

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②② Date de dépôt : 10.03.98.

30 **Priorité :**

43) **Date de mise à la disposition du public de la demande :** 17.09.99 Bulletin 99/37.

(56) Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : Se reporter à la fin du présent fascicule

⑥ Références à d'autres documents nationaux apparentés :

71 Demandeur(s) : STMICROELECTRONICS SA
Société anonyme — FR.

⑦² Inventeur(s) : GALBRUN JACQUES.

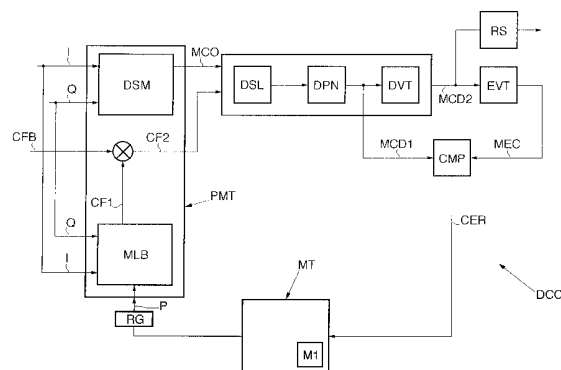
73 Titulaire(s) :

74 Mandataire(s) : CASALONGA ET JOSSE.

54 PROCÉDE ET DISPOSITIF DE DECODAGE D'UN CANAL DE TRANSMISSION RADIOFREQUENCE, NOTAMMENT POUR UNE DIFFUSION NUMERIQUE TERRESTRE UTILISANT UNE MODULATION OFDM.

57 On calcule les décisions douces (CF2) associées aux signaux numériques reçus (I et Q) à partir d'au moins une loi paramétrable asservie sur la valeur minimale du taux de bits erronés déterminée en sortie d'un décodeur de Viterbi dans un microcontrôleur (MT) en faisant varier le paramètre (P) de la loi.

Application à la diffusion numérique terrestre DVB-T utilisant une modulation OFDM.



FR 2 776 151 - A1



**Procédé et dispositif de décodage d'un canal de transmission radio-
fréquence, notamment pour une diffusion numérique terrestre
utilisant une modulation OFDM**

L'invention concerne le décodage d'un canal de transmission radiofréquence véhiculant, par une modulation en quadrature d'au moins une porteuse, des informations numériques codées.

Elle s'applique avantageusement mais non limitativement à la
5 télédiffusion numérique terrestre telle que définie dans la spécification européenne DVB-T (Digital Video Broadcasting-terrestre) basée sur la norme de compression MPEG-2, et plus particulièrement à la transmission terrestre mobile ou portable utilisant utilisant une modulation numérique en quadrature sur un grand nombre de porteuses "orthogonales"
10 (modulation OFDM : "orthogonal Frequency Division Multiplexing").

Après une première phase de codage, communément appelée par l'homme du métier codage de source, les signaux numériques à transmettre sont transformés en une succession de paquets d'un certain nombre d'octets (typiquement 188 octets dans la spécification DVB basée
15 sur la norme de compression MPEG-2) qui sont destinés à être transmis par voie (ou canal) radiofréquence vers un récepteur. Or, les canaux de transmission radiofréquence sont généralement entachés d'erreurs en raison des perturbations qui viennent s'ajouter au signal utile transmis comme par exemple du bruit, des interférences, de l'écho.

Il est donc nécessaire, avant d'effectuer la modulation de la ou des porteuses par le signal, d'effectuer un traitement de codage spécifique, communément appelé codage de canal, et ce afin de permettre la détection et la correction dans le récepteur de la plupart des erreurs apportées par le canal de transmission radiofréquence.

25 Ce codage de canal consiste généralement à réintroduire une

redondance calculée dans le signal en utilisant généralement des codes d'erreurs algébriques et/ou convolutifs. Dans des transmissions répondant à la spécification DVB-T, on utilise un codage externe dit de Reed-Solomon qui peut être suivi notamment d'un codage interne ou
5 codage convolutif plus connu par l'homme du métier sous la dénomination codage de Viterbi.

A la sortie de la phase de codage de canal, on dispose d'un flux de données numériques (symboles) qui vont être utilisées pour moduler une ou plusieurs (dans le cas de la modulation OFDM) porteuses en vue de
10 l'émission vers le récepteur.

Au lieu d'utiliser une modulation numérique simple, modulant directement la porteuse soit en amplitude soit en fréquence par le train de bits série représentant l'information transportée, on utilise généralement une modulation dite en quadrature qui est plus efficace dans des
15 conditions données de rapport signal/bruit.

Ainsi, pour une modulation en quadrature, les symboles d'entrée, codés sur n bit, sont convertis en deux signaux I et Q chacun codé sur $n/2$ bits ce qui confère $2^{n/2}$ états pour chacun des signaux I et Q.

Les signaux I et Q modulent alors en quadrature une ou plusieurs
20 porteuses. Il en résulte dans l'espace (I, Q) une constellation de points correspondant aux différentes valeurs que peuvent prendre les signaux I et Q.

La modulation OFDM consiste à moduler en quadrature, non pas une seule porteuse, mais un nombre N de porteuses, typiquement 2048 ou
25 8192, respectivement 2K ou 8K selon les applications, par des symboles de durée T_s , la différence de fréquence entre deux porteuses consécutives étant espacée de $1/T_s$. La modulation OFDM a l'avantage de présenter un très bon comportement en cas de réception à trajets multiples, ce qui est fréquent lors de la réception terrestre, fixe ou mobile, si le retard des
30 trajets multiples reste inférieur au temps séparant deux symboles OFDM (l'intervalle de garde).

Lors de la réception du signal hertzien, après démodulation UHF et numérisation, on effectue un traitement de démodulation comportant, dans le cas d'une modulation OFDM, un traitement de transformée de
35 Fourier rapide sur N points de façon à extraire chaque porteuse, ainsi

qu'une détermination de phase dans une boucle à verrouillage de phase, de façon à restituer des signaux numériques représentatifs du signal transmis codé en I et Q.

5 Ces signaux numériques vont alors subir une première phase de décodage, dite décodage de canal, suivie d'une deuxième phase de décodage dite décodage de source, de façon à obtenir en bout de chaîne les informations numériques initiales.

