons 32 et 34 de câble coaxial. Ces tronçons sont réunis par paires 3 dans chacune desquelles les deux tronçons 32 et 34 sont connectés dans une connexion de type Moebius, c'est-



à-dire que l'âme 324 d'un premier des tronçons est connectée à la tresse 342 du second tronçon de la paire, tandis que sa tresse 322 est connectée à l'âme 344 de ce second tronçon.

Dans l'exemple préféré de la figure 2, quatre paires 3
5 de tronçons sont mises bout à bout. La connexion 4 électrique entre deux paires voisines ne s'effectue que par un seul des éléments conducteurs. Dans l'exemple de la figure 2, cette
10 connexion 4 entre deux paires voisines s'effectue par les tresses respectives des tronçons des deux paires en regard. L'autre élément conducteur est non connecté, c'est-à-dire que
15 dans l'exemple de la figure 2, les âmes de deux paires voisines ne sont pas connectées.

Il paraît plus simple d'effectuer un choix uniforme
15 pour tous les tronçons de manière à ce que tous les premiers conducteurs correspondent soit à la tresse soit à l'âme de tous les tronçons. Dans ce contexte l'élément conducteur de même
20 type, tresse ou âme, sera utilisé pour relier les paires de toute l'antenne. Le choix de la tresse est privilégié du fait que cette manière conduit à un meilleur blindage électrique. En
25 variante, on pourra prévoir que les connexions 4 s'effectuent par les âmes respectives des paires en regard. Mais, il est reste possible d'effectuer un choix différent d'affectation de premier élément conducteur et de second élément conducteur entre
30 le premier tronçon et le second tronçon d'une même paire, par exemple la tresse comme premier élément conducteur pour le premier tronçon et l'âme comme premier élément conducteur pour le second tronçon. Ainsi, selon une autre variante, on pourra
35 prévoir que les connexions 4 entre deux paires voisines s'effectuent d'âme à tresse ou inversement.

La figure 3 est une représentation schématique d'une
40 paire 3 de deux tronçons 32 et 34 de l'antenne de la figure 2, correspondant à un premier type de paire de tronçons. Au niveau de la connexion centrale 36, l'âme conductrice 324 du tronçon 32 est connectée à la tresse (ou blindage) 342 du tronçon 34, et la

tresse 322 du tronçon 32 est connectée à l'âme 344 du tronçon 34.

La figure 4 est une représentation schématique d'un autre mode de réalisation d'une antenne.

5 Deux paires 3 de tronçons 32 et 34 du premier type (à connexion centrale croisée - figure 3) sont connectées en alternance avec deux paires 5 de tronçons 52 et 54 de câble coaxial dans lesquelles la connexion centrale 56 des tronçons
10 52 et 54 sont connectés par leurs âmes respectives 524 et 544 tandis que leurs tresses 522 et 542 ne sont pas connectées. Les connexions électriques des paires bout à bout s'effectuent toujours par l'intermédiaire d'une connexion 4 des tresses entre
15 elles alors que les âmes ne sont pas connectées.

La répartition et le nombre de paires des deux types peut varier. Toutefois, les paires du premier type sont plus
avantageuses.

En effet, une paire du premier type permet au niveau du croisement une zone exposée, ce qui diminue la sensibilité du
20 circuit aux perturbations parasites. De plus, pour une même fréquence de résonance, les paires de tronçons peuvent présenter une longueur deux fois moindre que pour une paire du second type. La réduction de longueur facilite la réalisation de
25 l'antenne. La valeur de l'inductance L_0 associée à une paire du premier type peut alors être deux fois moindre de celle associée à une paire du second type. Pour un même courant de circulation, la tension électrique présente entre les premiers conducteurs dans la zone de connexion 36 des deux tronçons d'une paire du
30 premier type est alors deux fois moindre que la tension électrique dans la zone de connexion 56 d'une paire du second type. La zone de connexion au sein d'une paire est une zone exposée qui conditionnent la sensibilité du circuit aux perturbations parasites d'autant que la tension électrique est importante dans cette zone. La réduction de la tension

électrique dans cette zone apportée par la paire du premier type permet une réduction de la sensibilité aux perturbations.

La figure 5 représente le tracé électrique du premier type de paire 3 de tronçons.

