(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication : **2 624 675**
(à n'utiliser que pour les commandes de reproduction)

(21) N° d'enregistrement national : **87 17499**

(51) Int Cl⁴ : H 03 M 3/00; H 04 L 25/17.

(12) DEMANDE DE BREVET D'INVENTION A1

(22) **Date de dépôt :** 15 décembre 1987.

(30) **Priorité :**

(43) **Date de la mise à disposition du public de la demande :** BOPI « Brevets » n° 24 du 16 juin 1989.

(60) **Références à d'autres documents nationaux apparentés :**

(71) **Demandeur(s) :** *CHARBONNIER Alain.* — FR.

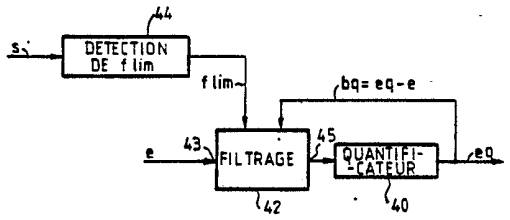
(72) **Inventeur(s) :** Alain Charbonnier.

(73) **Titulaire(s) :**

(74) **Mandataire(s) :** Cabinet Netter.

(54) Dispositif et procédé de traitement d'un signal de base échantillonné, en particulier représentatif de sons.

(57) L'invention concerne un dispositif de traitement d'un signal de base échantillonné, en particulier représentatif de sons comprenant des moyens de quantification 40 et des moyens de filtrage du bruit de quantification. Selon l'invention, des moyens de détection 44 reçoivent le signal de base échantillonné et déterminent une fréquence limite f_{lim}, telle que la majeure partie de l'énergie dudit signal de base se situe à des fréquences supérieures à la fréquence limite. Des moyens supplémentaires de filtrage 42 du bruit de quantification utilisent la valeur de la fréquence limite f_{lim} pour réduire l'énergie du bruit de quantification aux fréquences inférieures à la fréquence limite.



FR 2 624 675 - A1

Dispositif et procédé de traitement d'un signal de base échantillonné, en particulier représentatif de sons.

L'invention concerne le traitement d'un signal de base échantillonné, en particulier représentatif de sons.

On connaît déjà des dispositifs de traitement de sons. Généralement, ils comprennent un convertisseur analogique-numérique quantifiant le signal sonore (parole ou musique) préalablement échantillonné à une fréquence choisie Fe définissant le nombre d'échantillons du signal sonore retenus par seconde. La quantification du signal sonore échantillonné s'effectue sur n bits, n étant donc le nombre de bits par échantillon. L'opération de quantification peut encore être appliquée à un signal déjà codé sous forme numérique, dans le but de réduire le nombre de codes nécessaires pour coder ce signal.

A la quantification intervient un "bruit de quantification" : le bit le moins significatif fluctue entre "0" et "1", pour des variations du signal à quantifier qui peuvent être inférieures au pas de quantification le plus fin. Ce bruit de quantification est gênant, notamment lorsque l'on cherche à "comprimer" le signal considéré.

Or, pour les sons, on cherche à réduire le débit binaire (fe x n) en vue de leur transmission ou de leur stockage, en utilisant des techniques où le bruit de quantification n'est pas insignifiant puisqu'elles exploitent les propriétés du système auditif humain ainsi que celles du signal sonore échantillonné.

Plusieurs solutions ont été proposées pour améliorer la qualité subjective du codage numérique des signaux sonores.

Dans les documents "Predictive Coding of Speech Signals and Subjective Error Criteria", B.S. ATAL, M.R. SCHROEDER, IEEE Transactions on Acoustics, Speech and Signal Processing,

volume ASSP-27, n°3, 1979 et "Digital Coding of Waveforms" chapitre 7, N.S. JAYANT, P. NOLL, Printice Hall Signals processing Series, editions Alan V. OPPENHEIM, 1984, il est notamment proposé un dispositif mettant en forme le spectre du bruit de quantification en vue de l'éliminer. Côté codeur, ce dispositif de mise en forme spectrale du bruit de quantification comprend un premier organe de prédiction connecté en amont du quantificateur, un organe de différenciation connecté en amont et en aval du quantificateur pour déterminer le bruit de quantification, et un organe de filtrage du bruit de quantification. La sortie de l'organe de filtrage est soustraite du signal d'entrée du quantificateur à l'aide d'un organe de soustraction. Un second organe de prédiction est connecté en aval du quantificateur pour reconstruire au décodage le signal d'entrée du codeur.

