

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 30 septembre 1983.

③0 Priorité US, 30 septembre 1982, n° 429,032.

④3 Date de la mise à disposition du public de la
demande : BOPI « Brevets » n° 14 du 6 avril 1984.

⑥0 Références à d'autres documents nationaux appa-
rentés :

⑦1 Demandeur(s) : *MAYER Ferdy.* — LU.

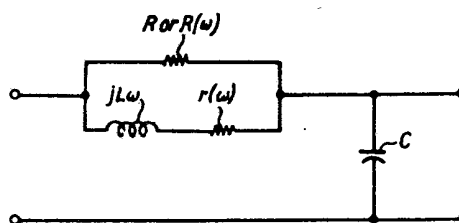
⑦2 Inventeur(s) : *Ferdy Mayer.*

⑦3 Titulaire(s) :

⑦4 Mandataire(s) : *Capri.*

⑤4 Lignes absorbantes HF avec une fréquence de coupure passe-bas contrôlée.

⑤7 Conducteur de transmission pour signaux incluant un élément conducteur (avec effet peau normal ou effet peau artificiel), une couche essentiellement non conductrice de composite magnétique et/ou diélectriques absorbants, sélectionnée de sorte à augmenter l'inductance distribuée de ce conducteur; une seconde couche, résistive couplée galvaniquement et/ou capacitivement (ou inductivement) à l'ensemble conducteur avec sa couche d'augmentation d'inductance, dans laquelle la valeur de résistance linéique est choisie selon la fréquence de transmission (ou de commutation) sélectionnée, tenant compte des valeurs de l'inductance distribuée du/des conducteurs et la capacité distribuée de celui-/ceux-ci par rapport à la masse (ligne asymétrique) ou par rapport à l'autre ou aux autres conducteurs (ligne symétrique). On améliore ainsi l'effet passe-bas vers les basses fréquences.



Lignes absorbantes HF avec une fréquence de coupure passe-bas contrôlée.

La présente invention concerne les lignes de transmission d'énergie et de signalisation électriques, et plus particulièrement les conducteurs à absorption sélective dans une gamme de fréquences données. L'invention concerne encore
5 les câbles de transmission multiconducteurs, qui sont destinés à transmettre une certaine gamme de fréquences, tels que les câbles passe-bas ; elle concerne finalement certains types de filtres.

- 10 Des câbles passe-bas ont été décrits dans la littérature et un nombre de brevets (par exemple, B FR 78 27880, 78 333 85, 1 428 517, 1 514 178, 1 475 665, 83 73145 et demande européenne 83 400 358.4). En général, leur but est de
15 conduire les fréquences relativement basses -tels que le courant du réseau d'alimentation 50 Hz ou encore des signaux de mesure ou de commande dans les fréquences relativement basses.

- L'effet passe-bas est obtenu par des pertes électriques
20 et/ou magnétiques associées au conducteur de la ligne ou du câble, dû à des milieux absorbants, l'effet peau, des effets de lignes couplées, etc... Elles se caractérisent par le fait qu'il est difficile d'atteindre des fréquences en-dessous de 10 MHz à 1 MHz dans des réalisations pratiques.

- 25 Or, il y a de nombreux cas où il serait intéressant d'étendre l'effet des pertes vers des fréquences inférieures, c'est-à-dire en quelque sorte de "prolonger et/ou améliorer" l'effet passe-bas vers les basses fréquences.

- 30 Un des buts de l'invention est de décrire une ligne de transmission avec une atténuation améliorée dans la gamme des 10 MHz ou même descendant à 1 MHz où les effets physiques pré-mentionnés ne peuvent être utilisés (absorption magné-

tique par exemple) ou sont difficiles à réaliser pratiquement (effet peau artificiel).

5 Un autre but de l'invention est de contrôler la fréquence de coupure, c'est-à-dire d'ajuster la bande de transition entre les bandes de fréquences non absorbantes et absorbantes, contrôle qui est impossible avec des caractéristiques basées sur des phénomènes physiques intrinsèques.

10 Un autre but de l'invention est de réaliser un effet de "commutation" où les courants HF sont commutés d'un type de structure de ligne à une autre structure de ligne (dans le même élément de transmission), c'est-à-dire la pente de l'atténuation avec la fréquence est augmentée.

15 Un autre but de l'invention, pour une ligne ou un câble à atténuation donnée, à une certaine fréquence, est d'améliorer le coût, le volume et le poids, par le fait qu'une longueur/poids par unité de longueur réduite suffit, pour
20 atteindre les performances de la ligne/câble classique.

Un autre but de l'invention est de décroître le rayonnement de tels lignes/câbles empêchant leur détection de l'extérieur ; plus particulièrement, dans le cas des câbles blindés, en combinaison avec les améliorations décrites dans 1
25 B FR 79 18065, avec l'application du durcissement EMP et TEMPEST.

Additionnellement, aux aspects des champs électromagnétiques perturbateurs, dans de tels câbles durcis, la réponse
30 aux radiations ionisantes est une considération importante. La diffusion de charge électronique dans la couche diélectrique isolante du câble, et à travers l'interface diélectrique - électrodes métalliques des conducteurs, produisent
35 un signal parasite dangereux (effet de courant photo-compt

Il est un autre but de l'invention de réduire ces signaux

parasites, en addition aux effets d'amélioration de l'absorption décrit.

