

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication :

(A n'utiliser que pour les
commandes de reproduction).

2 461 342

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

N° 79 18065

(54) Câbles à haute immunité, contre pulse électromagnétique (EMP).

(51) Classification internationale (Int. Cl. 3). H 01 B 11/06, 13/24.

(22) Date de dépôt 6 juillet 1979.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée :

(41) Date de la mise à la disposition du
public de la demande B.O.P.I. — « Listes » n° 5 du 30-1-1981.

(71) Déposant : MAYER Ferdy, résidant en France.

(72) Invention de : Ferdy Mayer.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : SARL Capri,
28 bis, av. Mozart, 75016 Paris.

Les câbles électriques symétriques (telles que les paires torsadées) constituent des lignes équilibrées et ^{sont} de ce fait peu sensibles aux champs électriques et magnétiques parasites extérieurs. Les câbles électriques asymétriques (tel qu'un câble coaxial) 5 constituent des lignes déséquilibrées, mais dont la structure du conducteur externe constitue un blindage, normalement empêchant toute influence de champs électriques et magnétiques parasites externes, (cas exact d'un blindage en tube plein) et de courants de surface externe créés par ces champs.

10 Or, les imperfections liées à la réalisation pratique de ces câbles, par exemple, le fait que le blindage d'un coaxial est une tresse, (pour la flexibilité), fait que, en pratique ces structures sont suffisamment pénétrées par ces champs, pour que leur immunité soit insuffisante dans le cas de signaux transmis d'une faible 15 amplitude et/ou de champs parasites particulièrement intenses.

Dans ce cas, pour la réalisation de lignes à haute immunité, on est amené à superposer :

- à des paires ou autres structures équilibrées : un écran électrique, suivi éventuellement (vers l'extérieur) d'un écran magnétique etc.
- 20 - à un câble coaxial : un écran magnétique (par dessus la tresse de blindage), suivi éventuellement (vers l'extérieur) d'un écran électrique etc.

De telles structures imunisées sont bien connues et décrites 25 dans la littérature tel que par exemple : "Use of magnetic materials for improvement of screening properties of different types of cables ; LAURI HOLME and JOAKKO ANNANPOLO ; IEEE Electromagnetic Compatibility Symposium 1973 Record, pages 340 - 357.

Il est classique ainsi d'utiliser des couches magnétiques métalliques, sous forme de tresse ou encore sous forme de bandes guipées en fer, acier, alliages fer-nickel à haute perméabilité magnétique, alliage magnétique amorphe, etc, participant à la fois par leur conductivité et leur perméabilité magnétique à l'amélioration de l'immunité.

35 La figure 1, par exemple donne le schéma général d'un tel câble protégé, en considérant une ligne coaxiale classique, recouverte d'un écran magnétique et d'un écran conducteur additionnel.

Dans cette figure, 1 représente le conducteur central classique du câble coaxial, 2 représente le dielectrique isolant classique

que, (plein, aérée, en rondelles etc) et 3 représente le tresse de blindage formant ainsi le câble de transmission.

Dans cette figure, 4 représente une couche flexible, c'est à dire bande, nappe ou tresse en métal ou alliage magnétique conducteur (genre fer doux, acier, ou pour haute performance, le Mumétal, Permalloy, Metglas, guipés à spires recouvrantes) et, 5 représente un blindage extérieur bon conducteur (tresse, guipage, ruban etc), magnétique ou non (le cuivre étant couramment utilisé dans le cas d'une tresse, et une bande d'acier dans le cas d'un câble à haute tenue mécanique).

10 Finalement, 6 représente une couche de protection mécanique externe (plastique, élastomère etc).

Dans une telle réalisation, la couche magnétique 4 joue à la fois un rôle d'accroissement d'impédance de la self-inductance représentée par la structure coaxiale formée par l'extérieur de la tresse³ et l'intérieur du blindage 5, et un rôle de blindage magnétique.

Or, il est évident que l'application d'une telle couche ou de telles couches, vont, dans le cas des structures superposées, diminuer de beaucoup la flexibilité du câble, et d'autre part, le rendre fragile aux flexions, vibrations etc.

Il est évident également, qu'une telle ou de telles couches 4, vont être sensibles non seulement au guipage ou à la formation de tresse pendant la fabrication du câble, mais représenter des performances essentiellement variables pendant la vie du câble, du fait que la perméabilité varie avec les chocs, déformations, vibrations etc, et ceci d'autant plus que la perméabilité initiale est élevée. Des alliages du type Mumétal, Permalloy, par exemple, avec des perméabilités initiales de quelque 100 000, vont finalement diminuer jusqu'à des valeurs de quelques centaines. Il est un autre but de la présente invention de décrire un câble à haute immunité, dans lequel la ou les couches magnétiques rigides sont remplacées par une ou plusieurs couches magnétiques flexibles, du type composite, dont la perméabilité effective est de l'ordre de 5 à 30, mais dont la valeur est absolument stable, en fonction des contraintes mécaniques permanentes et passagères.

