

DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITE DE COOPERATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(51) Classification internationale des brevets ⁶ : H05K 9/00, H01F 1/44	A1	(11) Numéro de publication internationale: WO 98/16094 (43) Date de publication internationale: 16 avril 1998 (16.04.98)
--	-----------	--

(21) Numéro de la demande internationale: PCT/FR97/01786

(22) Date de dépôt international: 7 octobre 1997 (07.10.97)

(30) Données relatives à la priorité:
96/12369 10 octobre 1996 (10.10.96) FR(71) Déposant (pour tous les Etats désignés sauf US): ELEC-
TRICITE DE FRANCE (SERVICE NATIONAL) [FR/FR];
2, rue Louis Murat, F-75008 Paris (FR).

(72) Inventeur; et

(75) Inventeur/Déposant (US seulement): JOHANNET, Pierre
[FR/FR]; 5, rue Leredde, F-75013 Paris (FR).(74) Mandataire: FRECHEDE, Michel; Cabinet Plasseraud, 84, rue
d'Amsterdam, F-75440 Paris Cedex 09 (FR).(81) Etats désignés: AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY,
CA, CH, CN, CU, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, GB, GE, GH,
HU, ID, IL, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR,
LS, LT, LU, LV, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ,
PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR,
TT, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZW, brevet ARIPO (GH,
KE, LS, MW, SD, SZ, UG, ZW), brevet eurasién (AM, AZ,
BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), brevet européen (AT, BE,
CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL,
PT, SE), brevet OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN,
ML, MR, NE, SN, TD, TG).

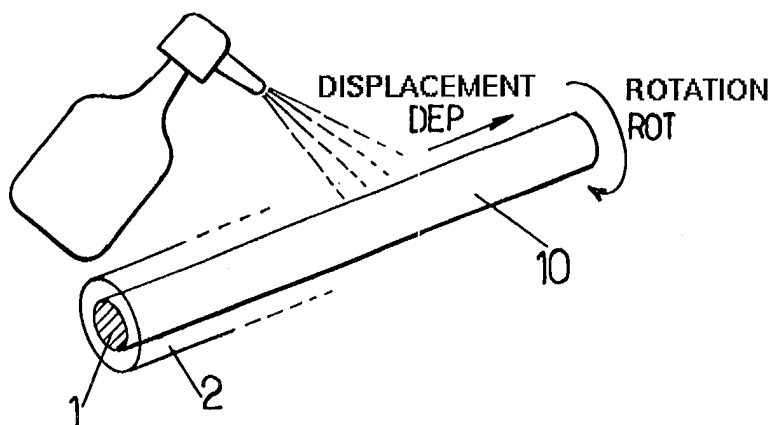
Publiée

Avec rapport de recherche internationale.

(54) Title: METHOD FOR MAKING A CONDUCTOR, OR ELECTRIC CIRCUIT BALANCED IN RADIOELECTRIC INTERFER-
ENCE SUCH AS MICRO-DISCHARGE AND CORRESPONDING CONDUCTOR OR CIRCUIT(54) Titre: PROCEDE DE FABRICATION D'UN CONDUCTEUR, OU CIRCUIT, ELECTRIQUE COMPENSE EN PARASITES
RADIOELECTRIQUES TELS QUE MICRO-DECHARGES ET CONDUCTEUR OU CIRCUIT CORRESPONDANT

(57) Abstract

The invention concerns a method for making a conductor, or electric circuit balanced in radioelectric interference, including those derived from the circuit itself. It consists in applying a semiconducting material (2) of per unit length resistivity for maintaining the external surface of the conductor (1) to the electric circuit with a static electric potential close to that of the conductor (1) and for absorbing the erratic discharge currents in order to eliminate the interface micro-discharge interference phenomena. The invention is applicable to the fields of high fidelity equipment, house automation, and instrumentation.



(57) Abrégé

L'invention concerne un procédé de fabrication d'un conducteur ou circuit électrique compensé en parasites radioélectriques, dont ceux issus du circuit lui-même. Une application d'un matériau semi-conducteur (2) de résistivité linéique permettant de maintenir la surface externe du conducteur (1) au circuit électrique à un potentiel électrique statique voisin de celui du conducteur (1) et d'absorber les courants erratiques de décharge est effectuée pour supprimer les phénomènes parasites de micro-décharge d'interface. Application au domaine de la HiFi, de la domotique, de l'instrumentation.

UNIQUEMENT A TITRE D'INFORMATION

Codes utilisés pour identifier les Etats parties au PCT, sur les pages de couverture des brochures publiant des demandes internationales en vertu du PCT.

AL	Albanie	ES	Espagne	LS	Lesotho	SI	Slovénie
AM	Arménie	FI	Finlande	LT	Lituanie	SK	Slovaquie
AT	Autriche	FR	France	LU	Luxembourg	SN	Sénégal
AU	Australie	GA	Gabon	LV	Lettonie	SZ	Swaziland
AZ	Azerbaïdjan	GB	Royaume-Uni	MC	Monaco	TD	Tchad
BA	Bosnie-Herzégovine	GE	Géorgie	MD	République de Moldova	TG	Togo
BB	Barbade	GH	Ghana	MG	Madagascar	TJ	Tadjikistan
BE	Belgique	GN	Guinée	MK	Ex-République yougoslave de Macédoine	TM	Turkménistan
BF	Burkina Faso	GR	Grèce	ML	Mali	TR	Turquie
BG	Bulgarie	HU	Hongrie	MN	Mongolie	TT	Trinité-et-Tobago
BJ	Bénin	IE	Irlande	MR	Mauritanie	UA	Ukraine
BR	Brésil	IL	Israël	MW	Malawi	UG	Ouganda
BY	Bélarus	IS	Islande	MX	Mexique	US	Etats-Unis d'Amérique
CA	Canada	IT	Italie	NE	Niger	UZ	Ouzbékistan
CF	République centrafricaine	JP	Japon	NL	Pays-Bas	VN	Viet Nam
CG	Congo	KE	Kenya	NO	Norvège	YU	Yougoslavie
CH	Suisse	KG	Kirghizistan	NZ	Nouvelle-Zélande	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	République populaire démocratique de Corée	PL	Pologne		
CM	Cameroun	KR	République de Corée	PT	Portugal		
CN	Chine	KZ	Kazakstan	RO	Roumanie		
CU	Cuba	LC	Sainte-Lucie	RU	Fédération de Russie		
CZ	République tchèque	LI	Liechtenstein	SD	Soudan		
DE	Allemagne	LK	Sri Lanka	SE	Suède		
DK	Danemark	LR	Libéria	SG	Singapour		
EE	Estonie						

PROCÉDÉ DE FABRICATION D'UN CONDUCTEUR, OU CIRCUIT,
ÉLECTRIQUE COMPENSÉ EN PARASITES RADIOÉLECTRIQUES
TELS QUE MICRO-DÉCHARGES ET CONDUCTEUR
OU CIRCUIT CORRESPONDANT

5 La présente invention est relative à un procédé de fabrication d'un conducteur, ou circuit, électrique compensé en parasites radioélectriques, tels que les micro-décharges, et au conducteur ou circuit électrique obtenu par ce procédé.

10 Dans le domaine du traitement des signaux électriques puis de leur stockage ou de leur transformation en phénomènes sensoriels, directement perçus par les récepteurs physiologiques humains, de nombreux travaux ont été effectués jusqu'à ce jour afin de maintenir, sinon améliorer, le
15 rapport signal à bruit après chaque transformation, due au traitement, dans le but d'améliorer la restitution et donc la perception de ces phénomènes sensoriels.

 Une telle préoccupation n'est d'ailleurs pas spécifique au seul domaine des phénomènes sensoriels, tels
20 que la restitution des sons, mais apparaît également dans le domaine beaucoup plus large de la création de signaux électroniques, leur transmission, leur stockage et leur utilisation par des transducteurs électroniques ou électriques spécialement adaptés à cet effet.

25 En ce qui concerne plus particulièrement le domaine de la création, du traitement, du stockage puis de la restitution du son en technique haute fidélité, notamment, domaine HiFi, certains auditeurs audiophiles, particulièrement avertis, constatèrent et signalèrent, dès 1970,
30 percevoir des variations sensibles de sonorité de chaînes HiFi en fonction de la nature des câbles de liaison amplificateur de puissance - haut-parleurs ou enceintes acoustiques.

 Certains n'hésitèrent pas, en outre, à constater des
35 différences de musicalité encore plus sensibles, à leur avis, lors du changement des câbles de modulation reliant,

par exemple, une source telle qu'un lecteur de disque, un disque microsillon ou un tuner à l'entrée de l'amplificateur de puissance, voire du pré-amplificateur.

Des études rapides menées par des physiciens reconnus, démontrèrent, à juste titre, que la résistance en ohms de ces fils ou câbles de liaison les plus résistifs était très inférieure à l'impédance des haut-parleurs ou enceintes acoustiques, a fortiori à l'impédance d'entrée des amplificateurs ou préamplificateurs, et, qu'en conséquence, une telle variabilité présentait un caractère avant tout subjectif.

Une étude plus complète, basée sur la théorie des lignes électriques, permet de prendre en compte l'ensemble des caractéristiques localisées ou réparties susceptibles d'affecter la transmission et donc la restitution de ces signaux, c'est-à-dire en fait à l'ensemble des signaux engendrés à partir d'une source ou rayonnés dans l'espace radioélectrique.

Pour une liaison amplificateur - haut-parleur, le schéma équivalent peut être ramené, ainsi que représenté en figure 1a, à :

- une capacité C entre conducteurs, fonction de la dimension géométrique des câbles et de la nature des isolants électriques ;
- une inductance L répartie en deux éléments $L/2$, correspondant au champ magnétique produit par le courant circulant dans les conducteurs ;
- une impédance interne Z_i , pour chaque conducteur comportant une partie résistive et une partie inductive due à l'effet de peau, sur la surface des conducteurs, et à un effet de proximité de ces derniers.

En ce qui concerne l'effet de peau ou effet Kelvin, on rappelle que ce phénomène se caractérise par le fait qu'en courant alternatif, la densité de courant diminue, avec la fréquence, au centre du conducteur, et augmente à la périphérie, ainsi que représenté en figure 1b.

Pour ce phénomène, la profondeur de pénétration δ en mètre est donnée par la relation :

$$\delta = \sqrt{\frac{\rho}{\pi \mu_0 f}} \quad (1)$$

5

relation dans laquelle :

ρ désigne la résistivité du conducteur en $\Omega \times m$;

$\mu_0 = 4 \pi 10^{-7}$

désigne la perméabilité du vide ;

10 f désigne la fréquence du signal transmis en Hz.

Compte tenu de ce phénomène, en raison de la diminution de la surface réelle de conduction du conducteur, il est possible de définir une fréquence de coupure f_c associée à un rayon r de conducteur de nature déterminée :

15

$$f_c = \frac{K^2 \cdot \rho}{2\pi \cdot r^2 \cdot \mu_0} \quad (2)$$

relation dans laquelle :

20 $K = 1,910852$

r désigne le rayon du conducteur,

ρ et μ_0 ayant été définis précédemment.

Le rayon maximal du conducteur pour une fréquence maximale à transmettre f_c est donné par :

25

$$r = K \sqrt{\frac{\rho}{2\pi \cdot f_c \cdot \mu_0}} \quad (3)$$

Ainsi, pour le cuivre, $f_c = 20$ kHz, on obtient $r = 0,623$ mm, soit $\phi = 2r = 1,25$ mm.

30

Les profondeurs de pénétration sont données par :

35

<u>f Hz</u>	<u>δ mm</u>
10	20,6
100	6,52
1000	2,06
10 kHz	0,65
100 kHz	0,206

Ces résultats montrent que cette profondeur varie beaucoup en fonction de la fréquence du signal transmis, précisément dans la gamme audiofréquence.

En conséquence, il est préconisé en matière de technique HiFi de réaliser des liaisons de modulation au moyen d'un conducteur à un brin de diamètre inférieur à 6/10 de mm, la liaison entre amplificateur et enceintes acoustiques étant réalisée au moyen de brins de 5/10 à 6/10 de mm mis en parallèle pour obtenir des câbles de section comprise entre 1,5 à 3 mm², en fonction de la longueur, chaque brin étant isolé individuellement. Toute utilisation de câbles de section supérieure présente pour seul effet réel une moindre atténuation des signaux aux fréquences basses et donc un effet de "relèvement" relatif de ces dernières.

Outre les phénomènes précités, en particulier pour ce qui concerne les câbles de liaison amplificateur - enceintes acoustiques, ces derniers peuvent être soumis, ainsi qu'illustré en figure 1c, à un effet de proximité. Cet effet n'apparaît que lors de la transmission de signaux périodiques ou pseudo-périodiques, aux fréquences élevées, les courants circulant dans les conducteurs parallèles aller-retour ayant pour effet de minimiser le flux magnétique émis.

Un calcul approché permet d'établir aux fréquences hautes, supérieures à 10 kHz dans le domaine audiofréquence, une valeur d'impédance linéique des câbles de transmission tenant compte tant de l'effet de peau que de l'effet de proximité, pour deux conducteurs de section circulaire parallèles de diamètre ϕ et dont les axes centraux sont distants de D.

Cette impédance linéique, exprimée en Ω/m , vérifie la relation :

$$Z_i = \frac{\rho}{P_m \times \delta \left(1 - \frac{K}{2} \frac{\phi^2}{D^2} \right)} \quad (4)$$

Dans cette relation, K , ρ et δ sont les paramètres définis précédemment dans le cadre du phénomène de l'effet de peau, P_m représente le périmètre de chaque conducteur. Le produit $P_m \times \delta$ représente la section utile offerte au courant et le

5 terme $(1 - \frac{K}{2} \frac{\phi^2}{D^2})$ représente la contribution de l'effet

de proximité. Cette contribution est toutefois négligeable dès que $D \gg \phi$.

La relation (4) précédente est essentielle, car elle

10 permet d'établir, contrairement à des conclusions ou pratiques peu convaincantes, que des conducteurs présentant une même résistance ohmique et un même rapport ϕ/D ont un comportement rigoureusement identique en fonction de la

15 fréquence du signal transmis. En conséquence, le choix de la nature du métal constitutif des conducteurs, cuivre, or, argent, aluminium, pourvu que les caractéristiques de

résistance ohmique et de rapport ϕ/D soient satisfaisantes, ne peut avoir aucune influence sur le comportement du câble en fonction de la fréquence du signal transmis.

20 La théorie des lignes appliquée aux câbles d'enceintes acoustiques, chaque élément de câble étant modélisé par une fonction de transfert en Γ d'impédance caractéristique $Z_c = \sqrt{Z/Y}$, où Z représente l'impédance série du conducteur, avec $Z = Z_i + jL\omega$, $j = \sqrt{-1}$ et $\omega = 2\pi f$, $Y = jC\omega$ admittance

25 parallèle, et de constante de propagation $\gamma = \sqrt{ZY}$ permet d'établir la fonction de transfert amplificateur - enceinte acoustique, ainsi que représenté en figure 1d, sous la forme :

$$30 \quad \frac{V_2}{V_1} = \frac{1}{\text{ch } \gamma l + \frac{Z_c}{Z} \text{sh } \gamma l} \quad (5)$$

où z désigne l'impédance complexe de l'enceinte acoustique, l désignant la longueur de la ligne, c'est-à-dire de la

35 liaison.

Pour les fréquences du domaine audio et pour une longueur de

liaison l inférieure à 10 mètres, $\text{ch } \gamma l \approx 1$ et $\text{sh } \gamma l \approx \gamma l$, la relation (5) est simplifiée en :

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{1}{1 + l \frac{Z}{z}} \quad (6)$$

avec Z exprimé en Ω/m , z en Ω et l en mètre.

La théorie des lignes montre donc qu'en principe :

- tout câble de liaison amplificateur - enceinte acoustique est assimilable à son impédance propre ;
- la capacité de ce câble est négligeable.

Compte tenu de l'analyse précédente, le seul phénomène susceptible d'induire une variation sensible de la sonorité des chaînes HiFi, en fonction de la nature des câbles de liaison, apparaît imputable au seul effet de peau, voire effet de proximité.

Des investigations supplémentaires ont alors amené M. JOHANNET à prendre en outre en compte des phénomènes habituellement considérés comme "accessoires", mais pourtant bien réels, tels que :

- le phénomène des contacts entre brins, cas de conducteurs multibrins non isolés,
- le phénomène de mémoire dans les isolants des câbles, phénomène par essence très complexe.

Le phénomène des contacts entre brins, non isolés, ainsi que représenté en figure 1e, provoque l'apparition de filets de courants interbrins, outre les filets de courant intrabrins, les filets de courant interbrins étant soumis à des résistances intrabrins non linéaires, en particulier pour les signaux de faible niveau. Ce phénomène s'accroît en présence d'oxydes à l'interface des brins, ce qui explique l'intérêt de l'utilisation de cuivres ou matériaux désoxygénés.

La solution consistant à utiliser des brins isolés individuellement, de diamètre inférieur à 6/10 mm, pour combattre l'effet de peau, a été proposée et est actuellement utilisée. Toutefois, cette solution introduit une difficulté liée

au phénomène très complexe précité, relatif au phénomène de mémoire dans les isolants et au niveau des interfaces métal-isolant et isolant-air.

Le phénomène de mémoire des isolants est connu et a été particulièrement étudié par Jacques CURIE à la fin du 19ème siècle. Il peut être mis en évidence suite à la décharge impulsionnelle d'un condensateur électrique chargé à une tension électrique V d'origine, par le retour plus ou moins rapide de la tension, aux bornes du condensateur, à une fraction de la tension V d'origine. Les hypothèses permettant d'expliquer ce phénomène font appel, soit à la non libération complète, lors de la décharge, des électrons libres ou ions qui ont pénétré, lors de la charge, à l'intérieur du matériau diélectrique, isolant, du condensateur, soit à une "inertie" des molécules de l'isolant du condensateur, dont l'axe polaire se déplace au moment de la charge mais ne retrouve pas totalement sa position initiale lors de l'opération de décharge, ou encore à une combinaison de ces hypothèses.

