



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
30.10.2002 Bulletin 2002/44

(51) Int Cl.7: **G06F 7/58**, G06F 1/02
// G06F101/14

(21) Numéro de dépôt: **02290060.9**

(22) Date de dépôt: **10.01.2002**

(84) Etats contractants désignés:
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE TR**
Etats d'extension désignés:
AL LT LV MK RO SI

(72) Inventeurs:
• **Gabet, Pascal**
94117 Arcueil Cedex (FR)
• **De Gouy, Jean-Luc**
94117 Arcueil Cedex (FR)

(30) Priorité: **16.01.2001 FR 0100541**

(74) Mandataire: **Dudouit, Isabelle**
Thales Intellectual Property
13, avenue Président Salvador Allende
94117 Arcueil Cedex (FR)

(71) Demandeur: **Thales**
75008 Paris (FR)

(54) **Procédé et dispositif de génération d'un signal aléatoire à histogramme et spectre contrôlés**

(57) Procédé et dispositif de génération d'un signal aléatoire comportant :

- une première étape (a) de génération d'un signal pseudo-aléatoire,
- une deuxième étape (b) de filtrage (F_1) du signal issu de l'étape (a) pour obtenir un signal $x(t)$ ayant une enveloppe spectrale prédéterminée $H(f)$,
- une troisième étape (c) où une fonction non-linéaire g est appliquée au signal $x(t)$ de façon à former un

signal $y(t)$ et pour créer des remontées ou overshoots sur les bords de l'histogramme du signal $y(t)$,

- une quatrième étape (d) de filtrage (F_2) permettant de lisser les remontées ou overshoots de l'histogramme du signal $y(t)$, de compenser l'effet de la non-linéarité et d'effectuer un complément de filtrage à (F_1).

Application dans un système de conversion analogique-numérique ou numérique-analogique

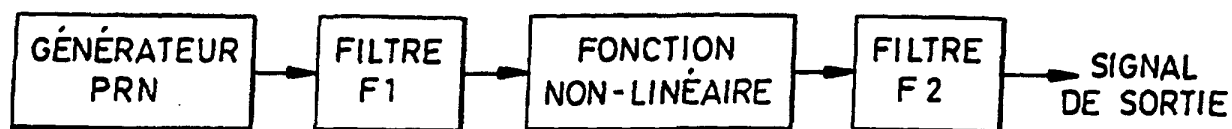


FIG.1

Description

[0001] La présente invention concerne un procédé et un dispositif de génération d'un signal aléatoire. L'invention s'applique notamment au domaine de la conversion numérique-analogique et au domaine de la conversion analogique-numérique utilisant un tel système aléatoire.

[0002] Elle s'applique par exemple dans le domaine des techniques radar ou dans celui de l'instrumentation ou encore dans le domaine des communications.

[0003] Les dispositifs de conversion, qu'ils soient numérique-analogique ou analogique-numérique sont très largement utilisés dans de nombreux systèmes et leurs performances constituent généralement un point critique de ces derniers, comme l'illustre la synthèse numérique directe.

[0004] La synthèse numérique directe est une technique de synthèse de fréquence qui consiste à élaborer en valeurs numériques les échantillons d'un signal que l'on veut générer et à convertir ces échantillons en signaux analogiques grâce à un convertisseur numérique-analogique. Les synthétiseurs de signaux obtenus par cette technique sont très attractifs en ce qui concerne leur volume, leur poids et leur consommation d'énergie, car ils peuvent bénéficier d'une intégration importante. Leurs autres avantages sont notamment une très grande résolution et des temps de commutation très faibles d'une fréquence à l'autre. Cependant, le passage d'un signal utile dans le convertisseur numérique-analogique s'accompagne de la création de signaux parasites qui sont dus aux non-linéarités de ces convertisseurs. Ces non-linéarités désignent le fait que les marches d'escalier de la fonction de transfert du convertisseur numérique-analogique ne sont pas d'égales hauteurs et que la transition entre marches produit des phénomènes irréguliers.

[0005] Le même problème se retrouve dans des applications à base de convertisseurs analogique-numérique où le passage des signaux dans ces convertisseurs s'accompagne ici aussi de la création de signaux parasites dus aux non-linéarités.

[0006] Il est connu de l'art antérieur d'ajouter un signal aléatoire au signal utile, avant le passage dans le convertisseur, afin de diminuer le niveau des signaux parasites en réduisant l'effet des non-linéarités du convertisseur évoquées précédemment. Ce signal aléatoire est désigné communément par le terme anglo-saxon « dither ». Le signal utile est généralement à bande limitée et la fréquence d'horloge du système, par exemple un synthétiseur numérique, est généralement supérieure à cette bande. Cela laisse un espace spectral vide pour placer le signal aléatoire.

[0007] Pour être pleinement efficace, ce signal aléatoire doit posséder certaines caractéristiques. Tout d'abord, son spectre doit être maîtrisé pour qu'il n'empiète pas dans la bande des signaux utiles. En second lieu, il apparaît que la qualité de la linéarisation des con-

vertisseurs dépend de l'histogramme des amplitudes temporelles du signal aléatoire. Par exemple, une loi gaussienne produit une linéarisation moins bonne que celle obtenue par une loi rectangulaire. Il y a donc un réel avantage à pouvoir maîtriser pour le signal aléatoire à la fois le spectre et l'histogramme.

[0008] Des méthodes sont connues pour obtenir un signal aléatoire avec une enveloppe spectrale donnée. Des méthodes sont aussi connues pour obtenir un signal aléatoire avec une loi de distribution des amplitudes donnée. Ces méthodes sont notamment décrites dans les ouvrages traitant du calcul des probabilités comme par exemple l'ouvrage intitulé:

« Simulation déterministe du hasard » de J.Maurin aux éditions Masson.

[0009] Le brevet FR 2 783 374 du demandeur enseigne un procédé et un dispositif de génération d'un signal aléatoire. Il décrit une méthode permettant de construire un signal aléatoire où l'enveloppe spectrale et la loi de distribution des amplitudes temporelles sont imposées simultanément. Pour cela, le procédé met en oeuvre une suite de quatre étapes ou opérations de traitement du signal, la répétition d'une partie d'entre elles, notamment les étapes 3 et 4 faisant converger les paramètres du signal aléatoire vers les lois désirées. L'itération des étapes permet d'approcher progressivement la loi de distribution fixée, puis de corriger l'enveloppe spectrale.

[0010] Malgré toute son efficacité, cette méthode itérative n'est pas adaptée pour tous les types de calcul, notamment pour le calcul en temps réel du signal aléatoire. Elle implique l'utilisation de différentes fonctions non-linéaires pour restaurer l'histogramme visé à chaque itération.

[0011] L'idée de l'invention repose sur une nouvelle approche qui permet de calculer, en temps réel, un signal aléatoire avec une enveloppe spectrale prédéterminée et un histogramme des amplitudes proche d'une loi rectangulaire, c'est-à-dire équirépartie.