5 Ces objets et d'autres objets selon l'invention sont obtenus par une structure de transmission pour signaux électriques nouvelle, incluant au moins un élément conducteur (avec effet peau normal où effet peau artificiel), une couche essentiellement non conductrice de composite magnétique et/ou diélectriques absorbants, sélectionnée de sorte
10 à augmenter l'inductance distribuée de ce conducteur ; une seconde couche, résistive couplée galvaniquement et/ou capacitivement (ou inductivement) à l'ensemble conducteur avec sa couche d'augmentation d'inductance, dans laquelle la valeur de résistance linéique est choisie selon la fréquence de transmission (ou de commutation) sélectionnée,
15 tenant compte des valeurs de l'inductance distribuée du/des conducteurs et la capacité distribuée de celui/ceux-ci par rapport à la masse (ligne asymétrique) ou par rapport à l'autre ou aux autres conducteurs (ligne symétrique).

20 Selon l'invention, aux fréquences basses (c'est-à-dire en-dessous de la fréquence de commutation), le courant est essentiellement localisé dans le/les conducteurs. A la fréquence de coupure, le courant "commute" sur la couche
25 résistive à l'extérieur, et ceci dans un intervalle de fréquence prédéterminé (gamme de transition).

Aux fréquences élevées, la totalité du courant est localisée dans la couche résistive. L'impédance du conducteur et l'atténuation de la ligne est alors représenté par cette résistance R et sa capacité C par rapport à la masse (ou autre conducteur) : la ligne est devenue une ligne type R - C.
30

A l'aide d'un nombre d'exemples qui vont suivre, l'application du phénomène de commutation permet d'obtenir un accroissement inattendu de l'atténuation dans la gamme des
35

fréquences de quelques MHz et en-dessous.

Les performances sont réalisables sur les structures simples ; et permettent l'emploi des câbles passe-bas, très
5 en-dessous de fréquences où l'absorption (par pertes magnétiques/diélectriques ; par effet peau artificiel, etc) est présente.

- Afin de mieux faire comprendre l'invention, on décrit quelques éléments théoriques de base et plus particulièrement
10 le contrôle de la fréquence de commutation, et les performances améliorées (aux basses fréquences) par rapport aux lignes/câbles de même structure, mais sans la ligne résistive couplée, à l'aide des dessins qui suivent dans lesquels:
- 15 - la figure 1 représente le circuit électrique équivalent d'une ligne de transmission électrique classique (à effet peau normal ou artificiel) ;
 - la figure 2 représente le circuit électrique équivalent d'une ligne de transmission électrique absorbante ;
 - 20 - la figure 3 représente le circuit électrique équivalent d'une ligne de transmission, selon l'invention, avec la ligne résistive couplée, avec la simplification de la couche inductive supposée sans pertes, et de la couche résistive couplée supposée résistance pure ;
 - 25 - la figure 4 est un graphique illustrant les courbes d'atténuation théoriques, en fonction de la fréquence de la réalisation suivant la figure 3 ;
 - la figure 5 représente le circuit électrique équivalent d'une réalisation selon la figure 3, avec un composite
30 magnétique absorbant ;
 - les figures 6a à 6g représentent des sections schématiques de différentes lignes et câbles passe-bas selon l'invention ;
 - la figure 7 représente un graphique illustrant l'atténuation
35 d'une réalisation typique de câble coaxial, selon la figure 6a, en fonction de la fréquence, montrant par comparai-

- son l'atténuation obtenue avec un câble absorbant identique en structure, mais sans la couche résistive couplée selon l'invention ;
- la figure 8 représente le graphique de la figure 7, où
5 l'on montre l'influence d'une variation de la couche résistive couplée, montrant le contrôle du point de commutation en fonction de la fréquence ;
 - la figure 9 représente une section d'une réalisation avec
10 un écran à très faible impédance de transfert, relatif au BFR 79 18065 ;
 - la figure 10 représente une section d'un câble avec une
couche magnétique spéciale, et une couche d'isolement spéciale, pour la protection contre les effets des rayons X et γ ;
 - 15 - la figure 11 représente une section d'un câble, selon les figures 6 à 10, avec une couche magnétique extérieure additionnelle pour la suppression du mode commun, la protection TEMPEST et la protection additionnelle contre radiations par effet écran ; et,
 - 20 - la figure 12 représente une section d'un câble coaxial classique, avec protection du mode commun, selon la figure 11, avec une couche résistante additionnelle, selon l'invention.
- 25 En se référant maintenant aux dessins, où les mêmes références désignent des éléments identiques ou correspondants sur les différentes figures, la figure 1 illustre le schéma électrique équivalent d'une ligne à propagation, selon le concept des constantes distribuées de Kirchoff. Dans ce
- 30 schéma, $jL\omega$ représente l'inductance distribuée à la ligne ; $r(\omega)$ un terme de pertes résistives, variant avec la fréquence correspondant à l'effet peau normal du conducteur et pouvant inclure l'effet peau artificiel, selon les BFR 1 428 517 et 1 514 178, C représente la capacité distribuée
- 35 par rapport à la masse, où les pertes électriques sont négligées.

La figure 2 représente un schéma équivalent d'une ligne à absorption, selon les brevets cités en préambule. Dans ce schéma, le terme inductif additionnel $j\mu'L$ est dû à la présence d'un composite magnétique à pertes autour du conducteur, cette partie réelle de la perméabilité μ' augmentant l'inductance externe du conducteur. (La perméabilité complexe est $\mu^* = \mu' - j\mu''$, où le rapport $\frac{\mu''}{\mu'}$ représente la tangente de l'angle de pertes magnétiques).