Une solution proposée pour réduire ce phénomène a consisté à polariser les isolants de câbles au moyen d'une tension électrique externe, appliquée à l'isolant au moyen d'une résistance élevée. De telles solutions, appliquées au câble de liaison amplificateur - enceinte acoustique, câble PTT polarisé, et au câble *FLATLINE* polarisé, ont vu leur niveau de résultat reconnu dans le cercle des audiophiles et constituent une référence au sein de l'A.F.D.E.R.S., Association Française pour le Développement de l'Enregistrement et de la Reproduction Sonore, 6, rue Myrha, 75018 Paris.

Cette solution, acceptable et acceptée, n'a toutefois pas permis d'établir la nature physique de ce phénomène indésirable.

En ce qui concerne les câbles HP PTT polarisés, la capacité résultante très faible, quelques 10 pF/m, ne semble pas de nature à provoquer un tel phénomène.

De même, pour le câble de modulation *FLATLINE*, la largeur de celui-ci ne dépassant pas 1,2 mm ne peut guère poser de problème vis-à-vis de l'effet de peau, alors que l'isolant utilisé, le TEFLON, polytétrafluoréthylène, est l'un des
5 meilleurs isolants électriques, bien que non parfait.

Outre les solutions précitées, une solution existante, celle consistant à utiliser du câble émaillé, avait retenu l'attention des milieux intéressés. En particulier, ces câbles, utilisés dans les transformateurs de sortie des
10 amplificateurs à tubes, ont toujours manifesté un excellent comportement, sans réaction appréciable des audiophiles avertis. Ils consistent en un conducteur en cuivre de quelques dixièmes de millimètre ou plus, recouvert d'une couche d'émail à base de vernis polyuréthane, en une ou
15 plusieurs couches.

En ce qui concerne les câbles de liaison amplificateurs - haut-parleurs en fils émaillés, chaque câble est constitué de deux conducteurs séparés indépendants, chaque conducteur étant constitué de 8 à 16 brins élémentaires de
20 fil émaillé de 5/10 mm torsadés, pour réaliser une section de 1,57 à 3,14 mm², fonction de la longueur de la liaison. Pour réduire au maximum les effets de peau et de proximité, chaque brin élémentaire est indifférencié dans la torsade, et, en conséquence, occupe successivement dans la torsade
25 toutes les positions dans la section du conducteur global. La connexion du câble à une fiche de connexion est effectuée en qualité professionnelle au moyen d'un bain d'étain à 600°C qui volatilise l'émail et étame le cuivre.

Une polarisation peut être effectuée au moyen d'un brin supplémentaire ou de l'un des brins non soumis au signal à
30 transmettre.

En ce qui concerne le câble de modulation, la solution la plus immédiate consiste simplement à relier âme et masse des connecteurs par deux fils émaillés de 5/10 mm.
35 Pour limiter la capacité du câble, un torsadage serré des deux fils émaillés ne peut être réalisé, un torsadage

optimal au pas voisin de 1 cm pouvant seul être envisagé. Une amélioration significative de ce type de câble de modulation peut consister, ainsi que représenté en figure 1f, à insérer un transformateur 1/1 en sortie de la source de modulation et un tore de ferrite sur le câble avant l'entrée sur l'amplificateur. Ces mesures permettent de bloquer définitivement les signaux de mode commun très perturbés, signaux transitant simultanément sur les deux conducteurs, lorsque ces signaux sont issus de sources telles que les tuners ou les lecteurs de disque optique (CD) par exemple.

Les mesures et améliorations précitées permettent d'atteindre des résultats excellents égalant, voire dépassant, sensiblement, ceux obtenus au moyen des câbles HP PTT et *FLATLINE*, polarisés.

La nature physique de l'amélioration ainsi apportée en dehors du blocage des signaux en mode commun n'apparaissait toutefois pas immédiate.

Pour cette raison, M. JOHANNET fut amené à poursuivre encore ses investigations à partir d'un circuit d'amplification 2 x 1 W particulièrement simple, dont le schéma est donné en figure 1g. Ce schéma d'amplificateur publié dans la revue *L'Audiophile* n° 32, en France, mars 1995, concerne un amplificateur à circuit intégré et transistors, conçu à l'origine de façon à atténuer la distorsion thermique, considérée dans les milieux professionnels comme le péché originel des amplificateurs à semi-conducteurs.

Pour ce qui concerne le problème de la transmission des signaux électriques, seul objet de ces investigations, cet amplificateur peut être ramené au schéma de la figure 1h. Le circuit 1000 Ω , capacité ajustable de 5 à 100 pF, permet de stabiliser le fonctionnement de l'amplificateur opérationnel AOP. Ce circuit n'est pas indispensable car l'amplificateur opérationnel AOP, de gain 9,2, est intrinsèquement stable pour cette valeur de gain, mais a été ajouté en raison des effets de la saturation dans les amplifica-

teurs. En effet, sur un transitoire musical, la saturation, c'est-à-dire l'écrêtage du pic transitoire, n'est pas gênante à l'écoute. Mais cette saturation est susceptible de perturber les circuits internes de l'amplificateur, ce dernier étant alors incapable, car "aveugle", de traiter correctement les signaux éventuellement faibles qui peuvent suivre cette perturbation. Le réglage de la valeur de C est effectué expérimentalement.

Lors d'un premier essai, au cours de ces investigations, la valeur retenue par M. JOHANNET a été de 47 pF, le condensateur utilisé étant un condensateur fixe au polystyrène. Les résultats subjectifs à l'écoute étaient bons, tout sentiment d'écrêtage à fort niveau ayant disparu, mais le son apparaissait, au sens des audiophiles avertis, "éteint", c'est-à-dire sans brio.

Un deuxième essai fut alors réalisé au moyen d'un condensateur ajustable au TEFLON, commercialisé par la Société PHILIPS. Cet essai apparaissait justifié, dans la mesure où un tel condensateur de qualité professionnelle, mettant en oeuvre un matériau diélectrique de premier ordre, le TEFLON, devait, grâce à un réglage soigneux, donner des résultats supérieurs.

Contre toute attente, le son de l'amplificateur ainsi équipé s'est franchement dégradé, avec une dégradation manifeste de la qualité tonale, sensation de mélange des sons, tendant à un résultat décevant.

Un troisième essai, de contre-épreuve, fut alors réalisé, cet essai consistant à remplacer le condensateur au TEFLON ajustable par un condensateur ajustable à air, sans isolant entre armatures. L'effet fut immédiat avec disparition de la dégradation de la qualité tonale de l'amplificateur. Un réglage de cette nouvelle capacité à une valeur de l'ordre de 30 pF a permis de retrouver, non seulement l'excellente sonorité de l'amplificateur d'origine, mais aussi une capacité hors du commun de ce dernier à supporter les écrêtages de signaux, ainsi que l'impression subjective

d'un signal transmis et amplifié par un amplificateur de puissance au moins égale à 20 à 30 W efficaces.

Le comportement tonal, subjectif, désastreux d'un circuit ou conducteur électrique, avec une capacité de valeur a priori négligeable, 30 pF, pourtant équipé de l'un des meilleurs isolants diélectriques actuellement utilisé, ne peut en aucun cas être attribué à l'un des phénomènes précédemment mentionnés dans la description.

Ces investigations ont alors conduit M. JOHANNET à attribuer le comportement non satisfaisant de l'interface isolant/conducteur des circuits électriques, tels que notamment les condensateurs, à l'existence de molécules dipolaires, oxygène adsorbé, au niveau de cette interface isolant/conducteur, ainsi que de micro-décharges électriques à l'interface conducteur - molécules isolantes susceptibles d'entraîner des rayonnements parasites générateurs de parasites radio-électriques. Un justificatif d'une telle découverte sera donné ultérieurement dans la description.

La présente invention a pour objet un procédé de fabrication d'un conducteur ou d'un circuit électrique compensé en parasites radioélectriques provoqués notamment par les micro-décharges électriques, dont la surface de ce conducteur ou de ce circuit électrique ou plus généralement l'interface conducteur-isolant est inévitablement le siège.

Un autre objet de la présente invention est la mise en oeuvre d'un conducteur ou d'un circuit électrique compensé en parasites radioélectriques provoqués notamment par les micro-décharges électriques présentes à la surface de ce conducteur ou de ce circuit électrique, de telles micro-décharges étant sur ces conducteurs ou circuits compensés sensiblement atténuées ou supprimées.

Un autre objet de la présente invention est la mise en oeuvre de conducteurs ou de circuits électriques susceptibles d'être utilisés pour la transmission et/ou le traitement de signaux analogiques ou numériques dans des domaines techniques aussi variés que l'appareillage électri-

que ou électronique domestique, les appareils HiFi et l'instrumentation et la métrologie.

Le procédé de fabrication d'un conducteur ou d'un circuit électrique compensé en parasites radioélectriques engendrés notamment par des phénomènes de micro-décharge électrique présents sur ce conducteur ou ce circuit électrique sous tension, objet de la présente invention, est remarquable en ce qu'il consiste à effectuer, sur la surface externe de ce conducteur ou de ce circuit nu ou revêtu d'isolant, une application d'un revêtement de matériau semi-conducteur, ce matériau semi-conducteur présentant une valeur de résistivité linéique permettant à la fois de maintenir la surface externe du conducteur ou du circuit électrique statique de valeur locale constante, voisine de celle du conducteur, et d'absorber l'ensemble des courants électriques erratiques de décharge provoqués par ces phénomènes parasites.

Le procédé et le circuit électrique, objets de l'invention, trouvent application non seulement au domaine de la construction d'appareils électroniques HiFi mais également à la domotique, à l'instrumentation, la métrologie et la transmission de signaux numériques.

Il seront mieux compris à la lecture de la description ci-après et à l'observation des dessins dans lesquels, outre les figures 1a à 1h, relatives à l'art antérieur :

- la figure 2a représente schématiquement l'architecture d'un condensateur variable à isolant diélectrique ;
- les figures 2b à 2d représentent le comportement de molécules dipolaires toujours présentes à l'interface matériau diélectrique isolant / conducteur d'un circuit ou d'un conducteur ou câble électrique soumis à une tension électrique d'un signal électrique ou électronique donné ;
- la figure 2e représente un schéma équivalent du couplage capacitif existant entre deux conducteurs linéaires de parallèles section circulaire ;
- la figure 3a représente un schéma illustratif de

la mise en oeuvre du procédé objet de la présente invention ;

- la figure 3b représente de manière illustrative une première variante de mise en oeuvre du procédé objet de la présente invention ;

- la figure 3c représente de manière illustrative une deuxième variante de mise en oeuvre du procédé objet de la présente invention dans le cas où le matériau semi-conducteur utilisé est sous forme liquide ou de gel après conditionnement ;

- la figure 3d représente un mode de réalisation particulier du procédé objet de la présente invention dans le cas où le matériau semi-conducteur liquide ou de gel possède des propriétés ferromagnétiques tels que les ferrofluides ;

- les figures 4a, 4b et 4c représentent, selon une vue en perspective et selon une vue en coupe selon un plan de symétrie longitudinale, un conducteur ou circuit obtenu par la mise en oeuvre du procédé selon l'invention ;

- les figures 5a et 5b représentent des schémas de modélisation du phénomène de micro-décharges électriques à l'interface métal isolant d'un conducteur électrique ;

- les figures 5c à 5f représentent des chronogrammes de ces phénomènes de micro-décharges ;

- la figure 6a représente une vue d'un circuit électronique préalablement revêtu d'isolant sur ses parties conductrices nues, conditionné dans un matériau semi-conducteur liquide, conformément à l'objet de la présente invention ;

- la figure 6b représente une vue en coupe d'un haut-parleur aux fréquences hautes à confinement magnétique du matériau semi-conducteur doté de propriétés ferromagnétiques.

Préalablement à la description du procédé de fabrication d'un conducteur ou d'un circuit électrique compensé en parasites radioélectriques conforme à l'objet de

la présente invention, un justificatif théorique des constatations et découvertes réalisées par l'inventeur, M. JOHANNET, sera donné en liaison avec les figures 2a à 2e.

5 Ce justificatif est basé sur les investigations menées à partir de l'amplificateur représenté en figure 1g et en figure 1h, ainsi que mentionné précédemment dans la description.

10 En référence à la figure 2a, on rappelle en premier lieu qu'un condensateur ajustable au TEFLON (polytétrafluoréthylène) est constitué d'un empilement de secteurs alternativement fixes et mobiles, désignés sur la figure précitée par SF respectivement SM. Une feuille isolante FI en TEFLON est insérée entre chaque secteur successif.

15 En fait, contrairement à une idée reçue, les surfaces tant isolantes que conductrices ne sont pas nues mais recouvertes de couches de molécules d'air adsorbées ou adhérentes.

20 Plus précisément, les surfaces métalliques exposées à l'air des secteurs fixes SF et des secteurs mobiles SM se recouvrent quasi immédiatement d'une couche mono-moléculaire d'oxygène adsorbé. On indique que, outre les molécules d'air, d'autres molécules peuvent se trouver au contact des surfaces conductrices, molécules telles que l'azote, le gaz carbonique, CO_2 , ou la vapeur d'eau H_2O .

25 Toutefois, parmi ces molécules, deux au moins peuvent être soumises à un effet de polarisation sous l'effet d'un champ électrique : l'oxygène et la vapeur d'eau.

30 Les molécules précitées, en contact avec les armatures du condensateur, c'est-à-dire avec les surfaces métalliques des secteurs mobiles et secteurs fixes, se polarisent alors sous l'effet de la tension appliquée sur ces armatures et, bien entendu, changent de polarité avec un certain retard. Les molécules précitées subissent en fait un basculement et finalement une délocalisation sous l'effet
35 d'une tension inverse, ce qui bien entendu se produit

fréquemment avec les signaux audio transmis à partir de sons musicaux.

Un tel processus explique l'effet particulièrement nocif du condensateur ajustable au polytétrafluoréthylène mentionné précédemment. En effet, l'introduction d'un retard dans une boucle de contre-réaction, c'est-à-dire dans le circuit correcteur $100\ \Omega$, capacité ajustable 5-100 pF représenté en figure 1h, est susceptible de conduire à des perturbations nettement audibles en sortie de l'amplificateur.

On indique également que le phénomène de polarisation parasite précité est associé à des micro-décharges au niveau de la surface de ces conducteurs, ces micro-décharges ne pouvant qu'aggraver le phénomène en raison des parasites radioélectriques rayonnés préalablement ou lors de la création de ce type de micro-décharges d'interface. Ce phénomène des micro-décharges sera décrit ultérieurement dans la description.

Une première objection à la thèse précédente pourrait consister à indiquer que les molécules d'oxygène et de vapeur d'eau notamment sont également présentes dans un condensateur à air.

En fait, dans le cas d'un condensateur à air, le champ électrique à la surface du conducteur, c'est-à-dire des surfaces des secteurs mobiles SM et des secteurs fixes SF, est beaucoup plus faible compte tenu de l'absence de matériau diélectrique, ce champ, de manière connue, étant au contraire multiplié par la valeur de la permittivité relative du diélectrique par rapport à l'air, dans le cas d'un condensateur à matériau diélectrique rapporté. En fait, et en raison de la très grande qualité de matériau diélectrique du polytétrafluoréthylène, le champ électrique à la surface du conducteur, c'est-à-dire des secteurs fixes et mobiles, est beaucoup plus important que dans le cas du condensateur à air. En outre, compte tenu du fait que l'isolant ne perturbe pas les molécules, le phénomène

d'adsorption est permanent, ces molécules jouissant ainsi d'une plus grande mobilité et les retard introduits du fait de la boucle de contre-réaction sont alors très faibles, ce qui explique le comportement quasi-parfait du condensateur à air.

Dans le cas d'un conducteur électrique tel qu'un câble recouvert d'une couche d'isolant où l'isolant adhère faiblement, le même phénomène peut être mis en évidence et sera décrit en liaison avec les figures 2b à 2d.

Sur les figures précitées, on a représenté en coupe, selon un plan de symétrie longitudinale du câble précité, le conducteur central C, en cuivre par exemple, et la couche d'isolant I, l'isolant pouvant par exemple être une couche de matériau tel que le PTFE ou le PVC.

Ainsi que représenté sur la figure 2b, les molécules dipolaires MD précitées sont présentes à la surface du conducteur C et le phénomène d'adsorption est en quelque sorte figé où à tout le moins réduit du fait de la présence de la couche d'isolant I. Les molécules dipolaires adsorbées ne peuvent en aucun cas être évacuées de la couche superficielle du conducteur C en raison même de la présence de l'isolant I.

Ainsi que représenté en figure 2c, sous l'effet d'une tension électrique présente lors de la transmission d'un signal tel qu'un signal audio par exemple, les molécules dipolaires MD sont soumises à un champ de polarisation existant entre le conducteur électrique C et l'isolant I et subissent, alors, une délocalisation ou une orientation directement liée à leur position et à la polarité instantanée du signal transmis.

Lors du changement de polarité du signal transmis, ainsi que représenté en figure 2d, les molécules dipolaires MD reprennent une position différente afin d'équilibrer les efforts électrostatiques engendrés par le champ de polarisation existant entre le conducteur C et le matériau isolant I, ce processus étant associé à des micro-décharges.

En raison du fait que les changements de position ou d'orientation précités se produisent avec une certaine inertie, même très faible, cette inertie entraîne un certain retard dans les conditions de propagation du signal audio transmis, ce retard entraînant un effet d'écho très audible.

Le justificatif précité apparaît bien entendu essentiellement qualitatif. Toutefois, on indique que les phénomènes de contact entre conducteurs et isolants avec adjonction de molécules polarisables sont encore très mal connus. A titre indicatif, on rappelle qu'un phénomène très étudié et connu depuis une centaine d'années comme l'effet Branly, n'a, à ce jour, pas reçu d'explication définitive alors que l'on sait avec certitude qu'il s'agit de phénomènes de contact entre brins métalliques initialement isolés.

Une modélisation à l'échelle macroscopique du phénomène précité peut être réalisée ainsi que représenté en figure 2e, pour un câble de liaison formé par deux conducteurs cylindriques parallèles, CA et CB par exemple, ce câble de liaison pouvant correspondre au câble de modulation précédemment mentionné dans la description.

Dans le modèle représenté en figure 2e, on indique que :

- C_0 représente la capacité équivalente à l'interface métal - isolant ;

- C_1 représente la capacité entre conducteurs du fait de leur proximité ;

- C_2 représente la capacité conducteur - masse, c'est-à-dire la capacité de chaque conducteur isolé par rapport à son environnement dans l'installation.

