

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 0 828 305 A1

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:
11.03.1998 Bulletin 1998/11

(51) Int Cl.6: **H01P 1/202**

(21) Numéro de dépôt: **97402063.8**

(22) Date de dépôt: **04.09.1997**

(84) Etats contractants désignés:
**AT BE CH DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC
NL PT SE**

- Braut, Jean-Louis
78400 Chatou (FR)
- Le Mehaute, Alain
91190 Gif Sur Yvette (FR)
- Cottevaille, Denis
93100 Montreuil Sous Bois (FR)

(30) Priorité: **09.09.1996 FR 9610963**

(71) Demandeur: **Alcatel Cable France
92110 Clichy (FR)**

(74) Mandataire: **Feray, Valérie et al
c/o ALCATEL ALSTHOM,
Département de Propriété Industrielle,
30, avenue Kléber
75116 Paris (FR)**

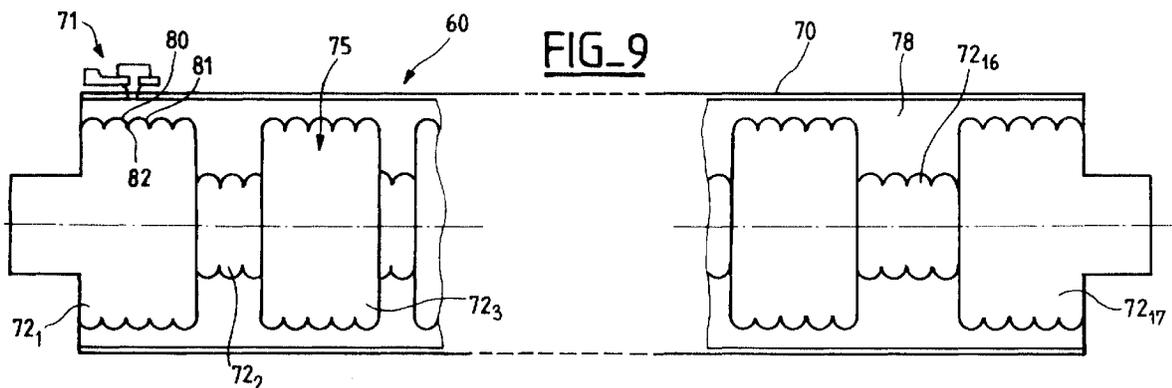
(72) Inventeurs:
• Lamesch, Stéphane
92250 La Garenne Colombes (FR)

(54) **Dispositif de transport de signal électrique protégé contre les perturbations électromagnétiques**

(57) Dispositif de transport de signal électrique comportant une âme (75) et un conducteur extérieur (70) séparés par un diélectrique (78).

L'âme, le conducteur extérieur et/ou le diélectrique présente(nt) des discontinuités formant des discontinui-

tés d'impédances. L'ensemble des discontinuités est choisi pour permettre de limiter la propagation vers l'âme d'une onde perturbatrice dans un domaine déterminé de fréquences. Par exemple, l'âme est divisée en sections successives (72₁, 72₂, 72₃) ayant des impédances nettement différentes.



EP 0 828 305 A1

Description

L'invention est relative à un dispositif de transport de signal électrique protégé contre les perturbations électromagnétiques. Elle concerne aussi un procédé de protection d'un câble contre des perturbations électromagnétiques.

La densité d'ondes électromagnétiques transmises par diverses voies, notamment hertziennes, augmente constamment du fait du développement des télécommunications et de l'augmentation du nombre d'émetteurs radios ou de télévision. Cette augmentation de densité entraîne un accroissement du risque de perturbations pour les appareils de toute nature. L'exemple le plus courant de pollution de ce type est la perturbation qu'apportent les ondes électromagnétiques sur les câbles de transport de signaux qui, en général, constituent des antennes réceptrices.

Pour protéger les appareils ou équipements connectés aux câbles, on prévoit, jusqu'à présent, notamment des filtres à inductances et condensateurs. Ces filtres sont relativement compliqués et onéreux. La complexité et le coût augmentent avec la bande passante des signaux qu'on veut éliminer.

Dans la demande de brevet européen n° 624 885 au nom de Alcatel Câble, on a décrit un câble filtrant intrinsèquement les perturbations électromagnétiques dans la gamme de fréquences inférieures à 1 gigahertz. Ce câble, de structure coaxiale, est constitué d'une âme métallique entourée d'au moins deux couches dont l'une est une couche de matériau diélectrique et dont l'autre, placée entre l'âme et cette couche de matériau diélectrique sur au moins une partie de la longueur du câble, est une couche de matériau composite semiconducteur comprenant une matrice isolante et un polymère conducteur non dopé à liaisons conjuguées. Ce câble peut éviter l'utilisation de filtres discrets. Toutefois, la limitation à 1 gigahertz ne convient pas pour toutes les applications.

L'invention vise à fournir un dispositif de transport de signal s'opposant aux perturbations électromagnétiques sur une large gamme de fréquences et qui est simple et économique à réaliser. Par "perturbations électromagnétiques" on entend ici des perturbations qui sont détectées par le câble par voie hertzienne, ce câble formant une antenne. On ne considère pas ici les perturbations qui sont transmises normalement par le câble, c'est-à-dire par son âme.

Le dispositif selon l'invention est caractérisé en ce que l'âme, le conducteur extérieur et/ou le diélectrique présentent des discontinuités formant des discontinuités d'impédances, l'ensemble des discontinuités étant choisi pour empêcher la propagation vers l'âme d'ondes perturbatrices extérieures qui se trouvent dans un domaine déterminé de fréquences.

On a constaté qu'ainsi on éliminait correctement des perturbations extérieures détectées par voie hertzienne alors que les signaux transmis normalement par le câble ne sont pratiquement pas affectés.

Dans le mode de réalisation préféré de l'invention les discontinuités forment une pluralité d'impédances de valeurs distinctes qui se succèdent, les dimensions des impédances formées entre des discontinuités successives ayant des valeurs variables formant une séquence filtrant les ondes pouvant se propager vers l'âme dont les fréquences se trouvent dans une gamme déterminée imposée par la séquence.

La succession d'impédances de dimensions différentes permet d'éliminer une large bande de fréquences.

Le filtrage se base sur le fait qu'à la limite entre deux impédances différentes, un signal d'une fréquence donnée est partiellement transmis et est partiellement réfléchi. Le coefficient de réflexion dépend de la succession des impédances à l'aval de la discontinuité. Pour éliminer une large bande de fréquences, par exemple de 1 kilohertz à 18 gigahertz, il est nécessaire de prévoir une distribution convenable d'impédances. On a constaté que le nombre d'impédances nécessaires pour filtrer un large spectre de fréquences parasites pouvait être limité à un nombre raisonnable.

Dans un exemple ce nombre est égal à 17.

A l'emplacement des discontinuités, les ondes perturbatrices sont réfléchies en grande partie, ce qui empêche leur propagation dans le câble.