Il est évident également, qu'une telle ou de telles couches 4, du fait de leur conductivité métallique ou/et de leur perméabilité magnétique, vont représentées une épaisseur d'effet peau très faible particulièrement aux fréquences élevées - et pour les épaisseurs

pratiques les plus réduites utilisables - donnent lieu à une mauvaise utilisation, du fait que les champs électromagnétiques ne peuvent pénétrer le métal. Il est un autre but de la présente invention de décrire un câble à haute immunité, dans lequel la ou les couches magnétiques métalliques sont remplacées par une ou des couches magnétiques isolantes ou de résistivité suffisante, pour réduire cet effet peau, en particulier dans la gamme supérieure des fréquences considérées.

Il est évident également, qu'une telle ou de telles couches 4, plus particulièrement dans le cas de perméabilité élevée, sont sensibles aux champs parasites magnétiques élevées, saturant les matériaux magnétiques. Plus particulièrement, dans les cas des coups de foudre près du câble, ou encore de pulse électromagnétique (EMP) dû à une explosion nucléaire, l'efficacité de la couche peut être annulée, effet qui est d'importance fondamentale pour les câbles destinés aux télécommunications militaires. Il est un autre but de l'invention, de décrire un câble à haute immunité dans lequel la ou les couches magnétiques sont peu saturables du fait de leur structure composite, c'est-à-dire comportant des grains magnétiques à haute perméabilité, dans un liant plastique non magnétique : la structure à multiples entrefers résultante étant peu saturable.

Il est évident également, qu'une telle ou de telles couches 4, suivant la longueur du câble considéré, pour une fréquence donnée, peuvent donner lieu à des phénomènes de résonnance de ligne, avec des maxima et minima de courant et de tension, qui du fait de l'imperfection du câble se reproduisent sur le conducteur central. Il est un autre but de l'invention, en particulier aux fréquences élevées, d'introduire une absorption dans le milieu magnétique composite, afin de diminuer ou de supprimer ces effets de résonnance.

Il est évident finalement, qu'une telle ou de telles couches 4, sont chères à réaliser, du fait du prix du matériau magnétique (à haute perméabilité, bandes minces etc), et de leur mise en oeuvre (guipage spécial à peu de contraintes). Le dernier but de l'invention, est de décrire un câble à haute immunité, dans lequel la ou les couches magnétiques sont fabriquées par un procédé d'extrusion classique, rapide et peu onéreux, à partir de matériaux ferrites magnétiques bon marché et plus particulièrement leurs déchets.

Le matériau magnétique composite peut être du type de ceux décrits dans les brevets USA n° 3 191 132 et n° 3 309 633 ; plus particulièrement des matériaux perfectionnés et leur mise en oeuvre

sont décrits dans la demande de brevets USA n° 855 593 du 25 novembre 1977.

L'invention va être décrite plus en détail, dans la description qui va suivre avec l'aide de plusieurs figures, afin de montrer ses caractéristiques et les résultats obtenus : dans les figures 2, 3, 4, et 5 citées à titre d'exemple-type, sera considérée la structure coaxiale asymétrique classique ; il est évident que les mêmes considérations s'appliquent à toutes autres structures de transmission symétrique ou asymétrique, et les deux conjointes plus particulièrement dans le cas de câbles multiconducteurs.

La figure 2 représente schématiquement un câble à haute immunité selon l'invention, avec double blindage, et une couche magnétique flexible intermédiaire.

La figure 3 représente l'impédance de transfert en fonction de la fréquence pour différents types de câbles.

La figure 4 représente schématiquement un câble coaxial à très haute immunité selon l'invention, avec un triple blindage et 2 couches magnétiques intercalées.

La figure 5 représente schématiquement un câble blindé à conducteurs multiples, à très haute immunité selon l'invention, plus particulièrement pour les fréquences basses.

Une des réalisations préférentielles de l'invention est décrite dans la figure 2.