Pour une tension E appliquée entre les conducteurs CA et CB, le courant dérivé a pour expression :

$$I = \frac{E/2}{\frac{1}{jC_0\omega} + \frac{1}{j\omega(C_2+2C_1)}} \quad (7)$$

Dans le modèle proposé en figure 2e, on indique que la capacité C_0 , capacité due à l'interface métal - isolant, représente en fait la capacité imparfaite soumise au phénomène d'orientation et de déplacement des molécules dipolaires précédemment décrit dans la description en liaison avec les figures 2b à 2d.

Compte tenu de l'analyse précédente, il est apparu alors opportun, conformément à un aspect particulièrement remarquable des constatations et découvertes menées par l'inventeur, M. JOHANNET, de réduire l'influence de cette capacité C_0 , laquelle peut bien entendu avoir une influence incontrôlée et néfaste sur la musicalité, c'est-à-dire sur les qualités de transmission du signal des câbles de liaison correspondants.

Dans une première solution retenue, la mesure préconisée a consisté à réduire le plus possible l'influence de la capacité C_0 précitée.

La réduction de cette influence a consisté en deux mesures complémentaires, appliquées à la réalisation d'un câble de liaison constituant un câble de modulation entre une source constituée par un lecteur de disque optique et l'amplificateur 1 W représenté en figures 1g et 1h.

Cette mesure a consisté, d'une part :

- à utiliser des fils émaillés de 5/10 de mm, un fil par conducteur, en raison de la qualité des fils émaillés précédemment mentionnés dans la description, la nature de ce composant étant susceptible, selon les investigations précédentes, de réduire au maximum la valeur de la capacité C_0 , et, d'autre part,

- à réduire le plus possible l'influence des termes $C_2 + 2C_1$, c'est-à-dire le couplage capacitif existant inhérent à la nature bifilaire de la liaison.

Cette deuxième mesure a consisté à éloigner les conducteurs des masses voisines et à éloigner au maximum les conducteurs aller et retour constitutifs de la liaison. En fait, la liaison ainsi constituée a consisté en deux fils

émaillés de 5/10 de mm, espacés de 1 à 2 cm environ, sur une longueur de 50 cm, longueur de la liaison entre le lecteur de disque optique source et l'amplificateur.

5 Le résultat obtenu a été à la hauteur des espérances, le signal restitué par l'amplificateur et par les haut-parleurs ou enceintes acoustiques, toutes choses égales par ailleurs, étant apparu d'une propreté et d'un naturel jamais perçus jusqu'alors.

10 Un tel résultat permet de valider la justification théorique précédemment mentionnée dans la description et reste bien entendu un montage d'essai permettant de valider l'hypothèse de la nocivité particulièrement stupéfiante des effets de mémoire en matière de câbles, en particulier pour les câbles de modulation. En effet, pour de tels câbles, les
15 capacités mises en jeu sont notables car les tensions transmises sont relativement élevées, des fractions de volts, alors que les impédances d'entrée ou de sortie sont non négligeables, de l'ordre du k Ω .

20 Dans le cas des câbles de liaison amplificateur - haut parleur, enceintes acoustiques, ce même effet de mémoire est susceptible d'apparaître entre deux brins en contact, une différence de potentiel local qui va exciter cet effet de mémoire pouvant exister, ce phénomène d'effet de mémoire pouvant en outre être compliqué d'un phénomène
25 d'effet de peau par la mise en parallèle de conducteurs multiples.

Les investigations précédentes se sont avérées extrêmement précieuses pour la compréhension du comportement des câbles de modulation et de liaison amplificateur/haut-
30 parleur utilisés notamment dans les installations HiFi.

En particulier, un point tout-à-fait critique pour la musicalité des câbles de liaison a été mis en évidence, celui de la présence de molécules dipolaires gazeuses soumises au champ électrique existant entre conducteurs et
35 isolants, et qui peuvent être le support de micro-décharges.

Une telle constatation explique le comportement très

satisfaisant du câble émaillé dans la mesure où l'émaillage à haute température est susceptible d'éliminer toute trace des molécules dipolaires adsorbées.

5 Toutefois, compte tenu de la très faible épaisseur d'isolant utilisée pour constituer l'émaillage, des molécules dipolaires sont susceptibles d'adhérer à la surface de l'isolant, c'est-à-dire de l'émail, et sont donc susceptibles également de perturber le signal transmis dans la mesure où ces mêmes molécules dipolaires sont également
10 soumises au champ électrique engendré par ce signal.

 Compte tenu de cette observation, une nouvelle mesure et un nouvel essai ont consisté à passer sur les conducteurs en fils émaillés précités, constituant la liaison par lignes bifilaires précédemment mentionnée dans
15 la description, un produit de type produit antistatique susceptible de supprimer au moins temporairement l'accumulation de ces molécules dipolaires à la surface du vernis, afin de valider totalement l'hypothèse précédemment émise.

 Le résultat obtenu est alors immédiat et l'amélioration, bien que subjective, est spectaculaire. Cette amélioration porte surtout dans le domaine des fréquences graves soutenues dont l'extinction semble se prolonger très loin alors que le registre des fréquences moyennes ou médium gagne alors en cohérence.

25 A titre d'exemple non limitatif, on indique que les produits antistatiques utilisés avec succès étaient les suivants :

 - PHEMASTAT, commercialisé par la Société PHEM S.A.,
1 avenue Georges Clémenceau, 93420 Villepinte, France ;

30 - ANTISTATIK 100, commercialisé par la Société KONTAKT CHEMIE ;

 - STATIJELT, commercialisé par la Société JELT, 112 Boulevard de Verdun 92400 Courbevoie, France ;

 - GRAPHIT 33, commercialisé par la Société KONTAKT
35 CHEMIE.

 En ce qui concerne ce dernier produit antistatique,

on indique que les essais ont été effectués suite au dépôt d'une couche de graphite conductrice, suivi d'essuyage, la couche devant rester très fine.

5 L'expérience a montré que les applications des produits antistatiques précités peuvent être espacées mais qu'il est préférable de les renouveler pour une écoute suivie.

10 Le traitement des câbles et conducteurs constitutifs de ces câbles de liaison tels que câbles de modulation ou câbles de liaison amplificateur /haut-parleur des installations HiFi est efficace pendant un temps toutefois limité, ce temps étant fonction de la température et de l'humidité ambiante et pouvant atteindre quelques heures. Toutefois, ce mode opératoire permet de valider l'ensemble des investiga-
15 tions, constatations et découvertes effectuées par l'inventeur, M.JOHANNET.

Un procédé de fabrication d'un conducteur ou d'un circuit électrique compensé en parasites radioélectriques engendrés notamment par les phénomènes de micro-décharges électriques conforme à l'objet de la présente invention et
20 permettant d'obtenir des résultats permanents sensiblement identiques à ceux obtenus par un traitement au moyen d'un produit antistatique sera maintenant décrit en liaison avec la figure 3a et suivantes.

25 D'une manière générale, on indique que les phénomènes de polarisation de molécules dipolaires et de micro-décharges existant à l'interface isolant/conducteur de câbles électriques ou à l'interface émail/conducteur, c'est-à-dire isolant-air d'un conducteur émaillé, peuvent bien
30 entendu être mis en évidence au niveau de circuits, lesquels ne sont autres qu'un ensemble de conducteurs agencés dans le cadre d'une ou plusieurs fonctions déterminées.

A ce titre, on indique que le procédé objet de la présente invention peut en conséquence être mis en oeuvre,
35 non seulement de façon à fabriquer des conducteurs ou des câbles électriques de liaison permettant la transmission de

signaux tels que des signaux audio ou autres, mais également dans le cadre de la fabrication de circuits électriques compensés en parasites radioélectriques engendrés notamment par ces phénomènes de micro-décharges électriques et/ou de polarisation de molécules dipolaires.

A titre d'exemple non limitatif, on indique que le procédé, objet de la présente invention, sera décrit dans un but de généralité, dans le cadre de la fabrication d'un conducteur électrique compensé en parasites radioélectriques, la notion de conducteur couvrant, ainsi que mentionné précédemment, la notion de circuit pour les raisons indiquées.

Ainsi que représenté sur la figure 3a par exemple, à titre d'exemple non limitatif, le procédé objet de la présente invention consiste à effectuer, sur la surface externe d'un conducteur 1 ou d'un circuit, une application d'un revêtement de matériau semi-conducteur 2. Ce matériau semi-conducteur présente une valeur de résistivité linéique permettant à la fois de maintenir la surface externe du conducteur 1 ou du circuit électrique à un potentiel électrique statique de valeur constante voisine de celle du conducteur 1 et d'absorber l'ensemble des courants électriques erratiques de décharge provoqués par les phénomènes parasites. A titre purement illustratif, ainsi que représenté sur la figure 3a, on indique que le conducteur 1, fil cylindrique de cuivre par exemple, peut avantageusement être soumis à un déplacement Dep en translation et simultanément en rotation Rot par rapport à son axe vis-à-vis d'un système de pulvérisation d'un produit aérosol ou pulvérulent, représenté symboliquement par un réservoir et un ajutage, commandé manuellement ou de manière automatisée.

Bien entendu, dans un tel mode de réalisation, on indique que la vitesse de déplacement ou de défilement du conducteur devant l'ajutage ainsi que la vitesse de rotation sont calculés de manière adaptée, de façon à constituer un manchon 2 sensiblement homogène de quelques μm d'épaisseur,

recouvrant l'ensemble du conducteur 1.

En ce qui concerne le matériau semi-conducteur utilisé, on indique que la notion de semi-conducteur s'entend du qualificatif relatif à un corps non métallique qui conduit imparfaitement l'électricité et dont la résistivité décroît lorsque la température augmente. Cette définition correspond à la définition du semi-conducteur telle que donnée par le Grand Dictionnaire LAROUSSE, Edition de 1982, page 9478.

Bien entendu, le mode opératoire, afin de réaliser l'application sur la surface externe du conducteur 1 ou du circuit du revêtement de matériau semi-conducteur 2, n'est pas limité à la pulvérisation. Au contraire, ainsi que représenté en figure 3b par exemple, d'autres opérations peuvent être utilisées telles que le trempage du conducteur 1 ou du circuit à l'étape a) de la figure 3b précitée dans un bain de matériau semi-conducteur par exemple, de même que l'immersion du conducteur 1 ou du circuit électrique dans ce même bain de semi-conducteur afin, de préférence, de réaliser une imprégnation de la surface externe du conducteur 1, le temps d'immersion étant défini de façon à ce que les molécules constitutives du produit semi-conducteur sous forme de bain puissent elles-mêmes être adsorbées au niveau de la surface conductrice du conducteur 1.

En outre, et ainsi que représenté en figure 3a, on comprend que d'autres opérations telles que la projection d'un liquide pulvérulent ou d'un aérosol constitutive du matériau semi-conducteur puissent être utilisées.

Dans tous les cas, ainsi que représenté au point b) de la figure 3b, chaque opération est de préférence suivie d'une opération de stabilisation du matériau semi-conducteur.

Le manchon de matériau semi-conducteur 2 ainsi obtenu après l'opération de stabilisation peut être liquide ou solide, ou le cas échéant sous forme de gel.

Ainsi que représenté de manière illustrative sur la

figure 3b, lorsque le matériau semi-conducteur 2, après l'opération de stabilisation, est solide ou sous forme de gel, l'opération de stabilisation précitée peut consister en une opération de séchage contrôlée.

5 En fonction de la nature et du produit semi-conducteur utilisé, le séchage peut être réalisé, suite à l'application d'une couche de matériau semi-conducteur 2 ou le cas échéant de deux couches ou plusieurs couches de matériau semi-conducteur, à l'air libre, c'est-à-dire à température
10 ambiante, pendant une durée de deux heures entre chaque application, ou, au contraire, afin d'accélérer le processus, en atmosphère contrôlée, c'est-à-dire dans une étuve, le conducteur 1 muni de son manchon ou couche de matériau semi-conducteur 2 étant placé dans une enceinte chauffée par
15 exemple à une température de l'ordre de 60° pendant une heure.

 Des exemples de réalisation plus particuliers de mise en oeuvre du procédé, objet de la présente invention, seront maintenant donnés ci-après dans le cas d'un produit
20 semi-conducteur spécifique. Le mode de réalisation décrit ci-après a été conduit avec un produit semi-conducteur de type vernis, commercialisé par la Société VON ROLL ISOLA sous la référence 8001, ce produit étant distribué dans le commerce par la Société UDD-FIM en France. A titre d'alternative, il existe un revêtement miscible à l'eau, à base
25 d'un polymère conducteur intrinsèque, le polypyrrole, fabriqué et commercialisé aux Pays-Bas par la Société DSM, confer la revue Industrie et Technique, n° 761 bis publiée en France. Comme alternative supplémentaire, on peut
30 utiliser du graphite colloïdal distribué par la Société KF-Electronique en France.

 Le mode opératoire a consisté à recouvrir les câbles de modulation constitués par exemple par un fil émaillé non torsadé de 5/10 mm, chaque conducteur aller-retour étant
35 revêtu d'une couche de ce vernis de l'ordre de quelques μm . Les conducteurs espacés d'une distance de 1 cm environ pour

réaliser la liaison entre la source et l'amplificateur dans les conditions expérimentales indiquées en figure 2e, ont permis alors d'obtenir une amélioration très sensible, immédiate et durable de la transmission des signaux délivrés par la source.

Une opération semblable a été réalisée pour ce qui concerne les câbles de liaison entre la sortie de l'amplificateur et les haut-parleurs ou enceintes acoustiques. Les câbles de liaison étaient constitués par des conducteurs en fils émaillés torsadés de 5/10 mm, lesquels ont été soumis à une pulvérisation semblable pour constituer une couche de quelques microns d'épaisseur.

L'application d'une telle couche de matériau semi-conducteur, sous forme d'un vernis, a alors donné un résultat particulièrement spectaculaire, caractérisé par une disparition presque complète du bruit de fond subjectif.

L'association des câbles de modulation ainsi traités et des câbles de liaison entre l'amplificateur et les haut-parleurs, ces câbles consistant en des conducteurs en fils émaillés, imprégnés de vernis semi-conducteur dans les conditions mentionnées précédemment, est particulièrement impressionnante.

Bien que de nature subjective, on indique que la perception est alors caractérisée par une impression de douceur des sons, d'absence de distorsion et de bruit de fond, d'analyse des micro-signaux sans perte de cohérence du signal transmis, particulièrement remarquable. Au point de vue perceptuel, on indique que la perception ressentie est celle de la découverte d'un contenu différent des supports mémoire lus par la source.

La mise en oeuvre précitée du procédé, objet de la présente invention, a toutefois démontré qu'afin d'augmenter la durabilité du traitement pratiqué aux câbles de liaison, câbles de modulation et câbles de liaison amplificateur-haut-parleur, il était préférable d'observer les précautions ci-après :

- mélange parfait du produit au moyen d'un mélangeur à palette par exemple ;

- application d'une première couche mince avec dilution éventuelle à l'alcool ;

5 - application d'une deuxième couche après séchage de la première couche, c'est-à-dire au moins une demi-heure après application de la première couche.

La qualité des résultats obtenus peut, après considération et étude successive, être attribuée à :

10 - la recherche d'une résistivité optimale pour la couche de matériau semi-conducteur appliquée sur le conducteur électrique,

15 - la recherche d'un contact intime, quasi-parfait, entre le matériau semi-conducteur avec les parties conductrices du conducteur véhiculant le signal ou avec le vernis isolant qui recouvre ces parties conductrices.

Des mesures physiques réalisées sur les câbles de liaison ainsi traités ont montré que la couche de matériau semi-conducteur présentait une résistivité linéique ρ comprise entre $0,1 \Omega \times m$ et $100 \Omega \times m$. La résistance de la couche de matériau semi-conducteur associée au vernis semi-conducteur présentait une valeur comprise entre 10^3 et $10^5 \Omega$.

20 Les nouvelles investigations et constatations précédentes réalisées par l'inventeur, M. JOHANNET, ont alors conduit ce dernier à effectuer une mise en oeuvre du procédé, objet de la présente invention, à partir de matériaux semi-conducteurs, c'est-à-dire entrant dans la définition précédemment donnée dans la description, totalement liquides, afin notamment de satisfaire à la condition relative au contact intime, quasi-parfait.

30 Dans une première approche, les liquides retenus ont été les liquides électrolytes.

35 Une solution particulièrement avantageuse retenue a consisté à utiliser de l'eau additionnée de chlorure de sodium NaCl dissous de façon à obtenir des valeurs de résistivité linéique adaptées.

A titre d'exemple non limitatif, la concentration et la résistivité linéique correspondantes des solutions utilisées ont été les suivantes :

5	<u>concentration</u>	
	<u>NaCl g/l</u>	<u>$\rho \ \Omega \times m$</u>
	0,6	9,1772
	5	1,2005
	10	0,6285
10	20	0,3349
	28	0,2441

La loi donnant la valeur de la résistivité linéique ρ de la solution en fonction de la salinité S de celle-ci, vérifie la relation :

$$\rho = 5,3676 S^{-0.927} \text{ à la température de } 20^{\circ}\text{C.} \quad (8)$$

Dans cette relation, la salinité est exprimée en g/l et la résistivité en $\Omega \times m$.

Des expériences successives ont montré que la résistivité optimale de la solution pour l'obtention d'un effet d'absorption maximum des parasites radioélectriques précités, se situe au taux de la valeur $\rho = 1 \times \Omega \times m$ à une puissance de 10 près.

Dans ces conditions et dans un mode de réalisation particulier avantageux du procédé, objet de la présente invention, la solution saline utilisée peut être constituée par le sérum physiologique contrôlé à 9 g/l. La résistivité linéique optimum de la solution est alors $\rho = 0,7 \ \Omega \times m$.

Selon une variante de réalisation, la solution saline peut être constituée par une solution de chlorure de potassium KCl à la concentration de 11g/l. Cette solution saline présente l'avantage d'une même mobilité ionique pour les ions positifs et négatifs.

Dans tous les cas, la solution saline est de préférence au

pH égal à 7. En outre, des produits stabilisants antibactériens et antialgues peuvent être ajoutés.