Avantageusement, les discontinuités, ou gradients importants d'impédances, sont obtenues en disposant de façon alternée des impédances élevées et des impédances faibles. Le rapport entre les impédances élevées et les impédances faibles est par exemple supérieur à quatre et, de préférence, de l'ordre de dix. Dans une réalisation, dans la succession d'impédances, on ne prévoit que deux valeurs.

De préférence, la succession des discontinuités est telle qu'elle forme des filtres interférentiels éliminant ladite gamme déterminée de fréquences.

Les impédances nécessaires pour créer les filtrages (interférentiels ou non) se succèdent soit selon la direction axiale du dispositif de type coaxial, soit en direction radiale.

Dans une réalisation, qui concerne une succession axiale, ou longitudinale, d'impédances différentes et qui s'applique plus particulièrement à un dispositif de type coaxial, on prévoit que l'âme présente des parties successives de diamètres différents. Par exemple, le diamètre de l'âme peut prendre deux valeurs différentes et les éléments successifs ont des longueurs variables pour créer la suite d'impédances permettant le filtrage désiré.

En variante, le conducteur extérieur présente des parties successives de diamètres internes différents. Dans ce cas, le conducteur central, ou âme, a, de préférence, un diamètre constant. Il est cependant possible de combiner des variations de diamètre de l'âme et du conducteur extérieur.

Ces réalisations s'appliquent plus particulièrement aux connecteurs destinés à être interposés entre, d'une part,

un câble soumis à des perturbations électromagnétiques, et d'autre part, un appareil à protéger contre ces perturbations.

Dans une autre réalisation, qui s'applique plus spécialement à un câble incorporant des moyens de protection contre les perturbations électromagnétiques, deux impédances successives se distinguent par la configuration de leurs conducteurs extérieurs. Par exemple, une impédance présente un conducteur extérieur qui entoure complètement, sans ajour, la section correspondante de câble tandis que le conducteur extérieur de la section suivante présente des ajours. Ce dernier conducteur peut être réduit à un simple fil reliant les conducteurs extérieurs sans ajour de la section précédente et de la section suivante. Comme dans les autres exemples, les longueurs des diverses sections diffèrent et les sections sont disposées selon une séquence imposée par les fréquences à éliminer.

Le choix des longueurs des diverses sections est imposé principalement par le filtrage requis. Mais d'autres contraintes peuvent intervenir. En particulier, il est nécessaire de minimiser la longueur totale. A cet effet, on peut choisir les longueurs des sections à partir d'une décomposition de type fractal.

Dans une variante, qui s'applique à tous les modes de réalisation décrits ci-dessus, la variation d'impédance est obtenue en disposant dans des sections successives des matériaux diélectriques à permittivité et/ou perméabilité différentes.

Bien que l'application préférée soit le filtrage passe-bas, l'invention s'applique à tout type de filtrage, c'est-à-dire qu'elle permet aussi la réalisation d'un filtrage passe-haut ou passe-bande.

Les dispositions de l'invention, qui permettent un filtrage en fréquences, peuvent être combinées avec un filtrage en amplitude. Ce filtrage est, de préférence, effectué grâce à l'utilisation, entre l'âme et le conducteur extérieur, d'un matériau diélectrique à propriété de seuil, c'est-à-dire qui est isolant en dessous d'une valeur déterminée de champ électrique et qui est conducteur au-dessus de cette valeur. De cette manière, les perturbations d'amplitude supérieures à une valeur déterminée sont éliminées par dérivation vers la masse, si le conducteur extérieur est connecté à la masse. Le matériau à seuil remplit complètement ou partiellement l'espace entre le conducteur extérieur et l'âme.

De plus, la configuration de l'âme ou du conducteur extérieur est telle qu'elle comporte des parties de faible rayon de courbure de façon à engendrer un effet de pointe permettant d'abaisser le seuil de champ électrique extérieur à partir duquel le matériau diélectrique devient conducteur.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront avec la description de certains de ses modes de réalisation, celle-ci étant effectuée en se référant aux dessins ci-annexés sur lesquels :

la figure 1 représente une partie d'un câble selon l'invention,
 la figure 2 est une coupe selon la ligne 2-2 de la figure 1,
 la figure 3 est une coupe selon la ligne 3-3 de la figure 1,
 la figure 4 est un schéma électrique équivalent à un tronçon de câble,
 la figure 5 est un diagramme montrant une variation d'impédance en fonction de la fréquence,
 la figure 6 est un schéma servant à expliquer le filtrage interférentiel,
 la figure 7 est un schéma servant à expliquer une décomposition fractale pour choisir des longueurs d'impédances,
 la figure 8 est un schéma montrant l'utilisation d'un connecteur selon l'invention,
 la figure 9 est un schéma de connecteur conforme à l'invention,
 la figure 10 est un schéma correspondant à une variante de la figure 9,
 la figure 11a est une coupe selon la ligne 11a de la figure 10,
 la figure 11b est une coupe selon la ligne 11b de la figure 10,
 la figure 12 est un schéma d'une variante, et
 la figure 13 est un schéma d'une autre variante.

Le mode de réalisation de l'invention que l'on va décrire en relation avec les figures 1 à 3, concerne un câble du type coaxial, comportant une âme 11, ou conducteur central, un conducteur extérieur 12 et un diélectrique 13 entre l'âme 11 et le conducteur 12.

Ce câble est divisé, sur au moins une partie de sa longueur, en sections d'impédances différentes de façon à réaliser un filtrage de type interférentiel pour filtrer, c'est-à-dire éliminer, les perturbations électromagnétiques détectées par le câble lui-même fonctionnant en antenne réceptrice à l'égard de ces perturbations.

Dans cet exemple, l'âme 11 est un fil de cuivre de diamètre 11,2 mm, le conducteur extérieur 12 est un feuillard (ruban plat) de cuivre d'épaisseur 0,05 mm en contact avec la surface extérieure 13₁ du diélectrique 13 en polyéthylène. Le diamètre extérieur de l'anneau de polyéthylène est de 21 mm.

Pour réaliser le filtrage mentionné ci-dessus, au moins sur une partie de sa longueur, le câble 10 est divisé en sections d'impédances variables, deux sections successives ayant des impédances sensiblement différentes. Sur la figure 1, on a représenté trois sections 21, 22, 23. Ces sections, ou cellules, diffèrent les unes des autres par les paramètres suivants : la configuration du conducteur extérieur 12 et la longueur.

Le conducteur extérieur 12 des cellules 21 et 23 a la forme d'un manchon 24 non ajouré, entourant donc complè-

EP 0 828 305 A1

tement le diélectrique (figures 1 et 2).

Le conducteur extérieur de la cellule 22 est un simple fil 12₂, parallèle à l'axe du câble, de diamètre 1,2 mm reliant les manchons des cellules 21 et 23. Autrement dit, dans la cellule 22, la plus grande partie de la surface extérieure de l'anneau de polyéthylène 13 est dénudée.

5 Dans une variante, à la place d'un conducteur extérieur sous forme d'un feuillard, notamment de cuivre, on prévoit un vernis conducteur.

