

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle  
Bureau international



(10) Numéro de publication internationale  
**WO 2010/004226 A2**

(43) Date de la publication internationale  
14 janvier 2010 (14.01.2010)

(51) Classification internationale des brevets :  
H04L 1/24 (2006.01) H04L 1/22 (2006.01)  
H04B 17/00 (2006.01)

d'ascq (FR). **RIOULT, Jean** [FR/FR]; 10, Place Sébastopol, F-59000 Lille (FR).

(21) Numéro de la demande internationale :  
PCT/FR2009/051377

(74) Mandataire : **LAGET, Jean-Loup**; BREMA-LOYER, 161, rue de Courcelles, F-75017 Paris (FR).

(22) Date de dépôt international :  
10 juillet 2009 (10.07.2009)

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :  
0854734 11 juillet 2008 (11.07.2008) FR

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM,

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : **INRETS - Institut National de Recherche sur les Transports et leur Sécurité** [FR/FR]; 25, avenue François Mitterrand, F-69675 Bron (FR).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : **DENIAU, Virginie** [FR/FR]; 1815, route Nationale, F-59194 Raches (FR). **BEN SLIMEN, Nedim** [FR/FR]; Résidence Camus n° T015, Cité Scientifique, F-59650 Villeneuve-

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : METHOD OF GENERATING A SCENARIO OF ELECTROMAGNETIC NOISE

(54) Titre : PROCÉDÉ DE GÉNÉRATION D'UN SCÉNARIO DE BRUITS ÉLECTROMAGNÉTIQUES

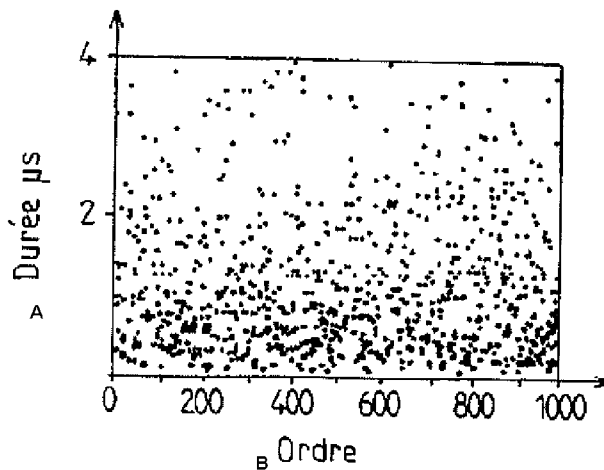


FIG. 3

A Duration  $\mu$ s  
B Order

(57) Abstract : Method of generating a scenario of electromagnetic noise for monitoring the reliability of a sensitive apparatus, characterized in that it comprises the steps consisting in: defining environmental electromagnetic conditions relating to the environment of the sensitive apparatus, determining a positioning of the sensitive apparatus in said environment, and generating, on the basis of said environmental electromagnetic conditions and of said positioning of the sensitive apparatus, a scenario of electromagnetic noise comprising a set of permanent noises and a set of transient noises.

(57) Abrégé :

[Suite sur la page suivante]



WO 2010/004226 A2

TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG). **Publiée :**

— *sans rapport de recherche internationale, sera republiée dès réception de ce rapport (règle 48.2.g)*

---

Procédé de génération d'un scénario de bruits électromagnétiques pour le contrôle de la fiabilité d'un équipement sensible, caractérisé en ce qui comprend les étapes consistant à : définir des conditions électromagnétiques environnementales relatives à l'environnement de l'équipement sensible, déterminer un positionnement de l'équipement sensible dans ledit environnement, et générer, à partir desdites conditions électromagnétiques environnementales et dudit positionnement de l'équipement sensible, un scénario de bruits électromagnétiques comprenant un ensemble de bruits permanents et un ensemble de bruits transitoires.

## PROCÉDÉ DE GÉNÉRATION D'UN SCÉNARIO DE BRUITS ELECTROMAGNETIQUES

La présente invention a pour objet un procédé de génération d'un scénario de bruits électromagnétiques.

5 Actuellement, pour contrôler la fiabilité d'une communication radioélectrique, on détermine généralement l'amplitude minimale du signal utile en fonction de la couverture du réseau et le rapport « signal sur bruit » minimum pour atteindre la qualité de communication souhaitée. Cela permet de fixer un gabarit de bruit électromagnétique  
10 maximum, le gabarit indiquant le niveau de bruit au-dessus duquel la communication est susceptible d'être brouillée.

Cette approche n'est plus applicable avec les nouveaux systèmes de télécommunication numériques, du fait de leur complexité et de l'augmentation des fréquences utilisées. En particulier, lorsqu'un signal  
15 de télécommunication rencontre une perturbation, c'est principalement l'impact sur le taux d'erreur binaire (TEB) qui sera déterminant sur le succès ou l'échec de la transmission. Or, l'effet d'une perturbation radioélectrique sur le taux d'erreur binaire n'est pas uniquement lié à l'amplitude de la perturbation mais dépend au contraire principalement  
20 de sa durée et de sa répétition.

Ainsi, une perturbation d'amplitude très élevée mais très brève pourra passer inaperçue alors qu'une perturbation durable dans le temps ou une perturbation brève mais répétée à intervalles de temps courts, d'amplitude moindre, dégradera davantage le taux d'erreur binaire et  
25 pourra même totalement empêcher l'établissement de la communication.

De plus, dans les hautes fréquences désormais utilisées, les perturbations les plus brèves s'avèrent être les plus pénalisantes. En effet, les phénomènes les plus brefs couvrent une étendue spectrale importante.

30 En outre, la miniaturisation des composants d'électronique et d'électronique de puissance entraîne des changements d'état de plus en plus rapide, ainsi que l'augmentation du nombre de périodes transitoires et de la sensibilité des équipements par rapport aux perturbations extérieures.

35 De plus, l'augmentation de la vitesse des véhicules a pour effet l'augmentation des phénomènes mécaniques à l'origine des

perturbations, ainsi que l'augmentation des changements de bases à l'origine des perturbations.

Pour toutes ces raisons, les méthodes traditionnelles de vérification ou de gestion de la compatibilité électromagnétique sont de plus en plus inadaptées pour contrôler les communications radio transmises par des systèmes de télécommunication actuels.

La présente invention a pour but de proposer un procédé de génération d'un scénario de bruits qui permette de contrôler la fiabilité d'un équipement sensible en évitant les inconvénients précités.

A cet effet, l'invention a pour objet un procédé de génération d'un scénario de bruits électromagnétiques pour le contrôle de la fiabilité d'un équipement sensible, caractérisé en ce qui comprend les étapes consistant à :

- définir des conditions électromagnétiques environnementales relatives à l'environnement de l'équipement sensible,
- déterminer un positionnement de l'équipement sensible dans ledit environnement, et
- générer, à partir desdites conditions électromagnétiques environnementales et dudit positionnement de l'équipement sensible, un scénario de bruits électromagnétiques comprenant un ensemble de bruits permanents et un ensemble de bruits transitoires.