10 L'une des étapes du décodage de canal consiste, pour chaque paire de signaux I et Q reçue, à déterminer les mots numériques transmis (2 bits pour une modulation en quadrature du type QPSK, 4 bits pour une modulation en quadrature du type 16QAM, 6 bits pour une modulation en quadrature du type 64QAM) et par conséquent le mot-code associé au point correspondant de la constellation et représentatif de l'information codée correspondante reçue. Cette détermination est également
15 accompagnée de la détermination d'un mot de confiance, ou plus simplement "critère de confiance" ou "décision douce" ("soft decision en anglais), affecté au mot-code. Le mot-code ainsi déterminé, affecté de son critère de confiance, sera ensuite utilisé dans la suite du décodage de canal, notamment dans un décodeur convolutif de Viterbi.

20 Les critères de confiance associés aux mots-code permettent, pour chaque mot-code, d'apporter une garantie plus ou moins élevée quant à l'exactitude de la valeur déterminée pour ce mot-code.

Actuellement, les différents critères de confiance sont stockés dans une table mémorisée et choisis en fonction du couple I,Q incident. La
25 table est précalculée à partir d'une loi unique dont les valeurs de seuil sont prédéterminées.

Par ailleurs, les différentes valeurs stockées des critères de confiance ont été préétablies pour un certain type de canal de transmission présentant des caractéristiques prédéfinies notamment en termes de bruit
30 ou d'écho ce qui conduit lors d'une modification des caractéristiques du canal de transmission, en particulier dans des applications de télévision mobile, à des choix inadaptés du couple "mot-code/critère de confiance", et par conséquent, à une augmentation du taux de bits erronés à l'issue du décodage de canal.

35 L'invention vise à apporter une solution plus satisfaisante à ce

problème et a notamment pour but de diminuer le taux de bits erronés durant le décodage d'une réception de canaux radiofréquence, utilisant en particulier une modulation OFDM.

5 Il a été observé, par des mesures, que l'étape de décodage faisant correspondre chaque porteuse au mot-code de la constellation était sensible au type de chemin parcouru par le signal de transmission. Le procédé de décodage selon l'invention permet ici d'adapter cette étape du décodage au type de canal de réception.

10 L'invention propose donc un procédé de décodage d'un canal de transmission radiofréquence véhiculant, par une modulation en quadrature d'au moins une porteuse, des informations numériques codées, dans lequel on reçoit une succession de blocs numériques d'entrée comportant chacun deux mots numériques d'entrée (I et Q) représentatifs de la valeur de l'information codée, et on détermine, à partir de chaque
15 paire de mots d'entrée et d'une loi de correspondance, un mot-code (formé de deux mots numériques dénommés dans la suite XI et XQ de j bits chacun, avec $j=1$ en QPSK, $j=2$ en 16QAM et $j=3$ en 64QAM) et sa confiance.

20 Selon une caractéristique générale de l'invention, on élabore au moins une loi de correspondance paramétrable par au moins un paramètre et permettant pour chaque valeur du paramètre, de déterminer pour chacun des deux mots numériques d'entrée, le mot de confiance correspondant. La loi de correspondance peut permettre d'élaborer directement les mots de confiance. Cependant, lorsque les blocs d'entrée comportent, outre les
25 mots I et Q, un mot initial de confiance issu du démodulateur, il est particulièrement avantageux de multiplier ce critère initial de confiance par le critère de confiance élaboré par ladite loi pour obtenir ledit mot numérique de confiance associé au mot-code.

30 On fait varier la valeur du paramètre et on détermine pour chaque valeur courante du paramètre et pour un nombre prédéterminé de bits reçus, un taux de bits erronés correspondant à cette valeur courante. On sélectionne parmi toutes les valeurs courantes du paramètre celles ayant donné lieu à un taux de bits erronés minimum, et on affecte au paramètre ladite valeur courante sélectionnée pour la suite du décodage de canal,
35 c'est-à-dire pour la détermination des mots-code et des critères de

confiance correspondant aux mots numériques d'entrée ultérieurs.

En d'autres termes, l'invention prévoit la mesure du taux de bits erronés et utilise cette mesure pour asservir la loi d'élaboration paramétrable permettant d'obtenir les différents critères de confiance.

5 L'invention présente donc l'avantage de permettre une adaptation optimale du récepteur, vis-à-vis du taux d'erreurs, quelles que soient les caractéristiques du canal de transmission, ce qui est particulièrement intéressant dans des applications de télévision mobile.

10 L'invention présente également l'avantage, pour un récepteur de télévision placée dans une pièce d'adapter automatiquement et de façon optimale le dispositif de décodage de canal en fonction des conditions de réception du récepteur.

Lorsque le codage des informations numériques codées comporte un codage convolutif, par exemple un codage de Viterbi, la
15 détermination du taux de bits erronés comporte un décodage convolutif du train de bits formés par des mots de base tirés des mots-code (en pratique ces mots de base peuvent être obtenus après désentrelacement et dépointçonnement des mots-code) de façon à obtenir des mots décodés (train de bits décodés), puis un réencodage convolutif desdits mots
20 décodés, et une comparaison entre d'une part le train de bits réencodés formés par les mots réencodés et d'autre part le train de bits formés par les mots de base correspondants.

Selon un mode de mise en oeuvre du procédé, on peut élaborer un jeu prédéterminé de valeurs pour ledit paramètre, et on fait alors varier la
25 valeur du paramètre en lui affectant successivement toutes les valeurs dudit jeu. On sélectionnera ensuite la valeur ayant conduit au taux de bits erronés minimum.

La loi de correspondance peut comporter une loi affine paramétrable seuillée, identique ou différente pour chacun des deux
30 signaux I et Q.

L'invention a également pour objet un dispositif de décodage d'un canal de transmission radiofréquence véhiculant, par une modulation en quadrature d'au moins une porteuse, des informations numériques
35 codées. Ce dispositif comprend une entrée pour recevoir une succession de bloc numériques d'entrée comportant chacun deux mots numériques

d'entrée (I et Q) représentatifs de la valeur de l'information codée transmise, et des moyens de prétraitement aptes, à partir de chaque paire de mots d'entrée et d'une loi de correspondance, à déterminer un mot-code (XI, XQ) ainsi qu'un mot de confiance. Selon une caractéristique générale
5 de l'invention, les moyens de prétraitement comprennent un discriminateur apte à délivrer, pour chacun des deux mots numériques d'entrée, le mot-code, ainsi que des moyens d'élaboration possédant une entrée de paramétrage pour recevoir au moins un paramètre variable. Ces moyens d'élaboration sont aptes à établir au moins une loi de
10 correspondance paramétrable au moins par ledit paramètre, et à délivrer, en fonction de la loi de correspondance élaborée, et pour chacun des deux mots numériques d'entrée de chaque paire, le mot de confiance correspondant.