[0012] Dans la suite de la description on désigne sous l'expression « signal utile », le signal que l'on souhaite convertir sans distorsion par un CNA ou un CAN. A cette fin, le signal aléatoire ou bruit qui est généré par le dispositif selon l'invention est additionné à ce signal utile de façon à linéariser la caractéristique de transfert du CNA ou du CAN.

[0013] L'invention a pour objet un procédé de génération d'un signal aléatoire. Il est caractérisé en ce qu'il comporte au moins les étapes suivantes :

- une première étape (a) de génération d'un signal pseudo-aléatoire,
- une deuxième étape (b) de filtrage (F_1) du signal issu de l'étape (a) pour obtenir un signal $x(t)$ ayant une enveloppe spectrale prédéterminée $H(f)$,
- une troisième étape (c) où une fonction non-linéaire g est appliquée au signal $x(t)$ de façon à former un signal $y(t)$ et pour créer des remontées ou overshoots sur les bords de l'histogramme du signal $y(t)$,

- une quatrième étape (d) de filtrage (F_2) permettant de lisser les remontées ou overshoots de l'histogramme du signal $y(t)$, de compenser l'effet de la non-linéarité et d'effectuer un complément de filtrage à (F_1).

[0014] Les remontées ou overshoots sont plus ou moins prononcés en fonction notamment de la forme de l'histogramme final.

[0015] Selon un mode de réalisation, la fonction non-linéaire est par exemple une fonction à facettes D_i et le nombre des segments et le rapport des pentes des différents segments sont choisis en fonction de l'histogramme issu de l'étape de filtrage F_1 .

[0016] Le signal pseudo-aléatoire est par exemple un bruit blanc.

[0017] L'invention a également pour objet un dispositif pour la mise en oeuvre du procédé précité comportant par exemple au moins les éléments suivants :

- a) des moyens pour générer un signal pseudo-aléatoire,
- b) des moyens (F_1) pour filtrer le signal pseudo-aléatoire afin d'obtenir un signal $x(t)$ ayant une enveloppe spectrale prédéterminée $H(f)$,
- c) un dispositif adapté à générer une fonction non-linéaire pour former à partir du signal $x(t)$ présentant un histogramme de type gaussien, un signal $y(t)$ dont l'histogramme est de type rectangulaire avec des remontées ou overshoots,
- d) des moyens (F_2) adaptés à lisser les remontées ou overshoots de l'histogramme du signal $y(t)$, à compenser l'effet de la non-linéarité et à effectuer un complément de filtrage à (F_1).

[0018] Le signal généré est par exemple un bruit blanc.

[0019] L'invention a notamment les avantages suivants :

- améliorer la non linéarité des convertisseurs analogique-numérique ou numérique-analogique,
- pouvoir s'appliquer à de nombreux systèmes,
- être économique et simple dans sa mise en oeuvre.

[0020] D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à l'aide de la description qui suit, faite en regard de dessins annexés, à titre illustratif et nullement limitatifs, qui représentent :

- la figure 1, une illustration des étapes possibles du procédé selon l'invention,
- la figure 2, un exemple détaillé d'un générateur de codes pseudoaléatoires,
- la figure 3, un histogramme en sortie de la première étape du procédé selon l'invention,
- la figure 4 un spectre de bruit en sortie de générateur PRN,

- les figures 5 et 6, respectivement un histogramme et le spectre du signal en sortie du premier filtre,
- les figures 7, 8 et 9 une fonction de non linéarité, l'histogramme et le spectre après application de la fonction de non linéarité,
- les figures 10 et 11 un histogramme et un spectre en sortie du deuxième filtre,
- la figure 12 un mode de réalisation possible d'un système de conversion numérique-analogique utilisant un signal aléatoire généré selon l'invention,
- la figure 13 un exemple de système de conversion analogique-numérique utilisant un signal aléatoire généré selon l'invention.

[0021] La figure 1 décrit un exemple possible des étapes mises en oeuvre par le procédé selon l'invention. Ce dernier est composé notamment d'une suite d'étapes ou de traitement du signal qui permet le calcul en temps réel d'un signal aléatoire avec une enveloppe spectrale prédéterminée et un histogramme des amplitudes proches d'une loi rectangulaire, c'est-à-dire équirépartie.

[0022] Le procédé selon l'invention comporte une première étape (a) dans laquelle un code pseudo-aléatoire est généré, par exemple au moyen d'un générateur, 1, PRN (abrégé en anglo-saxon de Pseudo-Random Noise). Le générateur PRN est par exemple construit à partir d'un registre à décalage rebouclé sur lui-même à l'aide d'un ou de plusieurs OU exclusifs. Ce type de générateur est décrit dans de nombreux articles ou ouvrages comme par exemple dans l'ouvrage intitulé « Spread Spectrum Communications » Volume 1 de Simon, Omura, Scholtz et Levitt.

[0023] Le signal pseudo-aléatoire généré est par exemple un bruit blanc.

[0024] Le générateur PRN délivre à sa sortie des mots numériques sur m bits, par exemple, dont les valeurs sont équiréparties dans l'intervalle d'amplitude $[-2^{m-1}, 2^{m-1}-1]$ et dont l'enveloppe spectrale est constante entre la fréquence 0 et la fréquence $F_H/2$ où F_H est la fréquence d'horloge qui cadence les décalages du registre.

[0025] A titre d'exemple, la figure 2 donne le schéma synoptique d'un générateur PRN réalisé à partir d'un registre à décalage, 30, de 28 bits.

[0026] Les bits N° 3 et 28 sont combinés par un OU Exclusif, 31, dont la sortie est réinjecté à l'entrée, 32, du registre pour donner un cycle de fonctionnement de longueur maximale égale à $2^{28}-1$ coups d'horloge. Les 28 bits du registre sont ensuite combinés par des OU Exclusifs, 33, pour donner naissance à un signal aléatoire sur m bits avec $m = 13$ bits dans l'exemple de la figure 2.

[0027] La figure 3 représente l'histogramme des amplitudes du générateur PRN de la figure 2, la valeur de l'amplitude en abscisse est comprise entre -4096 et +4095, l'ordonnée correspond au taux d'apparition des différentes amplitudes. Il est à noter que ce taux est sensiblement équiréparti.

[0028] La figure 4 représente un diagramme de l'amplitude spectrale, exprimée en dB, en fonction de la fréquence du signal $s(t)$ généré par le PRN. L'enveloppe de ce signal est sensiblement constante entre 0 et $F_H/2$.

[0029] L'une des fonctions des filtres F_1 et F_2 utilisés dans la présente invention est de creuser le spectre du générateur PRN dans la bande de fréquence où sera situé le signal utile tel que défini précédemment, à savoir le signal utile que l'on souhaite convertir sans distorsion par un CNA ou un CAN.