De préférence, le procédé comporte des étapes consistant à programmer un générateur de signal avec ledit scénario de bruits électromagnétiques, et à émettre, à l'aide dudit générateur de signal, un signal correspondant audit scénario de bruits électromagnétiques à destination dudit équipement sensible.

Selon un mode de réalisation de l'invention, ledit environnement étant un train, le procédé comprend une étape consistant à fixer au moins un paramètre parmi la longueur du trajet, la durée du trajet, la vitesse maximale, le type d'électrification de la ligne, l'âge ou l'état de la caténaire et l'existence de sections neutres, ledit au moins un paramètre étant pris en compte pour générer ledit scénario de bruits électromagnétiques.

Avantageusement, le procédé comprend une étape consistant à fixer au moins une caractéristique relative à l'étage d'entrée dudit

équipement sensible, ladite au moins une caractéristique étant prise en compte pour générer ledit scénario de bruits électromagnétiques.

L'invention a également pour objet une machine numérique programmée pour mettre en œuvre le procédé de génération d'un  
5 scénario de bruits électromagnétiques.

L'invention a également pour objet un générateur de signal programmé avec un scénario de bruits électromagnétiques obtenu par l'exécution du procédé de génération d'un scénario de bruits électromagnétiques.

10 L'invention sera mieux comprise, et d'autres buts, détails, caractéristiques et avantages de celle-ci apparaîtront plus clairement au cours de la description explicative détaillée qui va suivre, de plusieurs modes de réalisation de l'invention donnés à titre d'exemples purement illustratifs et non limitatifs, en référence aux dessins schématiques  
15 annexés.

Sur ces dessins :

- la figure 1 est un schéma fonctionnel montrant les étapes d'un procédé de génération d'un scénario de bruits électromagnétiques selon un mode de réalisation de  
20 l'invention ;
- la figure 2 est un schéma fonctionnel montrant des sous-étapes du procédé de la figure 1 permettant la construction d'une base de données ;
- la figure 3 est un graphe montrant la durée de mille évènements transitoires ;  
25
- la figure 4 est un graphe montrant la densité de probabilité des durées des évènements transitoires de la figure 3 ;
- la figure 5 représente une interface graphique permettant à un utilisateur de définir des conditions environnementales ;
- 30 - la figure 6 représente une deuxième interface graphique permettant à un utilisateur de définir des conditions environnementales ;
- la figure 7 représente une interface graphique permettant à un utilisateur de définir l'équipement à tester ;

- la figure 8 représente une deuxième interface graphique permettant à un utilisateur de définir l'équipement à tester ;
- 5 - la figure 9 est un graphe montrant une courbe représentant, en fonction du temps, l'amplitude d'un bruit permanent élémentaire ;
- la figure 10 est un graphe montrant une courbe représentant, en fonction du temps, l'amplitude d'un bruit transitoire élémentaire ;
- 10 - la figure 11 est un graphe montrant deux courbes représentant respectivement, en fonction du temps, deux séquences de bruits permanents ;
- la figure 12 est un graphe montrant deux courbes représentant respectivement, en fonction du temps, deux séquences de bruits transitoires ;
- 15 - la figure 13 est un graphe montrant un exemple de scénario de bruits permanents ;
- les figures 14 à 17 sont des graphes montrant respectivement la densité de probabilité de la durée, du temps de montée, de l'intervalle de temps et de l'amplitude des événements transitoires d'un premier scénario de mesures ;
- 20 - les figures 18 à 21 sont des graphes similaires aux figures 14 à 17 pour un deuxième scénario de mesures ;
- 25 - les figures 22 à 25 sont des graphes similaires aux figures 14 à 17 pour un troisième scénario de mesures ; et
- les figures 26 à 29 sont des graphes similaires aux figures 14 à 17 pour un quatrième scénario de mesures.

30 L'invention a pour objet un procédé de génération d'un scénario de bruits utilisable pour le contrôle de la fiabilité d'un équipement sensible (non représenté), qui peut être, par exemple, un dispositif électronique, un capteur ou un système de télécommunication. Au sens de l'invention, le terme « bruit » désigne un bruit électromagnétique, et le terme « fiabilité » désigne la fiabilité d'un équipement face à des  
35 perturbations électromagnétiques.

En se référant à la figure 1, les étapes 100 et 101 du procédé sont des étapes préliminaires de construction d'une base de données.

L'étape 100 consiste à effectuer des mesures préalables de bruits électromagnétiques dans des environnements variés et à mémoriser des données relatives à ces mesures.

L'étape 101 consiste à analyser les données mémorisées à l'étape 100 pour en extraire des lois statistiques de distribution des paramètres caractéristiques des bruits électromagnétiques.

La figure 2 montre les sous-étapes de l'analyse de données de l'étape 101.

Dans un premier temps, le procédé étudie les durées, les temps de montée, et le taux de répétition des bruits électromagnétiques mémorisés. La figure 3 montre, à titre d'exemple, un graphe représentant la durée de mille événements transitoires. Le temps de montée et le taux de répétition des événements sont étudiés de manière similaire.

Ensuite, le procédé détermine des lois de distribution (et leurs paramètres) des durées, des temps de montée et du taux de répétition, en fonction des conditions de mesures (vitesse, type d'électrification, par exemple).

Pour cela, le procédé détermine la loi statistique qui se rapproche le plus de la distribution de chaque caractéristique temporelle des événements transitoires. La densité de probabilité des durées des événements transitoires de la figure 3 est représentée sur la figure 4. Sur cette figure, le graphe à barres 10 représente la distribution expérimentale et la courbe 11 représente la densité de probabilité empirique estimée à partir de la distribution expérimentale. La courbe 11 représente la fonction densité de probabilité de la loi Lognormale qui s'écrit comme suit :

$$f(D / \mu, \sigma) = \frac{1}{D\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(\ln(D)-\mu)^2}{2\sigma^2}\right)$$

Avec D la durée des événements collectés,  $\mu$  la moyenne de la loi et  $\sigma$  l'écart type de la loi. Les paramètres  $\mu$  et  $\sigma$  sont déterminés à l'aide de la méthode de maximum de vraisemblance permettant de réduire l'écart entre la fonction densité de probabilité estimée et expérimentale. Par exemple  $\mu = -0.17$  et  $\sigma = 0.84$ .

Les temps de montée et le taux de répétition des évènements transitoires sont traités de manière similaire.

Le procédé mémorise les lois statistiques de distribution dans une base de données qui sera par la suite utilisée pour déterminer un  
5 scénario de bruits.

L'étape 102 du procédé consiste à définir des conditions électromagnétiques environnementales relatives à l'environnement de l'équipement sensible, par exemple le type de moyen de transport (train, voiture, ou autre) dans lequel l'équipement sensible est embarqué, ou le  
10 type d'installation (bâtiment industriel ou résidentiel) dans lequel il est disposé.