Le dispositif comporte par ailleurs des moyens de détection
15 connectés à la sortie des moyens de prétraitement et aptes à détecter tout bit erroné, ainsi que des moyens de traitement connectés entre la sortie des moyens de détection et l'entrée des moyens d'élaboration, aptes à faire varier la valeur du paramètre délivrée aux moyens d'élaboration, à déterminer, à partir du nombre de bits erronés détectés pour une même
20 valeur courante du paramètre et pour un nombre prédéterminé de bits reçus, un taux de bit erronés correspondant à cette valeur courante, à sélectionner parmi toutes les valeurs courantes du paramètre celles ayant donné lieu à taux de bits erronés minimum, et à délivrer aux moyens d'élaboration ladite valeur courante sélectionnée pour la suite du
25 décodage de canal.

Selon un mode de réalisation de l'invention, dans lequel le codage des informations numériques comporte un codage convolutif, les moyens de détection comportent un décodeur convolutif dont l'entrée est reliée à la sortie des moyens de prétraitement, un codeur convolutif dont
30 l'entrée est reliée à la sortie du décodeur convolutif et des moyens de comparaison dont les entrées sont respectivement reliées à l'entrée du décodeur convolutif et à la sortie du codeur convolutif, la sortie des moyens de comparaison étant connectée à l'entrée des moyens de traitement.

35 D'autres avantages et caractéristiques de l'invention

apparaîtront à l'examen de la description détaillée de modes de mise en oeuvre et de réalisation, nullement limitatifs, et des dessins annexés sur lesquels :

la figure 1 illustre très schématiquement un système d'émission et de réception d'un signal numérique transmis par une liaison hertzienne et incorporant un dispositif de décodage de canal selon l'invention,

la figure 2 illustre une constellation de points dans une modulation en quadrature du type 64-QAM,

la figure 3 est un synoptique schématique de l'architecture interne d'un dispositif de décodage selon l'invention, et,

la figure 4 illustre très schématiquement un organigramme de mise en oeuvre du procédé selon l'invention.

Sur la figure 1, la référence CS désigne un dispositif de codage de source par exemple conforme à la norme MPEG-2, de réalisation connue en soi, recevant en entrée des signaux vidéo et audio des programmes à transmettre et délivrant, après un codage conforme à la norme MPEG-2 puis multiplexage et embrouillage, des paquets dits "paquets transport", de 188 octets.

Ces paquets Pq sont délivrés à un dispositif d'un codage de canal CC destiné à introduire une redondance dans le signal permettant ainsi de détecter et de corriger les erreurs du canal de transmission.

Ce dispositif CC comporte généralement, de façon classique, un codeur de Reed-Solomon suivi, dans le cas d'une transmission conforme à la spécification DVB-T, d'un deuxième bloc de codage destiné à effectuer un codage supplémentaire, dit codage interne ou convolutif.

Ce deuxième bloc de codage comporte de façon classique un codeur convolutif, communément appelé par l'homme du métier codeur de Viterbi, suivi, pour le cas des émissions terrestres en modulation OFDM, d'un dispositif d'entrelacement interne et d'un dispositif de poinçonnement effectuant une opération dite "de poinçonnage" ("puncture" en langue anglaise) sur les trains de bits de sortie, réduisant ainsi la forte redondance introduite par le code de Viterbi.

Le codage convolutif ou de Viterbi est parfaitement connu de l'homme du métier et a fait l'objet d'une nombreuse bibliographie. Brièvement, un tel codeur convolutif peut être représenté par un registre à

décalage de $(m+1)k$ étages recevant des blocs de k symboles, et une logique combinatoire délivrant en sortie des blocs de s symboles. Les s bits de sortie ne dépendent pas seulement du bloc de k bits mais aussi des m blocs précédents.

5 En d'autres termes, le codeur convolutif transforme le train binaire entrant en s trains binaires sortants qui sont autant de combinaisons de sommes (modulo 2) entre le train d'entrée et les sorties de chaque étage du registre à décalage, à l'entrée duquel le train est également appliqué (le train progresse d'un étage à chaque nouveau bit
10 appliqué à l'entrée).

A la sortie du dispositif CC, des mots de deux fois $n/2$ bits (mots I et Q) correspondant à des symboles codés sur n bits sont délivrés à un bloc de modulation BM.

15 Dans le cas d'une modulation d'amplitude en quadrature à 64 états, c'est-à-dire 6 bits par symbole (dite modulation 64-QAM en langue anglaise), on obtient la constellation de points : illustrée sur la figure 2 dans laquelle, à chacun des 64 symboles codés sur 6 bits, correspondent deux mots I et Q de 3 bits ayant une valeur prédéterminée.

20 Dans le cas d'une modulation OFDM, on module N porteuses (N étant égal à 2048 ou 8192 suivant les applications) par les symboles codés sur n bits, la différence de fréquence entre deux porteuses consécutives étant égale à $1/T_s$, ou T_s est égale à la durée d'un symbole. Plus précisément, la fréquence F_k d'une porteuse de rang k est égale à $F_0 + k/T_s$ ou F_0 et la fréquence de la porteuse la plus basse.

25 Après différents traitements classiques effectués dans un étage d'émission EM associée à une antenne AT1, le signal modulé est transmis au sein d'un signal hertzien LH en direction d'un récepteur équipé d'une antenne AT2 et d'un étage de réception ER.

30 Après des traitements classiques de réception au sein de l'étage ER et après conversion analogique/numérique, le signal modulé est démodulé dans un bloc de démodulation BDM comportant, notamment, dans le cas d'une modulation OFDM, des traitements de transformée de Fourier rapide sur N points, ainsi que des traitements de décodage de phase à partir de boucles de verrouillage de phase. La sortie du bloc de
35 démodulation BDM fournit pour chaque symbole codé reçu, deux mots

numériques I et Q correspondants qui sont délivrés en entrée d'un dispositif de décodage de canal DCC selon l'invention.

Le dispositif de canal DCC fournit en sortie les paquets P_q qui seront décodés de façon classique dans un dispositif de décodage de source DCS conforme à la norme MPG-2 de façon à redélivrer en sortie les signaux audio et vidéo initiaux.