[0030] Chaque filtre participe d'une façon différente, les caractéristiques du premier filtre F_1 sont optimisées et choisies pour creuser le signal dans une limite où la non-linéarité ne détruit pas trop l'effet du filtrage et celles du deuxième filtre F_2 pour recreuser le spectre du nombre de dB nécessaire en fonction de la dynamique recherchée.

[0031] Pour cela le gabarit pour chacun des filtres F_1 et F_2 est déterminé de façon telle que le résidu de bruit restant dans la bande utile soit compatible avec la dynamique recherchée pour le signal utile. Le terme dynamique représente dans ce contexte, le rapport entre le niveau du signal utile et le niveau maximum des signaux parasites dans une bande donnée où se trouvent les signaux utiles. Ainsi en fonction de l'application du générateur dans un système de conversion analogique-numérique ou numérique-analogique, le spectre du signal aléatoire ne doit pas empiéter dans la bande des signaux utiles. Le choix du gabarit de filtre est par exemple fonction de la largeur de spectre du signal aléatoire, de la fréquence d'horloge du CNA ou CAN et de la dynamique recherchée pour le système.

[0032] De plus, afin d'obtenir un histogramme final proche d'une loi rectangulaire, une fonction de non-linéarité est appliquée entre les deux étapes de filtrage.

[0033] Les étapes (b), (c) et (d) permettant d'obtenir de tels résultats sont par exemple décrites ci-après.

[0034] Une deuxième étape (b) permet de filtrer la bande du bruit ou de limiter cette bande en creusant un trou dans la portion du spectre où sera placé le signal utile.

[0035] Le filtre F_1 est par exemple optimisé pour que ce trou soit limité à une profondeur de l'ordre de 10 à 30 dB par rapport au maximum du spectre du bruit dans une bande au moins égale à celle des signaux utiles et de préférence de 15 à 25 dB. En effet, le passage dans la non-linéarité a notamment pour conséquence de tendre à reboucher ce trou à un niveau situé généralement autour de -25 dBc par rapport au maximum du spectre du bruit.

[0036] La figure 5 montre un histogramme du signal de bruit après le filtre F_1 , la valeur de l'amplitude étant donnée en abscisse et le taux d'apparition indiqué en ordonnées. Cet histogramme tend vers une loi gaussienne.

[0037] La figure 6 donne le spectre du signal $x(t)$ du bruit en sortie du premier filtre F_1 . On note sur cet exemple un trou creusé de l'ordre de -20 dBc par rapport au

maximum du bruit autour d'une fréquence voisine de $0,15 F_H$. La valeur de -20 dBc n'est qu'un exemple donnée à titre illustratif. Cette valeur peut varier notamment en fonction de l'application. En fait, les caractéristiques du filtre F_1 sont choisies afin que la fonction de non-linéarité ne détruise pas trop l'effet de filtrage comme il a été exposé précédemment.

[0038] Au cours d'une troisième étape (c), le procédé applique une fonction non-linéaire au signal $x(t)$ issu du premier filtre F_1 de façon à créer des remontées (terme connu sous le mot anglais overshoots) sur les bords de l'histogramme du signal obtenu en sortie de F_1 . On cherche à favoriser les amplitudes extrêmes du signal.

[0039] La fonction non linéaire est par exemple constituée de facettes, c'est-à-dire de segments linéaires D_i présentant des pentes de valeurs différentes. Le rapport des pentes des différents segments crée les remontées ou overshoots. Le nombre de segments et les valeurs des pentes des différents segments dépendent par exemple de l'histogramme obtenu en sortie du filtre F_1 , donc de l'application.

[0040] La figure 7 illustre un exemple d'une fonction non linéaire comportant 5 facettes, D_1, D_2, D_3, D_4 et D_5 , l'abscisse correspondant à la valeur instantanée du signal $x(t)$ et l'ordonnée à la valeur instantanée du signal $y(t)$ obtenu par application de la fonction non linéaire.

[0041] L'histogramme du signal obtenu après application de la fonction non-linéaire est représenté sur la figure 8. L'abscisse correspond à la valeur instantanée de l'amplitude du signal et l'ordonnée à son taux d'apparition.

[0042] Par rapport à l'histogramme de la figure 5, l'histogramme présente une forme de type rectangulaire plutôt que gaussienne avec des remontées ou overshoots présents sur les deux bords extrêmes du diagramme, la partie centrale correspondant plus à une forme de type rectangulaire.

[0043] Le spectre du signal $y(t)$ obtenu après application de la fonction non-linéaire est représenté sur la figure 9. On note que le trou obtenu autour des fréquences $0,25 F_H$ a été « rebouché » à une valeur comprise entre -20 et -25 dBc.

[0044] Toute fonction non-linéaire permettant d'effectuer le passage d'une probabilité gaussienne à une loi rectangulaire avec remontées ou overshoots peut être utilisée pour effectuer la troisième étape du procédé.

[0045] Une quatrième étape (d) consiste à filtrer le signal $y(t)$ de manière à réaliser la partie de filtrage qui n'a pas pu être mise en oeuvre dans F_1 compte tenu par exemple des contraintes imposées par la non-linéarité.

[0046] En effet, afin d'optimiser les rôles de chacun des filtres et en tenant compte des phénomènes résultant de l'application de la non-linéarité, les caractéristiques du filtre F_2 sont choisies notamment pour recreuser le spectre du nombre de dB nécessaire, en fonction de la dynamique recherchée et en fonction de l'effet de rebouchage résultant de l'étape (c) (application de la fonction non-linéaire).

[0047] De plus, cette étape permet de lisser les remontées ou overshoots de l'histogramme.

[0048] La partie spectrale supprimée par le filtre F_2 représente une partie relativement faible de la puissance globale du bruit avant F_2 . Ainsi le passage dans le filtre F_2 effectue principalement un lissage de l'histogramme obtenu précédemment à l'étape (c). Le fait que la partie supprimée représente une partie faible en puissance est du à l'action de F_1 qui a éliminé une grande partie de la puissance de bruit dans la bande de signal utile, même si il n'a creusé le spectre par exemple qu'à -20 dB et que la non-linéarité n'a pas trop dégradé cette valeur.

[0049] La figure 10 représente l'histogramme du bruit après le filtre F_2 . On constate que cet histogramme est proche d'une loi rectangulaire.

[0050] La figure 11 montre dans un diagramme fréquence-amplitude spectrale exprimée en dB, le spectre de bruit obtenu après le filtre F_2 et une courbe donnant la réponse théorique de la cascade des deux filtres lorsque l'on n'applique pas la fonction de non-linéarité. L'écart entre ces deux courbes est la contribution de la fonction non-linéaire.

[0051] Les filtres F_1 et F_2 utilisés pour mettre en oeuvre l'invention sont de préférence des filtres à coefficients en puissance de 2 qui ne nécessitent pas de multiplications.