La figure 5 représente un exemple d'interface graphique permettant à un utilisateur de définir les conditions environnementales. L'utilisateur sélectionne sur l'interface graphique une ou plusieurs  
15 case(s) caractérisant l'environnement. Par exemple, lorsque l'utilisateur sélectionne les cases « mobile » et « train », une deuxième interface graphique (figure 6), dépendant de la ou des case(s) sélectionnée(s), apparaît sur l'écran pour permettre une définition plus précise de l'environnement. Dans l'exemple, l'utilisateur précise qu'il s'agit d'un  
20 TGV.

En variante, une troisième interface graphique peut alors s'afficher sur l'écran pour permettre à l'utilisateur de choisir parmi une liste de lignes à partir des villes de départ et d'arrivée. Ainsi, les différentes informations relatives à la ligne telles que le nombre de gares  
25 traversées, les sections neutres, le type d'électrification, l'âge ou l'état de la ligne, les distances parcourues en zone rurale et urbaine peuvent être préalablement renseignées.

De manière générale, le nombre d'interfaces graphiques affichées successivement dépend de la précision souhaitée pour la  
30 définition de l'environnement.

L'étape 103 du procédé consiste à déterminer un positionnement de l'équipement sensible, notamment la position des antennes et des récepteurs de l'équipement sensible dans le véhicule ou le bâtiment ou  
autre.

La figure 7 représente une interface graphique permettant à un  
35 utilisateur de fournir des informations sur l'équipement. Le choix du

5 système de télécommunication permet de déterminer automatiquement les fréquences sensibles, la topologie complète du système à bord du train et les positions des antennes (par exemple sur le toit, sous le train, en voiture voyageur, en locomotive, ou autre). Il permet également de proposer une liste du type d'antennes pertinentes (figure 8).

10 L'étape 104 du procédé consiste, à partir des conditions électromagnétiques environnementales et du positionnement de l'équipement sensible déterminés aux étapes précédentes, à générer un scénario de bruits. Pour cela, le procédé utilise la base de données construite et mémorisée à l'étape 101.

La base de données permet d'identifier des bruits permanents élémentaires et des bruits transitoires élémentaires.

15 La figure 9 montre une sinusoïde modulée en amplitude, qui définit un bruit permanent élémentaire. La modulation en amplitude permet de simuler soit l'éloignement ou le rapprochement de la source, soit une variation de la puissance émise par la source de bruit.

La figure 10 montre un bruit transitoire élémentaire, qui est défini par un temps de montée  $t_1$ , une durée  $D$  et une amplitude  $A$ .

20 Le procédé extrait ainsi un scénario de bruits permanents et un scénario de bruits transitoires.

Le scénario de bruits permanents représente les bruits qui sont émis par des sources qui émettent continuellement ou avec une périodicité connue et constante, par exemple des émetteurs de radiodiffusion ou des alimentations en fonctionnement permanent. L'amplitude du bruit permanent peut varier légèrement au cours du temps, notamment pour simuler le fait que l'on s'éloigne ou que l'on se rapproche d'un émetteur. On notera que les bruits permanents possèdent généralement des fréquences connues et fixes. Le scénario de bruits permanents est constitué par un ensemble de séquences de bruits permanents, qui se suivent de manière aléatoire sur une durée totale fixée par l'utilisateur du générateur de bruit. La figure 11 représente, à titre d'exemple, deux séquences  $S_1$  et  $S_2$  de bruits permanents.

35 La figure 13 montre un exemple de scénario de bruits permanents. Ce scénario comprend une porteuse GSM avec une modulation de l'amplitude qui simule la variation de distance de l'émetteur, une modulation de l'amplitude sur les canaux TV (on

considère que les émetteurs des différents canaux sont placés aux mêmes endroits, ainsi la modulation de l'amplitude qui simule la variation de distance entre l'équipement embarqué et les émetteurs est la même pour tous les canaux) et une modulation de l'amplitude pour un émetteur FM.

5 Le scénario de bruits permanents est la somme de ces différents signaux sinusoïdaux modulés en amplitude.

Le scénario de bruits transitoires représente les bruits émis suite à des variations subites de courant ou de tension. On constate ce type de bruit avec des hacheurs, certains moteurs, des actionneurs, des switches, 10 des pertes de contact caténaire-pantographe ou des disjoncteurs, par exemple. Les bruits transitoires couvrent généralement de larges bandes de fréquences, qui dépendent de la rapidité du front montant du bruit transitoire (temps de montée  $t_1$ ). Le temps de montée  $t_1$  est caractéristique du dispositif qui est à l'origine du bruit (moteur, 15 actionneur, ou autre) et donc la bande de fréquences couverte également. D'autre part, les bruits transitoires sont généralement répétés. Par exemple, lorsque l'on met des essuie-glaces en marche, on peut constater un bruit transitoire provoqué par le moteur d'essuie-glace à chaque battement d'essuie-glace. On constatera alors un bruit transitoire avec 20 une fréquence de répétition qui dépend de la vitesse des essuie-glaces. Le scénario de bruits transitoires est constitué par un ensemble de séquences de bruits transitoires, qui se suivent de manière aléatoire sur une durée totale fixée par l'utilisateur du générateur de bruit. La figure 12 représente, à titre d'exemple, deux séquences S11 et S12 de bruits 25 transitoires.

La séquence S11 est constituée par la superposition d'un premier signal, correspondant à une perturbation transitoire qui apparaît fréquemment, et d'un deuxième signal, correspondant à une perturbation transitoire peu fréquente. Cela se caractérise par des pics d'une première 30 amplitude  $A_1$  apparaissant à une première fréquence  $f_1$  et des pics d'une deuxième amplitude  $A_2$ , avec  $A_2 > A_1$ , apparaissant à une deuxième fréquence  $f_2$ , avec  $f_2 < f_1$ .

La séquence S12 est constituée par des pics apparaissant à la fréquence  $f_1$ , les trois premiers pics présentant une amplitude  $A_2$  35 supérieure à l'amplitude  $A_1$  des pics suivants. Ce changement

d'amplitude peut être dû, par exemple, à un éloignement d'une source de bruit transitoire.

A titre d'exemple, dans le cas d'un équipement embarqué dans un train, les perturbations comprennent des perturbations transitoires qui apparaissent fréquemment lors des conditions de circulation régulières du train, des perturbations transitoires peu fréquentes qui se produisent dans des conditions particulières, par exemple aux passages sous section neutre, et des perturbations permanentes qui proviennent des émetteurs de radiotéléphonie, de télévision, de radiodiffusion, ou autre, situés le long des voies.

Le procédé génère ainsi un scénario de bruits en superposant plusieurs bruits permanents et transitoires. Cela permet de fournir des scénarios de perturbations typiques de certains environnements ou contextes, par exemple bureaux équipés de dispositifs Wi-Fi, milieu industriel, milieu résidentiel, moyen de transports, base aérienne, ou autre. Un scénario de bruit peut contenir à la fois des perturbations permanentes volontaires ou non et des perturbations transitoires. Les perturbations transitoires peuvent correspondre à des double exponentielles simples ou modulées par une sinusoïde centrée sur une fréquence correspondant à la bande de fréquence de fonctionnement du système qu'on veut tester, notamment dans le cas d'un système de communication. Les caractéristiques temporelles des doubles exponentielles et leur amplitude ont des distributions qui suivent des lois statistiques déterminées préalablement à l'issue de campagnes de mesures.