Dans cette figure, 1 représente le conducteur central du coaxial, 2 le dielectrique habituel, 3 une couche conductrice de haute qualité, en ce qui concerne l'immunité contre ^{les} champs parasites extérieurs. Cette couche peut être du type en nappe ou tresse, avec une résistance en courant continu faible : cette valeur, en effet, définit l'impédance de transfert en continu et aux très basses fréquences. Elle sera optimisée, concernant les fuites, selon les règles de l'art, tel que décrit, par exemple, par E. HOMANN NTZ n° 3, mars 1968 page 155 - 161 et E. F. VANCE IEEE Transactions on EMC, mai 1975 page 71 - 77, de façon à représenter un minimum prononcé de l'impédance de transfert Zt dans les fréquences moyennes.

Dans cette figure, 7 représente une couche magnétique, selon les brevets précités : cette couche de matériau magnétique, sous forme d'un mélange de poudre de ferrite, de fer carbonyl ou d'autres matériaux magnétiques mélangés à une matière plastique ou élastomère, est extrudée autour du câble 1, 2, et 3 par les techniques de câbleries classiques : son épaisseur sera de quelque dixième de

mm à quelques mm, selon le diamètre du coaxial 1, 2 et 3. Ensuite une couche conductrice 8, constituée par une seconde tresse (optimisée suivant les règles indiquées), nappe de peinture conductrice, ruban de mylar métallisé, et/ou un composite conducteur extrudé réalise le deuxième blindage.

- 5 Ce genre de peintures ou composites sont connus par l'homme de l'art, et fabriqués par les sociétés américaines :

- Scientific Advances	- Emerson and Cumings
- Technical Wire Products	- Custom Materials
	- Chomerics..

L'épaisseur minimum de cette couche sera fonction de ses caractéristiques

- 10 conductrices : la fréquence minimum où l'effet d'immunité sera marqué, correspondant à quelques épaisseurs de peau du matériau de la couche.

Dans la figure 3, on représente l'impédance de transfert en fonction de la fréquence pour différents câbles, exprimée en valeur relative par rapport à la résistance en courant continu de l'ensemble des blindages connectés 15 en parallèle.

Dans cette figure, la courbe a) représente l'impédance de transfert de la structure de la figure 2, avec un isolant non magnétique à la place de la couche 7. La courbe b) montre l'impédance de transfert de la structure décrite : on voit une amélioration supérieure à 10db dans la gamme de 10 20 KHZ à presque 1 MHZ. Cette amélioration est telle que jusqu'à 200 KHZ environ, la structure selon la figure 2 est même meilleure qu'un câble à trois tresses, avec isolants non magnétiques entre chaque blindage (courbe c, figure 3).

On démontre aisément que cette amélioration est proportionnelle à 25 la somme de l'impédance de la surface externe du blindage 3, de l'impédance de la couche interne du blindage 8 et de l'impédance de la boucle formée par l'espace du milieu magnétique 7 : ce dernier terme avec l'augmentation correspondant à la perméabilité magnétique de ce milieu introduit l'amélioration d'immunité.

30 La structure, selon la figure 2, avec une tresse en cuivre, a été soumise à des impulsions de courants parasites de forte amplitude : jusqu'à 200 A l'impédance de transfert suit la courbe b) - c'est-à-dire le câble garde son immunité - ce qui ne serait pas le cas avec une couche magnétique du type mumetal ou permalloy.

35 Une seconde réalisation préférentielle, suivant l'invention, cor-

respondant à un câble à très haute immunité : elle est décrite dans figure 4.

Dans cette figure, 1, 2, et 3 représentent la structure coaxiale proprement dite, comme auparavant. Deux couches magnétiques 7' et 5 7'', selon les brevets précités, sont séparées par une mince couche conductrice 8, en tresse, nappe, peinture ou composite conducteur réalisées suivant les règles ci-dessus. Le blindage 9 extérieur, en tresse, nappe, peinture, ruban métallisé, et/ou composite conducteur, sont recouverts de l'isolant protecteur 6.

10 Une réalisation particulièrement intéressante correspond à l'extrusion simultanée des couches 7', 8, et 7'', à cause de son prix de revient réduit, et de sa grande fléxibilité et résistance mécanique obtenue : d'impédance de transfert égales aux meilleures structures à guipages par bandes magnétiques, chères et fragiles.

15 Dans ces exemples, on a considéré que le conducteur à protéger était un câble coaxial : selon l'invention, il est évident que la partie à protéger peut consister en une paire, tièrce, quarte, etc, ou finalement, d'un ensemble de plusieurs structures symétriques ou asymétriques (blindées ou non et immunisées ou non), jumelées sous la même enveloppe. Dans ces exemples, aussi, on a considéré surtout l'immunité contre les parasites de fréquences élevées : aux fréquences basses l'immunité s'approche de plus en plus de la résistance continue et les termes inductifs, dû à la perméabilité du ou des milieux magnétiques, s'approchent évidemment de zéro,

20 avec la fréquence.