Dans un tel cas, lorsque le matériau semi-conducteur utilisé après l'opération de stabilisation est liquide ou sous forme de gel le cas échéant, le procédé objet de la présente invention peut être mis en oeuvre de la manière ci-après, laquelle sera décrite en liaison avec la figure 3c. Le mode opératoire permettant la mise en oeuvre du procédé, objet de la présente invention, sera décrit sur la base de cette figure dans le cas de la réalisation d'un câble de liaison amplificateur /haut-parleur par exemple.

Dans un tel cas, le conducteur 1 peut avantageusement être réalisé sous forme de 8 brins de fil de cuivre émaillé de 5/10 de mm, tel que le fil émaillé référencé ST2.NG commercialisé en France par la Société LE GUIPAGE MODERNE. Ces brins sont torsadés par paires afin de corriger les effets de peau et de proximité, ainsi que mentionné précédemment dans la description.

La solution de matériau semi-conducteur étant disponible sous forme de sérum physiologique par exemple, l'opération de stabilisation peut consister, ainsi que représenté en figure 3c, à effectuer en premier lieu une opération consistant à encapsuler le conducteur 1 ou circuit électrique dans une enceinte étanche définitive 3. Cette opération de gainage est représentée au point a) de la figure 3c, l'enceinte étanche 3 pouvant consister, à titre d'exemple non limitatif en un tube de polyéthylène 4/7 mm.

L'étape a) de gainage précitée peut alors être suivie avantageusement d'une étape b) de mise en forme, représentée au point b) de la figure 3c, étape dans laquelle l'ensemble est configuré en forme de U par exemple, les extrémités du conducteur 1 dépassant des extrémités de l'enceinte étanche 3.

L'étape de mise en forme proprement dite b) est alors suivie d'une étape de remplissage c), représentée au point c) de la figure 3c, de l'interstice ménagé entre le

conducteur 1 et l'enceinte étanche 3 au moyen de la solution saline. Sur la figure 3c, au point c) de celle-ci, on indique que le remplissage est représenté de manière illustrative au moyen d'un réservoir ou pipette à titre
5 d'exemple non limitatif. On indique toutefois qu'afin de supprimer l'apparition de bulles d'air dans la solution saline contenue dans l'enceinte étanche 3, on peut, de manière avantageuse, réaliser un tel remplissage au moyen d'une opération d'aspiration, de préférence.

10 L'étape de remplissage c) est alors elle-même suivie d'une étape d), représentée au point d) de la figure 3c, constituant en un scellement des extrémités. De préférence, les scellements étanches appropriés de l'enceinte étanche définitive peuvent être réalisés au moyen d'une colle
15 silicone destinée à obturer les extrémités de l'enceinte étanche 3, les extrémités des conducteurs 1 traversant l'étanchéité ainsi réalisée, le tout étant coiffé par un embout ou manchon thermorétractable placé sur chaque extrémité afin de protéger le scellement. Pour une étan-
20 chéité parfaite, on peut envisager d'envelopper l'extrémité du tube et du conducteur avec un enrubannage de bande en polytétrafluoréthylène recouvert d'une mince couche de joint silicone, le tout étant maintenu par un manchon thermorétractable. De manière avantageuse, le scellement des
25 extrémités peut être effectué sur les tubes ou enveloppes en matériau thermoplastique auto-soudable, au moyen d'une pince à mors chauffant.

Le même procédé peut être appliqué pour la fabrication des câbles de modulation. Dans un tel cas, on indique
30 toutefois que le conducteur 1 est un fil émaillé simple, de 5/10 mm, alors que l'enceinte étanche 3 est constituée par un tube de polyéthylène 3/6 mm ou par tout tube équivalent. Ce mode de réalisation n'est pas limitatif et il peut être envisagé, pour chaque conducteur constitutif de la liaison
35 câble de modulation, d'utiliser deux fils émaillés torsadés pour constituer chaque conducteur 1 de la liaison.

On indique en particulier que, outre la qualité intrinsèque reconnue aux fils émaillés pour la constitution des liaisons des câbles de modulation, déjà mentionnée dans la description, la présence de l'émail permet d'assurer une protection du cuivre conducteur à toute attaque de la solution saline, ce qui permet de conserver des propriétés de qualité de transmission de manière sensiblement permanente.

L'utilisation des câbles de modulation et des câbles de liaison amplificateur/haut-parleur obtenue conformément au procédé, objet de la présente invention, tel que décrit en liaison avec la figure 3c, a permis d'obtenir des résultats d'écoute excellents, la qualité d'écoute et la sonorité étant supérieures à celles obtenues avec la projection d'un vernis semi-conducteur mentionné précédemment dans la description lorsque les qualités de résistivité de ce vernis semi-conducteur sont à leur valeur optimale.

Le procédé objet de la présente invention n'est pas limité, lorsque le matériau semi-conducteur après la phase de stabilisation est liquide, au mode de réalisation décrit avec la figure 3c. En effet, ainsi qu'il sera maintenant explicité en liaison avec la figure 3d, lorsque ce matériau semi-conducteur après l'opération de stabilisation est liquide ou sous forme de gel, cette opération de stabilisation peut consister avantageusement à ajouter au matériau semi-conducteur un élément présentant des propriétés ferromagnétiques pour engendrer un composé ferromagnétique présentant des propriétés de matériau semi-conducteur. Sur la figure 3d, on a représenté cette étape de mise en oeuvre du procédé de manière illustrative par une opération de mélange au moyen d'un mélangeur à palette d'un matériau semi-conducteur liquide, noté MSC, et d'un matériau ferromagnétique sous forme pulvérulente pour réaliser un matériau, soit liquide, soit sous forme de gel, correspondant.

Ainsi que représenté en outre sur la figure 3d, le composé ferromagnétique présentant des propriétés de

matériau semi-conducteur obtenues suite à l'opération de mélange précitée, est ensuite appliqué sur le conducteur C pour constituer par exemple une couche ou manchon représenté en pointillé sur la figure 3d, et l'ensemble, en particulier le manchon 2 de matériau semi-conducteur constitué par le composé ferromagnétique présentant des propriétés de matériau semi-conducteur, est alors soumis à un champ magnétique permanent ou entretenu, illustré par la référence $\vec{B}$ fléchée sur la figure 3d, afin d'assurer le confinement du composé ferromagnétique présentant les propriétés de matériau semi-conducteur sur la surface externe du conducteur 1 ou du circuit électrique.

Le procédé objet de la présente invention, dans le mode de réalisation décrit en liaison avec la figure 3d, trouve une application particulièrement avantageuse dans le domaine de la haute fidélité pour la compensation en parasites radioélectriques des haut-parleurs eux-mêmes, et non plus de la liaison entre amplificateurs et haut-parleurs et enceintes acoustiques, ainsi qu'il sera décrit ultérieurement dans la description.

Une description plus détaillée de circuits électriques ou câbles compensés en parasites radioélectriques engendrés notamment par des phénomènes de micro-décharges électriques présents sur la surface externe de ces circuits ou câbles électriques, lorsque ceux-ci sont alimentés en tension électrique, sera maintenant donnée en liaison avec les figures 4a à 4c, ces circuits ou câbles électriques étant bien entendu obtenus par la mise en oeuvre du procédé précédemment décrit.

Ainsi que représenté par exemple sur la figure 4a, le conducteur ou circuit électrique 1 comporte, sur sa surface externe, un revêtement 2 de matériau semi-conducteur, la notion de matériau semi-conducteur ayant été définie précédemment dans le cadre de la description du procédé objet de la présente invention.

D'une manière générale, on indique que le matériau

semi-conducteur 2 forme un manchon recouvrant le conducteur électrique 1 ou, à tout le moins, une couche recouvrant un circuit électrique, ainsi qu'il sera décrit ultérieurement dans la description. Le matériau semi-conducteur présente une valeur de résistivité linéique permettant à la fois de maintenir la surface externe de ce circuit électrique ou conducteur électrique à un potentiel électrique statique de valeur locale constante, voisine de celle du circuit ou du conducteur 1, et d'absorber l'ensemble des courants électriques erratiques de décharge provoqués par les phénomènes parasites précités. Le matériau semi-conducteur peut être solide, ou liquide, ou sous forme de gel, et peut consister par exemple en une couche fine de quelques μm déposée par vaporisation du vernis semi-conducteur référencé 8001, commercialisé par la Société VON ROLL ISOLA.

De préférence, mais de manière non limitative, l'ensemble peut être gainé par une gaine fine protectrice 3, laquelle permet d'assurer une protection de la couche de matériau semi-conducteur et de l'ensemble ainsi constitué. D'une manière générale, on indique que le conducteur 1 peut être constitué par un fil électrique de cuivre, émaillé ou non, de section appropriée.

Dans une variante de réalisation telle que représentée en figure 4b, le conducteur électrique 1 peut être constitué par une pluralité de brins de fils de cuivre émaillés torsadés, l'âme centrale portant la référence 1 et l'émail la référence 10, tel que représenté sur la figure 4b.

Dans tous les cas, la gaine de protection 3 peut être ajoutée afin de protéger l'ensemble.

Enfin, dans le cas où le matériau semi-conducteur est une solution saline par exemple, tel que le sérum physiologique, le circuit électrique compensé en parasites radioélectriques objet de la présente invention, ainsi que représenté en coupe selon un plan de coupe longitudinale en figure 4c, peut comporter avantageusement l'enceinte étanche

3 constituée par un tube de polyéthylène par exemple. L'enceinte étanche 3 contient partiellement le circuit ou le conducteur électrique 1, lequel est constitué, soit par du fil électrique torsadé de 5/10 mm émaillé, soit par un seul
5 fil émaillé de 5/10 mm par exemple. De cette manière, une partie majeure du circuit électrique 1, ou conducteur électrique 1, est immergée dans le matériau semi-conducteur liquide ou sous forme de gel, seules les extrémités destinées à réaliser les connexions n'étant pas immergées dans le
10 matériau semi-conducteur précité.

En outre, ainsi qu'on l'observera sur la figure 4c, des bornes de connexion 4 extérieures à l'enceinte étanche 3 sont interconnectées à la partie majeure du circuit électrique immergée.

15 Ainsi que représenté sur la figure 4c, les bornes de connexion 4 peuvent avantageusement être constituées par un scellement 40 assurant l'obturation étanche de l'enceinte étanche 3 à chacune de ses extrémités, ce scellement 40 étant réalisé par exemple par un mastic silicone. L'ensemble
20 peut être coiffé de manchons thermo-rétractables 41, un plot de connexion ou borne de connexion de type fiche banane 42 par exemple étant interconnecté au conducteur 1, la fiche de connexion 42 étant de préférence prise et maintenue par le manchon thermo-rétractable 41. Un tel mode de fabrication
25 permet de réaliser des câbles de modulation ou des câbles de liaison amplificateurs/haut-parleurs de longueur déterminée standard présentant une bonne stabilité dans le temps et des conditions de transmission des signaux électriques de premier ordre.

30 Un justificatif de la mise en oeuvre du procédé, objet de la présente invention, et des résultats obtenus grâce à la structure des câbles et circuits électriques compensés en parasites radioélectriques tels que décrits précédemment avec les figures 4a à 4c, sera maintenant donné
35 relativement au phénomène de micro-décharges erratiques susceptible de se produire à la surface de tout conducteur

électrique non compensé conformément au procédé objet de la présente invention.

Dans le cas d'un conducteur électrique cylindrique C, représenté en figure 5a, ce conducteur électrique étant
5 supposé nu, un tel conducteur fraîchement usiné se recouvre quasi-instantanément d'une ou plusieurs couches d'air mais plus particulièrement d'oxygène, lequel présente une avidité particulière pour les métaux, excepté l'or.

Dans le cas du cuivre en particulier, il se produit
10 un début d'oxydation, lequel se ralentit après quelques heures.

En conséquence, il existe toujours une couche d'une ou deux molécules d'épaisseur de gaz tel que l'oxygène, l'azote, le gaz carbonique, voire la vapeur d'eau, adsorbé,
15 compliqué d'un phénomène de début d'oxydation.

L'application d'un potentiel électrique lors de la transmission d'un signal au moyen d'un tel conducteur C, produit sur ce conducteur et en particulier à l'interface conducteur/isolant de celui-ci, un ensemble de phénomènes de
20 décharges appelées micro-décharges d'interface.

Un tel phénomène peut être rapproché du phénomène connu sous le nom d'effet couronne sur les lignes à haute tension, bien que les ordres de grandeur des tensions mises en jeu soient très différents.

Dans le cas des micro-décharges d'interface, celles-ci se produisent pour des tensions extrêmement faibles, de l'ordre du μV , et n'apparaissent qu'au voisinage immédiat du conducteur C, c'est-à-dire de la surface externe de celui-ci. On comprend en particulier que, bien que les tensions impliquées au niveau des aspérités et de la rugosité de la
30 surface externe précitée soient de quelques μV , ces différences de potentiel, rapportées à des distances de rugosité ou de granulométrie de l'ordre du μm , sont susceptibles d'engendrer des champs électriques locaux importants, de
35 l'ordre de plusieurs volts par mètre.

En conséquence, le phénomène des micro-décharges

d'interface sont également à rapprocher de l'effet Branly précédemment mentionné dans la description.

Une analyse du phénomène de micro-décharges d'interface à partir de l'effet couronne peut être effectuée en référence à l'étude publiée par Claude GARY et Marcel MOREAU relativement à cet effet couronne, dans un ouvrage intitulé "L'effet de couronne en tension alternative", publié aux Librairies Eyrolles, à Paris, France, en 1976.

Certains éléments de cette étude peuvent être repris et appliqués au phénomène des micro-décharges d'interface.

Pour un conducteur cylindrique de rayon r porté à un potentiel électrique V , le champ électrique à la surface de ce dernier vérifie la relation :

$$E = \frac{V}{r \cdot \ln \frac{D}{r}} \quad (9)$$

La valeur du champ exprimée par cette relation est en V/m , D représente la distance du conducteur C avec les conducteurs voisins ou le potentiel de référence, r représente la distance par rapport à la surface du conducteur, $\ln$ désigne le log népérien.

On conçoit bien sûr que la valeur locale du champ électrique peut être accrue par effet de pointe lorsque des aspérités sont présentes sur le conducteur. C'est précisément le cas des limailles permettant la mise en évidence de l'effet Branly, les conducteurs industriels issus des filières étant bien entendu toujours nantis à profusion de ce type d'aspérités sur leur surface latérale.

A l'échelle moléculaire, ce champ peut bien entendu être localement très important.

Pour une aspérité simplement modélisée sous forme d'une demi-ellipse telle que représentée en figure 5a) en partie droite, par rapport à la surface du conducteur représenté vertical, la valeur du champ s'écrit :

$$E_{\max} = E_0 \frac{c/a \times (c/h)^2}{\arg \operatorname{th} (c/a) - c/a} \quad (10)$$

5 Dans cette relation :

c représente la distance du foyer de l'ellipse à la surface du conducteur C,

a représente la distance du sommet de l'ellipse, c'est-à-dire de l'aspérité par rapport à la surface de ce même conducteur C,

h représente la demi-dimension transversale de l'ellipse.

Plus l'ellipsoïde, donc l'aspérité, est pointu, plus le rapport c/a est petit et plus le facteur multiplicateur de la valeur du champ engendré au voisinage de l'aspérité est important par rapport à la valeur du champ E_0 au voisinage de la surface du conducteur C.

A titre d'exemple non limitatif, on indique que pour $c/a = 0,7$ et $c/h = 3$, on a $E_{\max} / E_0 = 37,7$.

Alors que dans l'effet couronne classique, des décharges de différents types apparaissent au sommet de ces aspérités en fonction de la valeur de la tension appliquée et de la polarité du signal, ces décharges étant du type avalanches de Townsend, décharges positives, impulsions de Trichel pour des courants impulsionnels avec des fréquences de relaxation de 1 à 100 kHz par exemple, dans le cas de micro-décharges d'interface au contraire, ces décharges ne se produisent plus dans l'air environnant mais dans la fine couche isolante en contact avec le conducteur, c'est-à-dire la surface périphérique de celui-ci.

Suivant le mode de fabrication du câble électrique utilisé, c'est-à-dire extrusion, colaminage, polymérisation en sortie de filière, quelques molécules gazeuses peuvent par exemple être piégées entre le matériau isolant et le conducteur C proprement dit. En outre, à l'échelle moléculaire, les aspérités d'usinage sur la surface périphérique du conducteur C sont importantes.

Dans le cas des conducteurs nus, il existe toujours une ou deux, voire plusieurs, couches de molécules adsorbées, ainsi que mentionné précédemment. Pour les métaux non précieux en particulier le cuivre, il se produit presque toujours une oxydation de la couche superficielle de celui-ci.

C'est donc dans ces couches moléculaires, en contact immédiat avec le conducteur C, gaz ambiant adsorbé ou diélectrique lorsque le diélectrique adhère parfaitement, que se produit le phénomène des micro-décharges d'interface en fonction du champ électrique local et de la structure métal isolant de l'interface considéré.

Bien que les phénomènes physiques mis en jeu soient encore très mal connus, une modélisation de ces phénomènes de micro-décharges d'interface sera proposée en liaison avec la figure 5b et les figures 5c à 5f.

Ces phénomènes de micro-décharges conduisant à une dégradation audible du signal, ainsi que relaté précédemment suite aux travaux et constatations mentionnés dans la description, celles-ci conduisent à des perturbations dans le spectre de fréquences audio compris entre 20 Hz et 20 kHz.

Une telle constatation implique, dans le cas de décharges rapides à front raide, que celles-ci doivent se présenter sous une forme récurrente avec une période de récurrence comprise dans la bande audiofréquence. C'est par exemple le cas des impulsions de Trichel dans le cas de l'effet couronne.

Dans le cas des micro-décharges d'interface, il est alors possible de modéliser la structure de l'interface au moyen du schéma représenté en figure 5b. Cette modélisation est représentée en liaison avec la figure 5a et les symboles utilisés dans la figure 5b pour cette modélisation représentent :

- $E(t)$, une source de tension, c'est-à-dire finalement une tension induite sur le câble, soit par le signal à

transmettre, soit par un parasite radioélectrique externe ;

- R représente la résistance interne de l'interface ;

- C_1 représente la capacité des premières couches isolantes immédiatement en contact avec le conducteur. Il s'agit donc de l'air dans le cas d'un conducteur nu ou de l'isolant appliqué sur un conducteur isolé ;

- e est un éclateur qui court-circuite la capacité C_1 dès que la tension aux bornes de C_1 dépasse une valeur de seuil donnée et initie le phénomène de relaxation ;

- C_2 représente la capacité du conducteur C par rapport à la masse, c'est-à-dire au potentiel de référence ou à la terre.