[0052] Sans sortir du cadre de l'invention, tout filtre permettant de réaliser les gabarits de filtrage F_1 et F_2 désirés peuvent être utilisés dans le cadre de l'invention.

[0053] Le filtre F_1 , correspondant par exemple à la courbe obtenue à la figure 5 a une fonction de transfert $H_1(z)$ exprimée par la relation suivante

$$H_1(z) = 1 - (z + z^{-1}) + \frac{1}{2} (z^2 + z^{-2})$$

[0054] Le filtre F_2 à pour réponse :

$$H_2(z) = 1,25 - (z + z^{-1}) + \frac{1}{2} (z^2 + z^{-2}) - \frac{1}{8} (z^3 + z^{-3})$$

[0055] Remarquons qu'en changeant les signes négatifs - des coefficients de H_1 et de H_2 en des signes positifs +, le bruit est alors spectralement situé autour de zéro avec un trou autour de $F_H/2$. Il est également possible d'obtenir un trou autour de $F_H/4$ en faisant travailler les quatre blocs du synoptique à une horloge égale à $F_H/2$ et en suréchantillonnant le signal avec une horloge à F_H .

[0056] Sans sortir du cadre de l'invention, des trous pour d'autres fréquences du spectre peuvent être générés en utilisant d'autres fonctions de transfert que celles mentionnées ci-dessus.

[0057] La réalisation des filtres sera de préférence réalisée dans un circuit numérique de type FPGA (Field Programmable Gate Array) ou EPLD ou ASIC. Tout cir-

cuit numérique comportant les éléments connus de l'Homme du métier permettant de réaliser des filtres peut aussi être utilisé. Les filtres sont donc des filtres de type numérique.

[0058] Sans sortir du cadre de l'invention tout filtre adapté pour obtenir le gabarit de filtrage souhaité et tout dispositif de génération de codes pseudo aléatoires ou de bruits peuvent être utilisés dans la présente invention.

[0059] La figure 12 illustre l'application du procédé selon l'invention à un système de conversion numérique-analogique, contenu par exemple dans un synthétiseur numérique. Dans cette application, un signal utile $x(t)$, numérique, doit être converti en grandeur analogique avec la meilleure linéarité possible, c'est-à-dire en fait avec le moins de signaux parasites possibles. Ce signal utile $x(t)$ est donc additionné à un signal aléatoire $s(t)$ obtenu selon le procédé selon l'invention par des moyens de génération 20 adaptés. Les deux signaux $x(t)$ et $s(t)$ sont combinés par un additionneur 21. Ces deux signaux sont numériques. Dans un mode de réalisation préférentiel du système de conversion, le signal aléatoire $s(t)$ possède une amplitude voisine ou supérieure à celle du signal $x(t)$ et un histogramme et une enveloppe spectrale obtenus selon les étapes mises en oeuvre dans le procédé. Des moyens de troncature 22 peuvent éventuellement être utilisés avant le passage dans le convertisseur 23.

[0060] La figure 13 présente un exemple d'application du procédé selon l'invention pour un système de conversion analogique-numérique. Dans ce cas, le signal utile $x(t)$ et le signal aléatoire $s(t)$ sont des signaux analogiques. Ces deux signaux sont additionnés par un additionneur analogique 30. Le signal somme $x(t)+s(t)$ est présent à l'entrée d'un convertisseur analogique-numérique 31 dont la sortie est par exemple codée sur N bits. Le signal aléatoire présente des caractéristiques sensiblement identiques à celles du signal décrit à la figure 12. Il peut aussi être généré par des moyens sensiblement identiques à ceux décrits à la figure 12, puis être converti par un CNA de manière à obtenir un signal analogique avant de l'additionner.

45 Revendications

1. Procédé de génération d'un signal aléatoire **caractérisé en ce qu'il** comporte au moins les étapes suivantes :

- une première étape (a) de génération d'un signal pseudo-aléatoire,
- une deuxième étape (b) de filtrage (F_1) du signal issu de l'étape (a) pour obtenir un signal $x(t)$ ayant une enveloppe spectrale prédéterminée $H(f)$,
- une troisième étape (c) où une fonction non-linéaire g est appliquée au signal $x(t)$ de façon

- à former un signal $y(t)$ et pour créer des remontées ou overshoots sur les bords de l'histogramme du signal $y(t)$,
- une quatrième étape (d) de filtrage (F_2) permettant de lisser les remontées ou overshoots de l'histogramme du signal $y(t)$, de compenser l'effet de la non-linéarité et d'effectuer un complément de filtrage à (F_1).
2. Procédé selon la revendication 1 **caractérisé en ce que** la fonction non-linéaire est une fonction à facettes D_i et **en ce que** le nombre des segments D_i et le rapport des pentes des différents segments sont choisis en fonction de l'histogramme issu de l'étape de filtrage F_1 . 10 15
3. Procédé selon l'une des revendications 1 ou 2 **caractérisé en ce que** le filtre F_1 génère un creux d'environ 10 à 30 dB, de préférence de 15 à 25 dB, dans une bande au moins égale à celle des signaux utiles. 20
4. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3 **caractérisé en ce que** l'histogramme obtenu à l'issue de l'étape (d) est sensiblement identique à une loi rectangulaire. 25
5. Procédé selon l'une des revendications 1 à 4 **caractérisé en ce que** le signal pseudo-aléatoire est un bruit blanc. 30
6. Dispositif pour générer un signal aléatoire **caractérisé en ce qu'il** comporte au moins les dispositifs suivants : 35
- des moyens pour générer un signal pseudo-aléatoire,
 - des moyens (F_1) pour filtrer le signal pseudo-aléatoire afin d'obtenir un signal $x(t)$ ayant une enveloppe spectrale prédéterminée $H(f)$, 40
 - un dispositif adapté à générer une fonction non-linéaire pour former à partir du signal $x(t)$ présentant un histogramme de type gaussien, un signal $y(t)$ dont l'histogramme est de type rectangulaire avec des remontées ou overshoots, 45
 - des moyens (F_2) adaptés à lisser les remontées ou overshoots de l'histogramme du signal $y(t)$, à compenser l'effet de la non-linéarité et à effectuer un complément de filtrage à (F_1). 50
7. Dispositif selon la revendication 6 **caractérisé en ce que** le dispositif adapté à générer une fonction non-linéaire est conçu pour obtenir une fonction non-linéaire à facettes D_i . 55
8. Dispositif selon l'une des revendications 6 et 7 **caractérisé en ce que** au moins un des filtres F_1 ou
- F_2 est un filtre à coefficients en puissance de 2.
9. Dispositif selon l'une des revendications 6 et 7 **caractérisé en ce que** le signal généré est un bruit blanc.
10. Application du procédé selon l'une des revendications 1 à 5 ou du dispositif selon l'une des revendications 6 à 8 dans un système de conversion numérique-analogique ou dans un système de conversion analogique-numérique.