5 La figure 5A représente le schéma-électrique équivalent de la paire de la figure 5.

Une paire 3 de tronçons 32 et 34 comporte deux bornes 42 et 44 de connexion aux paires voisines. La borne 42 est reliée à un premier élément conducteur 322 du tronçon 32 qui, par son autre extrémité, est relié, par l'interconnexion croisée 36, à un second élément conducteur 344 du tronçon 34 dont une extrémité libre 3441 (côté borne 44) est non connectée. Le deuxième élément conducteur 324 du tronçon 32 a une extrémité libre 3241 (côté borne 42) et son autre extrémité connectée, par la connexion 36, au premier tronçon conducteur 342 du tronçon 34 dont l'autre extrémité est reliée à la borne 44.

Le schéma électrique équivalent d'une telle paire est représenté en figure 5A et revient à disposer électriquement, en série, une inductance de valeur L_0 et un condensateur de valeur C_0 , où L_0 représente l'inductance correspondant à l'association des tronçons de conducteurs 322 et 342 considérés comme un seul et même conducteur pour le calcul de cette valeur, et où C_0 représente l'ensemble des capacités internes, entre âme et tresse dans le cas d'un câble coaxial - entre les deux conducteurs (entre les conducteur 322 et 324 et entre les conducteurs 342 et 344) dans le cas des autres réalisations. Dans ce qui précède, on néglige les mutuelles entre l'association des tronçons 322 et 342 (considérés pour le calcul comme un conducteur) et les associations de tronçons équivalents aux tronçons 322 et 342 des autres paires (également considérés pour le calcul comme un conducteur). Par la formation en boucle, les différentes paires sont suffisamment éloignées les unes des autres pour pouvoir négliger les mutuelles devant la valeur de L_0 telle que considérée ci-dessus.

En négligeant les pertes ohmiques dans les conducteurs et les pertes diélectriques entre les conducteurs, l'impédance d'une paire de tronçons peut, dans ce mode de réalisation, s'écrire $Z = jL_0\omega + 1/jC_0\omega$.

5 La figure 6 représente le tracé électrique du second type de paire 5 de tronçons.

La figure 6A représente le schéma-électrique équivalent de la paire de la figure 6.

Dans une paire 5 de tronçons 52 et 54, un premier
10 conducteur 522 d'un premier tronçon 52 est relié à une première borne d'accès 42 et son autre extrémité 5222 est laissée en l'air (non connectée). Un premier élément conducteur 542 d'un second tronçon 54 est, côté tronçon 52, laissé en l'air (extrémité 5422) et, à son autre extrémité, relié à la borne
15 d'accès 44 à la paire 5. Le second conducteur 524 du premier tronçon 52 est relié, par l'interconnexion 56, au second conducteur 544 du second tronçon 54. Les extrémités 5241 et 5441 des tronçons 524 et 544 sont laissées en l'air.

D'un point de vue électrique et comme l'illustre la
20 figure 6A, en supposant les conducteurs des paires 3 et 5 de même longueur, la paire 5 revient à une connexion en série d'un élément inductif de valeur L_0 avec un élément capacitif de valeur $C_0/4$, où L_0 représente l'inductance correspondant à l'association des tronçons de conducteurs 522 et 542 et C_0
25 l'ensemble des capacités internes (entre les conducteur 522 et 524 et entre les conducteurs 542 et 544).

L'impédance d'une paire de tronçons dans ce mode de réalisation est $Z = jL_0\omega + 1/j(C_0/4)\omega$.

D'un point de vue électrique, deux paires de tronçons
30 3 en série sont équivalentes à une paire de tronçons 5 de longueur double.

Les longueurs seront adaptées à la fréquence de travail de l'antenne pour que chaque paire de tronçons respecte l'accord, c'est-à-dire que $LC\omega^2 = 1$. On voit que l'on peut donc
35 jouer en fonction de la distribution des types de paire entre

les paires 3 et 5 sur les longueurs des éléments conducteurs et les valeurs de capacité linéique entre les deux conducteurs des tronçons. Les valeurs des éléments capacitifs ne sont désormais plus négligeables et l'antenne est moins sensible aux perturbations de son environnement.