Un terme additionnel résistif $j\mu''L\omega$ apparaît, dû à ces pertes. Finalement, les pertes diélectriques du composite absorbant, introduisent un terme de pertes parallèles $G(\omega)$ reliée directement à l'angle des pertes diélectriques et sa variation avec la fréquence.

15

La figure 3 représente le schéma de la version élémentaire d'une ligne selon l'invention, partant du circuit de la figure 1 : une résistance distribuée R est connectée en parallèle avec la somme des différents éléments inductifs (et absorbants) L , de telle sorte que, avec leurs impédances croissantes (avec la fréquence), une part de plus en plus appréciable du courant commute sur la résistance R .

En négligeant le terme de perte conductif $r(\omega)$ du conducteur et toute inductance liée à la réalisation physique de R (effet peau, inductance externe avec la masse), l'atténuation α par mètre d'une telle ligne s'établit à

$$\alpha_{\text{db/m}} = 8,686 \sqrt{LC} \sqrt{\left(\frac{L^2 \omega^2}{R^2} + 1 \right)^{1/2} - 1} \quad (1)$$

$$2 \left(1 + \frac{L^2 \omega^2}{R^2} \right)$$

Cette équation est facile à représenter graphiquement en tant qu'atténuation par unité de longueur; par unité de fréquence, c'est-à-dire α/f en fonction de f , où $f = \frac{\omega}{2\pi}$

est la fréquence.

La figure 4 montre cette représentation de α/f , dans laquelle on voit apparaître un maximum de l'atténuation $\alpha_{\max}/f = 19,3$

- 5 $\sqrt{LC}$, maximum relié seulement aux composants réactifs de la ligne.

Ce maximum est situé à une fréquence $f_{\max} = 0,28 \frac{R}{L}$, contrôlé donc par la valeur de la résistance R, pour une ligne donnée.

- 10 Dans la gamme des fréquences basses α/f croît proportionnellement avec la fréquence, c'est-à-dire l'atténuation croît avec le carré de fréquence, après un maximum α/f décroît proportionnellement à $\sqrt{f}$.

- 15 En tenant compte de l'effet peau de la couche R, et de son inductance externe, pour une fréquence supérieure d'autant plus élevée que ces effets sont rendus faibles, l'atténuation va s'approcher d'une valeur asymptotique constante

20 $\alpha_{\text{asyp.}} = 8,686 \times 1/2 \times \frac{R}{R(L/C)} \quad (2)$

où $(R(L/C) = R(Z_c)$ représente la partie réelle de l'impédance caractéristique Z_c . Ainsi, finalement, $\alpha_{\text{asyp.}}$ pour une ligne donnée est déterminée par R et sera d'autant plus élevée que les effets parasites ci-dessus seront rendus

25 petits, par une réalisation adéquate de R et de la structure du câble externe à R. Pour ces fréquences élevées, la totalité du courant passe essentiellement dans la résistance R (pratiquement les équations 1 et 2 sont, on l'a dit, des approximations dues au modèle simplifié.)

30

L'inspection de l'équation 2 montre que la commutation du courant du conducteur sur la couche résistive pour une fréquence donnée, nécessite une valeur de cette résistance d'autant plus élevée que l'impédance inductive est élevée

- 35 (pour une R donnée) ; en d'autres mots, afin d'accroître l'atténuation basses fréquences, selon l'invention, l'inductance doit être augmentée.

Dans ce but, selon l'invention le conducteur sera recouvert d'un composite magnétique, de préférence à fortes pertes (pour utiliser les avantages du concept des lignes absorbantes). Dans ce cas, le circuit équivalent de la figure 5
5 est applicable. L'inductance L de l'équation, est à considérer composé de la somme des différentes inductances de la figure 5 où l'augmentation de l'inductance est due au composite magnétique.

10 Maintenant, la réalisation d'une telle ligne désignée comme "ligne à effet peau simulé" devient évidente.

Les figures 6a à 6g montrent quelques réalisations. La figure 6a illustre un câble, de section circulaire où 21
15 représente un conducteur plein ou torsadé, 22 représente le composite magnétique (isolant ou quasi isolant), utilisant de préférence un des mélanges absorbants décrits dans les brevets cités en préambule, 23 représente la couche résistive R qui peut être réalisée de multiples façons :

- 20 - par un composite semi-conducteur, tel qu'un mélange au carbone ou avec des particules métalliques ;
- par une bande mince métallique (résistive) guipée ;
- par une tresse résistive métallique, en fil métallique ou utilisant par exemple des fibres métalliques, selon le
25 B FR 78 27880.

(Une perméabilité magnétique peut éventuellement être rajoutée, si l'on souhaite un effet peau marqué, c'est-à-dire une résistance fonction de ω).

30 24 représente le plan de masse, plus ou moins distant du fil (ou encore d'autres fils ou câbles, au potentiel moyen de la masse), définissant la capacité C par rapport à la masse et par rapport à laquelle l'atténuation est proportionnelle avec la racine carrée. (On rappelle que la définition d'une atté-
35 nuation dans une structure à propagation nécessite une structure quadripole, avec une capacité C à la masse).

La figure 6a représente donc une structure "ouverte" typique. Un tel fil, placé près d'une masse, correspond typiquement à un fil de câblage, selon l'invention.

- 5 La figure 6b représente la structure coaxiale la plus simple où 24 correspond cette fois-ci au blindage du câble coaxial et 25 au milieu isolant, donnant au câble son isolement et sa rigidité diélectrique.
- 10 Les figures 6c et 6d représentent des réalisations à trois conducteurs.