L'ensemble $C_1 + e$ traduit le phénomène des micro-décharges à l'interface, conducteur C isolant. En toute hypothèse, il existe en fait de nombreux couples $C_1 + e$ connectés en série ou en parallèle, correspondant à des sauts d'électrons allant de la simple délocalisation au micro-claquage proprement dit, appelé par les physiciens par le terme global de "décharge partielle".

Une simulation numérique fournit cependant des résultats très significatifs représentés sur les figures 5c à 5f.

Ainsi que représenté sur la figure 5c, pour une tension de source $E(t)$ constituée par une tension sinusoïdale pure de fréquence 1 kHz, la tension aux bornes de la capacité C_1 en présence de l'éclateur e est représentée sur la figure 5c pour une tension de claquage supposée deux fois plus grande en signaux positifs qu'en signaux négatifs.

Le courant dans l'ensemble du circuit tel que représenté en figure 5d apparaît globalement peu affecté par les claquages successifs provoqués par l'éclateur e.

Une vue agrandie en figure 5e et figure 5f d'une crête positive respectivement négative du courant représenté en figure 5b, met en évidence les perturbations de ce courant par les micro-décharges, la fréquence des perturba-

tions apparaissant plus élevée pour la crête négative bien que l'amplitude de ces perturbations apparaisse moindre.

La modélisation précitée, telle que représentée en figure 5b, permet, à partir des figures 5d à 5f, d'apporter les interprétations ci-après relativement aux résultats obtenus :

- les perturbations liées aux micro-décharges apparaissent sous forme d'un train d'impulsions à fréquence localement constante. Leur fréquence de récurrence est susceptible de tomber dans le spectre audiofréquences ;

- les micro-décharges apparaissent individuellement très brèves et ne peuvent pour cette raison être vraisemblablement détectées avec un appareillage classique, seule la fréquence de récurrence précitée pouvant être perceptible ;

- cette fréquence de récurrence varie en fonction des paramètres suivants :

- . résistance interne du circuit de décharge
- . seuil de claquage
- . polarité du signal

- . valeur des capacités de claquage C_1
- . valeur des capacités à la terre C_2

c'est-à-dire suivant l'ensemble des paramètres physiques et géométriques de l'interface métal/isolant.

- pour un signal sinusoïdal pur et d'amplitude constante, les micro-claquages se traduisent tout au plus par une, le cas échéant, deux raies supplémentaires dans le spectre audiofréquences, ces raies supplémentaires étant le plus souvent noyées dans le bruit. Il n'en est plus du tout de même pour un signal musical pour lequel le spectre de fréquences est riche et se trouve modifié en permanence avec l'apparition de raies supplémentaires fortement corrélées avec le signal. De telles raies supplémentaires apparaissent alors de manière tout-à-fait perceptible, c'est-à-dire audible, alors qu'elles demeurent toutefois très difficiles à détecter par des mesures classiques ;

- à chaque micro-décharge, c'est-à-dire chaque

micro-claquage ou lors de retour à l'état précédent, peut vraisemblablement être associé un retard comparable à celui mentionné préalablement dans la description relativement à la polarisation des molécules dipolaires, ce retard entraînant des phénomènes complexes supplémentaires bien que ne modifiant pas le spectre des raies supplémentaires émises ;

- pour un spectre de raies de période de récurrence τ , la transformée de Laplace appliquée à ce dernier est de la forme $1/1-\exp(-\tau p)$, lequel se traduit par un ensemble spectre continu + spectre de raies similaire à celui d'une ligne de transmission ouverte, ce qui permet de se ramener au cas de phénomènes de retard ou d'échos incriminés maintes fois en matière de musicalité ;

- les tensions parasites engendrées par les micro-décharges d'interface sont très raides et donc très rapidement atténuées. Pour cette raison, elles n'ont qu'une influence locale mais certaine par rayonnement ou induction capacitive, mais ont par contre une influence globale sur l'intensité du courant circulant dans le conducteur C.

Toutefois, il faut noter l'existence d'un mode de propagation particulier à l'interface conducteur / isolant précité dans un câble isolé, ce mode de propagation correspondant à une solution particulière des équations de Maxwell. La propagation selon ce mode de propagation des rayonnements engendrés par les micro-décharges d'interface dans un conducteur C isolé classique ne peut donc être exclue.

Le problème des micro-décharges à l'interface conducteur / isolant ayant été illustré grâce à la modélisation proposée en figure 5b et à la simulation représentée en figures 5c à 5f, la solution retenue pour la mise en oeuvre du procédé objet de la présente invention et la fabrication des câbles compensés en phénomènes radioélectriques correspondants, permettant de se protéger de ces phénomènes de micro-décharges ainsi que des phénomènes de mémoire d'isolant liés à l'orientation des molécules dipolaires, apparaît

alors justifiée pour les raisons ci-après.

La couche de matériau semi-conducteur, conformément au procédé objet de la présente invention, permet d'éviter ces micro-décharges en créant une équipotentialité locale conducteur/ environnement immédiat.

Le fait d'envisager un écran tel qu'un écran électrique conducteur au potentiel du conducteur semblable à un blindage ne ferait que repousser le problème car des micro-décharges apparaîtraient elles-mêmes à la surface de cet écran.

La solution préconisée, conformément à l'objet de la présente invention, consistant en fait à utiliser un écran semi-conducteur est justifiée pour autant que cet écran semi-conducteur soit :

- suffisamment conducteur pour créer une équipotentialité statique effective, et

- suffisamment résistant pour annuler les courants susceptibles d'être provoqués par les micro-décharges d'interface précédemment décrites. Ces courants sont les courants transversaux ou de propagation longitudinale dans le conducteur C.

On comprend de la manière la plus claire que l'écran semi-conducteur précité doit être en contact parfait avec le conducteur C ou, plus généralement, avec l'isolant tel que la couche d'émail recouvrant le conducteur à protéger dans la mesure où des vacuoles ou irrégularités de surface subsistantes ne feraient qu'aggraver le problème.

Le phénomène des micro-décharges d'interface précédemment analysé n'est pas limité aux seuls câbles constitués par des fils conducteurs, mais apparaît également se produire au niveau des circuits électroniques dans le sens le plus général du terme de ces derniers.

Une investigation en ce sens a été menée par l'inventeur, M.JOHANNET, sur la base de l'amplificateur 1 W décrit en figures 1, 1g et 1h.

Une première investigation a consisté à vérifier

l'hypothèse précédente au niveau de circuits électroniques en général. Afin de simplifier la procédure de vérification, celle-ci a consisté à appliquer sur l'ensemble du circuit, ce circuit étant réalisé sous forme de câblage expérimental sans aucune précaution particulière, une couche de fluide antistatique tel que mentionné précédemment dans la description, le PHEMASTAT. La couche de matériau antistatique a été appliquée sur la face supérieure et la face inférieure du circuit imprimé, et en particulier sur l'ensemble des composants, et en particulier sur les parties de conducteur nu ou isolé.

Suite à un tel traitement, et toutes choses égales par ailleurs, c'est-à-dire les câbles de modulation et les câbles de liaison amplificateur/haut-parleur (enceintes acoustiques) ayant été maintenus dans leur forme de réalisation conforme à l'objet de la présente invention, le résultat global d'écoute subjective s'est révélé particulièrement stupéfiant.

Au niveau de l'analyse subjective des résultats obtenus, on doit citer impérativement :

- la disparition de toute impression de distorsion subjective ;

- une sensation d'accroissement considérable de la dynamique d'écoute, cet accroissement ayant été mis en évidence par le maintien global de la clarté d'écoute quel que soit le niveau du signal transmis par l'amplificateur ;

- la disparition totale du bruit de fond perçu alors que, paradoxalement, le bruit de fond réel du studio d'enregistrement, présent au niveau du signal délivré par la source, demeure bien évidemment présent ;

- la présence de détails sonores propres aux instruments, qui n'avaient jamais pu être mis en évidence à l'écoute au moyen de circuits normaux ;

- la clarté et la précision du rythme ou tempo en cohérence parfaite avec la mélodie.

Outre l'investigation précédente, on indique

également que le remplacement du câble d'alimentation de la source constituée par un lecteur de disque optique du commerce par un câble de type FLATLINE recouvert d'une couche de GRAPHIT 33 améliore encore le résultat d'écoute.

5 Une amélioration décisive a enfin été obtenue en remplaçant le câble d'alimentation secteur par un câble muni de conducteurs compensés en parasites radioélectriques, conformes à l'objet de la présente invention. En effet, on avait pu constater, lors de l'utilisation de câbles d'alimentation classiques, que le phénomène des micro-décharges, et la dégradation de la qualité de la musicalité, apparaissent de manière beaucoup plus significative lorsque, en fonction du sens de la prise secteur, les enroulements externes des transformateurs d'alimentation sont reliés au conducteur de phase plutôt qu'au conducteur de neutre. Cette constatation suivie de l'amélioration décisive précitée lors de l'utilisation de conducteurs compensés en remplacement du câble d'alimentation apporte ainsi une confirmation supplémentaire de la validité du phénomène de micro-décharges.

20 Il est donc manifeste que les phénomènes mis en évidence précédemment dans la description concernent en fait tous les circuits électroniques de traitement de signal, et en particulier non seulement les circuits d'amplification dans les chaînes HiFi, mais également les câbles d'alimentation véhiculant le courant du secteur.

25 D'une manière générale et de façon à obtenir une permanence de la compensation souhaitée des parasites radioélectriques sur tout circuit électronique, une solution peut consister à déposer une couche de matériau semi-conducteur telle qu'une couche de graphite au moyen du matériau GRAPHIT 33 tel que décrit précédemment dans la description. Ce dépôt d'une couche de matériau semi-conducteur sous forme de graphite peut être réalisé par une pulvérisation du produit GRAPHIT 33 précédemment décrit ou
30 d'un produit équivalent tel que le produit KF-BLINDOTUB appliqué à la bombe aérosol sur les enroulements de trans-
35

formateurs tels que transformateurs d'alimentation et fils de câblage reliant les alimentations aux circuits.

Toutefois, ainsi qu'il sera décrit en liaison avec la figure 6a par exemple, on indique qu'un conditionnement particulièrement avantageux d'un circuit électronique quelconque peut consister à prévoir une enceinte étanche, portant la référence 3, constituée par exemple par une boîte en métal revêtue ou non à l'intérieur d'une couche de matériau protecteur telle qu'une couche de polyuréthane par exemple. Cette enceinte 3 est prévue de façon à contenir partiellement le circuit électrique ou électronique à conditionner, ainsi que le matériau semi-conducteur 2 dans lequel une majeure partie du circuit électrique ou électronique est immergée. On indique, à titre d'exemple non limitatif, que dans ce cas, le matériau semi-conducteur 2 peut avantageusement être réalisé par un gel de résistivité convenable, ainsi que mentionné précédemment dans la description, où le cas échéant par une solution saline dans les conditions mentionnées précédemment dans la description.

Dans un tel cas, et afin d'assurer une protection anti-corrosion de l'ensemble du circuit électronique ou, à tout le moins, de la majeure partie de celui-ci qui est immergée dans le matériau semi-conducteur 2, on indique que le circuit électronique, ainsi que représenté en figure 6a, peut globalement être revêtu avantageusement d'un film protecteur, portant la référence 10, contre la corrosion et les phénomènes d'électrolyse.

Dans un tel cas, on comprend par exemple que, lorsque le circuit électronique est formé par une plaquette de circuit imprimé CI munie de conducteurs électriques appropriés afin d'assurer les liaisons électriques et les fonctions du circuit électronique précité, les conducteurs 1 et les composants placés sur la face opposée du circuit intégré CI jouent le rôle de conducteurs sur les surfaces desquels le phénomène des micro-décharges intervient. L'ensemble est alors enrobé dans une couche protectrice 10,

cette couche protectrice 10 pouvant consister en l'application de deux ou trois couches minces de polyuréthane espacées dans le temps pour un séchage parfait successif de chaque couche déposée.

5 Bien entendu, des bornes de connexion T_1 , T_2 , T_3 , T_4 , respectivement T'_1 , T'_2 , T'_3 , sont prévues extérieurement à l'enceinte étanche 3, ces bornes telles que bornes d'alimentation du circuit électronique et bornes d'entrée et sortie
10 du signal à traiter étant interconnectées à la partie majeure du circuit électrique immergée. On comprend bien sûr que les connexions peuvent être protégées de la même façon que le circuit électronique proprement dit pour constituer la majeure partie du circuit électrique immergée, seules les parties externes aux traversées étanches, supportant les
15 bornes de connexion, n'étant pas bien entendu revêtues de la couche de protection anti-corrosion.

En outre, l'enceinte étanche 3 métallique peut être munie d'une borne permettant de relier cette enceinte étanche 3 à un potentiel de référence tel que la masse de
20 l'ensemble d'un dispositif plus complexe. Cette borne porte la référence 30 sur la figure 6a. Les bornes d'entrée et sortie portent les références T_1 à T_4 , respectivement T'_1 à T'_3 , de manière non limitative.

Ainsi, le module de traitement, lorsque l'enceinte
25 étanche 3 constitue un blindage électrique et le cas échéant un blindage magnétique au mumétal par exemple, est-il totalement protégé, non seulement des perturbations électriques ou radioélectriques extérieures qui sont arrêtées par le blindage constitué par l'enceinte étanche 3 précitée,
30 mais également des perturbations radioélectriques internes constituées par les micro-décharges d'interface, ce qui permet d'obtenir un traitement du signal d'entrée sensiblement exempt de tout parasite.

On comprend en outre qu'en raison de la plus grande
35 capacité calorifique du matériau semi-conducteur 2 sous forme de gel ou sous forme de liquide que celle de l'air,

les problèmes de refroidissement sont totalement résolus, en particulier pour les circuits de faible puissance tels que les circuits électroniques ou de traitement numérique.

A titre d'exemple avantageux de réalisation de tels circuits électriques ou électroniques, on indique l'application de telles réalisations à des composants électroniques déjà encapsulés, tels que les potentiomètres notamment.

Un autre mode de réalisation particulièrement avantageux d'un conditionnement spécifique d'un circuit électrique plus particulièrement utilisé dans les installations HiFi, sera maintenant décrit en liaison avec la figure 6b.

Lorsque le circuit électrique est constitué par le bobinage BO constitué par des conducteurs 1 d'un haut-parleur à membrane, tel qu'un tweeter d'enceinte acoustique, la notion de tweeter désignant tout haut-parleur aux fréquences hautes, le circuit électrique conforme à l'objet de la présente invention comprend, ainsi que représenté en figure 6b précitée, disposé entre les pièces polaires PP et le noyau CO d'un aimant permanent, le bobinage électrique précité BO formé par un enroulement multiple en fil électrique émaillé par exemple, ce bobinage BO étant enroulé sur la base de la membrane M du haut-parleur. Dans sa position moyenne ou position de repos, le bobinage entoure le noyau CO de l'aimant permanent. En outre, ainsi que représenté sur la figure 6b précitée, un matériau semi-conducteur 2 présentant des propriétés ferromagnétiques est disposé entre les pièces polaires et le noyau CO de façon que ce matériau semi-conducteur 2, doté de propriétés ferromagnétiques, assure l'immersion totale du bobinage BO dans sa position moyenne. Le matériau semi-conducteur 2 est alors soumis au champ magnétique permanent de confinement dans l'espace défini par les pièces polaires PP et par le noyau CO de l'aimant permanent. On rappelle bien entendu que les pièces polaires PP sont reliées par un circuit magnétique CM de manière classique.

Dans un mode de réalisation particulier, on indique que le matériau semi-conducteur 2 présentant des propriétés ferromagnétiques était constitué par un mélange de :

- 70 à 90 % en poids de FERROFLUIDE, et de
- 30 à 10 % en poids d'un matériau pulvérulent miscible faiblement conducteur de l'électricité.

Le matériau pulvérulent étant du graphite pulvérulent mélangé dans les proportions indiquées par rapport au FERROFLUIDE.

Des résultats sensibles ont été obtenus, le matériau semi-conducteur 2 présentant les propriétés ferromagnétiques ainsi obtenues ayant été conditionné de façon à présenter une résistivité linéique ρ comprise entre $0,1 \Omega \times m$ et $10 \Omega \times m$.

Enfin, dans tous les cas où une encapsulation du circuit électrique ou électronique ne peut être réalisée, de très bons résultats ont été obtenus grâce à la pulvérisation sur le conducteur électrique en fil émaillé d'un aérosol graphité, tel que le GRAPHIT 33 précédemment mentionné, et en procédant à un essuyage soigneux du produit excédant. C'est le cas en particulier pour :

- les transformateurs et leurs faisceaux de raccordement ;
- les faisceaux de câbles destinés à l'alimentation ;
- les bobines mobiles de haut-parleurs dans lesquels le FERROFLUIDE n'est pas utilisé ;
- en général, tous les conducteurs isolés non-encapsulables.

En conclusion générale, on indiquera que les phénomènes de micro-décharges d'interface isolant/ conducteur apparaissent fortement associés aux phénomènes de mémoire des isolants.

En fait, les signaux musicaux, c'est-à-dire les signaux électroniques aux fréquences audio, traduits sous forme de tension dans les conducteurs, provoquent des micro-décharges aux interfaces conducteur/isolant.

Par micro-décharges d'interface, il faut comprendre

l'ensemble des phénomènes ci-après :

- changement d'orientation des molécules isolantes en contact ou au voisinage des conducteurs, ce phénomène n'étant pas sensiblement différent du phénomène de l'orientation ou du déplacement des molécules dipolaires, tel qu'il a été mis en évidence au sujet de la mémoire des isolants ;

- saut d'électrons, soit par décharge, soit par effet tunnel ;

- décharge partielle dans les interstices métal - isolant ou isolant - isolant ;

- micro-effet couronne autour des pointes conductrices qui existent toujours à l'échelle moléculaire sur la surface des matériaux conducteurs.