25 Dans l'exemple de la figure 5 qui va suivre, on donnera un exemple de réalisation d'un blindage à haute immunité, selon l'invention pour un ensemble de câbles, plus particulièrement aux fréquences de secteur. (En effet, des courants de mode commun à 50, 60, ou 400 HZ, de forte amplitude, représentent un problème majeur pour les câbles de télétransmission et de télésignalisation à bord d'avions, de navires, le long de chemins de fer à traction électrique etc.

30 Dans cette figure 5, les câbles internes à protéger sont représentés par 10', 10'', 10''', 10^{IV}, etc. Ils sont entourés d'un premier blindage 3, bon conducteur flexible (tresse cuivre, gaine continue en plomb etc). Ensuite, vient un guipage isolant en un ^{magnétique} matériau extrudé 7'', recouverte à son tour d'une bande enroulée de fer ou d'acier 8.

5 Ensuite, vient une seconde couche de matériau extrudé 7",
recouverte à son tour d'une bande enroulée de fer ou d'acier 9.

Dans une telle structure complexe, composée de plusieurs couches
conductrices et non conductrices magnétiques, l'effet immunité en
basses fréquences est importante, et l'effet antisaturation
10 optimisé.

En règle, les matériaux à perméabilité élevée, c'est à dire se
saturant le plus facilement sont placés vers l'intérieur, et les
matériaux peu saturables (ou rendus peu saturables, par les
entrefer effectifs dûs à un guipage avec entrefer, avec un pas
15 convenable) sont placés vers l'extérieur. En règle, également,
le matériel le meilleur conducteur doit être placé vers
l'intérieur de la structure, ce qui est équivalent aussi à un pas
long, dans la mesure où la résistance longitudinale d'un guipage
et d'une tresse varie avec la fonction COS de l'angle de l'hélice
20 par rapport à l'axe. Evidemment les différents blindages con-
ducteurs sont reliés convenablement aux endroits des connexions
terminales.

Il est évident, que les câbles individuels d'une telle structure
complexe, peuvent être tous ou partiellement protégés à leur tour,
25 par les procédés selon l'invention, plus particulièrement, des
câbles simples blindés peuvent comporter une couche magnétique
flexible externe et constituer, avec le blindage global, une
protection telle que décrite.

Un autre but de l'invention est d'utiliser les pertes des
30 mélanges magnétiques décrits, aux fréquences élevées, éventuelle-
ment augmentées par une conductivité contrôlée additionnelle,
afin de supprimer les effets de résonnance du ou des espaces
entre les blindages.

Un autre but de l'invention, est de rendre maximum les impé-
35 dances de surface décrites, en addition avec la maximisation de
l'impédance entre blindages décrite. A cet effet, plus parti-
culièrement, peuvent servir des aménagements de la surface des
conducteurs métalliques, par l'introduction de l'effet peau
normal (cas du cable composé de la figure 5, avec les rubans
40 magnétiques) ou encore de l'effet peau artificiel, tel que décrit
dans le brevet USA n° 3.573.676.

Un autre but de l'invention est de rajouter, à l'extrusion de la structure du câble complet, une couche magnétique absorbante externe finale augmentant l'impédance de surface externe, pour une protection additionnelle contre les courants de mode commun, 5 et contre la diaphonie (cas de câbles voisins).

Il est évident que les principes décrits dans les exemples de structures coaxiales asymétriques, s'appliquent de la même façon à toute structure coaxiale symétrique, structures en paires, triplets, quarts etc symétriques et asymétriques, sous la même enveloppe de blindage, ainsi que des ensembles de telles structures sous la même enveloppe de blindage. 10

Il est évident également, que les principes décrits s'appliquent à un nombre de couches successives plus élevé, dans le but d'obtenir une très grande immunité aux champs parasites.