Dans une réalisation typique de la ligne décrite par la figure 6b, le conducteur interne 21 est réalisé en cuivre
15 massif, de diamètre de 1 mm. Ce conducteur est couvert d'une couche magnétique absorbante extrudée 22 de 1 mm d'épaisseur, de MUSORB dont les spécifications détaillées ont été publiées ailleurs (voir par exemple Exposé Dr. F. Mayer, Symposium EMC - 3 juin 1983, France). Cette couche magnétique est couverte
20 par une tresse 23, réalisée par des fibres de verre, de nylon, etc, métallisées avec du nickel, de l'argent, etc (produit par exemple par la société Sauquoit, 302 Fig. Street, Scranton, Pa. 18501, EUA), mises en oeuvre sous forme d'une nappe ou encore d'une tresse représentant une résistance longitudinale de 100 Ω /m environ. Une couche supplémentaire 25 est
25 réalisée avec un guipage d'une bande doublée de mylar, d'épaisseur totale de 0,1 mm (qui peut être métallisée à l'extérieur), couverte finalement par une tresse en cuivre classique, représentant l'électrode de masse. Une couche
30 de protection externe de 0,5 mm de PVC, par exemple, termine le câble. La couche résistive peut être connectée au conducteur central, au bout d'une longueur de câble installé ou encore par des points de contacts galvaniques, à intervalles, le long du câble réalisés pendant sa fabrication.

35

Dans la figure 6c, chaque conducteur 21 est recouvert du

- composite 22 et de sa couche résistive 23 pour réaliser l'effet peau simulé ; par contre, dans l'exemple de la figure 6d, les trois conducteurs ont une couche d'effet peau simulé unique commune. Dans la réalisation de la figure 6c, l'effet
- 5 peau simulé s'applique à la fois aux courants de mode différentiel de la ligne comme aux courants de mode commun ; par contre, dans la réalisation de la figure 6d, l'effet peau simulé s'applique uniquement au mode commun.
- 10 Les figures 6e et 6f montrent des structures semi-fermées : la figure 6f est typique pour une ligne plate multi-conducteurs. Dans les figures 6e à 6f, la couche 25, discutée plus haut, en liaison avec la figure 6b, peut être semi-conductrice ou en composite conducteur, si une couche isolante
- 15 est interposée entre les couches 25 et 23.

La figure 6g montre une réalisation typique en gripline.

- Le câble décrit dans la figure 6b montre une atténuation,
- 20 selon la figure 7, courbe 1. Par comparaison, la courbe 2 montre l'atténuation pour un câble de même structure et géométrie, mais sans la couche résistive R, c'est-à-dire un câble passe-bas classique, basé sur l'absorption magnétique, décrit plus haut. Comparé avec la courbe 2, la courbe 1
- 25 montre un accroissement de l'atténuation de l'ordre de dix à 10 MHz et en-dessous, avec à peu près une atténuation double à 100 MHz. Au-dessus de 200 MHz environ, l'atténuation du câble à effet peau simulé devient inférieure à celle du câble absorbant simple. En effet, l'absorption pour des
- 30 fréquences encore au-delà s'approche d'une limite d'environ 80 dB/m (où R est constant, à cause de l'absence d'effet peau dans les fibres métallisées, et du fait que son inductance externe a été maintenue réduite (par rapport à L), par l'utilisation de la très mince couche d'isolant), là où
- 35 l'atténuation dû à l'absorption seule croît jusqu'à quelque 20 GHz. Pour cette raison, la limite pratique supérieure

de la fréquence de commutation, $f_{\max}$, est située dans la gamme des 200 MHz.

- Pour ce câble, comme on le démontre, quand la fréquence de commutation est placée à 10 MHz, la couche résistive R doit être égale à 100 Ω /m ; pour d'autres valeurs, le profil de l'atténuation change. Par exemple, dans la figure 8, est montré pour la même géométrie du câble, comment $f_{\max}$ change pour différentes valeurs de R, permettant l'augmentation de l'atténuation aux fréquences basses, mais diminuant également les valeurs asymptotiques aux fréquences élevées. On vérifie la proportionnalité de l'atténuation asymptotique avec la valeur de R, selon l'expression vue plus haut. La comparaison avec la courbe 2 de la figure 7 et de la courbe R = 1000 Ω de la figure 8 confirme que, avec un composite à pertes, il n'y a pas intérêt à utiliser des valeurs de R supérieures à quelques milliers d'Ohms, l'effet de commutation devenant alors minimal. Ceci n'est pas le cas, évidemment, avec l'utilisation d'un composite à faibles pertes, tel que représenté par exemple par la courbe 3 de la figure 7, où l'inductance linéique L augmentée déterminera l'effet peau simulé, avec la valeur de R correspondante.
- Dans le câble décrit, l'inductance distribuée propre du conducteur, soit environ 0,10 μ H/m a été augmentée approximativement à 2,5 μ H/m, valeur variable avec la fréquence à cause des propriétés magnétiques du composite. Toutes autres augmentations de la valeur de L (l'effet peau artificiel décrit, structure en hélices, etc) seules ou combinées avec la perméabilité, sont évidemment utilisables pour réaliser l'effet peau simulé décrit.