La succession des cellules est telle que chacune présente, à son entrée, une impédance qui est sensiblement différente de l'impédance d'entrée de la cellule suivante. Dans un mode de réalisation, on ne prévoit que deux valeurs d'impédances.

10 Le tableau ci-dessous représente une séquence, ou motif, de 17 impédances successives ayant les caractéristiques suivantes :

15

20

25

30

35

40

45

50

55

5
10
15
20
25
30
35
40
45
50
55

TABLEAU I

rang de la cellule	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
longueur (cm)	50	1	15	7	79	63	91	55	67	85	33	35	19	55	1	100	50
Zc (ohms)	23	300	23	300	23	300	23	300	23	300	23	300	23	300	23	300	23

EP 0 828 305 A1

Cette séquence est une alternance d'impédances d'entrées de valeurs 23 et 300 ohms.

L'invention repose sur le fait que les discontinuités créées par la succession d'impédances de valeurs différentes provoque des réflexions qui empêchent la propagation des ondes perturbatrices.

5 Pour mieux comprendre comment s'effectue la réflexion, on rappelle ici qu'un câble coaxial, dont le diamètre de l'âme est a et dont le diamètre interne du conducteur extérieur est b , présente une impédance caractéristique Z_0 définie par la formule suivante :

$$10 \quad Z_0 = \frac{\eta}{2\pi} \times \ln\left(\frac{b}{a}\right) \quad (1)$$

Dans cette formule, η est l'impédance d'onde qui est définie par la formule suivante :

$$15 \quad \eta = \sqrt{\frac{\mu}{\epsilon}} = \sqrt{\frac{\mu_r}{\epsilon_r}} \times \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}} \quad (2)$$

20 Dans cette formule, μ est la perméabilité du diélectrique entre l'âme et le conducteur extérieur, ϵ sa permittivité, μ_0 est la perméabilité du vide et ϵ_0 est la permittivité du vide.

Une onde de fréquence f propagée dans une cellule coaxiale présente une longueur d'onde λ_g ayant la valeur suivante :

$$25 \quad \lambda_g = \frac{2\pi}{\beta} = \frac{2\pi}{\omega \times \sqrt{\epsilon\mu}} = \frac{c}{f \times \sqrt{\epsilon_r\mu_r}} \quad (3)$$

Dans cette formule, c est la vitesse de la lumière.

30 Un câble peut encore être représenté par le schéma équivalent de la figure 4, c'est-à-dire avec deux bornes d'entrée 26_1 , 26_2 et deux bornes de sortie 27_1 , 27_2 . Entre les bornes 26_1 et 27_1 se trouvent une résistance 28 qui représente la résistance linéique des conducteurs métalliques et, en série, une inductance 29 qui représente l'inductance des conducteurs. Dans la représentation de la figure 4, une borne de l'inductance 29 est reliée à la résistance 28, et l'autre borne à la borne de sortie 27_1 .

35 Entre les bornes 27_1 et 27_2 , se trouvent, d'une part, une conductance 30 qui est la conductance du diélectrique entre l'âme et le conducteur extérieur, et d'autre part, un condensateur 31, en parallèle sur la conductance 30, qui représente le condensateur formé par les deux armatures, c'est-à-dire l'âme et le conducteur extérieur, et le diélectrique.

40 L'impédance de chaque tronçon de ligne ou câble peut être calculée à partir de ces paramètres et de ce schéma équivalent. Ainsi, l'impédance d'entrée Z_{cc} d'un tronçon de ligne d'impédance Z_0 , sans perte, de longueur l , et qui est fermé sur un court-circuit est égale à :

$$Z_{cc} = j.Z_0.\tanh(\gamma l), \quad \gamma = \alpha + j\beta = \alpha + j\omega/c \quad (4)$$

45 La ligne étant sans perte, on obtient :

$$Z_{cc} = j.Z_0.\tan(\omega l/c) \quad (5)$$

50 Cette impédance varie donc en fonction de la fréquence, comme représenté par le diagramme de la figure 5 sur lequel on a porté la fréquence f en abscisses et l'impédance Z_{cc} en ordonnées.

Sur ce diagramme, on voit que l'impédance présente une valeur infinie lorsque la longueur l de la ligne est égale à un nombre impair de quarts de longueurs d'onde, et une valeur nulle quand la longueur l du tronçon de ligne est égale à un nombre pair de quarts de longueurs d'onde.

55 On montre aisément que lorsque le tronçon de ligne n'est pas en court-circuit, mais en circuit ouvert, l'impédance Z_{co} en circuit ouvert présente des zéros (0) pour un nombre impair de quarts de longueurs d'onde, et des pôles (ou valeurs infinies) pour un nombre pair de quarts de longueurs d'onde.

EP 0 828 305 A1

On voit donc que la longueur de chaque section détermine les fréquences filtrées.

Par ailleurs, à la transition entre deux impédances (dont la valeur dépend de la fréquence), une onde incidente est réfléchiée, c'est-à-dire retourne vers la source, sans être propagée à l'aval. Le coefficient de réflexion R a la valeur suivante :

5

$$R = \frac{Z_g - Z_e}{Z_g + Z_e} = \frac{\text{onde réfléchiée}}{\text{onde incidente}}$$

10 Dans cette formule, Z_g est l'impédance à la source, c'est-à-dire à l'amont, tandis que Z_e est l'impédance de la ligne dans le plan d'entrée, c'est-à-dire l'impédance côté aval.

Étant donné qu'un câble ou dispositif selon l'invention comporte une multiplicité de transitions, on comprend aisément que, globalement, le pouvoir filtrant dépend de l'ensemble des transitions. Cette propriété sera mieux comprise avec la description de la figure 6 sur laquelle la ligne 35 représente le plan séparant les cellules 21 et 22 et la ligne 36 représente le plan séparant les cellules 22 et 23. On voit qu'une onde incidente 37 est partiellement réfléchiée (flèche 38) et partiellement transmise (flèche 39). A la transition 36, de même, l'onde 39 est partiellement transmise (flèche 40) et partiellement réfléchiée (flèche 41). L'onde réfléchiée globale sera donc la superposition de toutes les réflexions partielles aux transitions.

Le choix des longueurs des diverses sections est imposé surtout par le gabarit des fréquences à rejeter. Toutefois, cette contrainte laisse encore une latitude de choix ; on pourra donc choisir les diverses longueurs de façon à satisfaire à d'autres conditions ; en particulier, on peut minimiser la longueur totale du moyen de filtrage.

On décrit ci-après, en relation avec la figure 7, un exemple de décomposition en structure fractale qui permet d'atteindre cet objectif. Cet exemple ne concerne cependant pas le câble de la figure 1 dans lequel le matériau diélectrique est le même sur toute la longueur du câble. Il concerne un câble ou un connecteur qui présente des tronçons se distinguant les uns des autres par la valeur de la permittivité (ou la perméabilité) du diélectrique.