Le scénario de bruits est ensuite utilisé pour programmer un générateur de signal, ce qui permet notamment de tester un équipement, par exemple un système de télécommunication (étape 105). Le système de télécommunications peut être testé à deux niveaux.

Un premier niveau consiste à soumettre les équipements physiques (les émetteurs et les récepteurs) du système de télécommunication à des perturbations électromagnétiques et à vérifier que « l'électronique » supporte cette agression EM.

Un deuxième niveau consiste à établir une communication entre un émetteur et un récepteur du système de communication et à vérifier que l'information est correctement comprise par le récepteur en présence

des perturbations électromagnétiques. Dans ce second cas, on teste non seulement l'effet des perturbations sur les équipements et sur le signal utile mais également sur le protocole de télécommunication dans le cas des systèmes modernes. En effet, les nouveaux systèmes de  
5 télécommunication emploient des protocoles relativement complexes, qui peuvent être très divers et mettre en jeu des redondances d'information afin de pallier certains types d'erreur de transmission. Les éléments qui peuvent varier sont le type de modulation, les fréquences, le nombre de canaux, le temps d'utilisation du canal, le nombre  
10 d'utilisateurs possible sur un canal de fréquences, la possibilité de changer ou non de canal si le canal est trop bruité, la possibilité de répéter l'envoi des données si il n'y a pas eu de confirmation de réception. Ainsi selon leur protocole, certains systèmes peuvent être plus sensibles à des perturbations permanentes sur certaines fréquences ou  
15 plus sensibles à des perturbations transitoires répétées.

On notera qu'avec les systèmes de test connus, on teste uniquement l'effet de perturbations permanentes sur un canal à la fois. Or, dans le cas des systèmes de télécommunication récents, lorsque l'on génère des perturbations transitoires, on couvre plusieurs canaux de  
20 fréquences simultanément. Ainsi, même si le protocole permet de changer de canal, on ne s'affranchit pas des perturbations. Dans ce cas, c'est la fréquence de répétition de la perturbation transitoire qui sera probablement déterminante sur la qualité de réception de la communication.

25 Ainsi, en générant des scénarios comportant à la fois des bruits permanents et transitoires, on peut mettre en oeuvre des essais pertinents face à tout type de protocole.

On notera que les générateurs de bruit connus sont des générateurs de bruit blanc, c'est-à-dire qu'ils produisent un bruit qui  
30 couvre uniformément une large bande de fréquences. La bande de fréquences couverte est généralement un paramètre invariant qui caractérise le type d'équipement. Au contraire, le procédé selon l'invention permet de générer un bruit variable dans le temps, ce qui permet de prendre en compte les paramètres qui définissent les systèmes  
35 de télécommunication actuels, notamment les paramètres liés au protocole de télécommunication (fréquences, nombre de canaux,

handover, répétition et durée des messages binaires) et les paramètres qui caractérisent les perturbations (amplitude, fréquences, durée, répétition). En d'autres termes, le procédé selon l'invention permet de simuler des conditions plus réalistes.

5 Le scénario de bruits peut également être employé afin d'établir des procédures d'essais de compatibilité électromagnétique en laboratoire représentatives des circonstances que rencontrera l'équipement sensible dans son utilisation courante.

10 Dans un mode de réalisation de l'invention, le procédé comprend une étape supplémentaire dans laquelle un utilisateur fixe des paramètres, par exemple la longueur et la durée du trajet, la vitesse maximale, le type d'électrification de la ligne, l'âge ou l'état de la caténaire, l'existence de sections neutres et le type de zone (rurale ou urbaine). Ces paramètres sont ensuite pris en compte par le procédé pour  
15 déterminer les chances d'apparition des perturbations et les amplitudes atteintes.

Il est également possible de fixer des caractéristiques relatives à l'étage d'entrée du système (réponse de l'antenne de réception, filtre) de façon à corriger les perturbations pour offrir un scénario de perturbations  
20 représentatif de ce que reçoit réellement le système de télécommunication.

On va maintenant décrire plus en détails, à titre d'exemple, le cas des bruits transitoires reçus par une antenne située sur un train.

25 Pour chaque paramètre temporel et d'amplitude, les lois restent les mêmes (loi log normale par exemple). En revanche, les paramètres des lois statistiques changent en fonction des deux points suivants :

- L'endroit de fixation de l'antenne d'émission / réception du système qu'on veut protéger (distance entre  
30 pantographe et antenne GSM-R). Le changement de la position de l'antenne a principalement un impact sur les paramètres de la loi qui contrôle les amplitudes des bruits transitoires. En plus, même pour une position constante de l'antenne d'émission / réception du système, on peut  
35 choisir de changer les paramètres de la loi qui contrôle les amplitudes des transitoires afin de les faire varier et tester ainsi l'immunité du système face à des conditions de bruits

EM transitoires d'amplitudes plus élevées, par exemple lors de la présence de conditions météorologiques sévères (humidité importante, givre sur la caténaire, ou autre).

- Les conditions d'opération dans lesquelles le système à protéger évolue (vitesse, électrification, âge de la caténaire, ou autre). Le changement des conditions d'opération a principalement un impact sur les paramètres de la loi qui contrôle les intervalles de temps qui séparent deux événements transitoires. Généralement, les conditions d'opérations n'ont pas d'impact sur les caractéristiques statistiques des temps de montées, des durées ou de l'amplitude des perturbations EM transitoires.

A partir de ces analyses et en faisant l'hypothèse d'un régime linéaire local, des nouveaux scénarios de bruits, qui n'ont pas nécessairement été mesurés préalablement, peuvent être composés. En effet, le procédé peut par exemple utiliser une loi qui régit la distribution des amplitudes pour une antenne placée à 5 m du pantographe et une loi qui régit les intervalles de temps à une vitesse de 250 km/h du train, sans que cette situation n'ait été mise en œuvre et mesurée précédemment.

Pour illustrer ce cas, quatre scénarios de mesures sont décrits ci-dessous.

Un premier scénario correspond à une vitesse de croisière à 100 km/h et une antenne GSM-R fixée à 1 mètre du pantographe.

Les caractéristiques temporelles et d'amplitude des événements transitoires qui composent le scénario de bruits généré suivent des lois statistiques prédéfinies, dont les fonctions densités de probabilité sont représentées sur les figures 14 à 17.

En se référant aux figures 18 à 21, un deuxième scénario correspond à une vitesse de croisière à 300 km/h et une antenne GSM-R fixée à 1 mètre du pantographe.