- La figure 9 montre une réalisation typique d'une ligne passe-bas à super écran selon l'invention. Cette ligne inclut les éléments du câble de la figure 6b, avec en plus

un écran spécial externe. Cet écran est réalisé par une tresse double (triple, quadruple) 24, 24' avec un taux de couverture et un angle de tressage optimisé, avec une (ou plusieurs) couche de composite magnétique 26 additionnelle, placée entre les tresses, selon le B FR 79 18065.

Concernant les radiations dures incidentes sur de tels fils et câbles, on constate une réduction des tensions parasites induites aux interfaces conducteurs/composite magnétique, sous rayonnement β et γ , à cause du contenu élevé du composite 22, 26 en oxydes métalliques, caractéristique distinctive de la présente invention. Ces tensions peuvent être réduites encore davantage par l'utilisation de matériau composite magnétique semi-conducteur, la conductivité n'étant toutefois pas suffisante pour empêcher la pénétration des champs électromagnétiques dans les couches composites 22 et 26, à cause de l'effet peau créé par la conductivité.

La figure 10 montre une réalisation typique d'un câble passe-bas durci contre radiations, selon l'invention, dans laquelle 22 représente une couche du composite magnétique rendu conducteur dans les surfaces internes et externes, en contact avec les conducteurs de la ligne (sur quelques 0,05 à 0,5 mm de profondeur), par l'addition de magnétite ou d'autres ferrites à excès de fer et/ou de carbone ou autres poudres semi-conductrices ou conductrices, tels que décrits par exemple dans le B FR 2 327 613.

Dans une réalisation préférentielle, le composite magnétique pour les couches 27 comporte des particules fines de ferrite manganèse-zinc conducteur, conférant une résistivité de l'ordre de $\Omega \cdot m$ à l'interface : un tel composite améliore le contact conducteur-diélectromagnétique (évitant des inclusions d'air) et réduisant la constante de temps électrique effective du milieu pour la suppression

des courants photo-compton. Evidemment, l'ensemble de la section du composite magnétique peut utiliser un tel diélectromagnétique semi-conducteur, dans le sens défini plus haut. Une réalisation similaire avec des couches minces contenant des particules de carbone est connue dans l'état de la technique.

- La figure 11 montre une autre réalisation typique avec une couche externe de composite magnétique additionnelle 28.
- Une telle structure protège contre les courants de mode commun dus à des champs électromagnétiques parasites extérieurs ; en addition avec la réalisation de la figure 10, elle réalise un écran à haute densité, réduisant encore davantage les radiations γ et β incidentes et en conséquence leur effet de diffusion induit. La suppression du mode commun de la ligne de la figure 11 peut être améliorée selon l'invention par l'addition d'une couche additionnelle résistive 23' autour de la couche 28, comme montré dans la fig.12.
- En récapitulant, la présente invention concerne des organes à propagation d'onde, telles que des lignes et câbles électriques - munis d'une couche résistive, étudiée pour assumer la conduction des courants au-delà d'une fréquence prédéterminée, avec comme corollaire, à ce que en-dessous de cette fréquence de commutation, les courants sont essentiellement localisés dans un conducteur entouré par cette couche résistive : à l'intérieur d'une gamme de fréquence prédéterminée de "transition", les courants commutent ainsi du conducteur principal vers un conducteur couplé résistif. L'effet net donne une structure de transmission présentant un affaiblissement accru dans cette gamme de fréquence de transition, gamme pouvant être placée aussi bas que 1 MHz et en-dessous.
- Les lignes de transmission de l'invention peuvent être avantageusement implémentées avec des câbles de différentes

valeurs de R (y inclus le cas où R est infini), obtenant de la sorte des formes de courbes d'atténuations en fonction de la fréquence donnée.

- 5 Il est également un des buts de l'invention d'utiliser une augmentation notable par effet peau simulé pouvant être d'autant plus marqué, c'est-à-dire placé à des fréquences basses, que cette inductance est élevée ; c'est dans ce but que des augmentations de l'inductance interne et extern
10 des conducteurs est utilisée, par tous les moyens connus et/ou envisageables : dans des structures de transmission droites des couches de composite magnétique étant une solution facile à mettre en oeuvre, une augmentation maximum utilisant des structures en hélices, avec les mêmes compo-
15 sites.

Le principe de l'invention est évidemment applicable à des structures comportant plusieurs augmentations d'inductance linéique et couches résistives couplées superposées,
20 créant plusieurs effets peau simulée cascades.

Evidemment, les organes de transmission auxquels s'applique l'invention peuvent être de tout ordre -avec les deux grandes classes de fils, câbles et lignes extrudées et
25 flexibles, et des pièces des lignes injectées ou moulées servant de filtres et/ou de composants haute fréquence.

Revendications

1. Structure de transmission électrique ouverte tel que fil, câble, stripline, filtre, comprenant :
 - au moins un conducteur électrique, avec son effet peau normal ou l'effet peau artificiel, droit ou en hélice ;
 - 5 - une/des couches de composite magnétique à faible conductivité entourant ce/ces conducteurs, et en combinaison avec celui/ceux-ci, montrant une caractéristique (L) inductive plus grande du/des conducteurs seuls ;
 - une couche résistive (23) couplée à cette/ces couches
 - 10 de composite magnétique (22) montrant une résistance longitudinale (R) adaptée à l'inductance (L) indiquée, pour obtenir une caractéristique passe-bas, dans laquelle l'atténuation réduite (rapport atténuation/fréquence = α/f) représente une valeur maximum à une
 - 15 fréquence $f_{\max}$, où