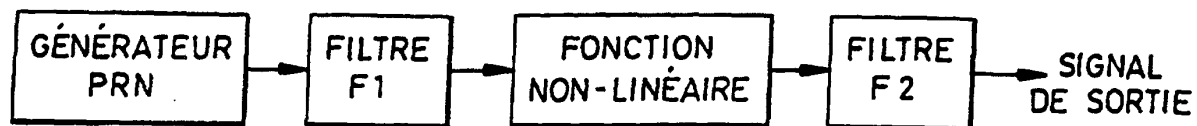


FIG.1

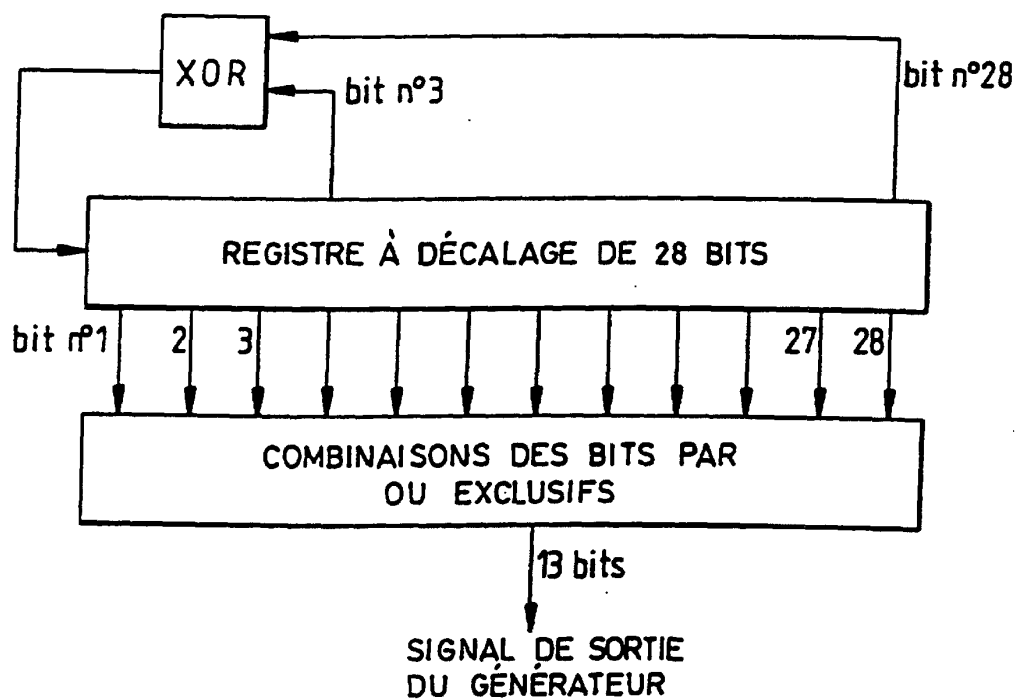


FIG.2

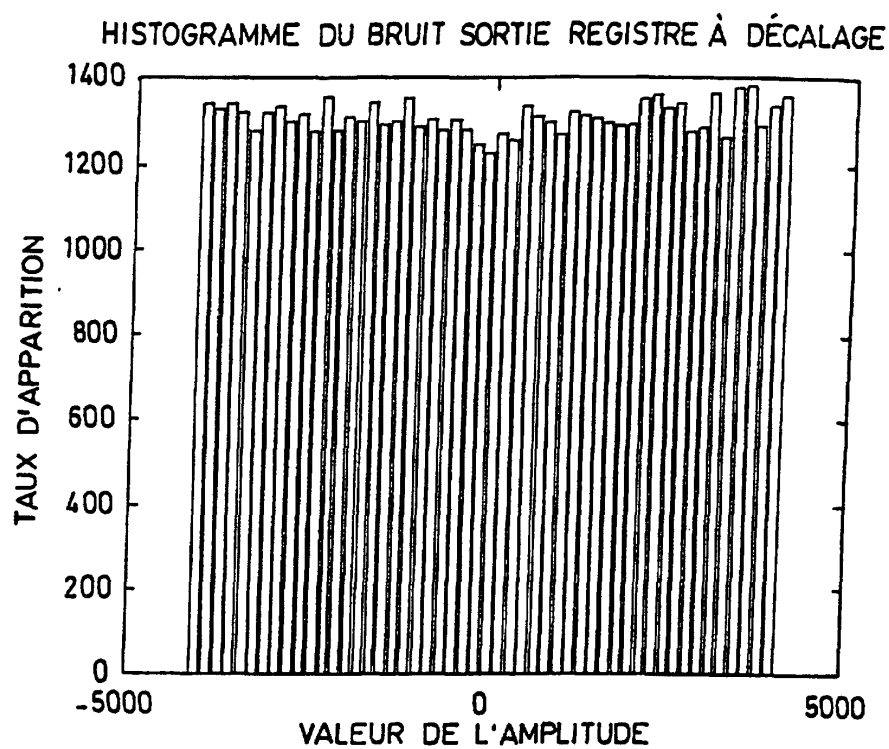


FIG.3