Former une antenne avec plusieurs paires de tronçons du type des figures 5 et 6 permet de fractionner le circuit électrique et évite les éléments inductifs de trop grande longueur dans lequel le courant circulant le long du circuit de boucle inductive ne parviendrait pas à avoir une amplitude et une phase homogènes le long du circuit. En effet, la connexion des paires entre-elles revient à connecter en série plusieurs circuits résonants de même fréquence de résonance. La longueur des antennes inductives n'est désormais plus limitée.

Les différentes paires de tronçons n'ont pas nécessairement les mêmes longueurs, pourvu que chaque paire respecte, le cas échéant avec l'interposition d'un condensateur connecté entre deux conducteurs au niveau d'une jonction entre deux paires, la relation de résonance.

La figure 7 représente un mode de réalisation d'une antenne inductive et de circuits d'excitation et de réglage. L'antenne comporte ici trois paires 3 du premier type.

Le circuit d'excitation 18 est un transformateur haute fréquence dont le primaire 182 reçoit un signal d'excitation du générateur haute fréquence 12 (figure 1) et dont les deux bornes du secondaire 184 sont reliées aux bornes 42 et 44 de deux paires voisines en lieu et place de leur interconnexion 4. L'enroulement secondaire forme donc cette connexion entre ces deux paires. Le transformateur sera de préférence choisi pour ramener côté secondaire une inductance négligeable à la fréquence de travail devant la valeur L_0 , ce qui est par exemple le cas lorsque le couplage est proche de 1.

Par ailleurs, un circuit de réglage 16 connecte les extrémités libres 3241 et 3441 des conducteurs 324 et 344 de ces deux paires qui se trouvent donc reliées. Ce circuit 16 est,

dans l'exemple de la figure 7, un circuit résistif (résistance R4) et capacitif (condensateur C4). Le rôle du condensateur C4 est d'ajuster la fréquence de résonance de l'antenne. Le rôle de la résistance R4 est de régler le facteur de qualité Q de l'antenne à une valeur choisie, par exemple, pour ajuster la bande passante.

Des condensateurs peuvent être intercalés entre différentes paires, connectés entre les éléments conducteurs d'un même tronçon, entre éléments conducteurs laissés libres (ici les âmes des tronçons coaxiaux) et le point de connexion 42 ou 44 (ici les tresses des tronçons coaxiaux), ou entre les conducteurs laissés libres des tronçons interconnectés de chaque paire, pour diminuer la fréquence de résonance.

On pourra également réduire la longueur de l'élément conducteur 324 ou 344 laissé libre (ici les âmes) de façon à réduire la capacité totale du tronçon correspondant pour augmenter la fréquence de résonance.

De façon similaire, des éléments résistifs pourront être connectés entre les extrémités libres des éléments conducteurs entre deux paires pour ajuster et abaisser le facteur de qualité de l'antenne ainsi constituée. Des éléments résistifs peuvent être également insérés en lieu et place d'une interconnexion 4 entre deux paires pour abaisser et ajuster le facteur de qualité.

La forme à donner aux différents tronçons n'est pas nécessairement rectiligne. Comme l'illustre la figure 7, les tronçons peuvent suivre des tracés divers. Ainsi, l'antenne fermée de l'invention peut suivre le tracé d'un cadre, effectuer des boucles, suivre une forme arrondie, suivre des formes dans les trois dimensions de l'espace, etc.

Dans les modes de réalisation ci-dessus, les circuits de réglage ont été illustrés avec une connexion entre les paires. On notera qu'en variante et dans le cas de paires du second type (5), de tels circuits pourraient être insérés au sein même des paires de tronçons. Dans ce cas, pour l'intro-

duction d'un condensateur, celui-ci relie les deux extrémités libres non interconnectées des éléments 522 et 542.

Des éléments résistifs peuvent également être insérés en lieu et place des connexions entre conducteurs des deux tronçons d'une même paire (du premier type 3 et du second type 5) au niveau de la jonction 36 et 56 pour abaisser le facteur de qualité.

Les figures 8A, 8B et 9 représentent des paires de tronçons conducteurs selon un autre mode de réalisation de la présente invention. Ce mode de réalisation illustre que des paires de tronçons conducteurs peuvent être réalisées aux moyens de conducteurs torsadés plutôt qu'aux moyens de tronçons coaxiaux.

Les figures 8A et 8B représente deux modes de réalisation d'une paire 3 de tronçons du premier type.