A position constante de l'antenne et avec les mêmes conditions d'opérations du train, la durée, le temps de montée et l'amplitude des événements transitoires conservent les mêmes distributions. Par contre, l'augmentation de la vitesse du train introduit un changement sur l'occurrence des événements transitoires. Ceci impacte la loi statistique

des intervalles de temps qui séparent deux événements transitoires (figure 20). Pour générer un nouveau scénario de bruits transitoires, il faut donc adapter les paramètres statistiques de la loi qui contrôle les intervalles de temps.

5 En se référant aux figures 22 à 25, un troisième scénario correspond à une vitesse de croisière à 300 km/h et une antenne GSM-R fixée à 3 mètre du pantographe.

En fixant l'antenne GSM-R à 3 mètres du pantographe et en maintenant la vitesse du train à 300 km/h, seuls les paramètres de la loi statistique qui contrôle les amplitudes des événements transitoires  
10 changent par rapport aux conditions du deuxième scénario (figure 25).

Le déplacement de la position de l'antenne de 1 mètre à 3 mètres fait augmenter la densité des événements transitoires de faibles amplitudes et fait baisser la densité des événements transitoires à forte  
15 amplitude.

En se référant aux figures 26 à 29, un quatrième scénario correspond à une vitesse de croisière à 100 km/h et une antenne GSM-R fixée à 3 mètres du pantographe.

La diminution de la vitesse du train de 300 km/h à 100 km/h  
20 implique une réduction de la récurrence des événements transitoires par rapport au troisième scénario, donc une diminution de la densité des intervalles de temps courts et une augmentation de la densité des intervalles de temps les plus élevés (figure 28).

Pour générer des scénarios de bruit, le procédé détermine donc  
25 les lois des durées et des temps de montée qui restent stables dans les cas présentés. Néanmoins, dans un cas où on s'intéresserait à une autre antenne de réception située sur le train et possédant différentes bandes passantes, les paramètres des lois des temps de montée et des durées pourraient être ajustés afin de prendre en compte les caractéristiques de  
30 cette seconde antenne.

Le procédé sélectionne :

- une loi pour les intervalles de temps qui dépendent de la vitesse à laquelle le système doit fonctionner, cette loi pouvant correspondre à une loi établie à partir de la mesure ou une loi extrapolée  
35 à partir d'autres cas. Par exemple, le procédé peut extrapoler une loi à

200 km/h si il a accès à des données relatives à des lois mesurées à 100 km/h et 300 km/h.

- une loi pour les amplitudes qui dépendent de la position à laquelle l'antenne sera placée. Comme précédemment, le procédé peut extrapoler certaines lois.

A partir de ces lois, le procédé génère un tableau dans lequel figurent des valeurs successives correspondant à des temps de montée, à des durées, à des intervalles de temps et à des amplitudes. Les bruits transitoires qui se succèdent dans le scénario sont définis par les valeurs présentes dans chacune des colonnes. Le nombre de colonnes du tableau dépend de la durée du scénario que l'on souhaite mettre en œuvre.

Bien que l'invention ait été décrite en relation avec plusieurs modes de réalisation particuliers, il est bien évident qu'elle n'y est nullement limitée et qu'elle comprend tous les équivalents techniques des moyens décrits ainsi que leurs combinaisons si celles-ci entrent dans le cadre de l'invention.

## REVENDICATIONS

1. Procédé de génération d'un scénario de bruits électromagnétiques pour le contrôle de la fiabilité d'un équipement sensible, caractérisé en ce qui comprend les étapes consistant à :
- 5
- définir des conditions électromagnétiques environnementales relatives à l'environnement de l'équipement sensible,
  - déterminer un positionnement de l'équipement sensible dans ledit environnement, et

10

  - générer, à partir desdites conditions électromagnétiques environnementales et dudit positionnement de l'équipement sensible, un scénario de bruits électromagnétiques comprenant un ensemble de bruits permanents et un ensemble de bruits transitoires.
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il
- 15
- comporte des étapes consistant à programmer un générateur de signal avec ledit scénario de bruits électromagnétiques, et à émettre, à l'aide dudit générateur de signal, un signal correspondant audit scénario de bruits électromagnétiques à destination dudit équipement sensible.
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, ledit environnement
- 20
- étant un train, caractérisé en ce qu'il comprend une étape consistant à fixer au moins un paramètre parmi la longueur du trajet, la durée du trajet, la vitesse maximale, le type d'électrification de la ligne, l'âge ou l'état de la caténaire et l'existence de sections neutres, ledit au moins un paramètre étant pris en compte pour générer ledit scénario de bruits
- 25
- électromagnétiques.
4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'il comprend une étape consistant à fixer au moins une caractéristique relative à l'étage d'entrée dudit équipement sensible, ladite au moins une caractéristique étant prise en compte pour générer
- 30
- ledit scénario de bruits électromagnétiques.
5. Machine numérique programmée pour mettre en œuvre le procédé de génération d'un scénario de bruits électromagnétiques selon l'une quelconque des revendications 1 à 4.
6. Générateur de signal programmé avec un scénario de bruits
- 35
- électromagnétiques obtenu par l'exécution du procédé de génération

d'un scénario de bruits électromagnétiques selon l'une quelconque des revendications 1 à 4.