$$f_{\max} \approx 0,28 \frac{R}{L}$$
 de façon à introduire, à l'intérieur d'une gamme de fréquences de transition prédéterminée, le passage du courant du/des conducteurs (21) vers la/les couches résistives (23),
 - 20 obtenant de la sorte une atténuation élevée.
- 25 2. Structure selon la revendication 1, dans laquelle le composite (22) magnétique est absorbant et $f_{\max}$ est dans la gamme de fréquences inférieures à 200 MHz.
3. Structure de transmission électrique ouverte tel que fil, câble, stripline, filtre, comprenant :
 - au moins un conducteur électrique (21)
 - mis en oeuvre avec et autour de ce/ces conducteurs un
 - 30 moyen connu pour augmenter l'inductance linéique (couche de milieu composite magnétique, utilisation effet peau artificiel, mise en hélice du/des conducteurs), réalisant aussi une somme d'inductances égale à L;
 - une couche résistive (23) couplée galvaniquement ou capaci-
 - 35 tivement à ce/ces conducteurs, et montrant une résistance

longitudinale (R), adaptée à l'inductance (L) indiquée pour obtenir une caractéristique passe-bas, dans laquelle l'atténuation réduite (rapport atténuation/fréquence = α / f) représente une valeur maximum à une fréquence $f_{\max}$, à

$$f_{\max} \approx 0,28 \frac{R}{L}$$

de façon à introduire, à l'intérieur d'une gamme de fréquences de transition prédéterminée, le passage du courant du/des conducteurs vers la/les couches résistives, obtenant de la sorte une atténuation élevée.

4. Structure selon la revendication 3, dans laquelle un composite magnétique (27) est utilisé, ce composite est absorbant et dans lequel $f_{\max}$ est dans la gamme de fréquences inférieure à 200 MHz.

5. Structure selon une des revendications 1 à 4, fermée et complétée par :

- une couche diélectrique isolante entourant la couche résistive (23) et réalisée de sorte à représenter une inductance externe faible avec la couche résistive mentionnée et l'élément de masse ci-dessous;
- un élément de masse adjacent à cette couche diélectrique, cette couche diélectrique définissant la capacité entre couche résistive et élément de masse.

6. Structure selon une des revendications 1 à 5, semi-fermée, dans laquelle l'élément de masse entoure partiellement le/les conducteurs modulés et isolés.

7. Structure selon une des revendications 1 à 5, dans laquelle la/les couches résistives sont couplées galvaniquement à ce/ces conducteurs.

8. Structure selon une des revendications 1 à 5, dans laquelle la/les couches résistives sont couplées capacitivement à ce/ces conducteurs.

9. Structure selon la revendication 6, dans laquelle la/ les couches résistives sont reliées galvaniquement à des endroits discrets prédéterminés.
- 5 10. Structure selon la revendication 6, dans laquelle la/ les couches résistives (23, 25) sont reliées aux conducteurs aux bouts des structures installées.
11. Structure selon une des revendications 1 à 5, comprenant :
- 10 - les conducteurs indiqués avec la réalisation d'augmentation de leurs inductances, entourées chacun séparément d'une couche résistive propre, c'est-à-dire introduisant l'effet peau simulé, pour le/les modes différentiels de transmission.
- 15 12. Structure selon une des revendications 1 à 5, comprenant les conducteurs indiqués, avec la réalisation d'augmentation de leurs inductances entourés globalement d'une couche résistive, c'est-à-dire introduisant l'effet peau simulé, pour le mode commun de transmission.
- 20 13. Structure selon la revendication 11, dans laquelle la réalisation d'augmentation de leurs inductances est commune aux conducteurs (couche de composite magnétique commun, hélices en parallèle).
- 25 14. Structure selon une des revendications 5, 11 ou 12, dans laquelle il y a arrangement concentrique des différentes couches avec le cas simple du câble coaxial, comportant un conducteur droit, entouré d'une couche de composite magnétique ou comportant un conducteur en hélice autour d'une âme en composite magnétique, entourée à son tour de la couche résistive (R), puis de l'isolant et finalement de
- 30 la masse (bande, tresse, tube métallique).
- 35

15. Structure selon une des revendications 5, 11 ou 12, dans laquelle les conducteurs sont en paire/paires.
- 5 16. Structure selon une des revendications 6, 11 ou 12, dans laquelle les conducteurs réalisent un câble plat avec les inducteurs juxtaposés.
- 10 17. Structure selon une des revendications 6, 11 ou 12, dans laquelle les conducteurs réalisent une stripline ou flat line avec les conducteurs superposés.
- 15 18. Structure selon la revendication 1, dans laquelle le/ les conducteurs, avec leur augmentation d'inductance et la couche résistive d'effet peau simulé sont placés près d'une masse dans l'installation (fil de câblage passe-bas)
- 20 19. Structure selon une des revendications 1 à 18, avec une constitution inversée telle que par exemple la structure coaxiale selon la revendication 13, avec l'isolant placé sur le conducteur central, la couche résistive l'entourant suivi du moyen d'augmentation d'inductance, intégré ou placé près du blindage externe et telle que par exemple le fil de câblage avec son moyen d'augmentation d'inductance placé plus ou moins près de la masse, elle-même recouverte de la couche résistive.
- 25 20. Structure selon une des revendications 1 à 19, dans laquelle le composite magnétique est rendu conducteur/semi-conducteur aux interfaces isolant/conducteurs par l'addition de matériaux ad hoc ou par l'addition d'une min couche de composite supplémentaire.
- 30 21. Structure selon la revendication 20 dans laquelle le composite magnétique est rendu conducteur dans toute sa section.
- 35