Si l'on se réfère maintenant plus particulièrement à la figure 3, on voit qu'un dispositif de décodage DCC selon l'invention comporte des moyens de prétraitement PMT élaborant à partir d'une part de blocs numériques successifs comportant respectivement les mots d'entrée I et Q (sur 8 bits) ainsi qu'un mot initial de confiance CFB (sur 4 bits) issu du bloc de démodulation, et d'autre part d'au moins un paramètre P, des mots-code successifs MCO respectivement affectés de mots de confiance CF2. Dans le cas d'une modulation en quadrature du type 64-QAM, chaque mot-code MCO est formé de deux mots XI et XQ de trois bits chacun et le mot de confiance CF2 se décompose en une confiance CF2(XI) associée aux bits du mot XI et en une confiance CF2(XQ) associée aux bits du mot XQ.

En fait, dans le cas présent chaque confiance CF2(XI) (respectivement CF2(XQ)) est égale au produit du mot initial de confiance CFB par une confiance CF1(XI) (respectivement CF1(XQ)) élaborée à partir d'une loi paramétrée par le paramètre P.

Plus précisément, ces mots de confiance CF1(XI) et CF1(XQ) sont élaborés à partir des deux mots numériques d'entrée I et Q dans des moyens d'élaboration MLB comportant ici un circuit câblé essentiellement formé d'un multiplieur et d'un additionneur.

Ce circuit câblé MLB implémente une loi affine seuillée du type

$$\begin{aligned} \text{CF1(XI)} &= aI + b \text{ si } S_{\text{linf}} \leq \text{CF1(XI)} \leq S_{\text{Isup}} \\ \text{CF1(XI)} &= 0 \text{ si } \text{CF1(XI)} < S_{\text{linf}} \\ \text{CF1(XI)} &= 1 \text{ si } \text{CF1(XI)} > S_{\text{Isup}} \\ \text{CF1(XQ)} &= aQ + b \text{ si } S_{\text{Qinf}} \leq \text{CF1(XQ)} \leq S_{\text{Qsup}} \\ \text{CF1(XQ)} &= 0 \text{ si } \text{CF1(XQ)} < S_{\text{Qinf}} \\ \text{CF1(XQ)} &= 1 \text{ si } \text{CF1(XQ)} > S_{\text{Qsup}} \end{aligned}$$

Cette loi affine seuillée peut être identique pour les deux variables d'entrée I ou Q ou peut être différente. Quoi qu'il en soit, cette ou ces lois affines seuillées sont paramétrables.

Dans un exemple simple de réalisation, on peut définir chacune des données a, b et chacun des seuils SI_{inf} , SI_{sup} , SQ_{inf} , SQ_{sup} , à partir d'un même paramètre P, par exemple par des fractions de P. On peut également définir de façon indépendante, certaines au moins des données a, b et/ou certains au moins des seuils précités, à partir de paramètres différents et/ou de lois différentes.

Les bits XI_j ($1 \leq j \leq 3$ en 64QAM) du mot XI et les bits XQ_j ($1 \leq j \leq 3$ en 64QAM) du mot XQ sont par ailleurs déterminés dans un discriminateur DSM à l'aide de seuils prédéfinis et normalisés SSI_j et SSQ_j , de la façon suivante

$$\begin{aligned} XI_j &= 1 \quad \text{si} \quad I - SSI_j \geq 0 & ; & \quad XI_j = 0 \quad \text{si} \quad I - SSI_j < 0 \\ XQ_j &= 1 \quad \text{si} \quad Q - SSQ_j \geq 0 & ; & \quad XQ_j = 0 \quad \text{si} \quad Q - SSQ_j < 0 \end{aligned}$$

Les mots-code MCO sont alors délivrés dans un bloc ultérieur de décodage comportant, dans le cas présent un désentrelaceur DSL suivi d'un dépointonneur DPN relié à un décodeur convolutif DVT, en l'espèce d'un décodeur de Viterbi.

Le décodeur convolutif de Viterbi DVT reçoit le train de bits désentrelacé et dépointonné (c'est-à-dire dans lequel on a volontairement rajouté des bits de valeurs arbitraires), ainsi que les différents mots de confiance $CF_2(XI)$ et $CF_2(XQ)$. Il convient de noter ici qu'en pratique, on affectera des mots de confiance nuls pour les bits arbitrairement rajoutés après l'opération de dépointonnage.

Le train de base MCD1 formé par les différents mots de base MCD1, issus des mots code MCO, et délivré en entrée du décodeur DVT, est décodé pour former des mots décodés MCD2 constituant un train décodé qui sera délivré à un décodeur de Reed-Solomon RS de façon à poursuivre le traitement de décodage de canal. Par ailleurs, ces mots décodés MCD2 sont réencodés dans un codeur convolutif de Viterbi EVT, identique au codeur de l'émetteur, de façon à fournir un train de bits formés de mots réencodés MEC.

Le décodeur convolutif ou de Viterbi est également un décodeur classique ayant fait l'objet de nombreuses publications. Brièvement, un tel décodeur met en oeuvre un algorithme de Viterbi consistant à trouver le chemin de vraisemblance maximale sur un graphe en treillis représentant les différents états successifs possibles du codeur correspondant.

Plus précisément lorsque deux chemins convergent en un même noeud du treillis, leur vraisemblance antérieurement à ce noeud permet seule de choisir entre eux. Il suffit donc de ne conserver à chaque instant qu'un seul des chemins qui convergent en chacun des noeuds. Au bout d'un
5 certain temps, un seul chemin subsiste. Il est choisi à vraisemblance maximale et indique le symbole décodé optimal. La vraisemblance de chaque chemin est liée aux critères de confiance des symboles délivrés en entrée du décodeur.

Le train de bits MCD1 disponible en entrée du décodeur de
10 Viterbi DVT, et le train de bits MEC disponibles à la sortie du codeur de Viterbi EVT sont ensuite comparés dans des moyens de comparaison CMP de façon à déterminer d'éventuels bits erronés.

Bien entendu, afin de détecter les bits erronés entre les mots réencodés MEC et les mots de base correspondants MCD1, il est prévu par
15 exemple des moyens de retard disposés entre l'entrée du décodeur DVT et le comparateur CMP de façon à stocker les mots MCD1.