On notera que l'ensemble des phénomènes de micro-décharges se produisent même pour des signaux très faibles, par exemple ceux issus d'une cellule à bobine mobile.

Ces micro-décharges sont probablement polarisées, c'est-à-dire qu'elles se produisent de manière plus nette pour une polarité du signal que pour la polarité inverse. Cette constatation conduit à mettre en évidence un phénomène de redressement du signal parasite global, lequel s'ajoute au signal utile et produit une distorsion apparemment audible malgré la faiblesse du phénomène.

Alors que le déclenchement des micro-décharges lors de l'apparition d'une tension, c'est-à-dire d'un signal à transmettre, est vraisemblablement immédiat, de même que dans l'effet Branly, le retour sous l'effet d'une tension inverse peut s'effectuer avec retard, ce qui produit l'effet de traînage ou distorsion de mémoire ressenti à l'audition.

Enfin, le traitement complet d'une installation, telle qu'une chaîne HiFi par exemple, et en particulier des câbles d'alimentation de l'ensemble des éléments constitutifs de celle-ci, donne des résultats tout-à-fait surprenants au niveau de l'écoute subjective, les résultats, en écoute subjective, pouvant s'analyser en :

- absence totale de distorsion même à des niveaux

frisant l'écrêtage ;

- séparation complète des plans sonores ;
- apparition d'informations sonores complètement insoupçonnées, donnant une impression d'audition en direct ;
- 5 - apparition de nuances dans le grave, non perçues auparavant ;
- disparition complète du bruit de fond, seul le signal utile étant entendu.

10 Le dernier point précité est certainement le plus spectaculaire car le plus immédiat. Il peut être attribué au fait que le bruit de fond, bien que présent, se présente sous forme d'un bruit blanc totalement décorrélié du signal à transmettre, l'oreille n'ayant alors aucun mal à séparer le signal utile du bruit de fond.

15 Une autre caractéristique des résultats subjectifs précités concerne la conservation globale de la physiologie des sons transmis par l'intermédiaire des signaux, dans la mesure où l'équilibre subjectif des différentes bandes de fréquences composant le signal transmis en grave, bas
20 médium, médium, haut médium et aigu sur la bande de 20 Hz à 20 kHz apparaît particulièrement remarquable.

De même, en ce qui concerne la dynamique de l'écoute, on indique que, en liaison manifeste avec l'absence totale de distorsion, l'écoute à bas niveau est sensiblement
25 la même que l'écoute à haut niveau, les plans sonores étant globalement conservés ainsi que l'image stéréo permettant à un auditeur de localiser, au moins perceptuellement, les différents instruments musicaux générateurs des signaux transmis à l'enregistrement.

30 L'essai réalisé en laboratoire par l'inventeur, M. JOHANNET, à partir d'une source lecteur de disque optique du commerce de marque PHILIPS, de modèle tout-à-fait classique, associé à un amplificateur tel que décrit en liaison avec la figure 1g et 1h, et associé à des enceintes
35 acoustiques monovoie de qualité tout-à-fait quelconque, a permis globalement une audition d'une qualité telle que la

qualité médiocre des enceintes acoustiques était elle-même occultée.

5 Pour une définition plus précise des paramètres d'écoute et de qualité subjectives de dynamique, d'équilibre subjectif et d'image stéréophonique, on pourra utilement se reporter à la revue "Prestige Audio Vidéo", n° 15, Septembre 1996, éditée et publiée en France par la société editrice P.V. Editions, Service Rédaction Publicité, 5 boulevard Ney, 75018 Paris.

REVENDICATIONS

1. Procédé de fabrication d'un conducteur ou d'un circuit électrique compensé en parasites radioélectriques engendrés, notamment, par des phénomènes de micro-décharge électrique présents sur ce conducteur ou ce circuit électrique sous tension, caractérisé en ce que ce procédé consiste à effectuer une application sur ladite surface externe de ce conducteur ou de ce circuit d'un revêtement de matériau semi-conducteur, ledit matériau semi-conducteur présentant une valeur de résistivité linéique comprise entre $0,1 \Omega \times m$ et $100 \Omega \times m$ permettant à la fois de maintenir ladite surface externe du conducteur ou du circuit électrique à un potentiel électrique statique de valeur locale constante voisine de celle du conducteur et d'absorber l'ensemble des courants électriques erratiques de décharge provoqués par lesdits phénomènes parasites.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que ladite application est effectuée par l'une des opérations du groupe des opérations telles que le trempage, la pulvérisation, l'immersion du conducteur ou du circuit électrique au moyen dudit matériau semi-conducteur liquide pulvérulent ou aérosol, l'une de ces opérations étant suivie d'une opération de stabilisation dudit matériau semi-conducteur.

3. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que ledit matériau semi-conducteur après ladite opération de stabilisation est liquide, solide ou sous forme de gel.

4. Procédé selon la revendication 3, caractérisé en ce que lorsque ledit matériau semi-conducteur, après l'opération de stabilisation, est solide ou sous forme de gel, ladite opération de stabilisation consiste en une opération de séchage contrôlé.

5. Procédé selon la revendication 3, caractérisé en ce que lorsque ledit matériau semi-conducteur, après l'opération de stabilisation, est liquide ou sous forme de gel, ladite opération de stabilisation consiste :

- à encapsuler ledit conducteur ou circuit électrique dans une enceinte étanche définitive ;

- à remplir ladite enceinte contenant ledit conducteur ou circuit électrique de matériau semi-conducteur liquide ou sous forme de gel ;

- à effectuer les scellements étanches appropriés de ladite enceinte étanche définitive.

6. Procédé selon la revendication 3, caractérisé en ce que lorsque ledit matériau semi-conducteur après l'opération de stabilisation est liquide ou sous forme de gel, ladite opération de stabilisation consiste :

- à ajouter audit matériau semi-conducteur un élément présentant des propriétés ferromagnétiques, pour engendrer un composé ferromagnétique présentant des propriétés de matériau semi-conducteur ;

- à soumettre ledit composé présentant des propriétés de matériau semi-conducteur appliqué sur ladite surface externe dudit conducteur ou du circuit un champ magnétique permanent ou entretenu, permettant d'assurer le confinement dudit composé présentant des propriétés de matériau semi-conducteur sur ladite surface externe dudit conducteur ou dudit circuit.

7. Procédé selon l'une des revendication 1, 2, 3, 5 ou 6, caractérisé en ce que ledit matériau semi-conducteur liquide est constitué par une solution saline dont la résistivité linéique ρ est comprise entre $0,1 \Omega \times m \leq \rho \leq 10 \Omega \times m$.

8. Circuit électrique compensé en parasites radioélectriques engendrés notamment par les phénomènes de micro-décharge électrique présents sur la surface externe de ce circuit lorsque ce circuit est alimenté en tension électrique, caractérisé en ce que ledit circuit électrique comporte sur ladite surface externe un revêtement de matériau semi-conducteur, ledit matériau semi-conducteur présentant une valeur de résistivité linéique comprise entre $0,1 \Omega \times m$ et $100 \Omega \times m$ permettant à la fois de maintenir ladite surface

externe de ce circuit électrique à un potentiel électrique statique de valeur constante voisine de celle du circuit et d'absorber l'ensemble des courants électriques erratiques de décharge provoqués par lesdits phénomènes de parasites.

5 9. Circuit électrique selon la revendication 8, caractérisé en ce que ledit matériau semi-conducteur est solide, liquide ou sous forme de gel.

10 10. Circuit électrique selon la revendication 9, caractérisé en ce que lorsque ledit matériau semi-conducteur est liquide ou sous forme de gel, ledit circuit est constitué par au moins :

15 - une enceinte étanche, contenant partiellement ledit circuit électrique et ledit matériau semi-conducteur dans lequel une partie majeure du circuit électrique est immergée ;

 - des bornes de connexion extérieures à l'enceinte étanche et interconnectées à ladite partie majeure du circuit électrique immergée.

20 11. Circuit électrique selon la revendication 10, caractérisé en ce que ladite partie majeure du circuit électrique immergée dans ledit matériau semi-conducteur liquide ou sous forme de gel comporte en outre un film protecteur isolant électrique anti-corrosion.

25 12. Circuit électrique selon la revendication 11, caractérisé en ce que ledit matériau semi-conducteur liquide est une solution saline dont la résistivité linéique ρ est comprise entre $0,1 \Omega \times m \leq \rho \leq 10 \Omega \times m$.

30 13. Circuit électrique selon l'une des revendications 8 à 12, caractérisé en ce que celui-ci comporte au moins :

35 - une enceinte étanche conductrice de l'électricité, ladite enceinte étanche comprenant une borne de connexion permettant, en fonctionnement, de porter ladite enceinte étanche à un potentiel électrique de référence et une pluralité de traversées étanches permettant d'assurer l'implantation de bornes d'entrée-sortie de signaux électri-

ques d'entrée et de sortie, et dans cette enceinte étanche :

- un module de traitement interconnecté par des fils d'interconnexion auxdites bornes d'entrée-sortie desdits signaux électriques d'entrée et de sortie, ledit module de traitement et les fils d'interconnexion étant recouverts d'un film de matériau inerte isolant électrique ;

- un matériau semi-conducteur liquide sous forme de gel ou solide, remplissant ladite enceinte étanche et noyant ledit module de traitement.

14. Circuit électrique selon l'une des revendications 8 à 12, caractérisé en ce que celui-ci consistant en un haut-parleur à membrane aux fréquences hautes, ledit circuit comprend, au moins, disposés entre les pièces polaires et le noyau d'un aimant permanent :

- un bobinage électrique formé par un enroulement multiple en fil électrique émaillé, enroulé sur la base de la membrane dudit haut-parleur, ledit bobinage entourant, dans sa position moyenne, ledit noyau de l'aimant permanent ;

- un matériau semi-conducteur présentant des propriétés ferromagnétiques, disposé entre lesdites pièces polaires et ledit noyau, ledit matériau semi-conducteur présentant des propriétés ferromagnétiques assurant l'immersion totale dudit bobinage dans sa position moyenne, étant soumis au champ magnétique permanent de confinement dans l'espace défini par les pièces polaires et par le noyau dudit aimant permanent.

15. Circuit électrique selon la revendication 14, caractérisé en ce que ledit matériau semi-conducteur présentant des propriétés ferromagnétiques est constitué par un mélange de :

70 à 90 % en poids de FERROFLUIDE

30 à 10 % en poids d'un matériau pulvérulent miscible, faiblement conducteur de l'électricité, ledit mélange présentant une résistivité linéique ρ comprise entre 0,1 $\Omega \times m$ et 10 $\Omega \times m$.

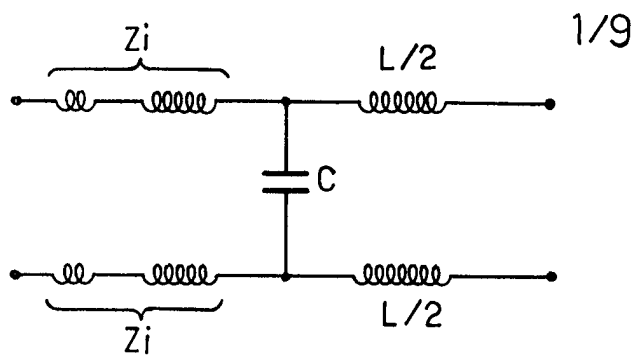


FIG.1a.
(ART ANTÉRIEUR)

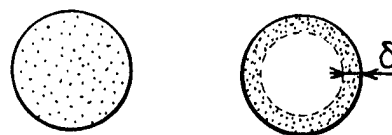


FIG.1b.
EFFET DE PEAU
(ART ANTÉRIEUR)

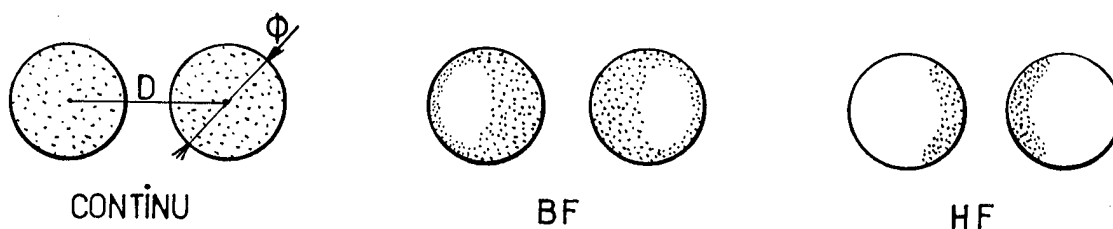


FIG.1c. EFFET DE PROXIMITÉ (ART ANTÉRIEUR)

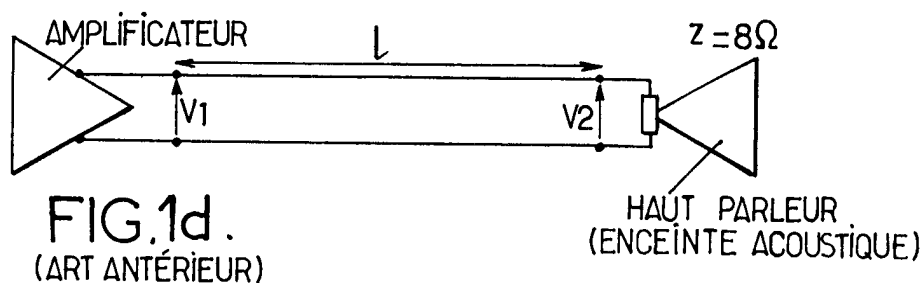


FIG.1d.
(ART ANTÉRIEUR)

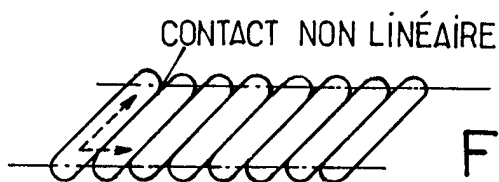


FIG.1e.
(ART ANTÉRIEUR)

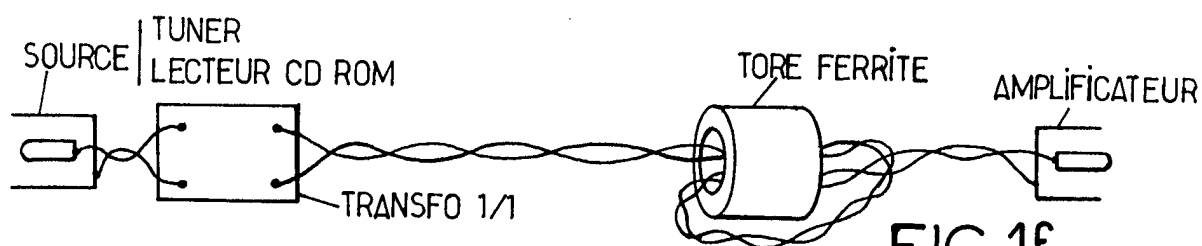


FIG.1f.
(ART ANTÉRIEUR)

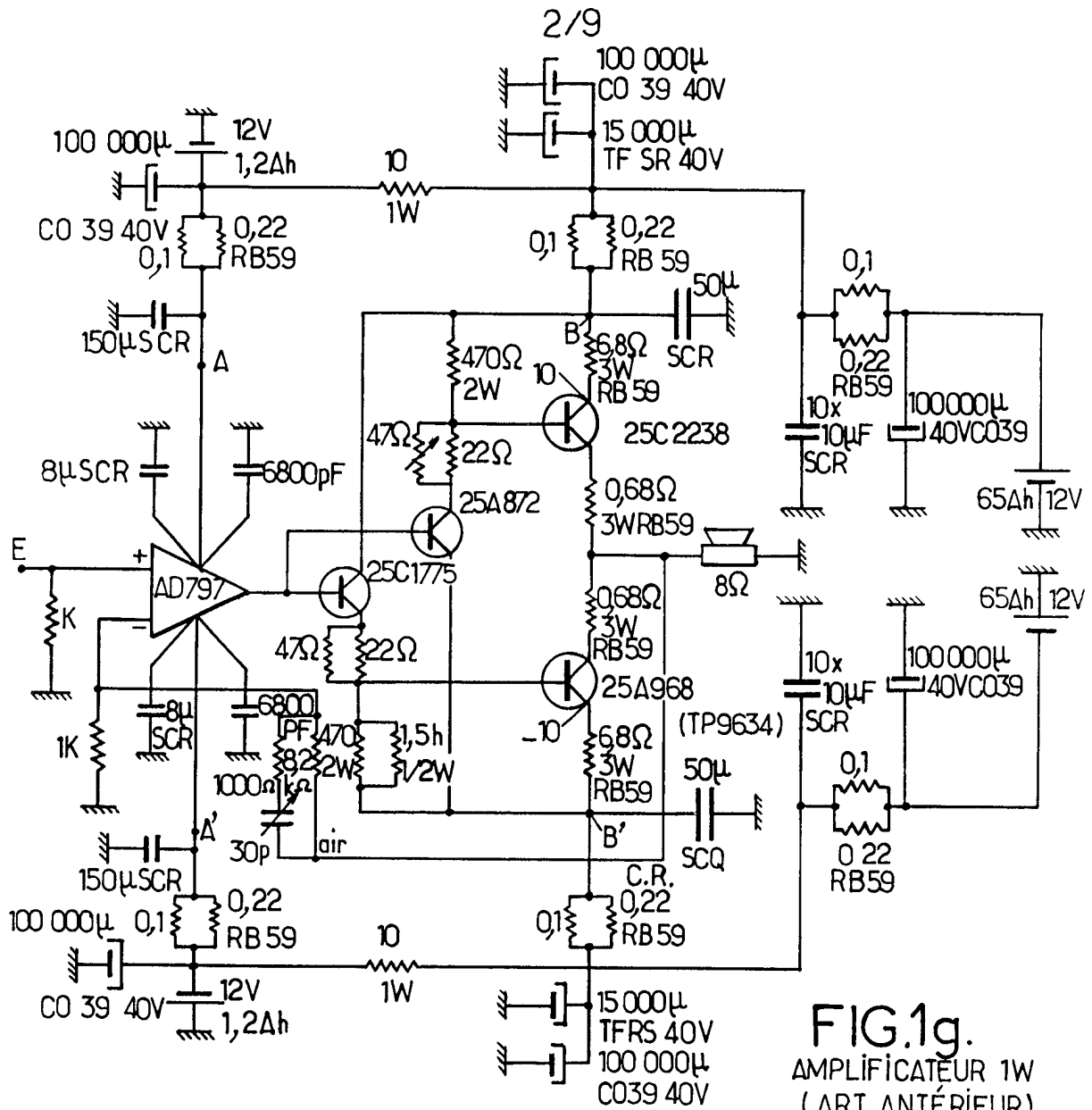


FIG.1g.
AMPLIFICATEUR 1W
(ART ANTÉRIEUR)

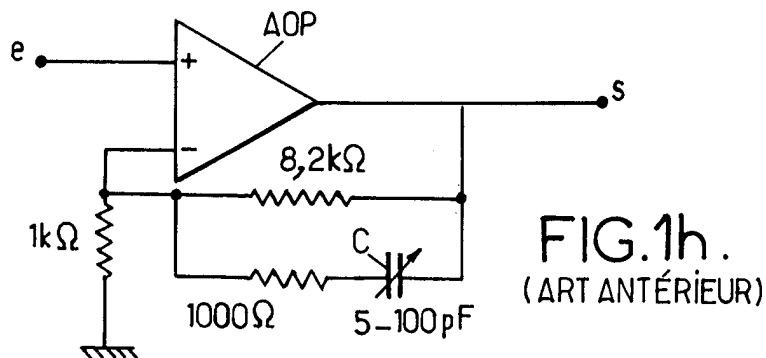


FIG.1h.
(ART ANTÉRIEUR)

3/9

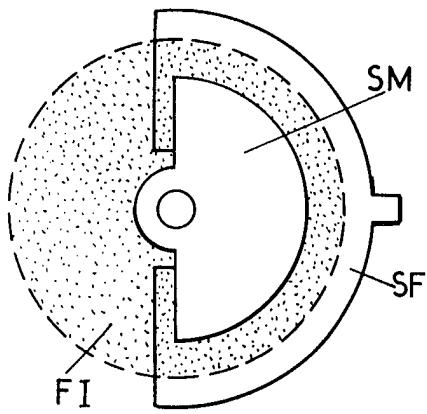


FIG. 2a.
(ART ANTÉRIEUR)

FIG. 2b.