On choisit un facteur de découpage, par exemple de 0,54 ou 6, et on découpe la longueur totale 40' d'un motif de filtrage en deux tronçons 41' et 42'. Le premier tronçon 41' a une longueur $L\Psi$ (L est la longueur totale du motif et Ψ le facteur de découpage) et sa permittivité ϵ_r est égale à la permittivité du diélectrique. Le second tronçon 42' a une longueur $L(1-\Psi)$ et sa permittivité est $\epsilon_r\Psi/(1-\Psi)$. De cette manière, les deux tronçons, de longueurs inégales, emmagasinent la même énergie, le tronçon de plus faible longueur ayant une permittivité diélectrique augmentée pour compenser sa longueur plus faible.

Ensuite, on poursuit le découpage de chacun des tronçons 41' et 42' de la même manière. Ainsi, le tronçon 42' est découpé en tronçons 42'_1 et 42'_2. Le tronçon 42'_1 est de longueur $L(1-\Psi)\Psi$ et la permittivité du diélectrique est $\epsilon_r\Psi(1-\Psi)$; le tronçon 42'_2 a une longueur $L(1-\Psi)^2$ et la permittivité de son diélectrique est :

35

$$\epsilon_r \frac{\Psi^2}{(1-\Psi)^2}.$$

40 On peut, bien entendu, utiliser d'autres décompositions fractales, par exemple, une décomposition de Cantor.

En plus du choix des longueurs des divers tronçons, il faut également déterminer l'ordre de succession des tronçons. Cet ordre sera déterminé de façon empirique de façon à obtenir le filtrage désiré ; pour cette détermination empirique, on peut, bien entendu, effectuer des simulations numériques pour approcher par approximations successives le spectre de filtrage désiré.

45 On va maintenant décrire, en relation avec les figures 8 à 10, l'utilisation de l'invention pour la réalisation d'un connecteur 60 (figure 8) destiné à être interposé entre un câble 61 et un appareil ou équipement 62 dont le signal sur l'entrée 63 (ou sortie) provient du (ou va au) câble 61. Le connecteur 60 a pour but d'éliminer les perturbations 65 détectées par le câble 61 fonctionnant comme une antenne réceptrice d'ondes perturbatrices.

On peut noter que, bien qu'on ait prévu un connecteur 60 à l'extérieur d'un appareil 62 à protéger, on peut, bien entendu, loger ce connecteur ou filtre 60 à l'intérieur de l'appareil 62.

50 Dans cet exemple, le connecteur 60 a, en plus de sa fonction de filtrage de fréquences perturbatrices, une fonction d'écrêtage, c'est-à-dire de limitation d'amplitude des signaux appliqués sur l'entrée 63.

On se réfère maintenant à la figure 9. Le connecteur filtrant 60 se présente sous la forme d'un cylindre de longueur 200 mm environ et de diamètre extérieur 25 mm. Il présente un manchon extérieur 70 constituant le conducteur extérieur du connecteur dont la structure d'ensemble est coaxiale. Ce conducteur extérieur 70 est relié à la masse à l'aide d'un moyen 71, par exemple à vis et cosse.

55 Le filtrage est obtenu, comme dans l'exemple décrit en relation avec les figures 1 à 3, en prévoyant sur la longueur du connecteur 60, une succession de cellules d'impédances variables. Par exemple, l'impédance d'entrée de la pre-

mière cellule 72_1 est de 6 ohms, l'impédance d'entrée de la seconde cellule 72_2 est de 60 ohms, l'impédance d'entrée de la troisième cellule 72_3 est égale à l'impédance d'entrée de la cellule 72_1 , c'est-à-dire de 60 ohms, etc. Le nombre de cellules est, dans cet exemple, égal à 17.

Le découpage en cellules d'impédances d'entrée alternées est obtenu par la configuration du conducteur central ou âme.

Ainsi, la première cellule 72_1 présente un diamètre extérieur maximal de 20,2 mm et une longueur de 20 mm. Dans la seconde cellule 72_2 , le diamètre maximal de l'âme 75 est de 5,6 mm et la longueur de cette cellule 72_2 est de 9 mm. Les cellules suivantes de rang impair présentent un diamètre extérieur de l'âme égal à celui de la cellule 72_1 , tandis que les cellules suivantes de rang pair présentent un diamètre de l'âme égal au diamètre de l'âme de la cellule 72_2 .

Dans cet exemple, toutes les cellules de rang impair, de plus grand diamètre, ont la même longueur de 20 mm, tandis que les cellules de rang pair ont des longueurs variables. Le choix de ces paramètres est effectué, comme décrit plus haut, en fonction du filtrage désiré. En outre, les cellules de rang impair ont une même impédance d'entrée (6 ohms), tandis que toutes les cellules de rang pair ont une même impédance d'entrée (60 ohms) sensiblement plus élevée.

Ce connecteur permet d'éliminer les fréquences perturbatrices supérieures à 10 kilohertz et pouvant atteindre 18 gigahertz.

Le matériau diélectrique 78 remplissant l'espace entre l'âme 75 et le conducteur extérieur 70 est de préférence un matériau à comportement non linéaire, tel qu'une polyaniline ou un zwitterion. Par "comportement non linéaire", on entend un matériau qui est isolant pour une valeur de champ électrique inférieure à un seuil déterminé et qui devient conducteur quand le champ électrique dépasse ce seuil. De cette manière, pour des champs électriques dépassant le seuil, le signal est dérivé vers la masse grâce à la connexion 71.

Cette disposition permet une protection supplémentaire en amplitude. Un exemple typique est la protection contre les effets de la foudre.

Cependant, de façon plus générale, on cherche à protéger l'équipement 62 (figure 6) contre les signaux d'une amplitude supérieure à un seuil V_S déterminé. Il n'est pas toujours possible de sélectionner le matériau 78 de façon telle qu'il devienne conducteur à partir d'un seuil de champ électrique correspondant à la tension maximale admissible sur l'entrée 63 de l'équipement 62, le seuil de déclenchement du matériau 78 étant intrinsèquement à un niveau relativement élevé.

Pour utiliser les propriétés du matériau 78 afin de protéger "en amplitude" l'équipement 62, on configure l'âme 75 et/ou la surface interne du conducteur extérieur 70 avec des arêtes ou pointes. Ces arêtes, ou zones à faible rayon de courbure, permettent d'augmenter localement la valeur du champ électrique dans le matériau 78 et donc d'abaisser sensiblement le seuil de champ extérieur à partir duquel ce matériau 78 devient conducteur. De façon plus précise, du fait de l'effet de pointe, le champ électrique appliqué est augmenté localement, au niveau de la pointe, d'un facteur 10 à 100. De cette manière le seuil de déclenchement du matériau 78 est diminué d'un facteur 10 à 100, le seuil étant mesuré par le champ électrique global et non le champ électrique local (au niveau des arêtes ou pointes).