Les moyens de comparaison vont alors comparer bit à bit le train MCD1 et MEC et délivrer, à chaque fois que deux bits différents seront présents aux entrées des moyens de comparaison, un signal logique de
20 détection CER représentatif de la présence d'un bit erroné.

Les différents signaux de détection CER sont délivrés à des moyens de traitement MT architecturés autour d'un micro-contrôleur. Les moyen de traitement déterminent alors un taux de bits erronés TEB en comptabilisant le nombre de signaux de détection de bits erronés sur une
25 moyenne de bits traités prédéterminée, typiquement 5000 bits.

Par ailleurs, ces moyens de traitement comportent, dans une mémoire M1, un jeu prédéterminé de valeurs du paramètre P permettant de paramétrer les différentes données a, b et les différents seuils SIinf, SI_{sup}, SQinf, SQ_{sup}, des différentes lois permettant d'élaborer les mots
30 de confiance CF1(XI) et CF1(XQ).

Le fonctionnement du dispositif selon l'invention va maintenant être décrit en se référant plus particulièrement à la figure 4.

Dans un premier temps, les moyens de traitement MT délivrent dans un registre RG connecté aux moyens d'élaboration MLB, l'une des
35 valeurs Pi du paramètre P contenues dans la mémoire M1.

Les moyens d'élaboration MLB utilisent donc cette valeur P_i du paramètre pour déterminer les mots de confiance $CF1(XI)$ et $CF1(XQ)$. Les moyens de comparaison délivrent (étape 40) les signaux éventuels de détection de bits erronés CER_{ij} correspondant à cette valeur du paramètre et les moyens de traitement en déduisent (étape 41) le taux de bits erronés TEB_i correspondant à la valeur P_i du paramètre.

Les moyens de traitement MT font alors varier la valeur du paramètre P (étape 42) en délivrant au registre RG les valeurs suivantes du paramètre P prises dans le jeu prédéterminé de valeurs stockées dans la mémoire M1.

Les moyens de traitement calculent un nouveau taux de bits erronés pour cette nouvelle valeur du paramètre et réitèrent ces opérations pour les valeurs du paramètre stockées dans la mémoire M1.

Les moyens de traitement déterminent alors (étape 43) le taux de bits erronés minimum TEB_m qui est en l'espèce le taux TEB_k correspondant à la valeur P_k du paramètre (étape 44). Les moyens de traitement délivrent alors la valeur P_k dans le registre RG de façon à ce que, pour la suite du décodage de canal, c'est-à-dire pour les mots I et Q qui vont être ultérieurement reçus, les moyens d'élaboration MLB élaborent les mots de confiance en utilisant la loi affine seuillée paramétrée par la valeur P_k .

L'invention permet ainsi d'asservir la loi d'élaboration des mots de confiance sur le taux de bits erronés et de garantir quelles que soient les caractéristiques du canal de transmission un taux de bits erronés minimum.

A titre indicatif, un cas typique de mesure a été effectué pour une modélisation de canal du type "Rayleigh" avec du bruit Gaussien et des échos dans les conditions suivantes : modulation 64QAM, 2048 porteuses, taux de poinçonnement (punctured rate) $2/3$, transmission non hiérarchique, intervalle de garde $1/32$. Alors que le taux d'erreur résiduel à la sortie du décodeur de Viterbi s'élève à $2,683 \cdot 10^{-3}$ pour des valeurs de seuils prévues pour un canal de type Rice/Rayleigh, il est seulement égal à $2,2254 \cdot 10^{-3}$ pour des valeurs de seuils asservies, selon l'invention, sur le taux d'erreur.

REVENDICATIONS

1. Procédé de décodage d'un canal de transmission radiofréquence véhiculant, par une modulation en quadrature d'au moins une porteuse, des informations numériques codées, dans lequel on reçoit une succession de blocs numériques d'entrée comportant chacun deux
5 mots numériques d'entrée (I, Q) représentatifs de la valeur de l'information, et on détermine, à partir de chaque paire de mots d'entrée et d'une loi de correspondance, un mot-code (MCO) et son mot de confiance, caractérisé par le fait qu'on élabore au moins une loi de correspondance paramétrable par au moins un paramètre (P) et permettant, pour chaque
10 valeur du paramètre, de déterminer pour chacun des deux mots numériques d'entrée (I, Q), le mot de confiance (CF2), on fait varier la valeur du paramètre et on détermine pour chaque valeur courante du paramètre et pour un nombre prédéterminé de bits reçus, un taux de bits erronés (TEB) correspondant à cette valeur courante, on sélectionne
15 parmi toutes les valeurs courantes du paramètre celle ayant donné lieu à un taux de bits erronés minimum, et on affecte au paramètre ladite valeur courante sélectionnée pour la suite du décodage de canal.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé par le fait que le codage des informations numériques codées comporte un codage
20 convolutif, et par le fait que la détermination du taux de bits erronés comporte un décodage convolutif du train de bits formés par des mots de base (MCD1) tirés des mots-code de façon à obtenir un train de bits formés de mots décodés (MCD2), puis un réencodage convolutif desdits mots décodés, et une comparaison entre le train des mots réencodés (MEC) et le
25 train des mots de base correspondants.

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé par le fait qu'on élabore un jeu prédéterminé de valeurs (Pi) pour ledit paramètre, et par le fait qu'on fait varier la valeur du paramètre en lui affectant successivement toutes les valeurs dudit jeu.

30 4. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé par le fait que le loi de correspondance comporte une loi affine seuillée paramétrable à partir de laquelle on élabore pour chaque paire de mots d'entrée (I, Q) un premier mot de confiance (CF1) que l'on multiplie

par un mot initial de confiance (CFB) associé à la paire de mots d'entrée (I, Q) de façon à obtenir ledit mot de confiance (CF2) associé au mot-code (MCO).