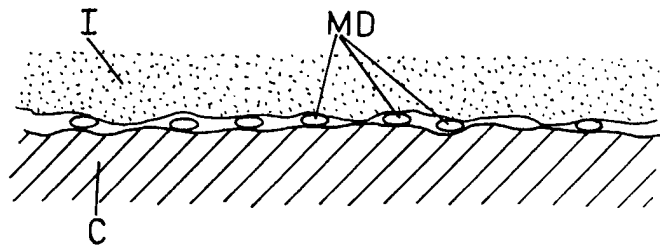


FIG. 2c.

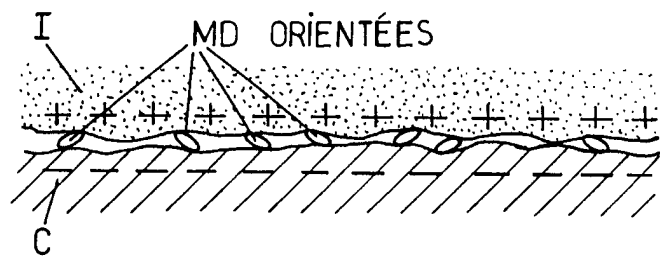


FIG. 2d.

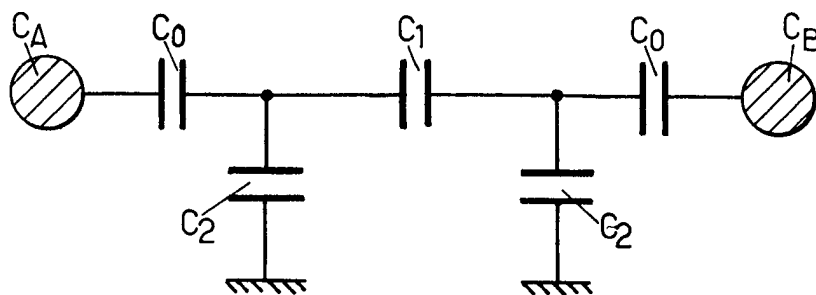
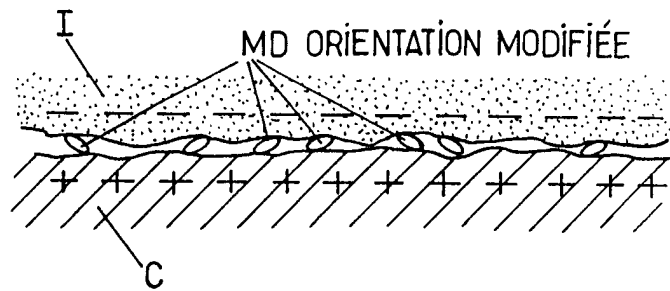


FIG. 2e.

4/9
FIG.3a

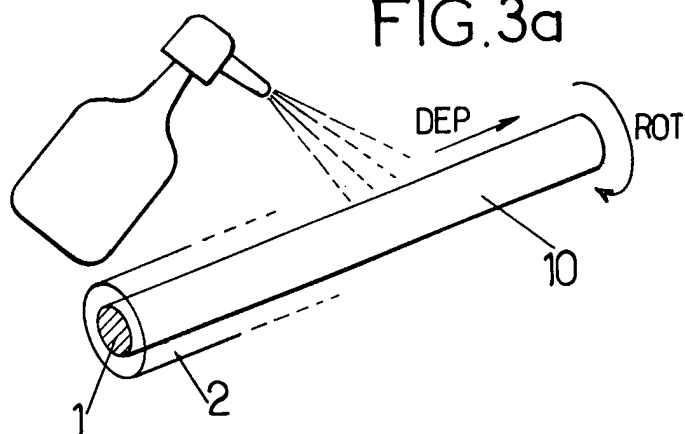
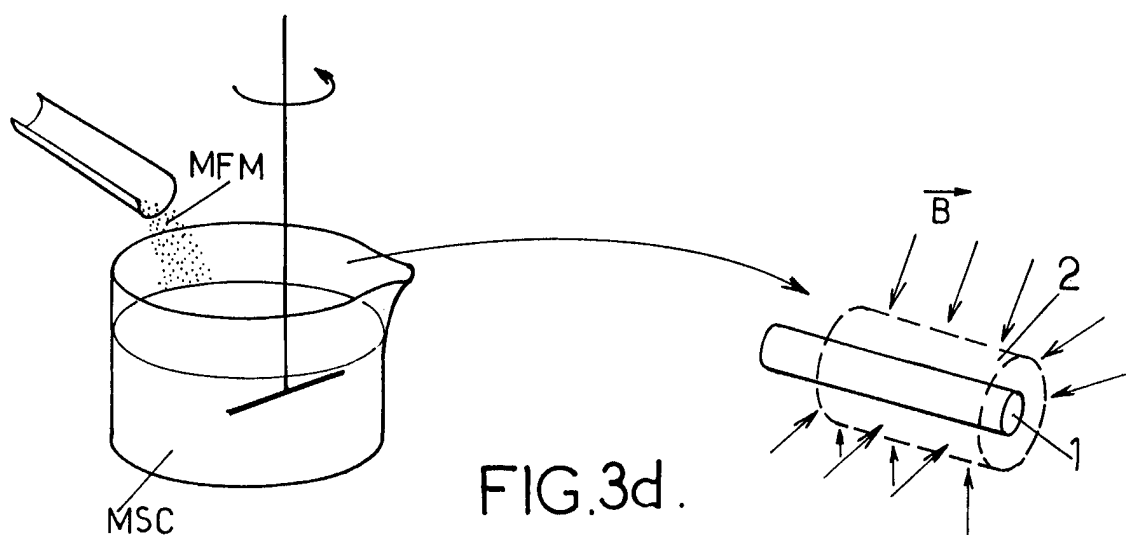
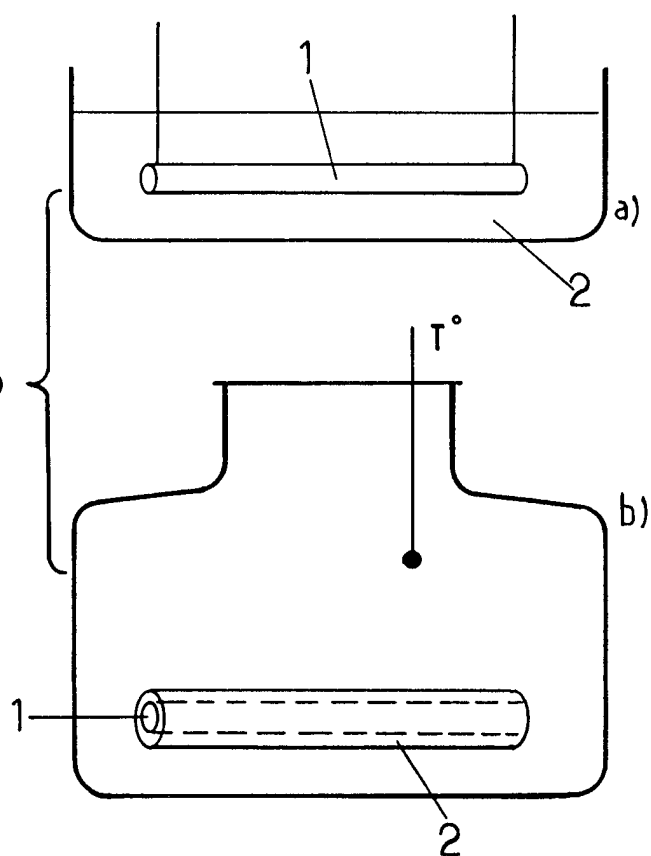


FIG.3b



5/9

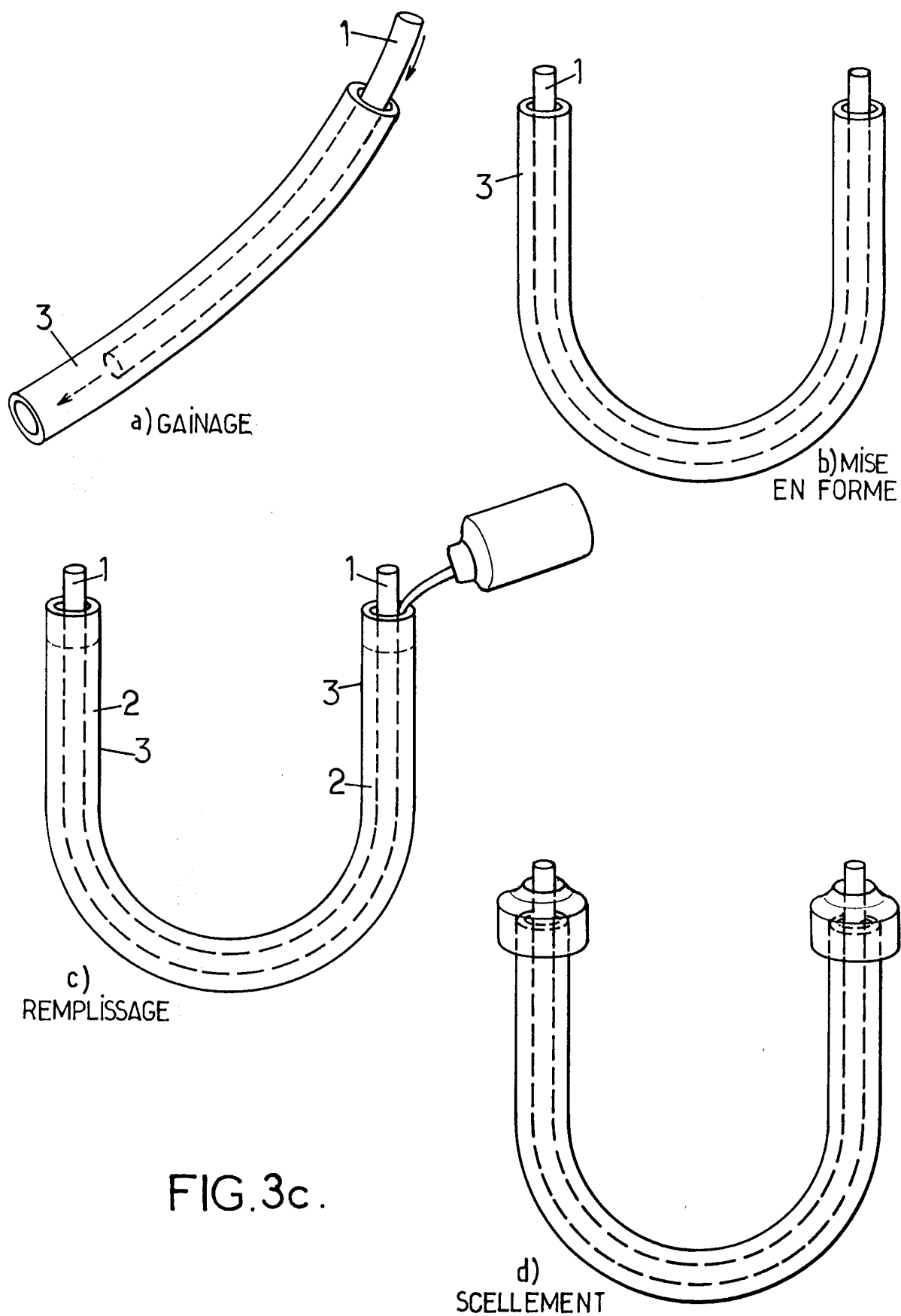


FIG.3c.

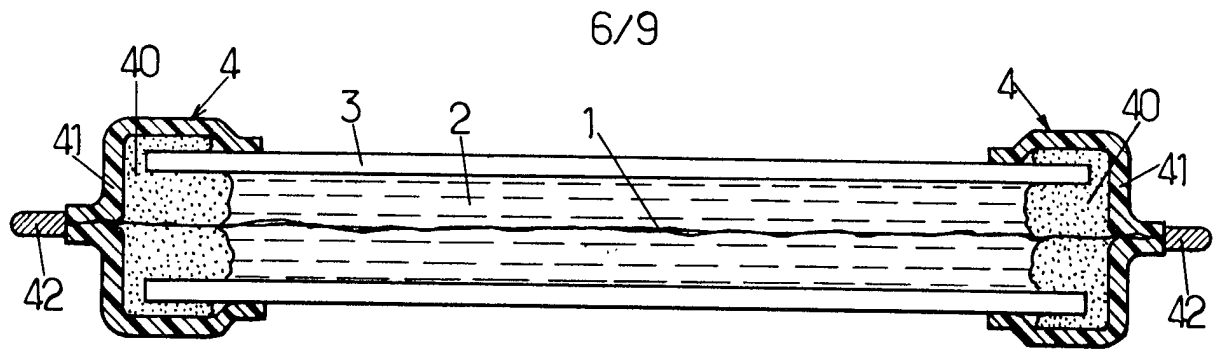


FIG. 4c.

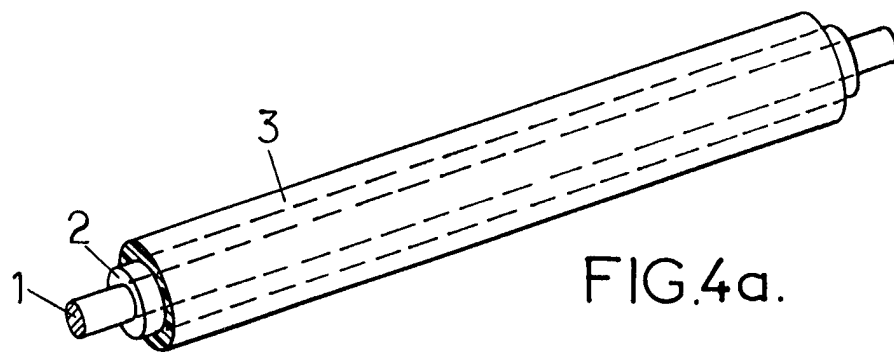


FIG. 4a.

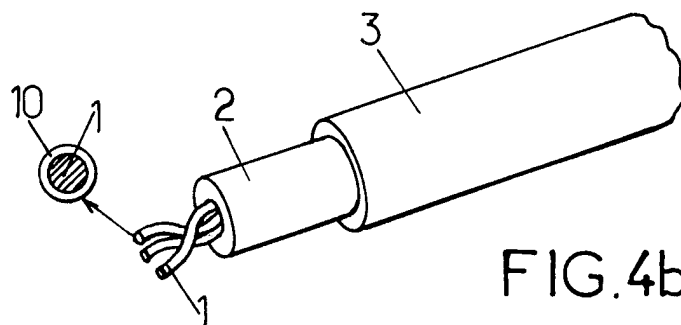


FIG. 4b.

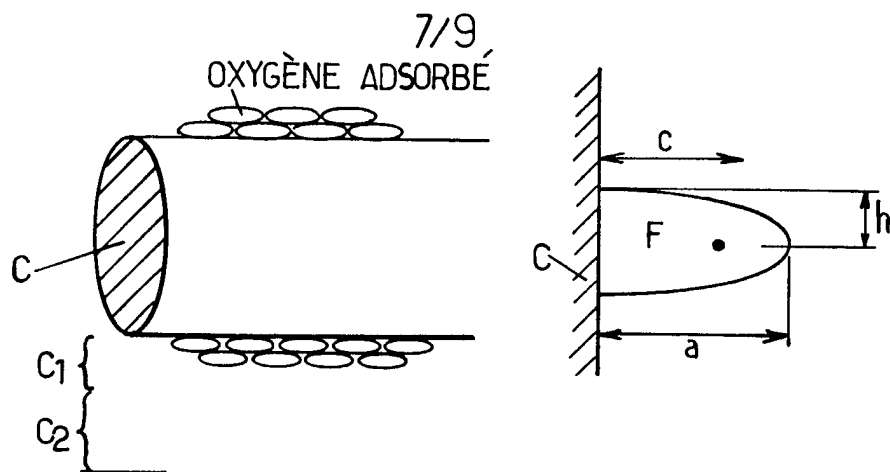


FIG.5a.