1/6

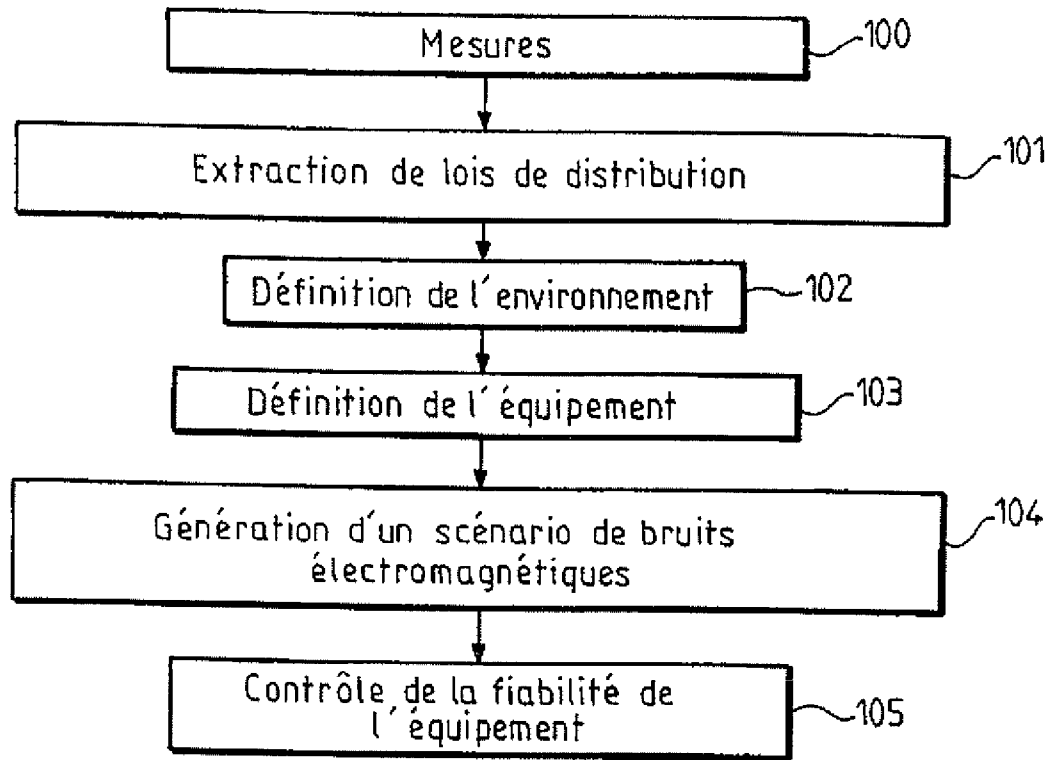


FIG.1

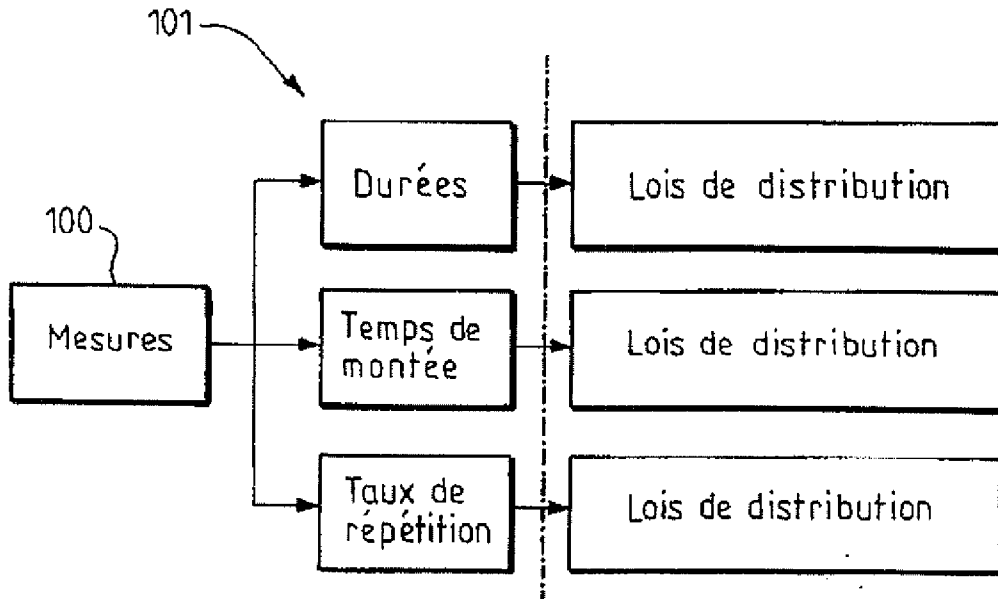


FIG.2

2/6

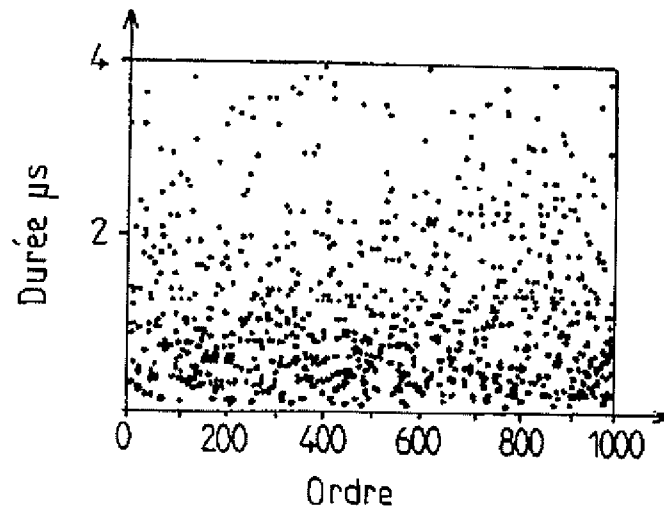


FIG.3

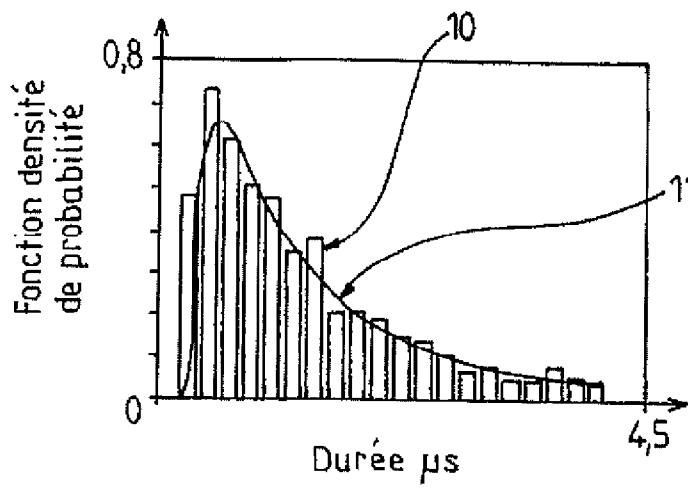


FIG.4

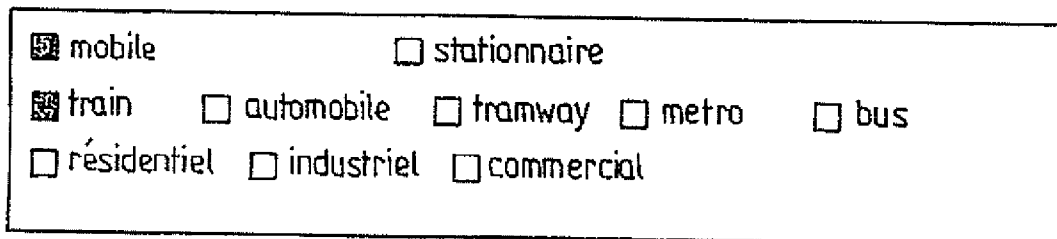


FIG.5

TGV  TER  FRET   
Longueur du trajet  Vitesse commerciale   
Nombre de gare traversées   
Distance en zone rurale  Distance en zone urbaine   
Type de locomotive  Age de la locomotive

FIG.6

Dispositif de télécommunication  Dispositif électronique   
GSM-R  
WIFI  
Radio sol train  
TNT  
... ▼

FIG.7

Type d'antenne  
Omidirectional-double band 440-470MHz&870-960MHz  
Omidirectional-band 870-960MHz  
...  
Autre antenne ▼  
Distance antenne-pantographe