En figure 8A, deux tronçons de fils torsadés sont interconnectés de façon similaire à celle décrite en relation avec les tronçons de câble coaxial.

La figure 8B représente un autre mode de réalisation d'une paire de tronçons à interconnexion croisée dans lequel le croisement est en fait obtenu en inversant le conducteur sur lequel est connectée la borne de sortie (par exemple 44) par rapport à celui sur lequel est connectée la borne d'entrée (par exemple 42), les tronçons conducteurs n'étant pas interrompus à l'intérieur de la paire.

La figure 9 représente un mode de réalisation d'une paire 5 de tronçons 52 et 54 du second type, réalisé par des conducteurs torsadés.

Selon encore un autre mode de réalisation non représenté, les paires de tronçons sont réalisées avec des conducteurs non torsadés, blindés ou non.

Selon encore un autre mode de réalisation non représenté, les paires de tronçons sont réalisées par des pistes déposées sur un substrat isolant.

Une antenne telle que décrite ci-dessus peut également être définie comme comportant au moins deux sous-ensembles de

forme longiligne (3, 5, 3') géométriquement bout à bout et comportant chacun, suivant leur longueur, un premier et un second élément conducteurs parallèles et isolés l'un de l'autre, et à chaque extrémité, en connexion avec le premier élément

5 conducteur, une unique borne de raccordement électrique au sous-ensemble voisin, le second conducteur n'étant pas raccordé électriquement, dans laquelle tout ou partie des sous-ensembles sont :

d'un premier type dans lequel chacun des premier et

10 second conducteurs est interrompu approximativement en son milieu et reconnecté à l'autre conducteur du sous-ensemble ; ou

d'un second type dans lequel le premier conducteur est interrompu approximativement en son milieu, le second conducteur n'étant pas interrompu.

15 Avec une telle définition, un élément conducteur est, dans le cas d'une connexion croisée (figures 3, 5 et 8A) formé de deux portions électriquement en série de fils conducteurs (âme ou tresse) différents du câble utilisé de sorte que chaque borne de raccordement est connectée au conducteur de même nature

20 (tresse ou âme) du sous-ensemble tout en étant non connectée électriquement à l'autre borne.

A titre d'exemple particulier de réalisation, on pourra former les tronçons en découpant des lignes coaxiales usuelles. Il en existe couramment avec des impédances

25 caractéristiques de 50, 75 et 93 ohms dont les valeurs de capacité linéiques sont respectivement 100 pF/m, 60 pF/m et 45 pF/m. Par exemple, avec un câble coaxial 50 ohms, on peut obtenir dans l'exemple d'une connexion croisée, des inductances L₀ de l'ordre du pH.

30 Selon un autre exemple particulier utilisant des conducteurs gainés (torsadés ou non), on trouve des câbles dont la capacité linéique entre conducteurs est de l'ordre de 30 à 40 pF/m. Avec de tels câbles on peut, par exemple, obtenir des inductances L₀ d'une valeur comprise entre environ 2 et 3 pH.

La figure 10 est une représentation schématique d'une antenne selon un autre mode de réalisation. Comme dans les autres modes de réalisation, l'antenne comporte au moins deux paires (du premier type 3, figure 5 ou du second type 5, figure 5 6) de tronçons, formés chacun d'éléments conducteurs parallèles et isolés l'un de l'autre. Dans l'exemple de la figure 10, on suppose des paires de tronçons de câble coaxial. Cette structure est complétée par une demi-paire additionnelle constituée de deux éléments conducteurs du premier type 32, 34 ou du second type 52, 54. Le cas échéant, la demi-paire n'est pas en terminaison de l'antenne mais est intercalée entre deux paires. La présence de la demi-paire supplémentaire peut servir à ajuster la longueur de l'antenne.

La figure 11 est une représentation schématique d'une variante selon laquelle deux segments 61 et 63 de câble coaxial sont disposés mécaniquement côte à côte en parallèle et leurs tresses sont connectées électriquement l'une à l'autre, au moins aux deux extrémités pour former un seul premier élément conducteur (connexion 67). Les âmes sont connectées électriquement pour former un seul second élément conducteur (connexion 65 à une des extrémités). Chaque élément du type illustré en figure 11 constitue un tronçon 32, 34, 52 ou 54 de la structure d'antenne. Un avantage du tronçon formé par l'assemblage des segments de la figure 11 est d'augmenter la capacité linéique du tronçon, entre le premier élément conducteur et le second élément conducteur. Ceci permet de réduire la longueur nécessaire d'une paire pour une même fréquence de résonance et donc de bénéficier d'une plus grande souplesse sur la géométrie de l'antenne.