Un tel dispositif est représenté sur la figure 1. On y a représenté, de manière simplifiée, un prédicteur 10 de type filtre à m gains et m retards, recevant le signal de base échantillonné s et modélisant ledit signal selon une ligne à retard. En sortie du prédicteur 10, le signal prédit se est soustrait du signal s à l'aide d'un organe de soustraction 12 afin d'obtenir le signal de différence d. Les coefficients de filtrage du prédicteur 10 sont adaptés afin de minimiser la puissance du signal de différence d. Un organe de différenciation 16 est connecté en amont e et en aval eq du quantificateur 14 pour déterminer le bruit de quantification bq, bq=eq-e. Un organe de filtrage 18 de type transversal, traite le bruit de quantification bq. La sortie f de l'organe de filtrage 18 est soustraite à l'aide d'un organe de soustraction 20 du signal de différence d. Le signal d'entrée e du quantificateur 14 est alors égal à d-f. Un second organe de prédiction 22 est connecté en aval du quantificateur 14 pour calculer au décodage à l'aide d'un organe d'addition 24 le signal sr, qui est la reconstruction du signal d'entrée du codeur.

Sur la figure 2, on a représenté le spectre amplitude fré-

quence à fréquences basses (inférieures à 4 kHz) du bruit de quantification pour le dispositif décrit en référence à la figure 1. La courbe 26 représente le spectre du signal de base échantillonné s. La courbe 28 représente le spectre du bruit de quantification bq sans sa mise en forme par le prédicteur 10 et le filtre 18. Le spectre 28 est un bruit blanc. La courbe 30 représente le spectre du bruit de quantification bq avec mise en forme de celui-ci par le prédicteur 10 et le filtre 18. L'optimisation du codage numérique des signaux sonores par le dispositif décrit en référence à la figure 1 s'effectue à l'aide du réglage des coefficients de filtrage du filtre 18 ainsi que des paramètres d'adaptation du prédicteur 10.

Cependant, de tels dispositifs ne sont pas satisfaisants en fréquences basses car dans ces fréquences limites la précision de la modélisation spectrale du bruit par le prédicteur est insuffisante. En effet, le bruit de quantification a une structure spectrale fortement corrélée avec la forme du signal de base, de sorte que, pour des fréquences basses à faible niveau, le bruit ressemble beaucoup à de la distorsion harmonique et de ce fait est particulièrement perceptible en audio-fréquence.

De plus, pour l'oreille, l'échelle des fréquences est logarithmique, ce qui se traduit d'une part par une perception très fine pour les fréquences basses et ce qui explique d'autre part le non-masquage du bruit dans les fréquences basses. De tels dispositifs de mise en forme du bruit de quantification peuvent même augmenter la dégradation perçue.

Sur la figure 3, on a représenté le spectre du bruit de quantification du dispositif décrit en référence à la figure 1 tenant compte des caractéristiques du système auditif humain. La courbe 32 représente le spectre du signal de base échantillonné aux fréquences basses (inférieures à 4 kHz). La courbe 34 représente le spectre de masquage résultant des caractéristiques du système auditif humain.

La courbe 36 représente le spectre du bruit de quantification mis en forme par le dispositif décrit en référence à la figure 1. On remarque que le spectre du signal de base échantillonné 32 a un maximum à la fréquence f_{lim}. L'énergie de ce spectre est faible pour les fréquences inférieures à cette fréquence limite f_{lim}. On remarque que le bruit de quantification est difficilement masqué par la courbe 34 pour les fréquences inférieures à la fréquence limite. Dans ce cas, le dispositif décrit en référence à la figure 1 augmente même la dégradation perçue, car le maximum du spectre 32 aux fréquences basses conduit à une augmentation du bruit de quantification 36 dans cette plage de fréquences.

L'invention a pour but d'apporter une solution à ce problème. Un autre but de l'invention est d'offrir un dispositif et un procédé de codage numérique de signaux sonores tenant compte des propriétés de masquage du système auditif humain.

L'invention porte sur un dispositif de traitement d'un signal de base échantillonné, en particulier représentatif de sons, du type comprenant :

- des moyens de quantification;

- un organe de différenciation connecté en amont et en aval des moyens de quantification pour déterminer le bruit de quantification;

- des moyens de filtrage pondéré du bruit de quantification, et

- des moyens de soustraction pour soustraire la sortie des moyens de filtrage du signal d'entrée des moyens de quantification.