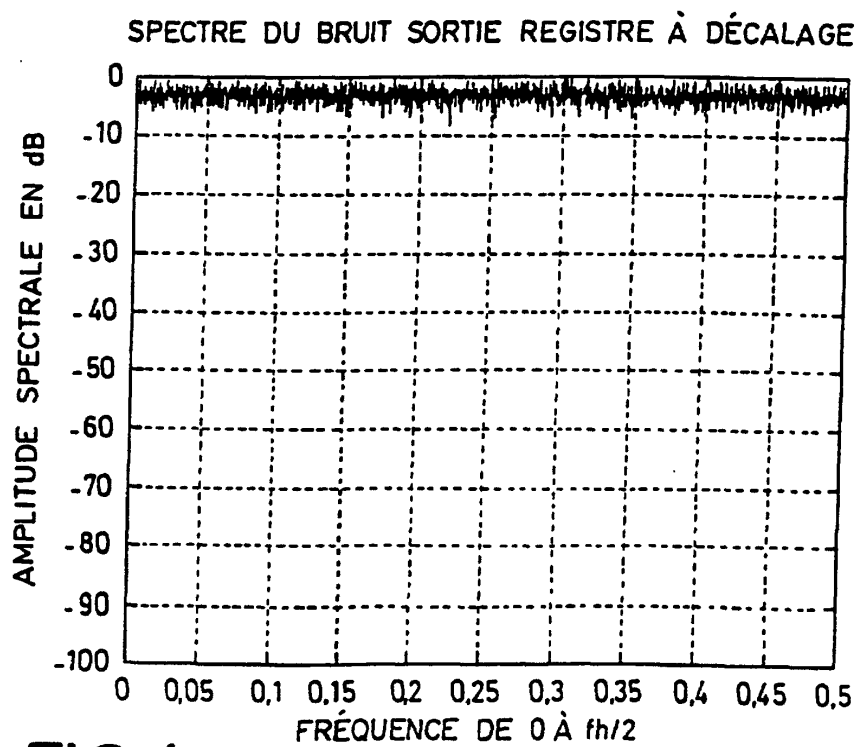


FIG.4

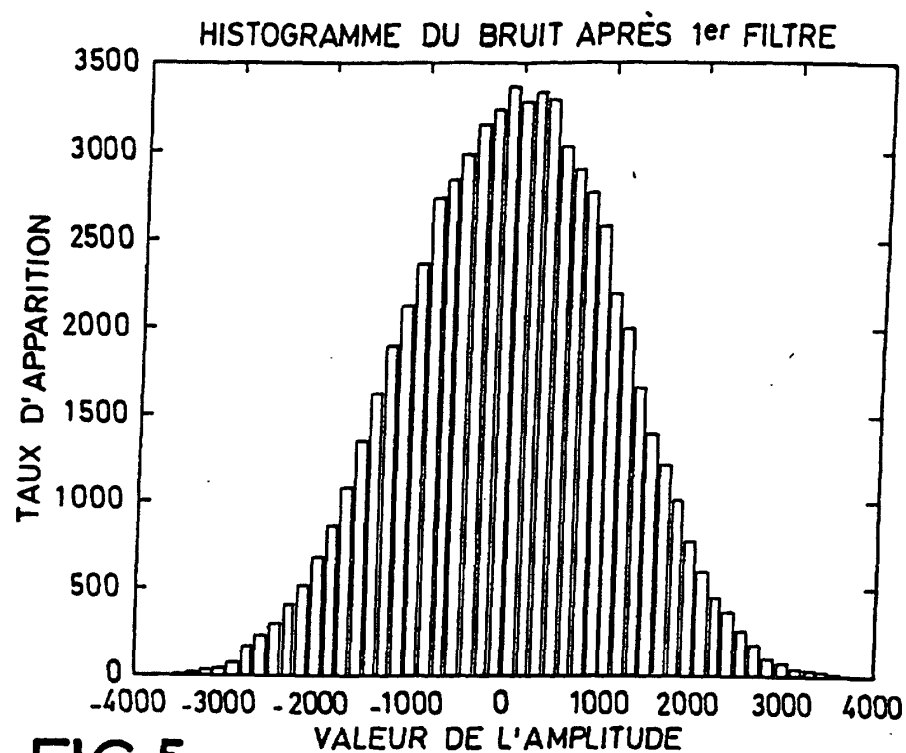


FIG.5

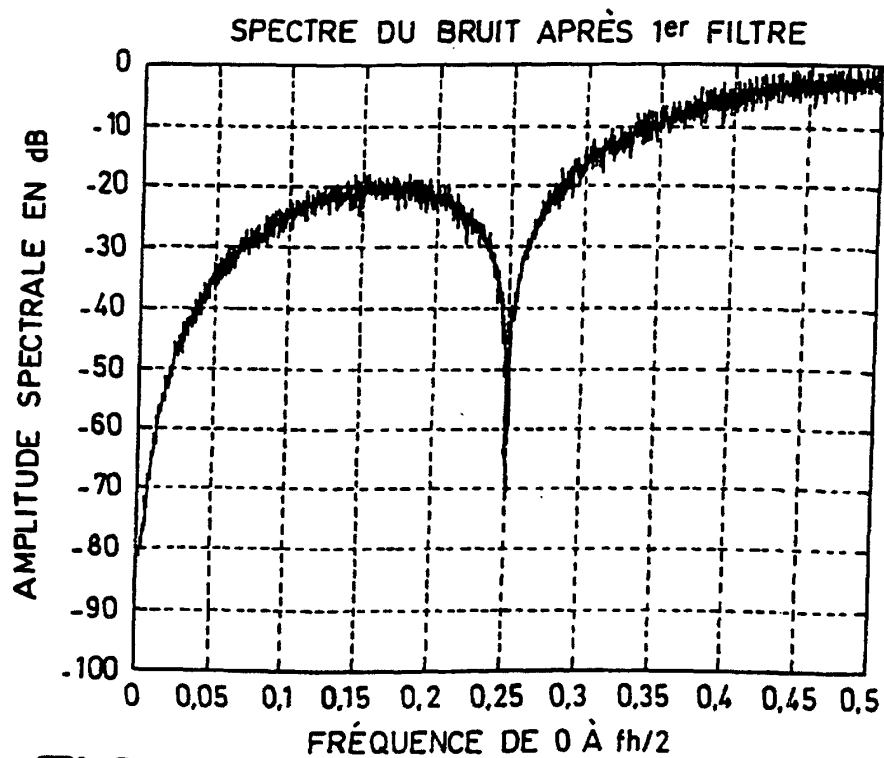
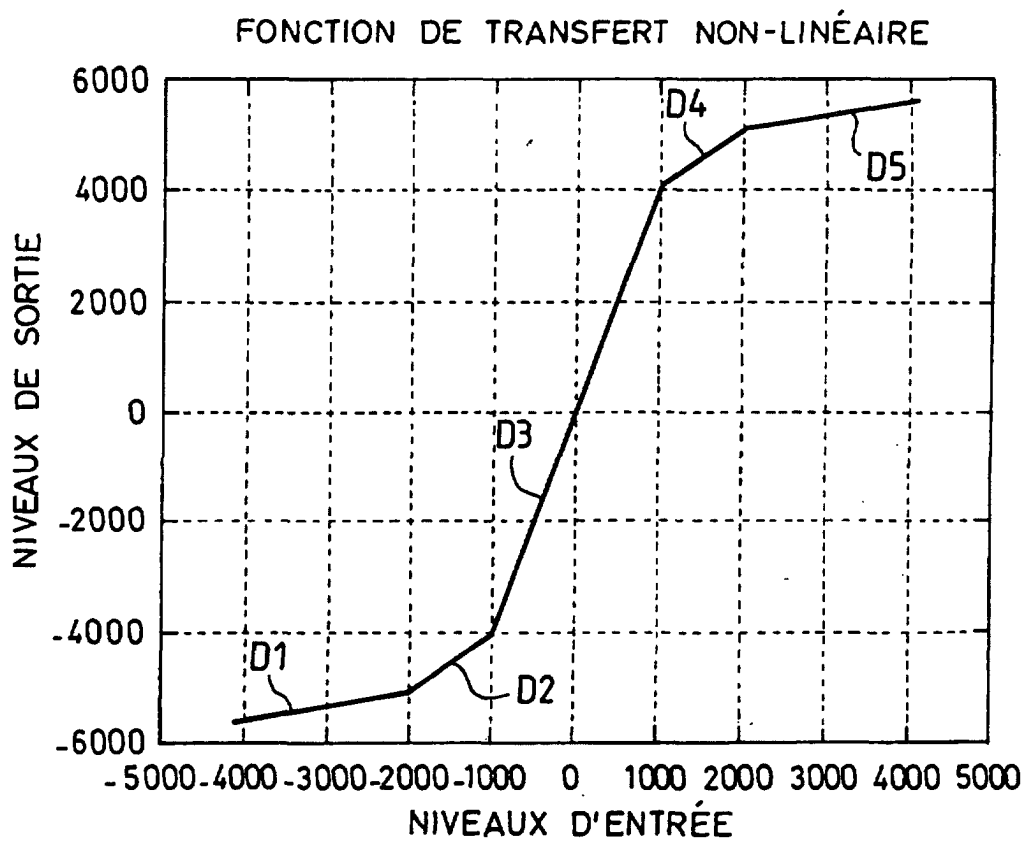