Dans la réalisation d'antenne par des tronçons coaxiaux, on tire plus profit de la capacité entre le blindage et l'âme conductrice pour réaliser des tronçons inductifs et capacitifs, ayant une capacité plus élevée (donc pouvant être plus court pour une même fréquence) que dans une réalisation à élément filaires.

Un avantage des modes de réalisation qui ont été décrits est qu'ils permettent la réalisation d'antennes de grandes dimensions pour des applications à des fréquences de résonance supérieures au MHz (typiquement entre 10 et 100 MHz).

5 On peut ainsi créer des antennes sur des portiques, des comptoirs, etc. tout en ayant une circulation de courant homogène le long de la boucle pour produire le champ voulu.

A titre d'exemple particulier de réalisation, une antenne adaptée à un fonctionnement à une fréquence de 13,56 Mhz
10 peut être réalisée sous la forme d'une boucle rectangulaire d'environ 87 cm par 75 cm constituée de trois paires de conducteurs (trois fois deux tronçons) du premier type en câble coaxial 50 ohms, 100 pF/m (diamètre de tresse de 3,5 mm), répartis en deux paires suivant un tracé en L d'environ 1,07 m en
15 longueur déployée (présentant une inductance L_0 d'environ 1,22 μH ou 1,21 μH en tenant compte de la mutuelle inductance) et une paire suivant un tracé en U d'environ 1,08 m en longueur déployée (présentant une inductance L_0 d'environ 1,20 μH ou 1,19 μH en tenant compte des mutuelles inductances). La
20 fréquence de résonance peut être ajustée par un condensateur variable.

Divers modes de réalisation ont été décrits, diverses variantes et modifications apparaîtront à l'homme de l'art. En particulier, les dimensions à donner aux tronçons conducteurs et
25 aux éléments capacitifs dépendent de l'application et leur calcul est à la portée de l'homme du métier à partir des indications fonctionnelles données ci-dessus et de la fréquence de résonance et de la taille d'antenne souhaitées.

REVENDEICATIONS

1. Antenne inductive comportant au moins deux paires de tronçons (32, 34 ; 52, 54) géométriquement bout à bout et comportant chacun un premier (322, 342 ; 522, 542) et un second (324, 344 ; 524, 544) éléments conducteurs parallèles et isolés l'un de l'autre, chaque paire comportant à chaque extrémité une unique borne de raccordement électrique (42, 44) de son premier élément conducteur à celui de la paire voisine, dans laquelle lesdites paires sont :

d'un premier type (3) dans lequel les éléments conducteurs sont interrompus approximativement en leur milieu pour définir les deux tronçons, le premier, respectivement second, élément conducteur d'un tronçon étant connecté au second, respectivement premier, élément conducteur de l'autre tronçon de la paire ; ou

d'un second type (5) dans lequel le premier élément conducteur (522, 542) est interrompu approximativement en son milieu pour définir les deux tronçons, le second élément conducteur (524, 544) n'étant pas interrompu.

2. Antenne selon la revendication 1, dans laquelle les tronçons conducteurs sont longilignes, l'antenne formant une boucle de géométrie quelconque dans l'espace.

3. Antenne selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle les longueurs respectives des éléments conducteurs (322, 324, 342, 344 ; 522, 524, 542, 544 ; 322', 324', 342' 344') sont choisies en fonction de la fréquence de résonance de l'antenne.

4. Antenne selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle les longueurs respectives des éléments conducteurs (322, 324, 342, 344 ; 522, 524, 542, 544 ; 322', 324', 342' 344') sont choisies en fonction de la capacité linéique entre les premier et second éléments conducteurs.

5. Antenne selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle au moins un élément capacitif (C4) relie entre eux les seconds éléments conducteurs de paires

voisines ou les premier et second éléments conducteurs d'une même paire.

6. Antenne selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle au moins un élément résistif (R4) relie entre eux les seconds éléments conducteurs de paires voisines ou les premier et second éléments conducteurs d'une même paire.