22. Structure selon une des revendications 19 ou 20, dans laquelle la conductivité est obtenue par l'utilisation de grains magnétiques semi-conducteurs, tels que ferrites au manganèse-zinc, riches en fer bivalent ou de grains magnétiques quasi isolants, avec l'addition de poudres métalliques, ou de carbone, dans le composite.
- 5

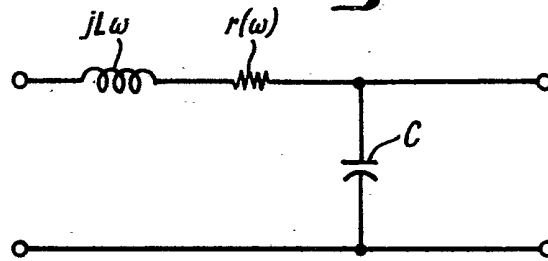
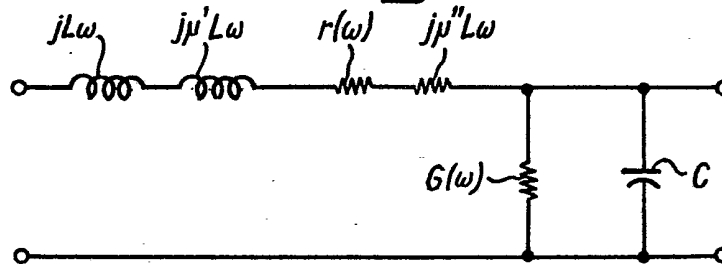
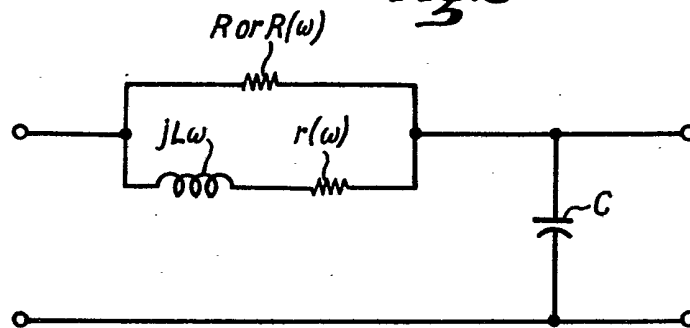
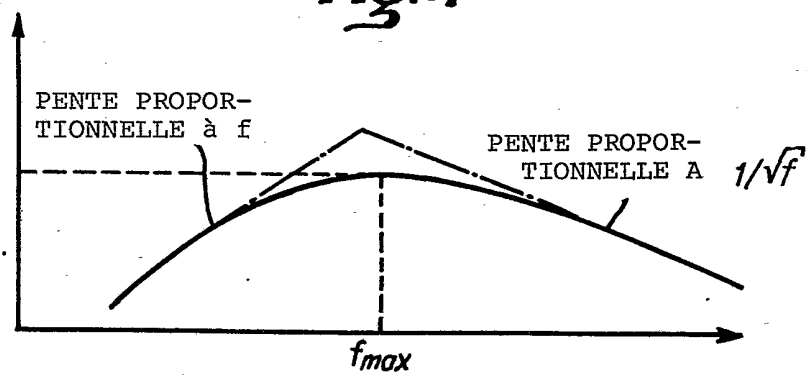
Fig.1**Fig.2****Fig.3****Fig.4**

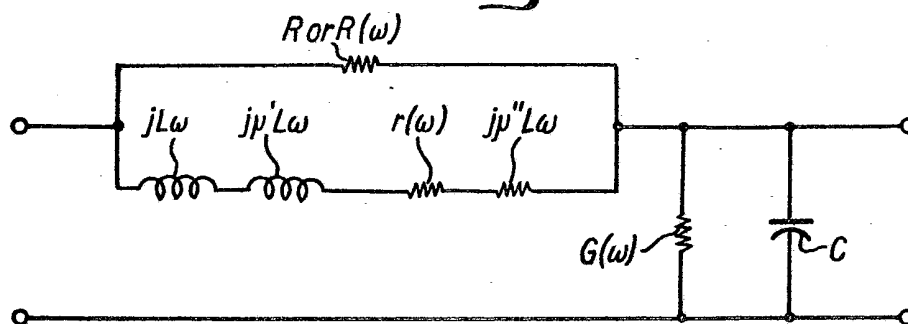
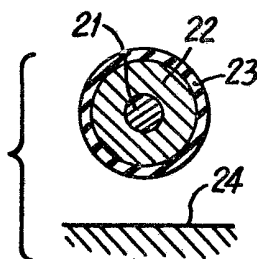
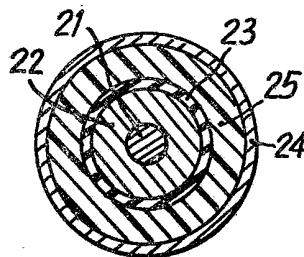
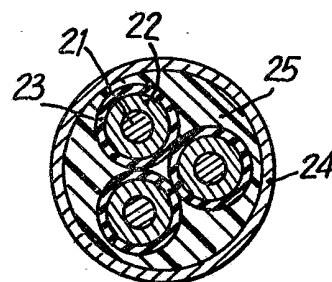
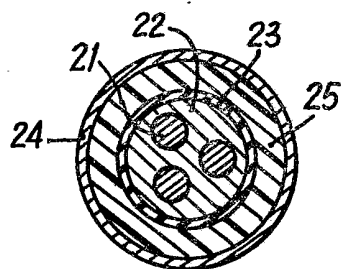
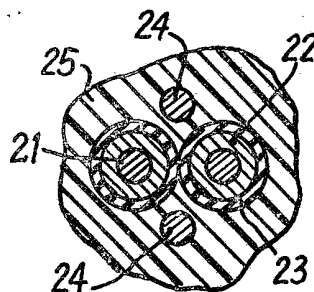
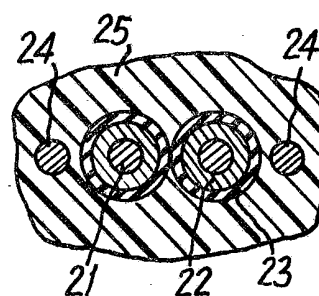
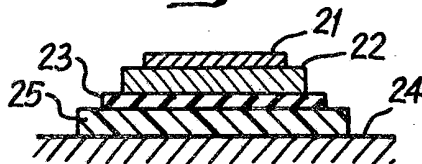
Fig: 5**Fig: 6a****Fig: 6b****Fig: 6c****Fig: 6d****Fig: 6e****Fig: 6f****Fig: 6g**