5 5. Dispositif de décodage d'un canal de transmission
radiofréquence véhiculant, par une modulation en quadrature d'au moins
une porteuse, des informations numériques codées, comprenant une
entrée pour recevoir une succession de blocs numériques d'entrée
comportant chacun deux mots numériques d'entrée (I, Q) représentatifs de
la valeur de l'information transmise, et des moyens de prétraitement
10 (PMT) aptes, à partir de chaque paire de mots d'entrée et d'une loi de
correspondance, à déterminer un mot-code (MCO) ainsi qu'un mot de
confiance, caractérisé par le fait que les moyens de prétraitement
comprennent un discriminateur apte à délivrer, pour chacun des deux
mots numériques d'entrée (I, Q), le mot-code (MCO), et des moyens
15 d'élaboration (MLB) possédant une entrée de paramétrage pour recevoir
au moins un paramètre variable (P), aptes à établir au moins une loi de
correspondance paramétrable, et à délivrer en fonction de ladite loi de
correspondance élaboré, et pour chacun des deux mots numériques
d'entrée (I, Q), le mot de confiance correspondant (CF2), et par le fait qu'il
20 comprend des moyens de détection (CMP) connectés à la sortie des
moyens de prétraitement (PMT) et aptes à détecter tout bit erroné, et des
moyens de traitement (MT) connectés entre la sortie des moyens de
détection et l'entrée des moyens d'élaboration, aptes à faire varier la
valeur du paramètre délivrée aux moyens d'élaboration, à déterminer, à
25 partir du nombre de bits erronés (TEB) détectés pour une même valeur
courante du paramètre et pour un nombre prédéterminé de bits reçus, un
taux de bits erronés correspondant à cette valeur courante, à sélectionner
parmi toutes les valeurs courantes du paramètre celle ayant donné lieu à un
taux de bits erronés minimum, et à délivrer aux moyens d'élaboration
30 ladite valeur courante sélectionnée pour la suite du décodage de canal.

6. Dispositif selon la revendication 5, caractérisé par le fait
que le codage des informations numériques codées comporte un codage
convolutif, et par le fait que les moyens de détection comportent un
décodeur convolutif (DVT) dont l'entrée est reliée à la sortie des moyens
35 de prétraitement (PMT), un codeur convolutif (EVT) dont l'entrée est

reliée à la sortie du décodeur convolutif et des moyens de comparaison (CMP) dont les entrées sont respectivement reliées à l'entrée du décodeur convolutif et à la sortie du codeur convolutif, la sortie des moyens de comparaison étant connectée à l'entrée des moyens de traitement.

5 7. Dispositif selon la revendication 5 ou 6, caractérisé par le fait qu'il comporte des moyens de mémorisation (M1) pour stocker un jeu prédéterminé de valeurs pour ledit paramètre, les moyens de traitement lisant successivement toutes les valeurs du jeu pour établir successivement les taux de bits erronés correspondants et stockant dans
10 un registre ladite valeur courante sélectionnée.

8. Dispositif selon l'une des revendications 5 à 7, caractérisé par le fait que la loi de correspondance comporte une loi affine seuillée paramétrable et par le fait que les moyens d'élaboration (MLB) comprennent un circuit câblé comportant un multiplieur et un
15 additionneur.

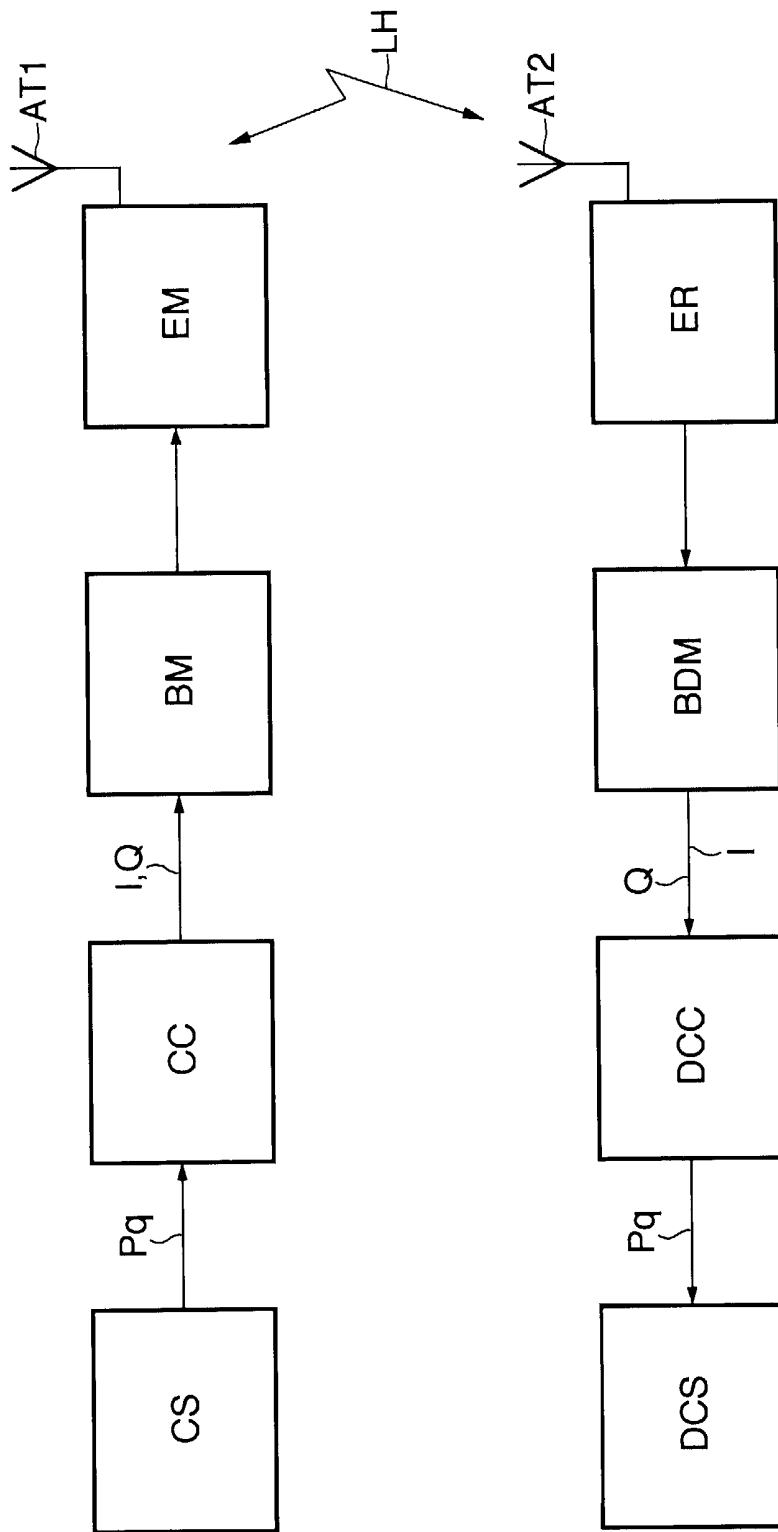
9. Dispositif selon l'une des revendications 5 à 8, caractérisé par le fait que les moyens de prétraitement comprennent les moyens d'élaboration comportant un circuit câblé implémentant ladite loi paramétrable et délivrant des premiers mots numériques de confiance
20 (CF1), et un multiplieur multipliant ce premier mot de confiance par un mot de confiance initiale (CFB) contenu dans chacun des blocs numériques d'entrée, de façon à former pour chaque paire de mots d'entrée (I, Q) ledit mot de confiance (CF2).