Dans l'exemple de la figure 9, les pointes ou arêtes sont réalisées par des ondulations de la surface extérieure de l'âme 75. Ainsi, en section par un plan axial, la surface extérieure de l'âme pour chaque cellule n'est pas un segment de droite mais une suite de demi-cercles 80, 81 de diamètre 0,4 mm. On obtient ainsi un effet de pointes, d'une part, par les demi-cercles 80, 81 et, d'autre part, grâce aux arêtes 82 constituées des cercles à la jonction entre les demi-cercles.

Dans la variante représentée sur les figures 10, 11a et 11b, le connecteur 60' comporte, comme dans l'exemple précédemment décrit, un manchon extérieur 70' relié à la masse, une âme 75' et un matériau non linéaire 78'.

Cet exemple se distingue du précédent principalement par une configuration différente de l'âme, celle-ci ayant, en section, la forme d'un polygone (figures 11a et 11b), de préférence régulier. Dans l'exemple, le nombre de côtés du polygone est de douze.

Ce sont les sommets du polygone (qui sont des arêtes dans l'espace) qui confèrent l'effet de pointe, c'est-à-dire qui permettent de déclencher le matériau 78' pour un champ électrique extérieur sensiblement inférieur à son seuil intrinsèque de déclenchement (passage de l'état isolant à l'état conducteur).

Chaque cellule $72'_1$, $72'_2$, etc. est divisée en sous-cellules. Ainsi, la cellule $72'_1$ comporte deux sous-cellules 85₁ et 85₂ de longueurs égales et la cellule $72'_2$ comprend trois sous-cellules 86₁, 86₂ et 86₃, toutes trois de même longueur. La section de l'âme pour deux sous-cellules successives faisant partie d'une même cellule, est la même, mais est décalée angulairement. Ce décalage angulaire, autour de l'axe du connecteur 60', est, de préférence, égal à la moitié de l'angle au centre (30° dans l'exemple) sous lequel est vu chaque côté du polygone, comme représenté par les figures 11a et 11b. Cette disposition a pour but d'homogénéiser la répartition dans l'espace des arêtes afin de diminuer les échauffements locaux du matériau diélectrique et, surtout, de limiter le risque de production d'arcs électriques entre les arêtes et le conducteur extérieur.

Les exemples décrits ci-dessus concernent une distribution d'impédances en direction longitudinale, cette distri-

bution ayant pour but de diminuer le couplage (grâce à des ruptures ou gradients d'impédances) entre les ondes perturbatrices et l'aval du câble ou connecteur.

Dans l'exemple représenté sur la figure 12, les gradients d'impédances sont obtenus en prévoyant un câble comportant, autour de l'âme 90, plusieurs couches de diélectriques 91, 92, 93, etc. dont les permittivités diélectriques diffèrent de façon à créer lesdites ruptures d'impédance permettant de limiter ou de réduire à zéro le couplage entre une perturbation extérieure 95 et l'âme 90.

Par exemple, la couche 93 est constituée de polyaniline, la couche 92 est en polyéthylène et la couche 91 est un polymère conducteur. La couche 91 est un polymère conducteur dopé. Sa conductivité est comprise entre 1 et 1000 S/cm. Avantageusement, ce polymère conducteur dopé est une polyaniline dopée. Le dopant est par exemple l'acide chlorhydrique, l'acide sulfurique, l'acide camphrosulfonique ou un acide sulfonique substitué. La nature de la couche 91 est susceptible de nombreuses variantes.

L'invention n'est pas limitée au cas d'un câble à un seul conducteur. Elle s'étend aussi à la protection d'un ensemble de câbles. Par exemple, elle peut s'appliquer à la protection d'une paire de câbles de transmission téléphonique, comme représenté sur la figure 13.

Les deux câbles téléphoniques ont pour références 101 et 102. Ils sont disposés dans une enveloppe 103 remplie de matériaux diélectriques alternés en direction longitudinale. Ainsi, sur la figure, on voit la limite 111 entre deux cellules 110₁ et 110₂. La première, de référence 110₁, comporte un isolant formé de résine phénolique dont la permittivité relative est de 5 et la seconde, de référence 110₂, comporte un polyéthylène relativement conducteur de permittivité 2,3. Comme dans les modes de réalisation précédemment décrits, cette variation de permittivité diélectrique dans une surface 111, perpendiculairement à l'axe 104, permet un fort gradient d'impédance limitant le couplage pour les perturbations. De préférence, on prévoit une succession d'une pluralité de cellules qui est telle qu'on crée un filtrage interférentiel comme décrit plus haut.

Chaque câble 101 ou 102 comporte, autour de chaque fil 103, un polymère conducteur 105 qui présente l'avantage de permettre une dissipation des ondes perturbatrices sous forme de chaleur, en complément de la diminution du couplage réalisée par les ruptures d'impédances.

Il n'est, bien entendu, pas indispensable, comme représenté, que les conducteurs 101 et 102 soient disposés parallèlement. Ils peuvent être disposés de façon torsadée pour limiter les interférences ou perturbations en mode différentiel.

Revendications

1. Dispositif de transport de signal électrique comportant une âme (11 ; 75 ; 75' ; 90 ; 101, 102) et un conducteur extérieur (12, 12₂ ; 70 ; 70' ; 103) séparés par un diélectrique (13 ; 78 ; 78' ; 91, 92, 93 ; 110₁, 110₂), caractérisé en ce que, pour éliminer les perturbations extérieures transmises par voie hertzienne, pour lequel le dispositif se comporte comme une antenne réceptrice, l'âme, le conducteur extérieur et/ou le diélectrique présente(nt) des discontinuités formant des discontinuités (35, 36) d'impédance, l'ensemble des discontinuités étant choisi pour empêcher la propagation vers l'âme d'ondes perturbatrices extérieures se trouvant dans un domaine déterminé de fréquences.
2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'âme, le conducteur extérieur et/ou le diélectrique présente(nt) des discontinuités (35, 36) formant une pluralité d'impédances de valeurs distinctes qui se succèdent, les dimensions des impédances formées entre des discontinuités successives ayant des valeurs variables formant une séquence filtrant les ondes pouvant se propager vers l'âme dont les fréquences se trouvent dans une gamme déterminée imposée par la séquence.
3. Dispositif selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que les discontinuités se succèdent selon la direction de l'axe du dispositif.
4. Dispositif selon la revendication 1, 2 ou 3, caractérisé en ce que les discontinuités se succèdent en direction radiale.
5. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que la succession de discontinuités est telle qu'elle forme des filtres interférentiels éliminant des fréquences dans la gamme déterminée.
6. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que la gamme déterminée est comprise entre 1 kilohertz et 18 gigahertz.
7. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que les discontinuités affectent

tant le conducteur extérieur (12), ce dernier est divisé, en direction axiale, en sections alternées, la première section (21) de l'alternance comportant un conducteur extérieur recouvrant de façon sensiblement complète le diélectrique et la seconde section (22) de l'alternance comprenant un conducteur extérieur (12₂) avec au moins un ajour.