FIG.8

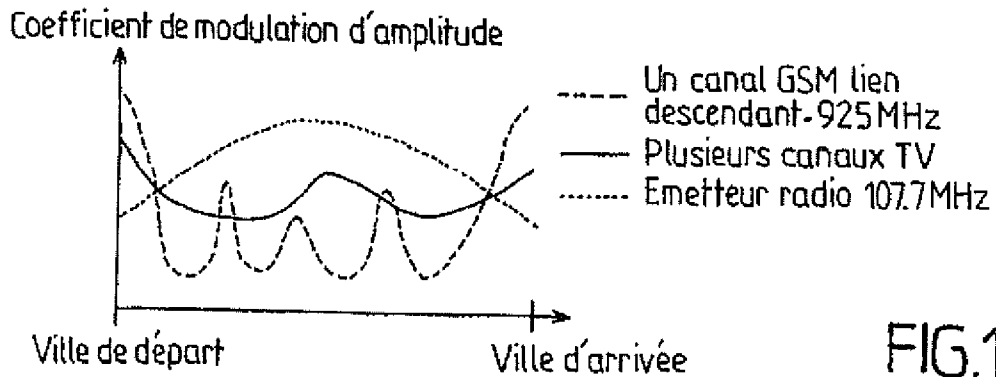


FIG.13

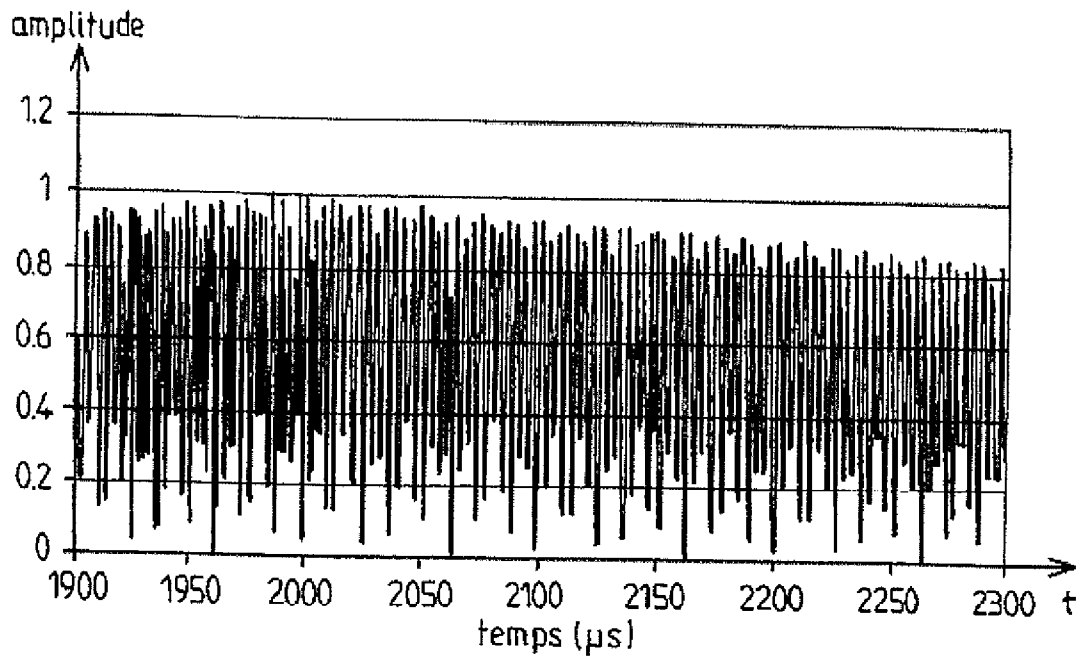


FIG.9

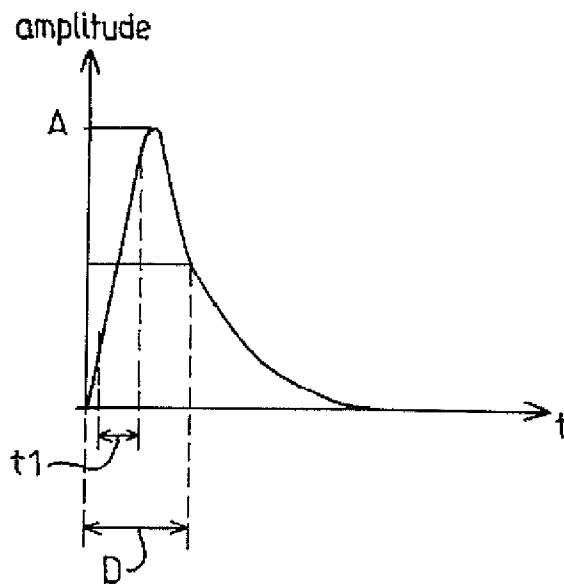


FIG.10

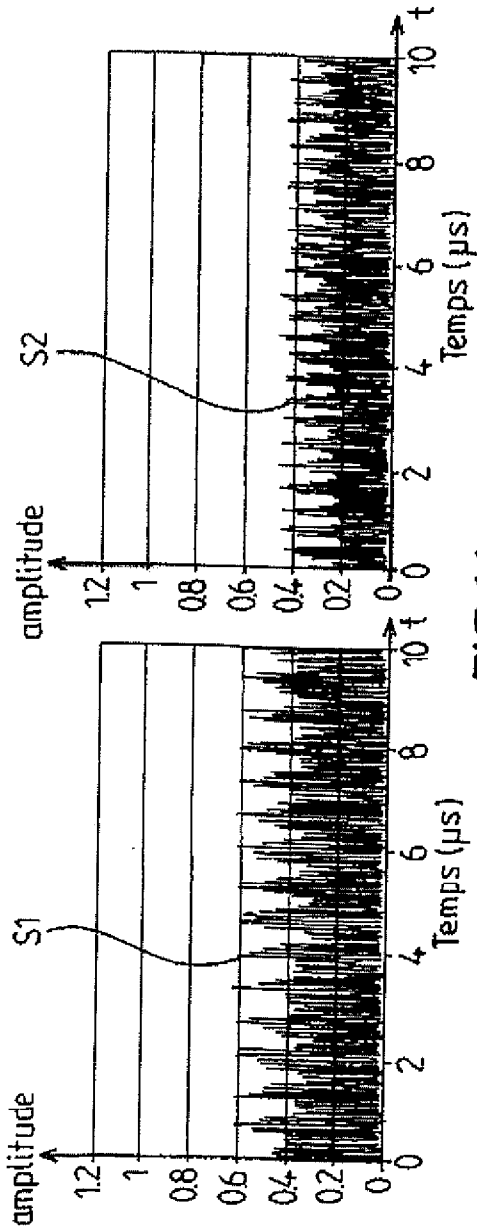


FIG.11

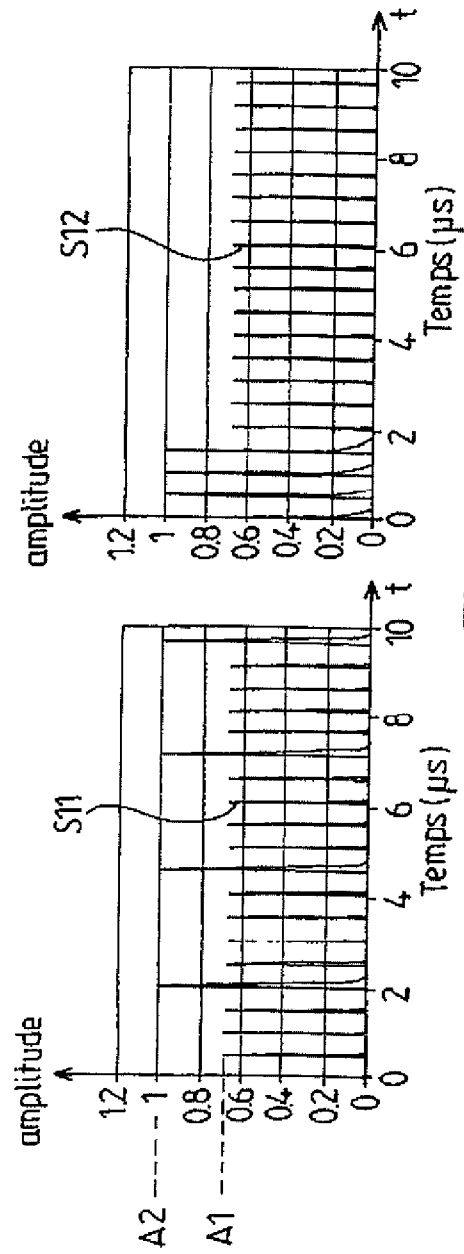


FIG.12

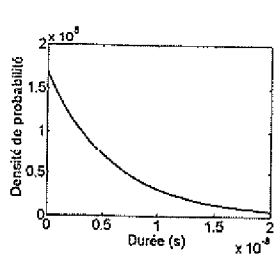


Fig.14

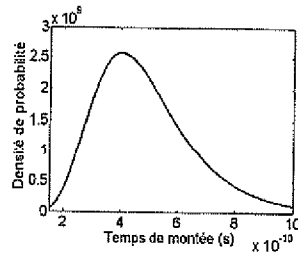


Fig.15

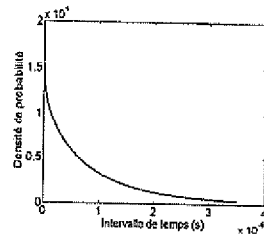


Fig.16

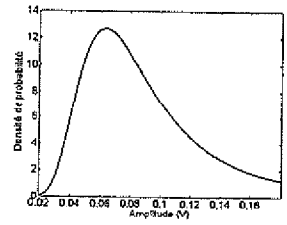


Fig.17

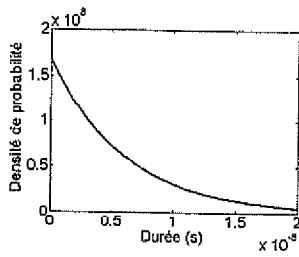


Fig.18

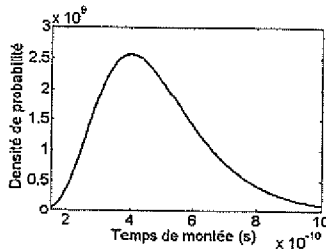


Fig.19