25

30

35

1/4

FIG.1

2/4

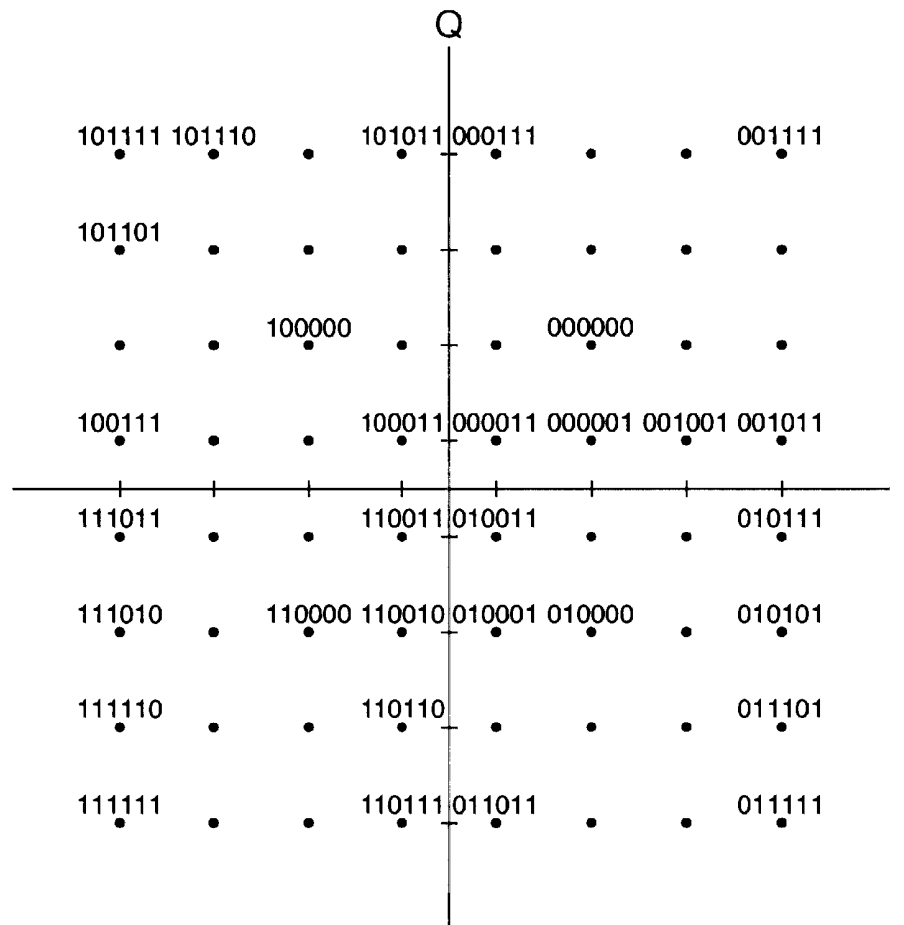
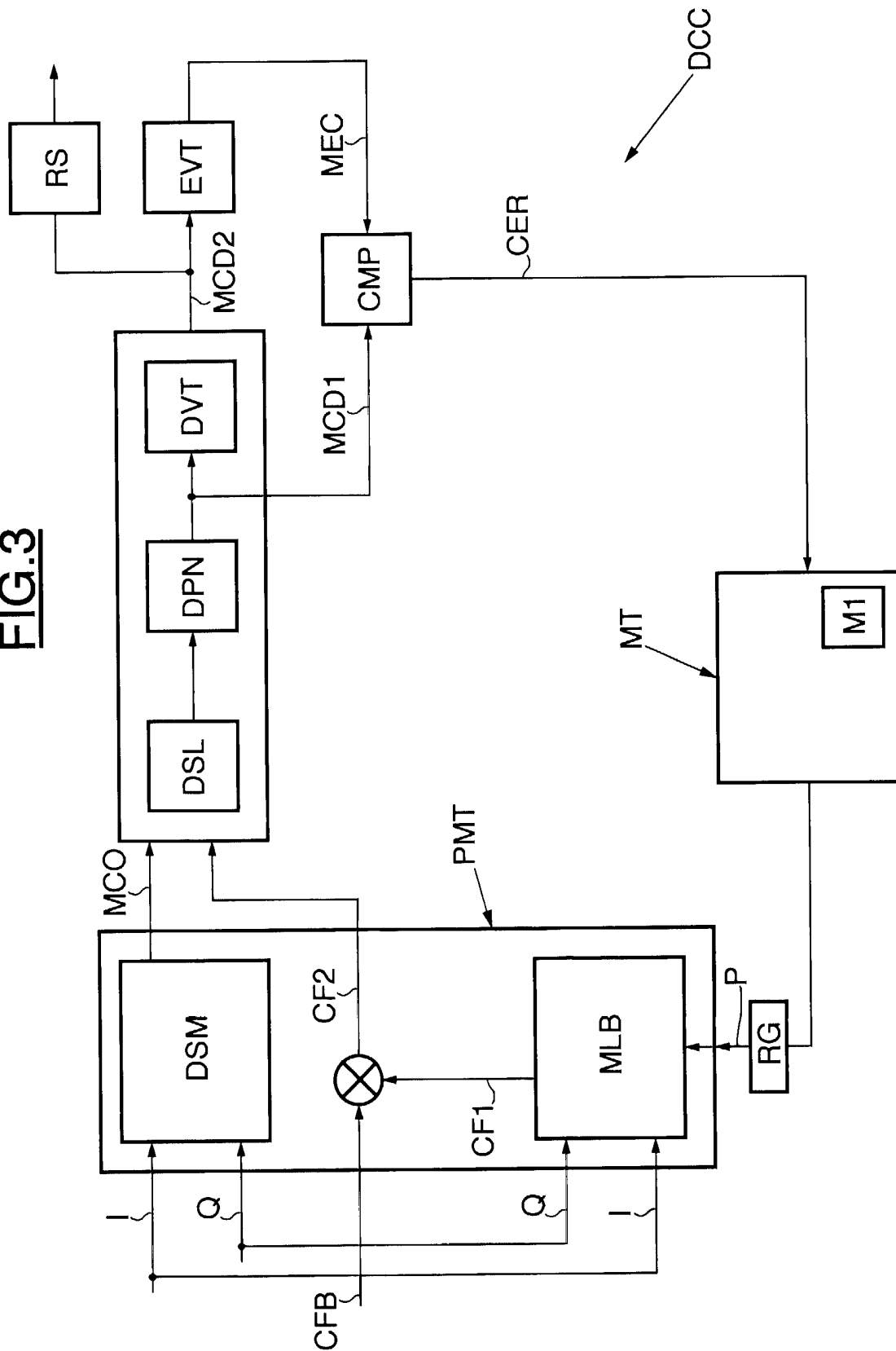
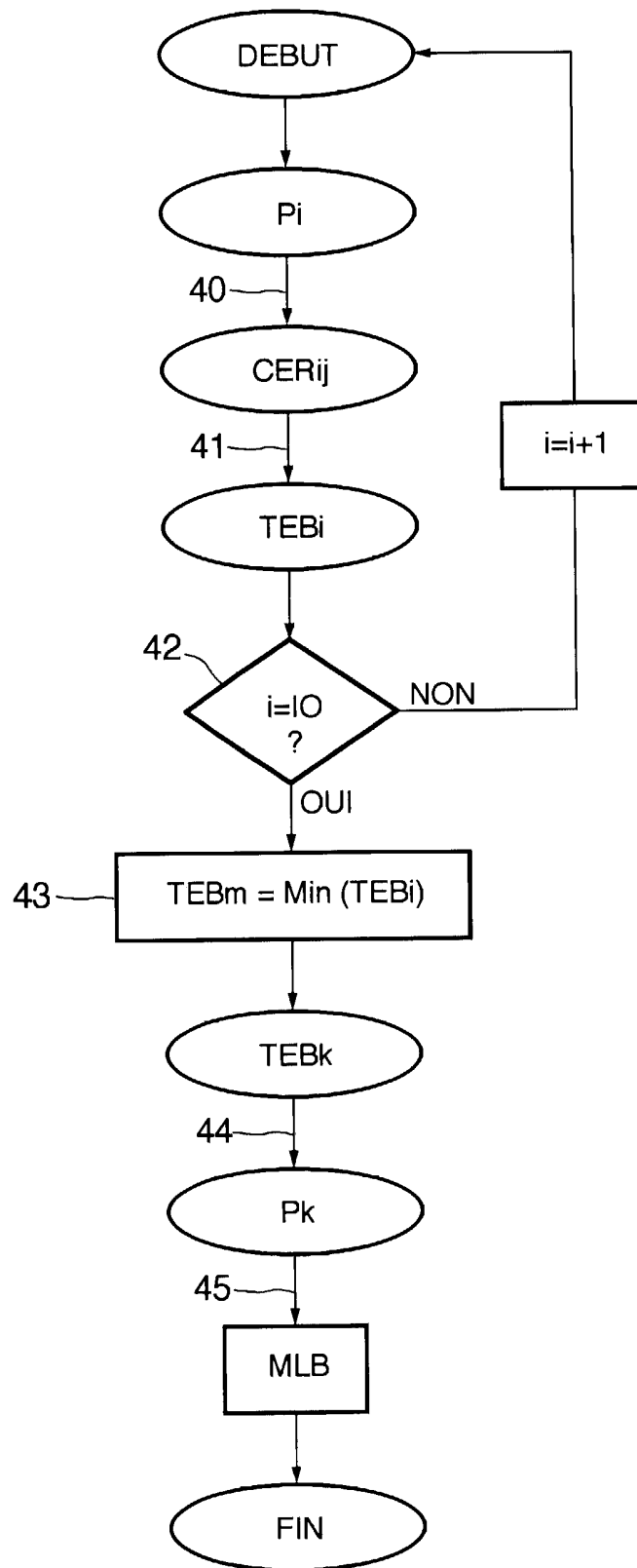
FIG.2