- 5
8. Dispositif selon la revendication 7, caractérisé en ce que pour les éléments de la seconde section, le conducteur extérieur a la forme d'un fil (12₂) parallèle à l'axe du dispositif et reliant les conducteurs extérieurs des éléments adjacents (21, 23).
- 10
9. Dispositif selon la revendication 7 ou 8, caractérisé en ce que le conducteur extérieur (12) est constitué par un feuillard métallique.
10. Dispositif selon la revendication 7 ou 8, caractérisé en ce que le conducteur extérieur (12) est sous la forme d'un vernis.
- 15
11. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que, entre l'âme (90) et le conducteur extérieur, on prévoit plusieurs couches diélectriques (91, 92, 93).
- 20
12. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que l'âme présente des sections de diamètres différents.
13. Dispositif selon la revendication 12, caractérisé en ce que l'âme comporte une pluralité de sections successives, les sections de rang impair (72₁, 72₃ ; 72'₁) ayant un premier diamètre, et les sections de rang pair (72₂ ; 72'₂), un second diamètre.
- 25
14. Dispositif selon la revendication 12 ou 13, caractérisé en ce que les sections de rang impair (ou pair) ont toutes la même longueur, et en ce que les sections dont le rang est de l'autre parité ont des longueurs variables.
- 30
15. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 12 à 14, caractérisé en ce que les sections de rang pair présentent une impédance d'entrée d'une première valeur et les sections de rang impair ont une impédance d'entrée d'une seconde valeur, sensiblement différente de la première valeur.
- 35
16. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que les discontinuités en direction axiale sont réalisées en prévoyant des diélectriques (110₁, 110₂) de permittivités ou perméabilités sensiblement différentes.
- 40
17. Dispositif selon la revendication 16, caractérisé en ce que la longueur de chaque tronçon entre deux discontinuités successives, et la permittivité ou perméabilité du matériau dans chaque tronçon sont telles que tous les tronçons emmagasinent sensiblement la même énergie.
- 45
18. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le diélectrique devient conducteur à partir d'un seuil déterminé de champ électrique.
19. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que dans la succession d'impédances on prévoit seulement deux valeurs, celles-ci étant sensiblement distinctes.
- 50
20. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le rapport entre les valeurs des impédances qui se succèdent est au moins égal à quatre, et de préférence de l'ordre de dix.
- 55
21. Application du dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes à un câble.
22. Application du dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 20 à un connecteur (60) destiné à relier un câble (61) de transport de signal à un appareil ou équipement (62).
23. Procédé de protection d'un dispositif de transport de signal électrique contre les perturbations électromagnétiques extérieures transmises par voie hertzienne, ce dispositif comportant une âme et un conducteur extérieur séparés par un diélectrique, caractérisé en ce qu'on confère à l'âme, au conducteur extérieur et/ou au diélectrique des discontinuités formant des discontinuités d'impédance, l'ensemble de ces discontinuités étant choisi pour empê-

EP 0 828 305 A1

cher la propagation vers l'âme d'ondes perturbatrices extérieures se trouvant dans un domaine déterminé de fréquences.

- 5 **24.** Procédé selon la revendication 23, caractérisé en ce que les discontinuités forment une pluralité d'impédances de valeurs distinctes qui se succèdent, les dimensions conférées aux impédances formées entre des discontinuités successives ayant des valeurs variables selon une séquence qui permet de filtrer les ondes pouvant se propager vers l'âme dont les fréquences se trouvent dans une gamme déterminée imposée par cette séquence.