Fig. 7

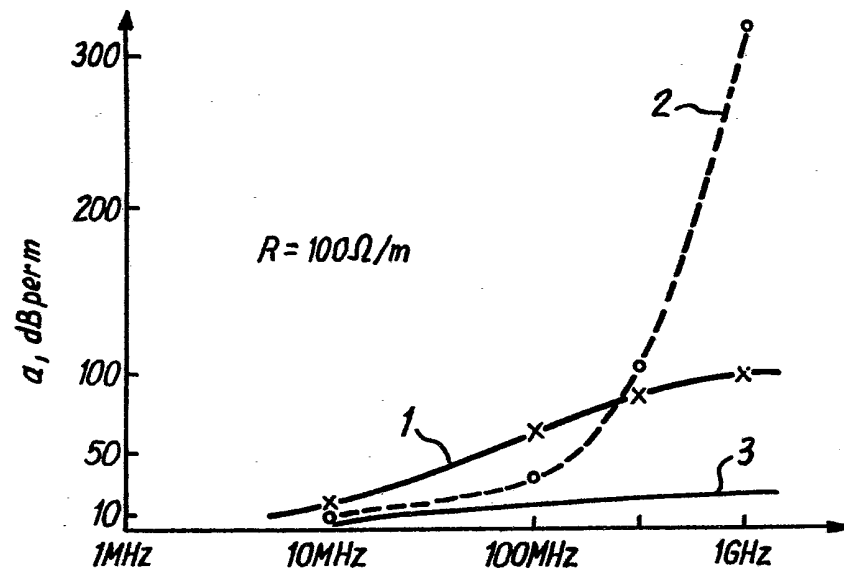


Fig. 8

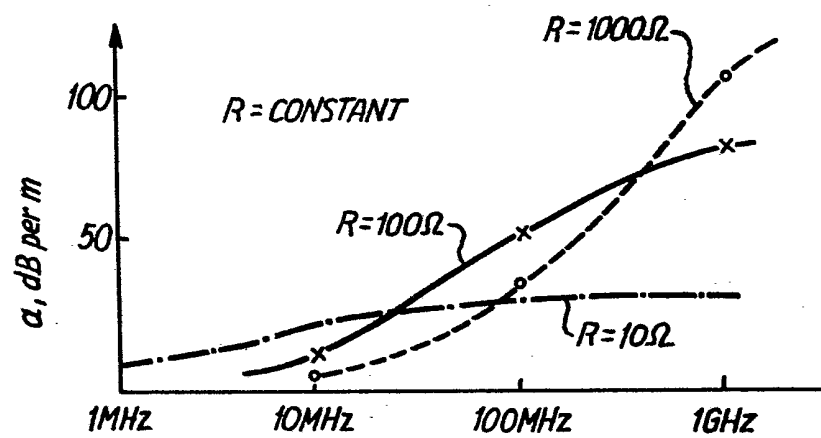
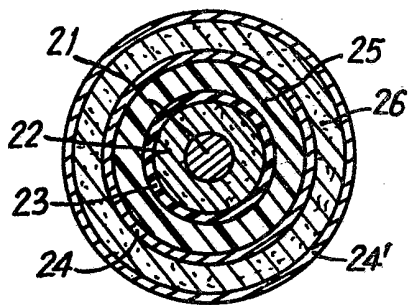
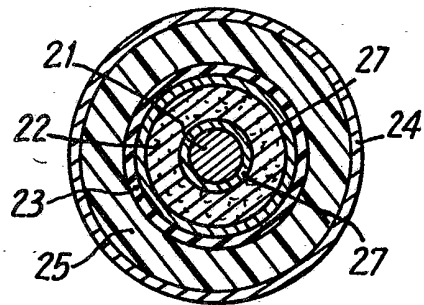
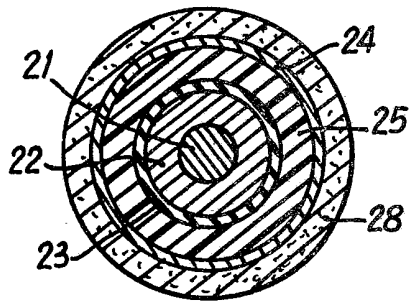


Fig. 9*Fig. 10**Fig. 11**Fig. 12*