REVENDICATIONS

- 1) Câble électrique blindé flexible, de télécommunication ou télésignalisation, à haute immunité par rapport aux champs parasites, avec au moins deux conducteurs de signal,
5 comportant au moins deux blindages conducteurs flexibles, séparés par au moins un milieu magnétique, caractérisé en ce que ce milieu magnétique consiste en un composite magnétique flexible, dans sa masse, ledit milieu étant appliqué par des techniques d'extrusion classiques.
- 10 2) Câble électrique selon la revendication 1, dans lequel le blindage métallique interne, bon conducteur, est recouvert d'une couche en composite magnétique flexible dans sa masse, pas conducteur ou peu conducteur, et ensuite recouvert d'une seconde couche de blindage bon conducteur, métallique
15 externe.
- 20 3) Câble électrique selon une des revendications 1 ou 2, dans lequel la seconde couche de blindage métallique bon conducteur est recouverte d'une seconde couche en composite magnétique flexible dans sa masse, pas conducteur ou peu conducteur, et d'une troisième couche de blindage bon conducteur externe.
- 25 4) Câble électrique selon une des revendications 1 à 3, dans lequel les couches de blindage métallique, bon conducteur, sont réalisées par des tresses de fils ou de bandes, des nappes de fils ou de bandes, et/ou des bandes de mylar métallisé, utilisant des conducteurs métalliques continus.
- 30 5) Câble électrique, selon une des revendications 1 à 3, dans lequel la deuxième et/ou éventuellement la troisième couche de blindage bon conducteur est réalisé par un composite à particules conductrices métalliques dans une matière flexible.
- 35 6) Câble selon une des revendications 1 à 5, dans lequel la ou les couches de matériaux composites magnétiques sont réalisées par un mélange, dans un support flexible de poudre de ferrite et/ou de poudre de matériaux magnétiques métalliques, de granulométrie et concentration appropriées, pour montrer les effets de perméabilité magnétique, de pertes par absorption à haute fréquence appropriés, ainsi qu'une résistance élevée, afin d'avoir une épaisseur de peau supérieure à l'épaisseur de la ou les couches en question et une absorption des effets de
40 résonance haute fréquence.

7) Câble selon une des revendications 1 à 6, dans lequel la surface des couches conductrices métalliques et/ou composites ont leur impédance de surface augmentée dans les interfaces comportant le milieu magnétique flexible, par l'utilisation de l'effet peau normal (alliages magnétiques conducteurs) ou de l'effet peau artificiel (couches métalliques à perméabilité et/ou résistivité variable).

8) Câble selon une des revendications 4 ou 7, dans lequel une ou plusieurs couches bonnes conductrices métalliques sont composées de bandes, tresses ou nappes magnétiques, comportant des entrefers optimisés (pas de l'hélice du guipage) pour éviter la saturation magnétique locale.

9) Câble selon une des revendications 1 à 8, dans lequel une couche magnétique composite externe est appliquée pour augmenter les impédances de surface externe, et pour y introduire des pertes par augmentation de l'impédance de surface et des résonances, contre les parasites de mode commun et la diaphonie.

PL. unique

Fig 1

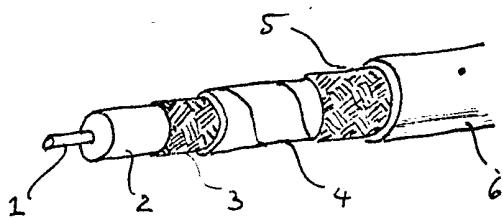


Fig 2

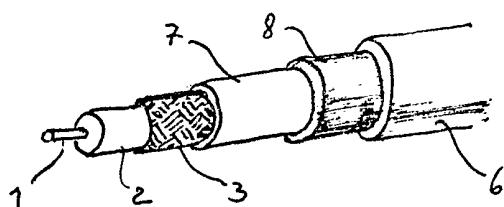


Fig 3

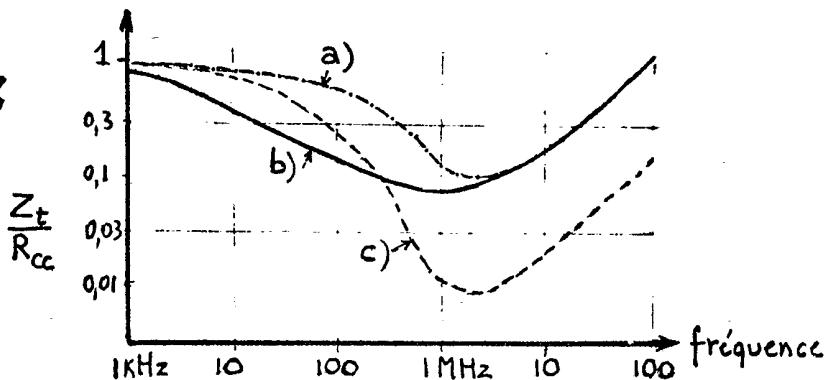


Fig 4

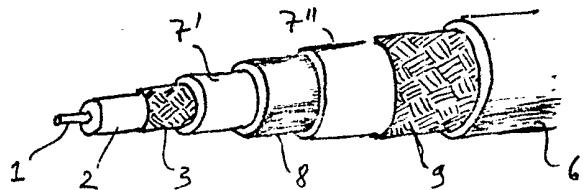


Fig 5