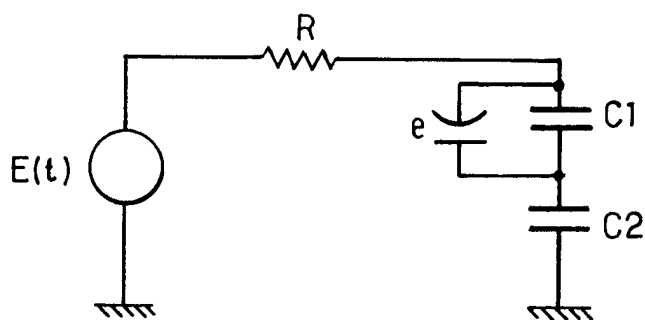


FIG.5b.

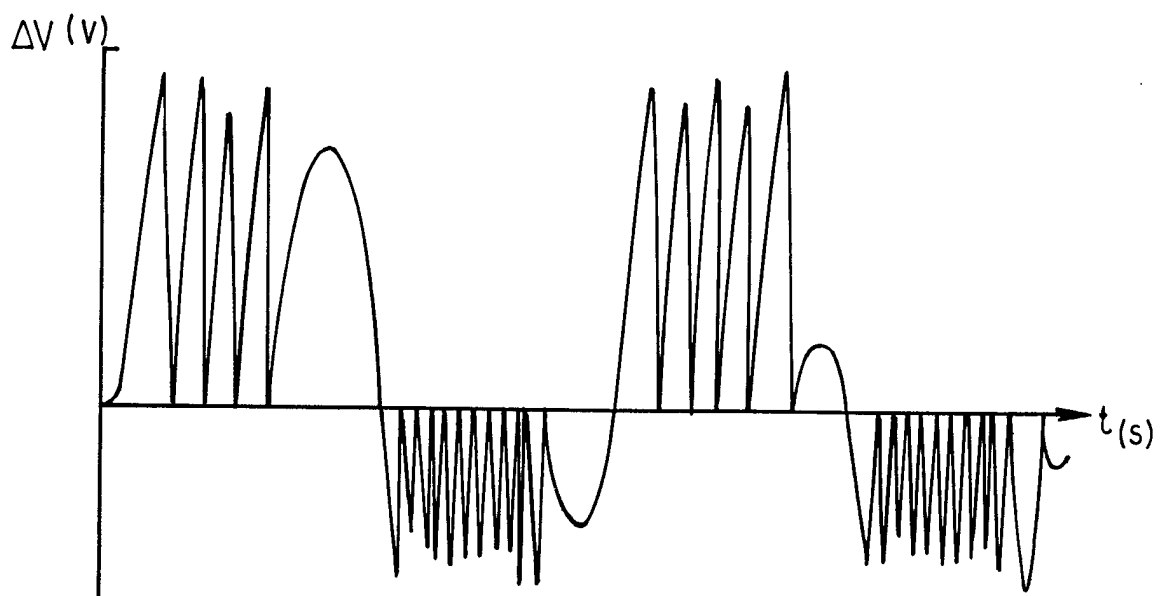
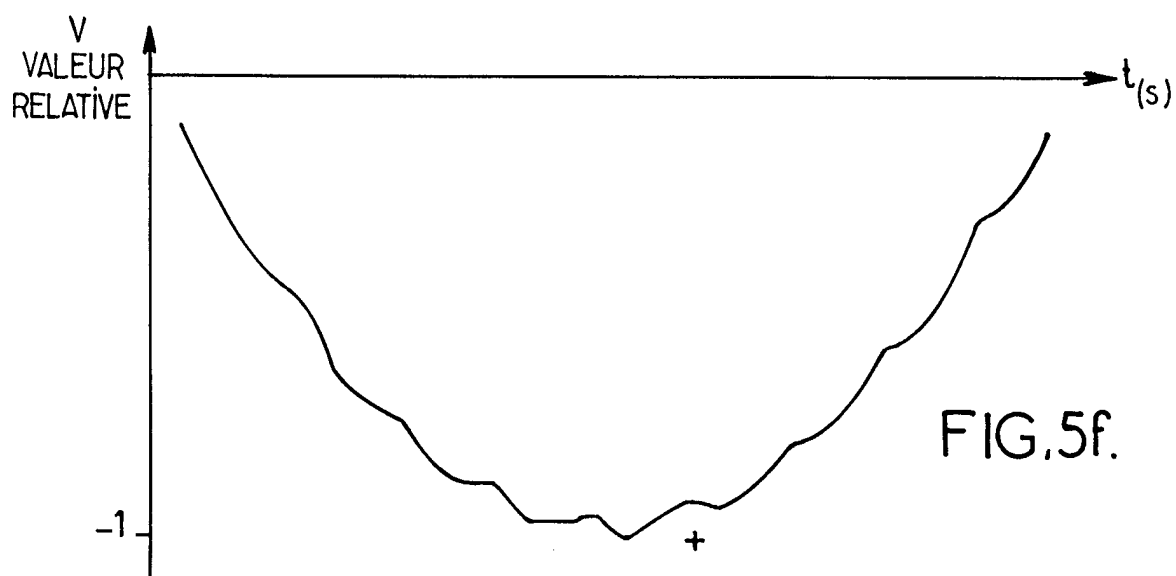
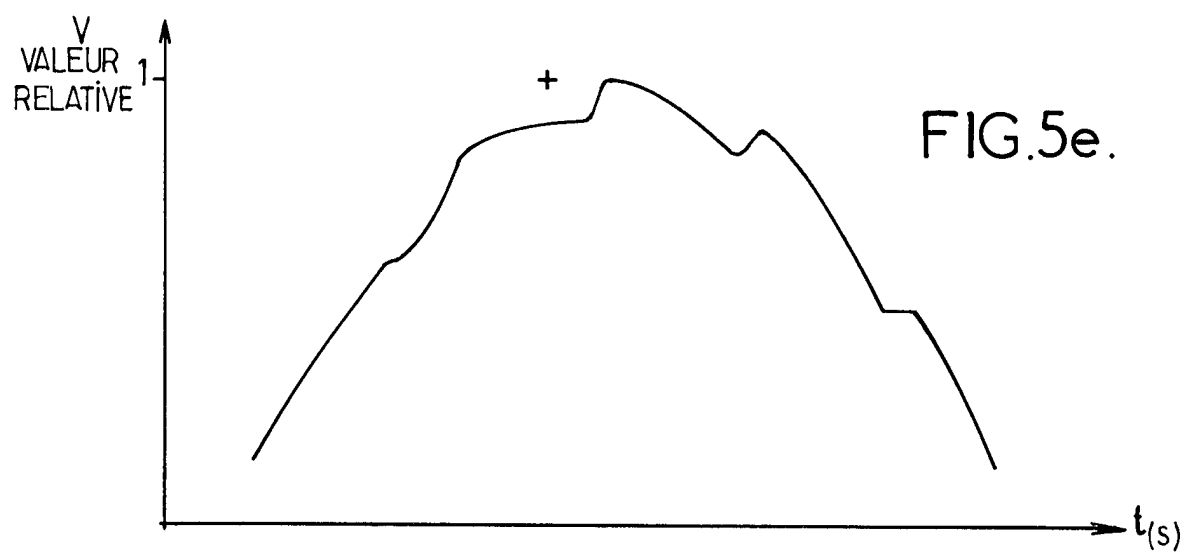
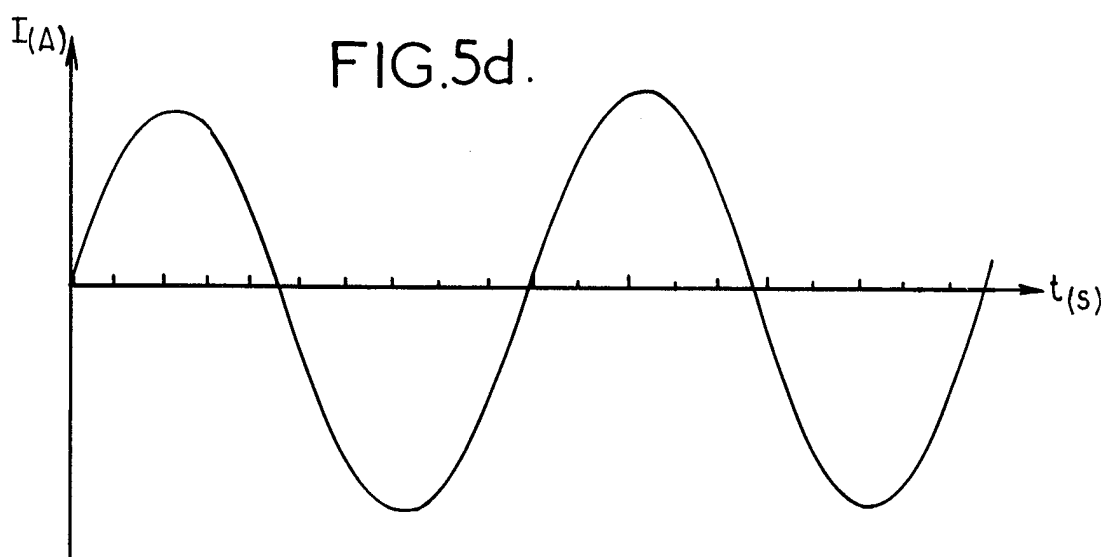
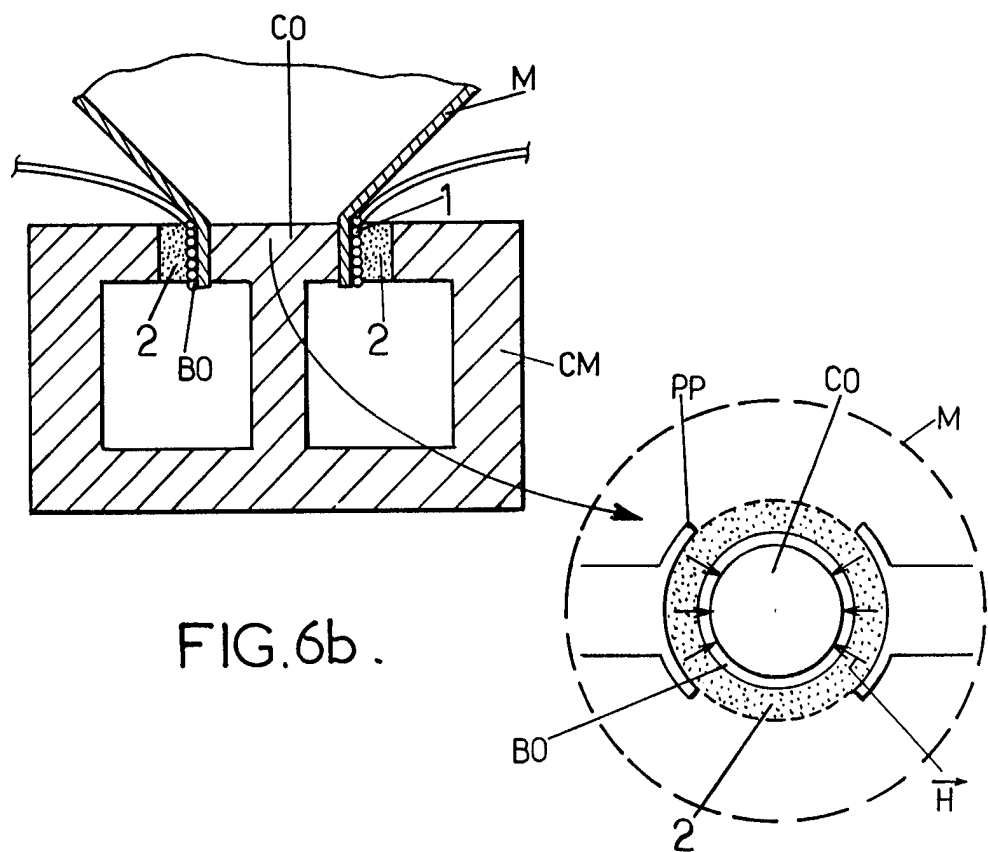
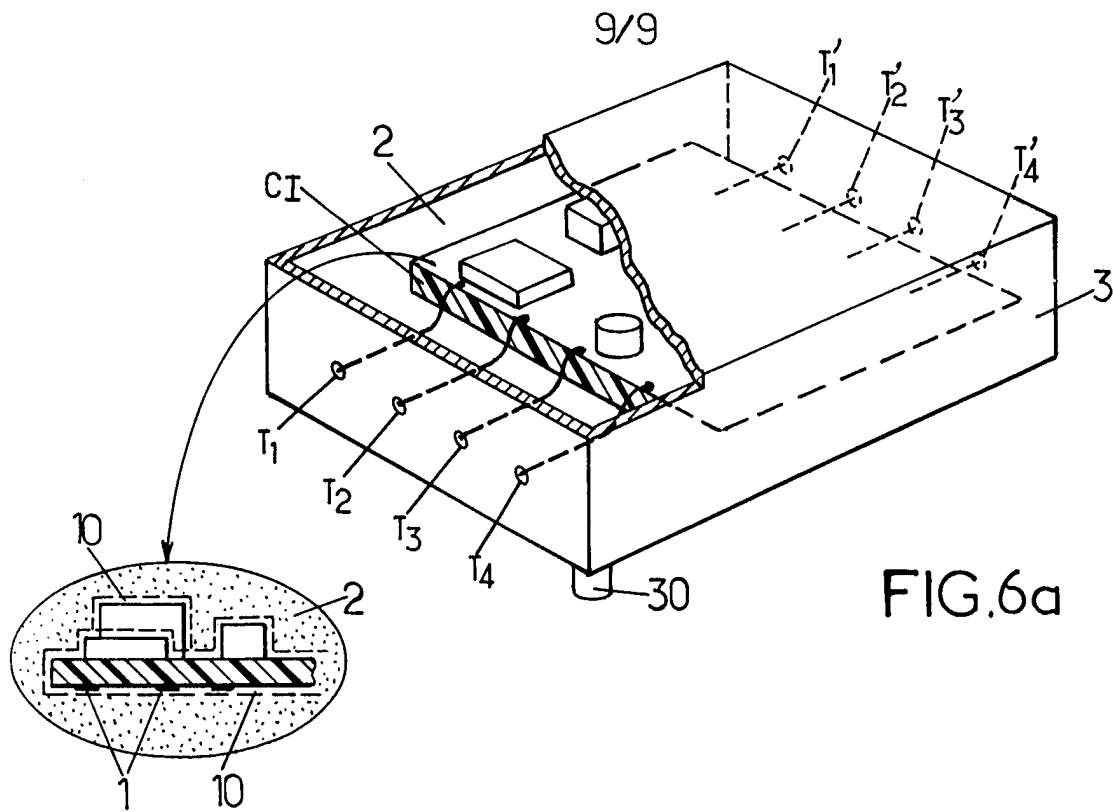


FIG.5c.

8/9





INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PC1/FR 97/01786

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 6 H05K9/00 H01F1/44

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 6 H05K H01F H01B H04R

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0 271 407 A (NOEL GERARD PHILIPPE ALAIN) 15 June 1988	1,8
A	see column 2, line 5 - column 3, line 19 see column 7, line 17 - line 46 ---	14
X	WO 85 00245 A (RAFFINAGE CIE FRANCAISE ;ACOME (FR)) 17 January 1985	1
A	see page 3, line 20 - line 36 ---	3,9
A	US 5 461 677 A (RAJ KULDIP ET AL) 24 October 1995 see column 1, line 27 - line 42 ---	14
A	EP 0 161 805 A (ELECTRO MATERIALS) 21 November 1985 see claims 1,6 ---	1
	--- -/--	



Further documents are listed in the continuation of box C.



Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

14 January 1998

Date of mailing of the international search report

21/01/1998

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Toussaint, F

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/FR 97/01786

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 4 749 506 A (KITAHARA AYAO ET AL) 7 June 1988 see column 5, line 28 - column 6, line 40 -----	2-4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/FR 97/01786

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0271407 A	15-06-88	FR 2607954 A DE 3780134 A	10-06-88 06-08-92
WO 8500245 A	17-01-85	FR 2547945 A EP 0129485 A JP 60501631 T US 4621169 A	28-12-84 27-12-84 26-09-85 04-11-86
US 5461677 A	24-10-95	NONE	
EP 0161805 A	21-11-85	JP 60231753 A	18-11-85
US 4749506 A	07-06-88	JP 61082835 A DE 3534528 A	26-04-86 03-04-86

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Den Internationale No

PCT/FR 97/01786

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
CIB 6 H05K9/00 H01F1/44

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

CIB 6 H05K H01F H01B H04R

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés)

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie °	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	EP 0 271 407 A (NOEL GERARD PHILIPPE ALAIN) 15 juin 1988	1,8
A	voir colonne 2, ligne 5 - colonne 3, ligne 19 voir colonne 7, ligne 17 - ligne 46 ---	14
X	WO 85 00245 A (RAFFINAGE CIE FRANCAISE ;ACOME (FR)) 17 janvier 1985	1
A	voir page 3, ligne 20 - ligne 36 ---	3,9
A	US 5 461 677 A (RAJ KULDIP ET AL) 24 octobre 1995 voir colonne 1, ligne 27 - ligne 42 ---	14
A	EP 0 161 805 A (ELECTRO MATERIALS) 21 novembre 1985 voir revendications 1,6 ---	1
	-/--	

☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

° Catégories spéciales de documents cités:

- "A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

"X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

"Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

"&" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

14 janvier 1998

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

21/01/1998

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Toussaint, F

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Der e Internationale No

PCI/FR 97/01786

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Identification des documents cités. avec le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	US 4 749 506 A (KITAHARA AYAO ET AL) 7 juin 1988 voir colonne 5, ligne 28 - colonne 6, ligne 40 -----	2-4

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs membres de familles de brevets

Dem. Internationale No

PCT/FR 97/01786

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 0271407 A	15-06-88	FR 2607954 A DE 3780134 A	10-06-88 06-08-92
WO 8500245 A	17-01-85	FR 2547945 A EP 0129485 A JP 60501631 T US 4621169 A	28-12-84 27-12-84 26-09-85 04-11-86
US 5461677 A	24-10-95	AUCUN	
EP 0161805 A	21-11-85	JP 60231753 A	18-11-85
US 4749506 A	07-06-88	JP 61082835 A DE 3534528 A	26-04-86 03-04-86