FIG. 3



4/4

FIG.4

**RAPPORT DE RECHERCHE
PRELIMINAIRE**

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 558890
FR 9802894

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
X	US 5 574 751 A (TRELEWICZ JENNIFER) 12 novembre 1996 * abrégé * * colonne 5, ligne 28 - colonne 6, ligne 19 * * figure 1 * * revendication 1 *	1,3
A	-----	5
A	EP 0 772 329 A (DIGI MEDIA VISION LTD) 7 mai 1997 * le document en entier *	1-3,5-7
A	EP 0 772 328 A (DIGI MEDIA VISION LTD) 7 mai 1997 * le document en entier *	1-3,5-7
A	MIGNONE V ET AL: "CD3-OFDM: A NEW CHANNEL ESTIMATION METHOD TO IMPROVE THE SPECTRUM EFFICIENCY IN DIGITAL TERRESTRIAL TELEVISION SYSTEMS" INTERNATIONAL BROADCASTING CONVENTION 1994, no. 413, 14 septembre 1995, pages 122-128, XP000617513 * abrégé * * alinéa 3 *	1-3,5-7
A	US 5 278 871 A (RASKY PHILLIP D ET AL) 11 janvier 1994 * abrégé * * colonne 5, ligne 32 - colonne 7, ligne 58 * * figures 1,3 * ----- -/--	1-3,5-7
Date d'achèvement de la recherche		Examineur
17 novembre 1998		Koukourlis, S
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant		

1
EPO FORM 1503 03 82 (P04C13)

REPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
de la
PROPRIETE INDUSTRIELLE

**RAPPORT DE RECHERCHE
PRELIMINAIRE**

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 558890
FR 9802894

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
A	FR 2 690 797 A (MOTOROLA INC) 5 novembre 1993 * page 6, ligne 18 - ligne 36 * * page 23, ligne 16 - page 25, ligne 8 * * figure 10 * ---	1,2,5,6
A	EP 0 577 212 A (KONINKL PHILIPS ELECTRONICS NV) 5 janvier 1994 * abrégé * * revendication 1 * * figures 3,4 * -----	4,8
		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.CL.6)
Date d'achèvement de la recherche		Examineur
17 novembre 1998		Koukourlis, S
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant		

1

EPO FORM 1503 03.82 (P04C13)