7. Antenne selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle chaque tronçon (32, 34, 52, 54) est un tronçon de câble coaxial.

8. Antenne selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, dans laquelle chaque tronçon est formé de deux segments (61, 63) de câble coaxial.

9. Antenne selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, dans laquelle les tronçons (32, 34, 52, 54, 32', 34') sont formés d'éléments conducteurs torsadés.

10. Antenne selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, comportant en outre une demi-paire formée d'un tronçon de deux éléments conducteurs couplée à au moins une paire.

11. Système de génération d'un champ haute fréquence comportant :

une antenne inductive conforme à l'une quelconque des revendications précédentes ; et

un circuit d'excitation de l'antenne par un signal haute fréquence.

12. Système selon la revendication 11, dans lequel ledit circuit d'excitation comporte un transformateur haute fréquence (18) dont un enroulement secondaire est intercalé entre les premiers éléments conducteur de deux paires voisines de l'antenne.

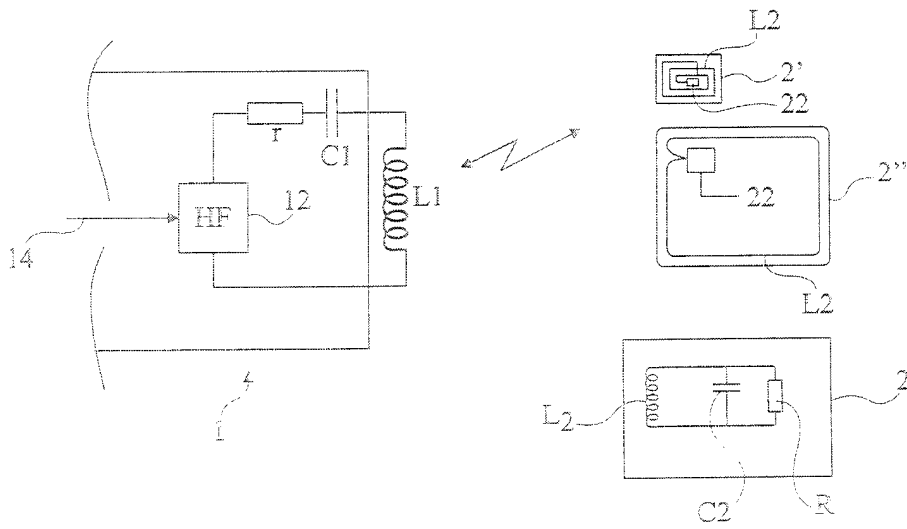


Fig 1

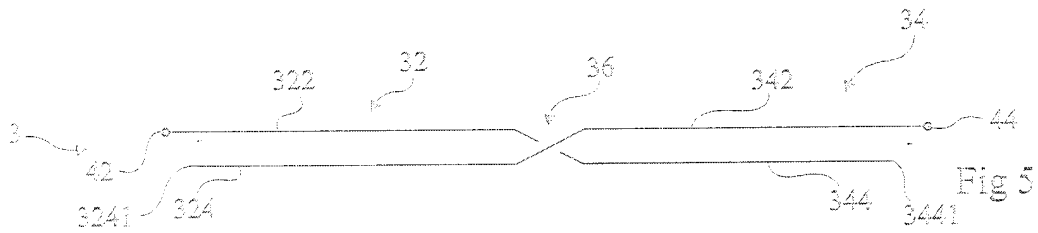