10

15

20

25

30

35

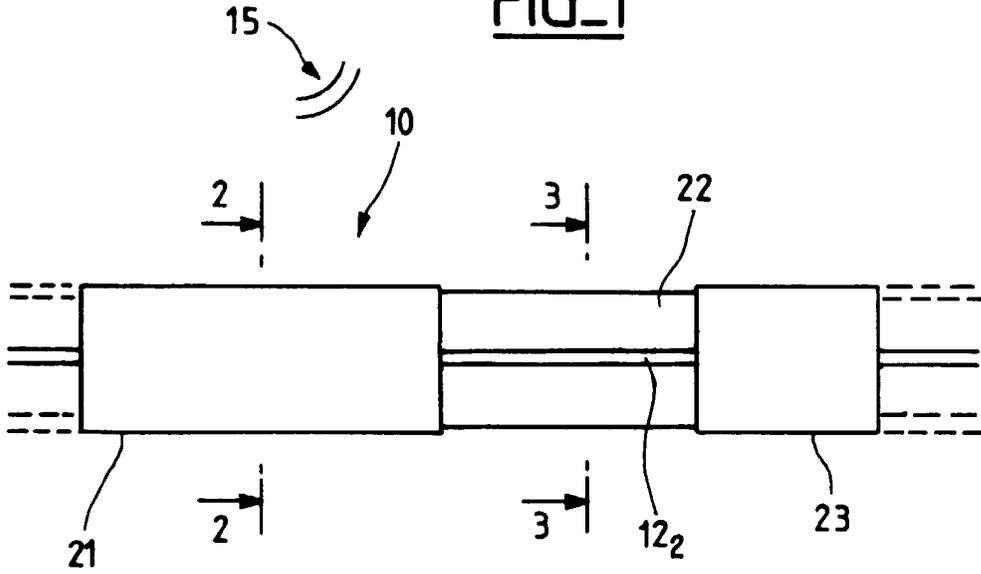
40

45

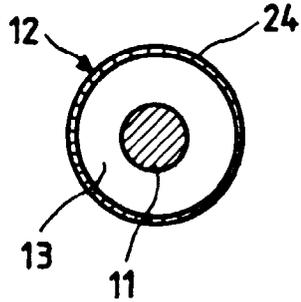
50

55

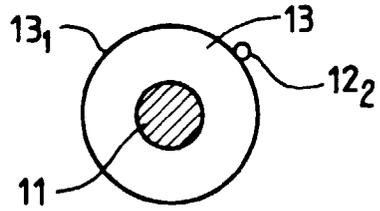
FIG_1



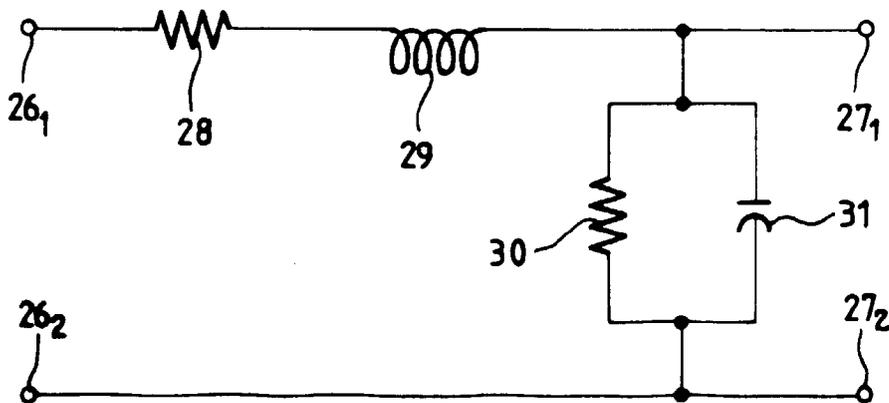
FIG_2



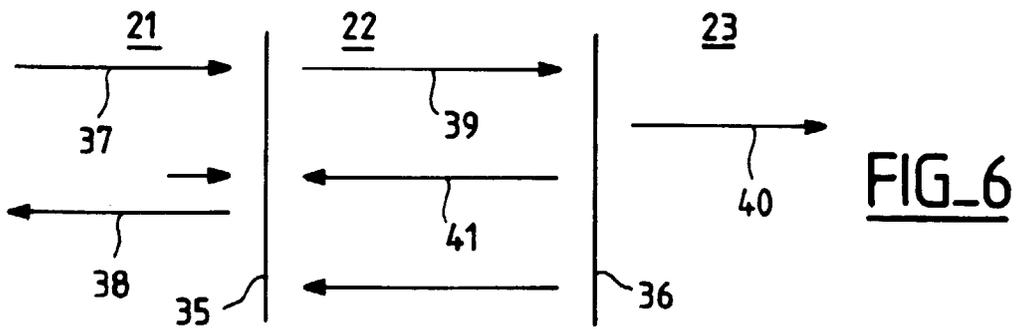
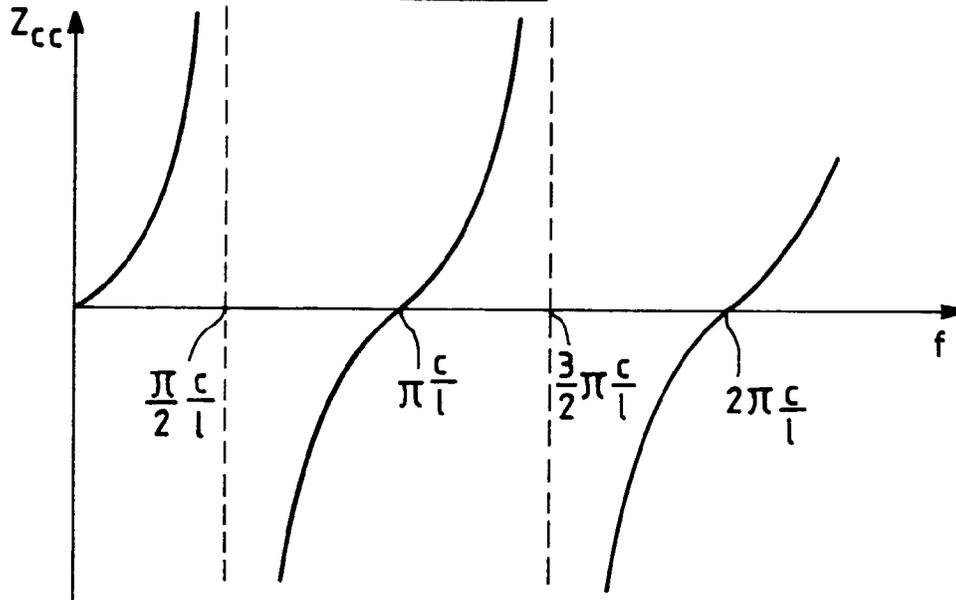
FIG_3



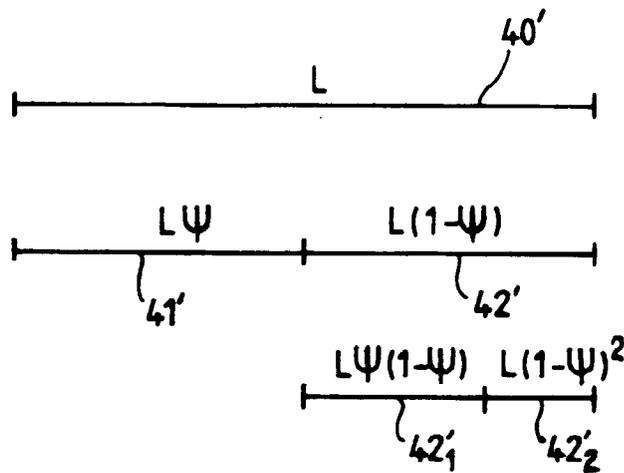
FIG_4



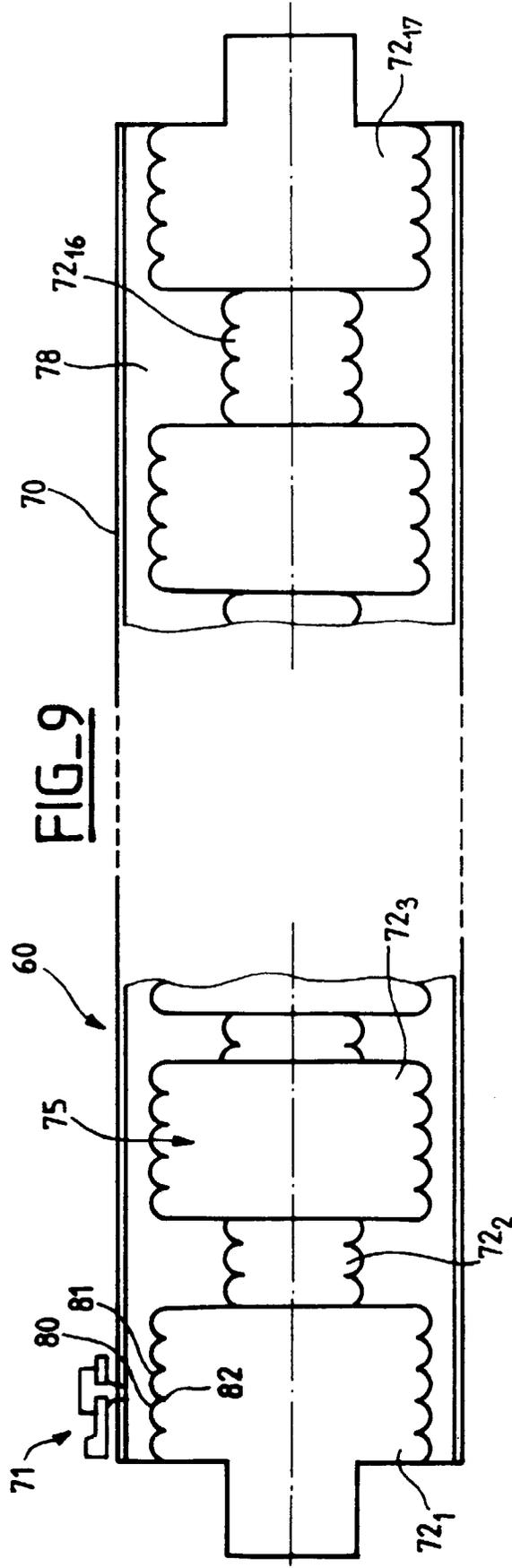
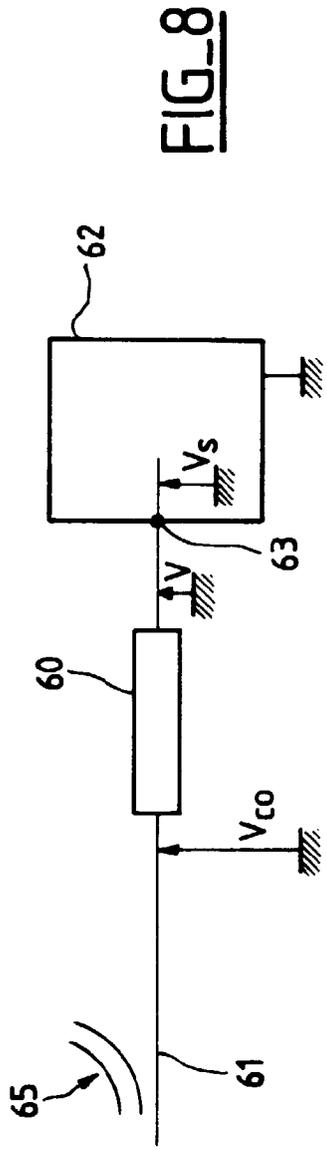
FIG_5