Selon une définition générale de l'invention, le dispositif comprend en outre :

- des moyens de détection recevant le signal de base, et propres à déterminer une fréquence limite, telle que la majeure partie de l'énergie dudit signal de base se situe à des fréquences supérieures à la fréquence limite, et

- des moyens supplémentaires de filtrage du bruit de quantification utilisant la valeur de ladite fréquence limite pour réduire l'énergie du bruit de quantification aux fréquences inférieures à ladite fréquence limite.

Selon un aspect de l'invention, le dispositif comprend en outre des moyens supplémentaires de soustraction pour soustraire la sortie des moyens supplémentaires de filtrage du signal d'entrée de quantification et l'organe de différenciation comprend un premier élément de différenciation connecté en amont et en aval des moyens de quantification pour déterminer le bruit de quantification susceptible d'être traité par les moyens supplémentaires de filtrage et un second élément de différenciation connecté en amont des moyens supplémentaires de soustraction et en aval des moyens de quantification pour déterminer le bruit de quantification susceptible d'être traité par les moyens de filtrage.

Selon un autre aspect de l'invention, les moyens de détection comprennent :

- un premier organe de détection possédant une entrée recevant le signal de base échantillonné ainsi qu'une sortie, ledit premier organe de détection déterminant une amplitude sensiblement maximale du spectre du signal de base échantillonné,

- un second organe de détection possédant une entrée reliée à la sortie du premier organe de détection ainsi qu'une sortie, ledit second organe de détection déterminant la fréquence associée à ladite amplitude sensiblement maximale du signal de base échantillonné déterminée par ledit premier organe de détection.

Selon un mode de réalisation préféré du dispositif selon l'invention, le premier organe de détection est un filtre intégrateur.

De préférence, le filtre intégrateur est du type à réponse impulsionnelle infinie d'ordre 2.

Selon un autre mode de réalisation préféré du dispositif selon l'invention, le second organe de détection est un prédicteur auto-régressif d'ordre 2 délivrant à sa sortie un signal représentatif de la fréquence limite.

Selon une autre caractéristique du dispositif selon l'invention, les moyens supplémentaires de filtrage comprennent :

- un organe de filtrage possédant une entrée reliée au premier élément de différenciation ainsi qu'une sortie;

- des moyens d'adaptation de l'organe de filtrage possédant une entrée reliée à la sortie des moyens de détection et une sortie connectée sur l'organe de filtrage, lesdits moyens d'adaptation agissant sur l'organe de filtrage pour atténuer les fréquences du bruit de quantification inférieures à la fréquence limite.

Selon un mode de réalisation préféré du dispositif selon l'invention, l'organe de filtrage est un filtre transversal comprenant une pluralité d'éléments de filtrage possédant chacun une entrée reliée en série au premier élément de différenciation et une sortie reliée en commun aux moyens supplémentaires de soustraction.

Selon un autre mode de réalisation préféré du dispositif selon l'invention, les moyens d'adaptation de l'organe de filtrage comprennent :

- des moyens de quantification supplémentaires possédant une entrée reliée aux moyens de détection ainsi qu'une sortie,

lesdits moyens de quantification supplémentaires quantifiant le signal délivré par les moyens de détection;

- un organe d'adaptation de l'organe de filtrage possédant une entrée recevant le signal quantifié délivré par les moyens de quantification supplémentaires ainsi qu'une pluralité de sorties reliées chacune à un élément de filtrage de l'organe de filtrage, ledit organe d'adaptation adaptant les coefficients de filtrage de chaque élément de filtrage en fonction du signal quantifié représentatif de la fréquence limite.

Afin de réduire la puissance du signal de base échantillonné et minimiser par conséquent le bruit de quantification, le dispositif selon l'invention comprend en outre :

- des premiers moyens de prédiction recevant le signal de base échantillonné;

- des moyens auxiliaires de soustraction pour soustraire la sortie des moyens de prédiction du signal d'entrée des moyens de soustraction;

- des seconds moyens de prédiction recevant le signal de sortie des moyens de quantification; et

- des moyens d'addition pour ajouter la sortie des seconds moyens de prédiction au signal de sortie des moyens de quantification.

Avantageusement, les premiers et seconds moyens de prédiction sont des filtres linéaires de type transversaux comprenant une pluralité de coefficients de gain et de retard.