FIG.6

**FIG.7**

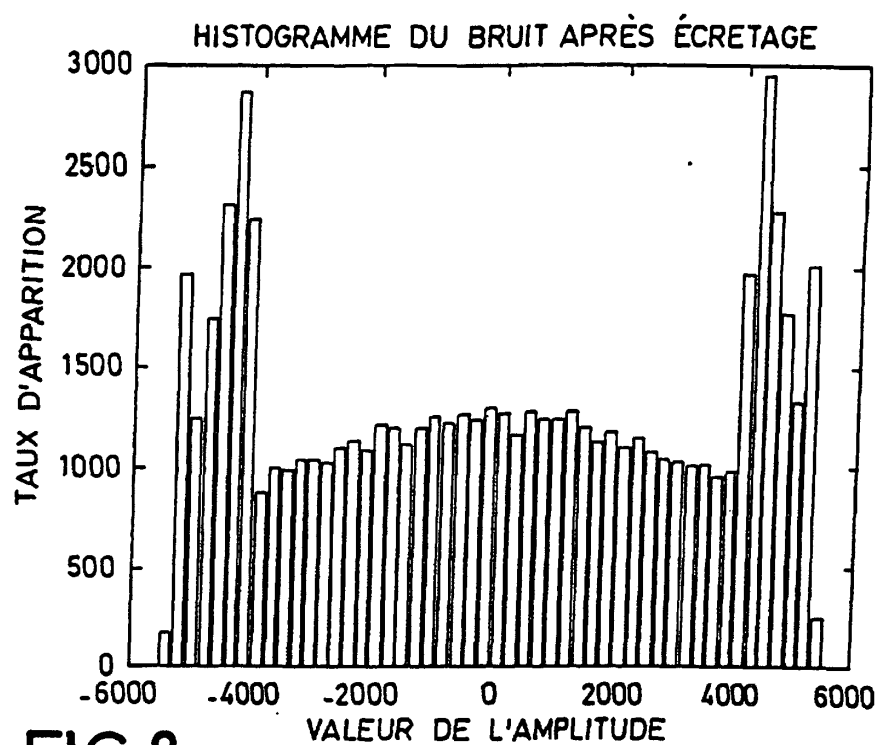


FIG.8

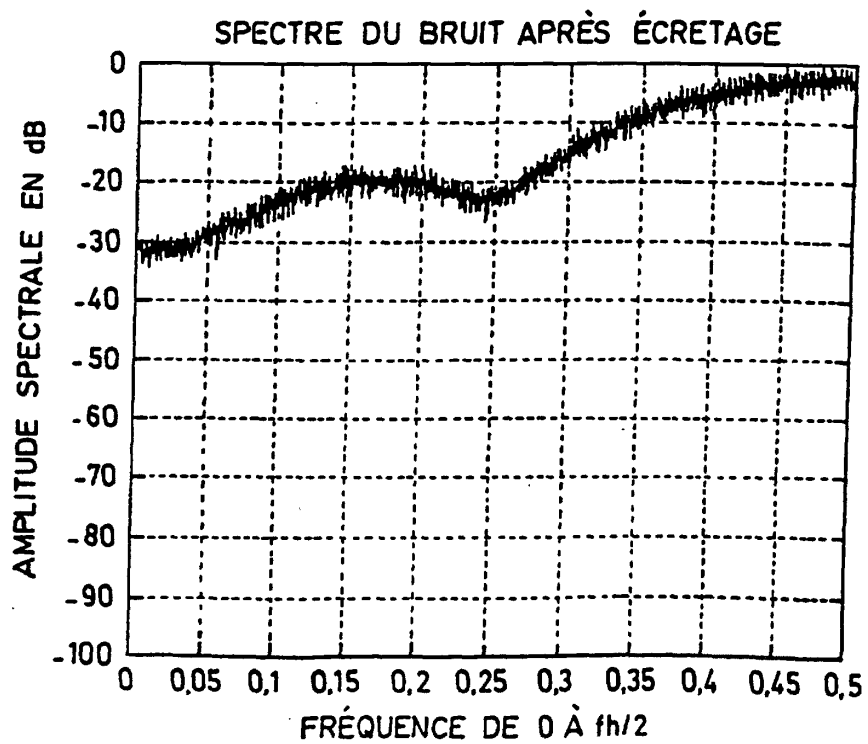


FIG.9

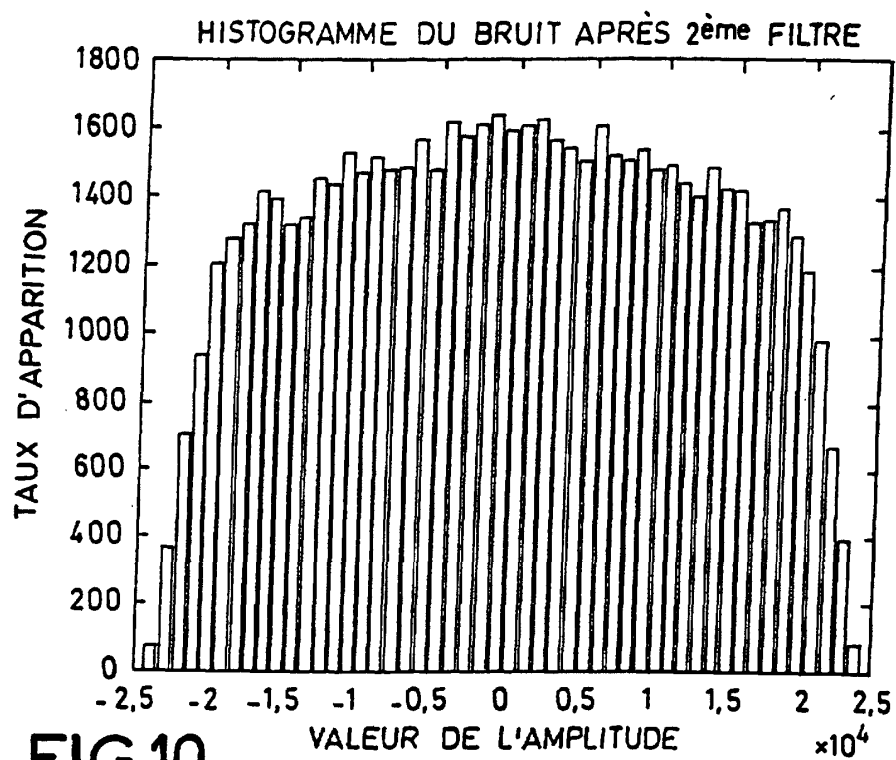


FIG.10

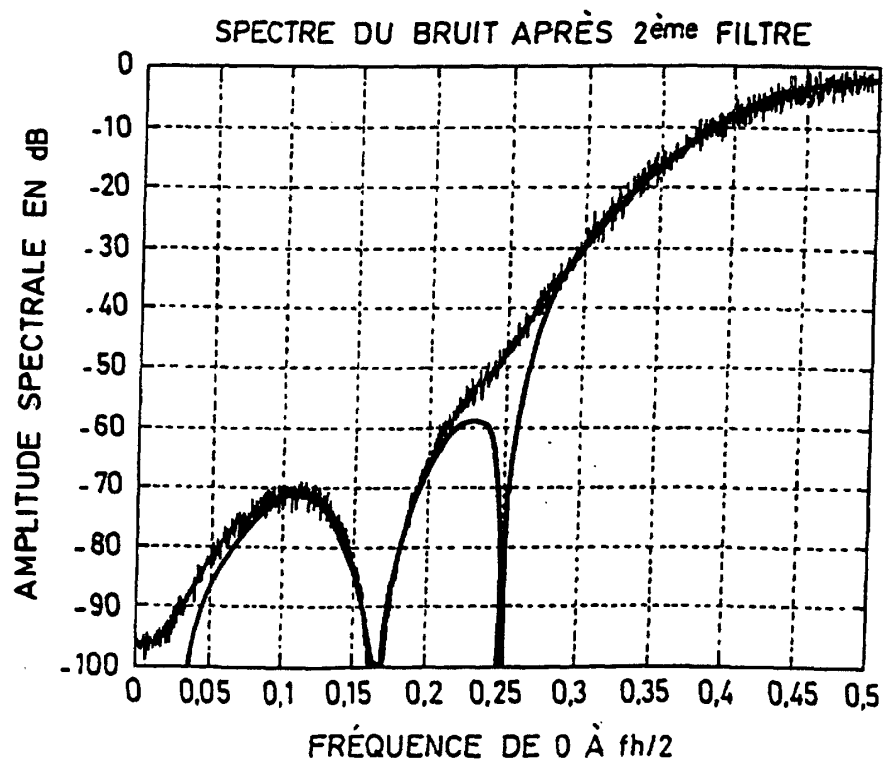
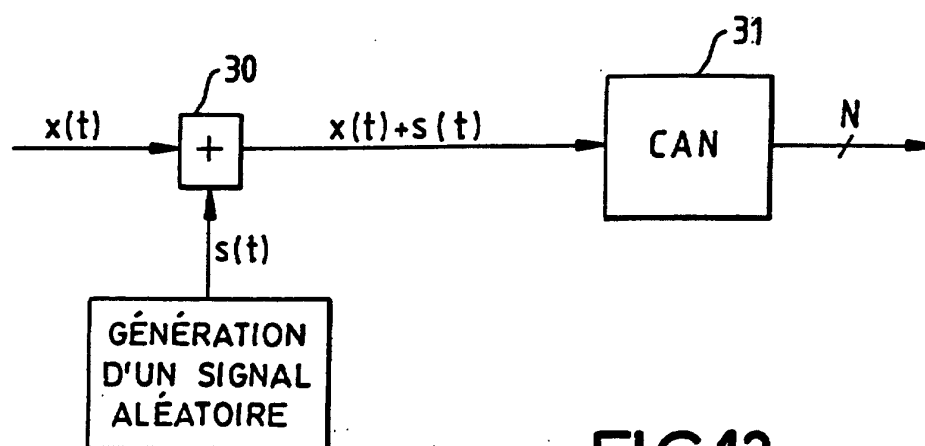
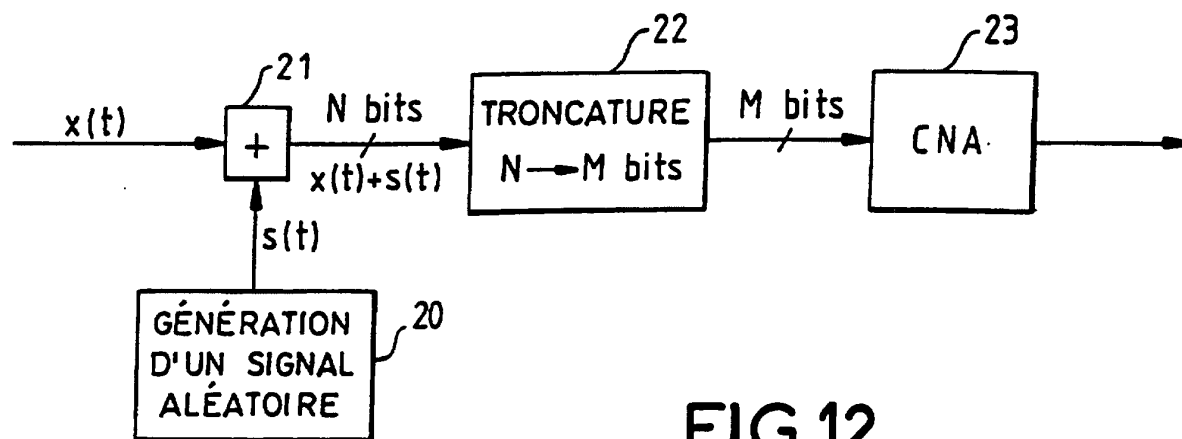


FIG.11





Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande
EP 02 29 0060

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int.Cl.7)
A,D	FR 2 783 374 A (THOMSON CSF) 17 mars 2000 (2000-03-17) * revendication 1; figures 1,2,10 *	1,6,10	G06F7/58 G06F1/02 //G06F101/14
A	MOLIASA L T ET AL: "ON THE GENERATION OF NON-GAUSSIAN NOISE USING THE DISCRETE-FOURIER TRANSFORM METHOD" PROCEEDINGS OF THE INSTRUMENTATION AND MEASUREMENT TECHNOLOGY CONFERENCE. IMTC/95. WALTHAM, MA., 23-26 APRIL 1995, 1995, pages 72-78, XP000534826 IEEE, NEW YORK, NY, USA ISBN: 0-7803-2616-4		
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.7)
			G06F H03K
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 21 août 2002	Examineur Verhoof, P
<p>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant</p>			

EPO FORM 1503 03 B2 (P04C02)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 02 29 0060

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.

Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

21-08-2002

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
FR 2783374 A	17-03-2000	FR 2783374 A1	17-03-2000
		EP 1110135 A1	27-06-2001
		WO 0016181 A1	23-03-2000
		US 6337643 B1	08-01-2002

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82