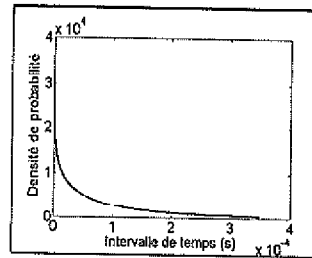


Fig.20

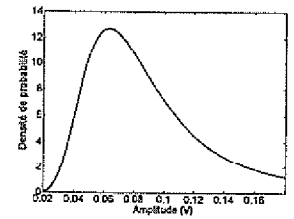


Fig.21

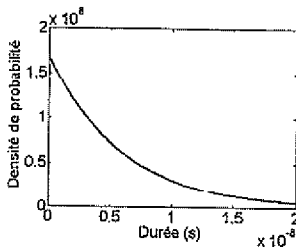


Fig.22

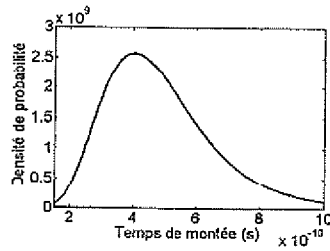


Fig.23

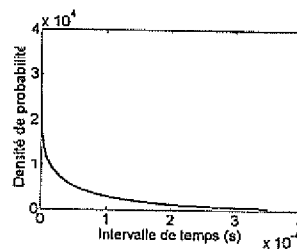


Fig.24

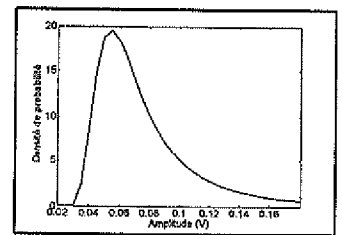


Fig.25

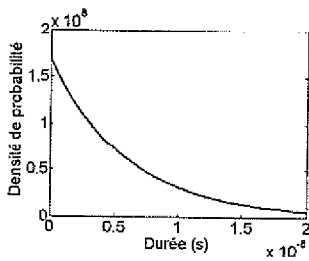


Fig.26

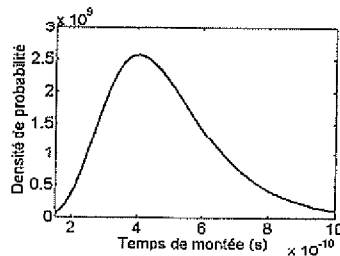


Fig.27

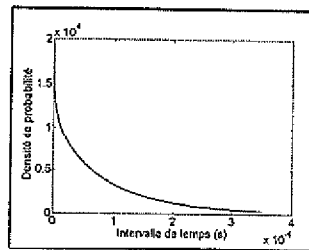


Fig.28

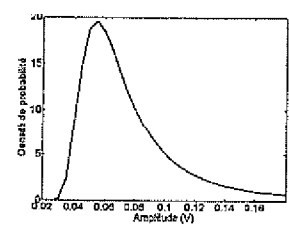


Fig.29

DESSIN POUR L'ABRÉGÉ

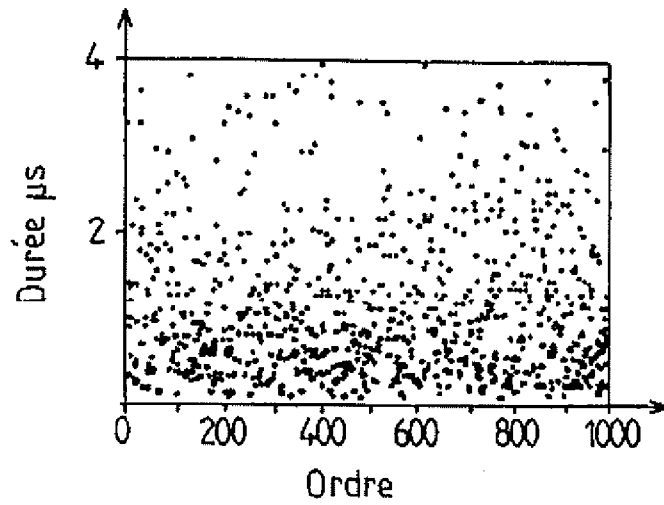


FIG.3