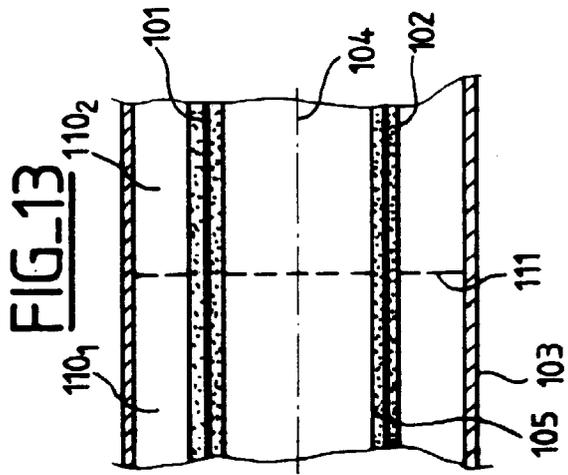
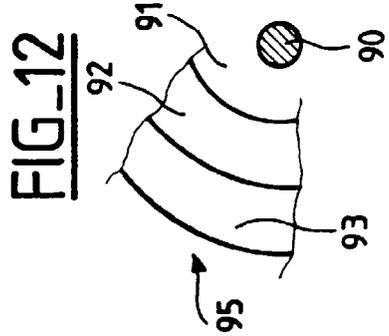
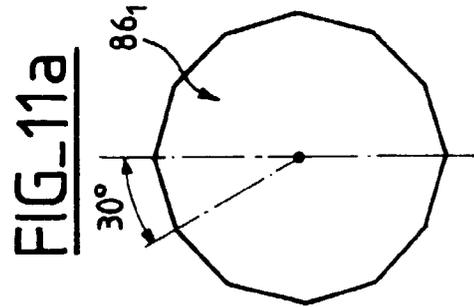
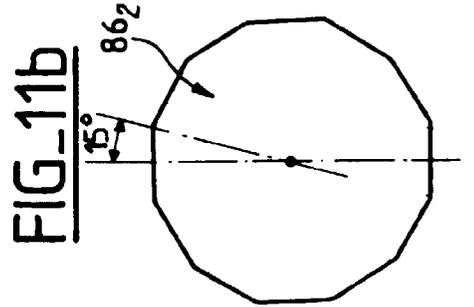
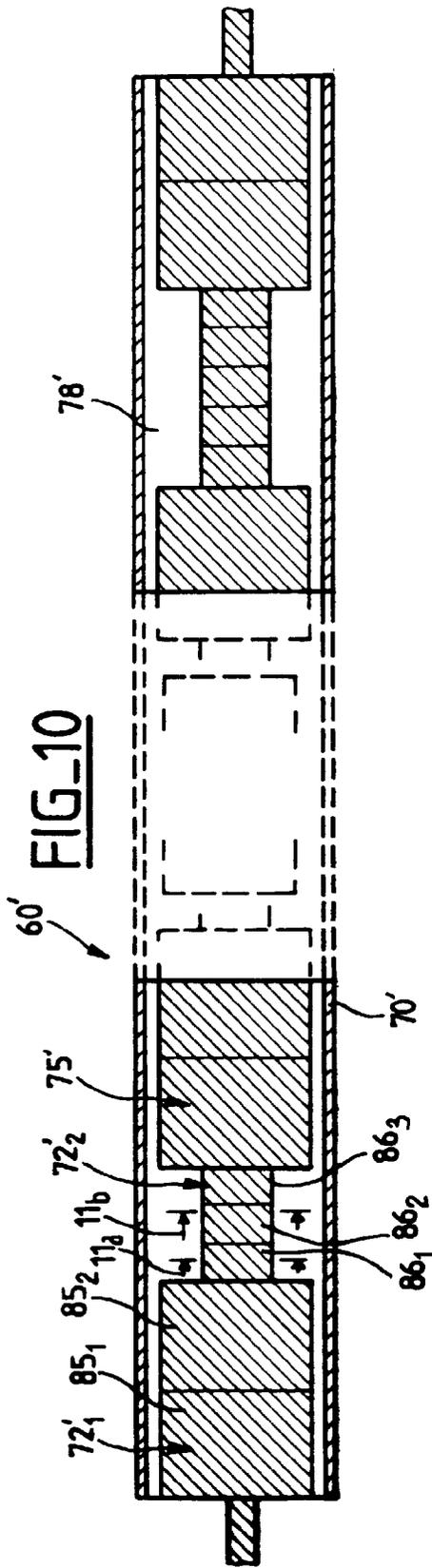


FIG_6



FIG_7







Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 97 40 2063

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int.Cl.6)
X	W.A. DAVIS ET AL.: "COAXIAL BANDPASS FILTER DESIGN" IEEE TRANSACTIONS ON MICROWAVE THEORY AND TECHNIQUES, vol. 19, no. 4, avril 1971, NEW YORK US, pages 373-380, XP002031308 * figures 9,10 *	1,3,5,6, 12,13, 15,21-24	H01P1/202
Y	---	4,7,9,11	
Y	US 4 161 704 A (SCHAFER) 17 juillet 1979 * colonne 4, ligne 38 - colonne 5, ligne 31; figures 5-8 *	4,11	
Y	GB 2 103 427 A (BICC PLC) 16 février 1983 * page 1, ligne 43 - ligne 62; revendications 7,15; figure 1 *	7,9	
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 8, no. 277 (E-285) [1714] , 18 décembre 1984 & JP 59 144201 A (MATSUSHITA DENKI SANGYO K.K.), 18 août 1984, * abrégé *	1-3,16, 23,24	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.6)
	---		H01P
A	DE 816 428 C (SIEMENS & HALSKE A.G.) 11 octobre 1951 * le document en entier *	16	
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 5 novembre 1997	Examineur Den Otter, A
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			

EPC FORM 1503 03/82 (P04C02)