Fig 5



Fig 5A

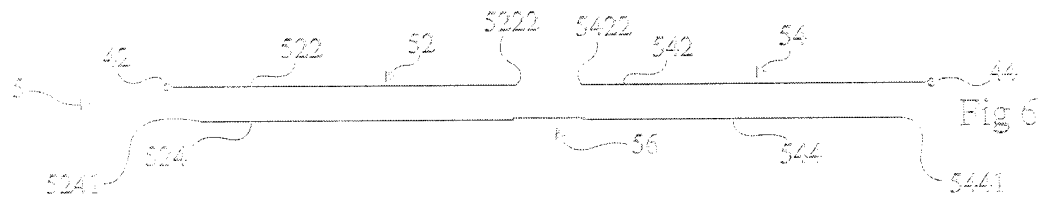


Fig 6

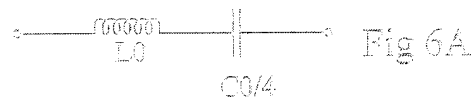


Fig 6A

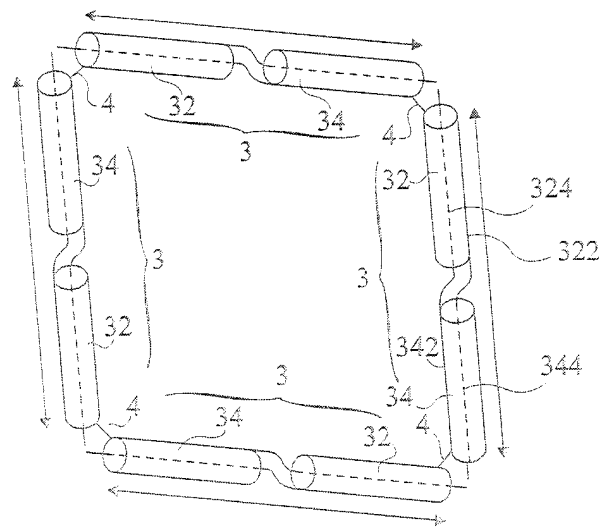


Fig 2

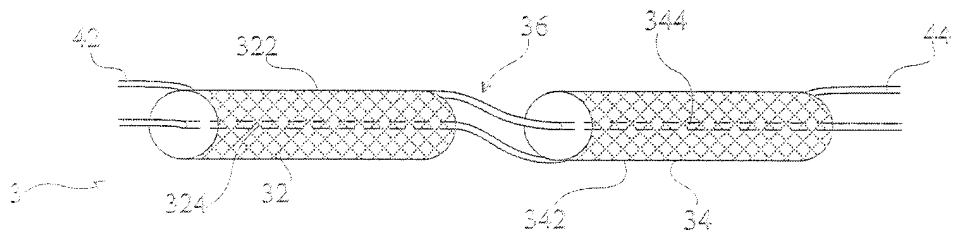


Fig 3

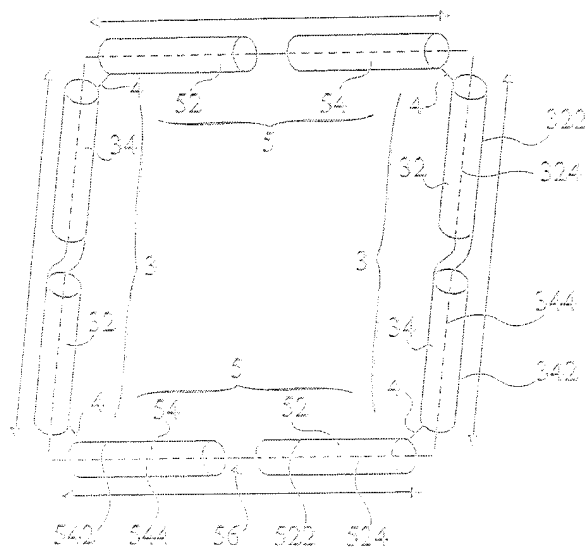


Fig 4

1

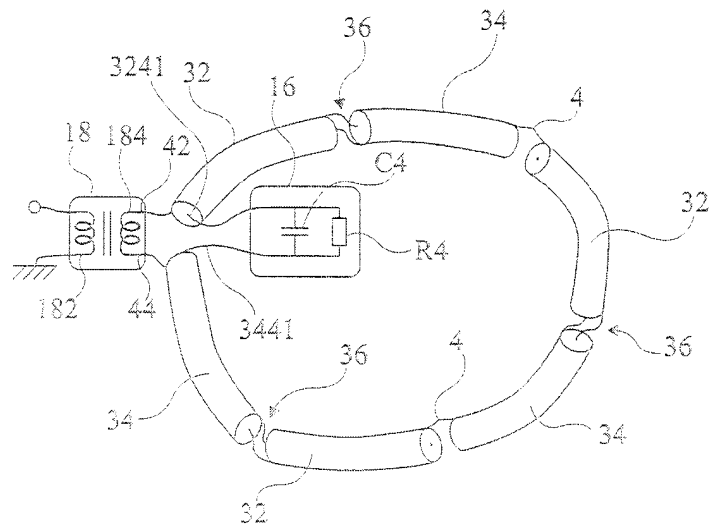


Fig 7

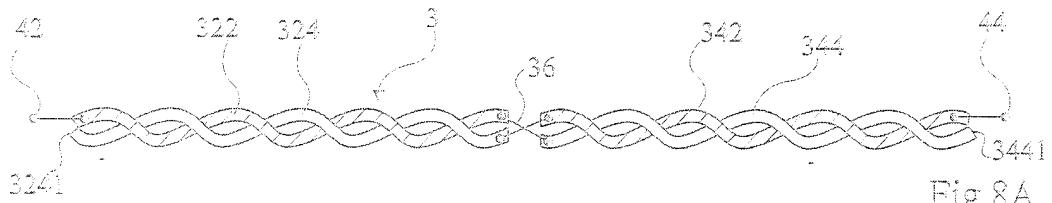


Fig 8A

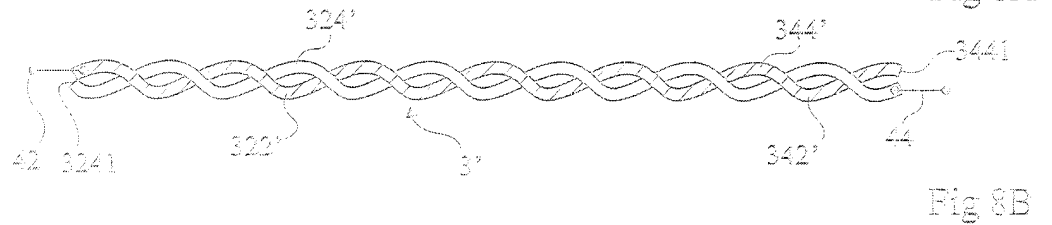


Fig 8B

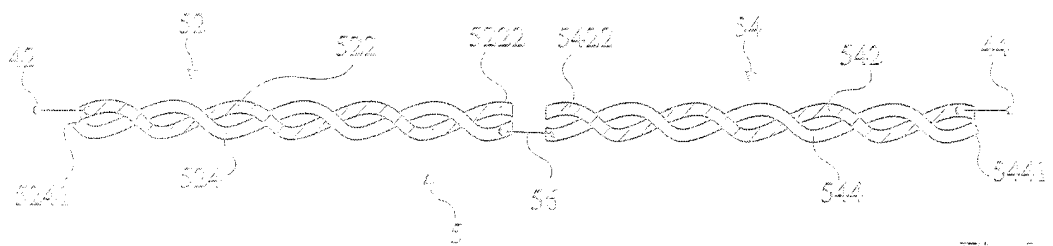


Fig 9

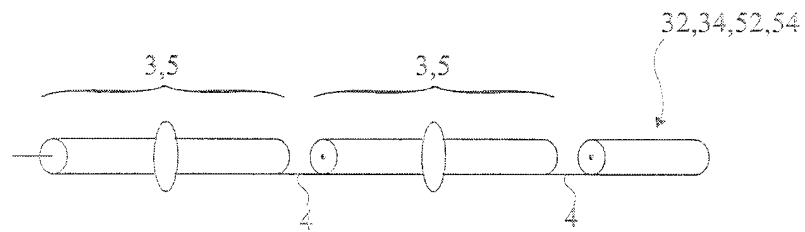


Fig 10

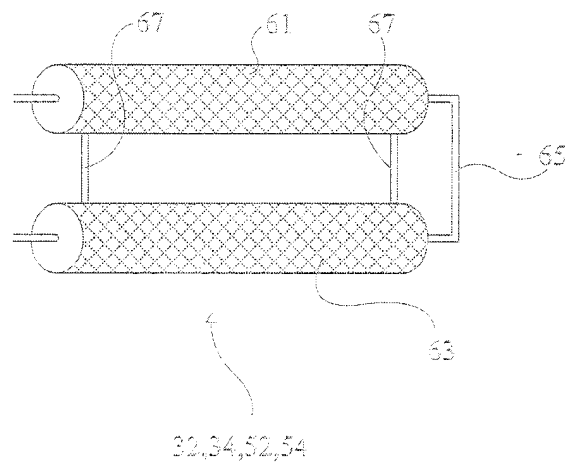


Fig 11