L'invention a également pour objet un procédé de traitement d'un signal de base échantillonné, en particulier représentatif de sons, comportant les étapes suivantes :

a) quantifier ledit signal de base échantillonné;

b) déterminer le bruit de quantification;

c) filtrer le bruit de quantification;

d) soustraire au signal de base échantillonné le bruit de quantification filtré.

Selon une définition générale du procédé selon l'invention, le procédé comporte en outre les étapes suivantes :

e) détecter un fréquence limite telle que la majeure partie de l'énergie dudit signal de base se situe à des fréquences supérieures à la fréquence limite et

f) filtrer supplémentairement le bruit de quantification en utilisant la valeur de ladite fréquence limite pour réduire l'énergie du bruit de quantification aux fréquences inférieures à ladite fréquence limite.

Selon une autre caractéristique du procédé selon l'invention, l'étape a) comporte en outre les opérations préliminaires suivantes :

- a^1) prédire le signal de base échantillonné;
- a^2) soustraire le signal prédit au signal de base échantillonné; et

l'étape e) comporte en outre les opérations finales suivantes:

- e^1) prédire le signal de sortie des moyens de quantification; et
- e^2) ajouter le signal prédit au signal de sortie des moyens de quantification.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à l'examen de la description détaillée ci-après, et des dessins annexés sur lesquels :

- la figure 1 déjà décrite est une vue schématique d'un dispositif de traitement de signaux sonores selon l'art antérieur;

- la figure 2 déjà décrite représente le spectre du bruit de quantification du dispositif décrit en référence à la figure 1 selon l'art antérieur;

- la figure 3 déjà décrite représente le spectre du bruit de quantification en tenant compte du masquage par le système auditif humain selon l'art antérieur;

- la figure 4 est un synoptique des éléments essentiels et constitutifs du dispositif selon l'invention;

- la figure 5 représente le spectre du bruit de quantification obtenu par le dispositif décrit en référence à la figure 4 selon l'invention;

- la figure 6 est une vue générale d'un mode de réalisation des moyens de détection de la fréquence limite selon l'invention;

- la figure 7 est une vue générale d'un mode de réalisation des moyens d'adaptation des moyens supplémentaires de filtrage en fonction de la fréquence limite selon l'invention; et

- la figure 8 représente schématiquement un exemple de réalisation du dispositif selon l'invention avec prédiction du signal d'entrée et de sortie.

Les dessins annexés comportent à de nombreux titres des éléments de caractère certain. Ils pourront donc non seulement servir à éclairer la description ci-après, mais aussi contribuer à la définition de l'invention, le cas échéant.

Sur la figure 4, on a représenté le synoptique du dispositif

selon l'invention. On y retrouve un quantificateur 40 identique à celui décrit en référence à la figure 1. Le montage du quantificateur 40 diffère de celui de la figure 1 par l'introduction de moyens de filtrage 42 possédant une entrée 43 recevant le signal d'entrée e du quantificateur 40 et une sortie 45 reliée aux moyens de quantification 40. Les moyens de filtrage 42 traitent le signal de sortie eq du quantificateur 40 comprenant notamment le bruit de quantification bq égal à eq-e. Des moyens de détection 44 recevant le signal de base échantillonné s déterminent une fréquence limite f_{lim}, telle que la majeure partie de l'énergie dudit signal de base échantillonné s se situe à des fréquences supérieures à la fréquence limite f_{lim}.

Selon la principale caractéristique du dispositif selon l'invention, les moyens de filtrage 42 utilisent la valeur de la fréquence limite f_{lim} pour réduire l'énergie du bruit de quantification aux fréquences inférieures à ladite fréquence limite.

Sur la figure 5, on a représenté le spectre amplitude fréquence du bruit de quantification bq à des fréquences basses inférieures à 4 kHz pour le dispositif décrit en référence à la figure 4. La courbe 46 représente le signal de base échantillonné s. La courbe 48 représente la courbe de masquage résultant de l'action du système auditif humain. La courbe 50 représente le spectre du bruit de quantification obtenu par le dispositif selon l'invention décrit en référence à la figure 4.

La comparaison de la courbe de masquage 48 et de la courbe du bruit de quantification 50 montrent que si les coefficients de filtrage des moyens de filtrage 42 sont correctement adaptés en fonction de la valeur de la fréquence limite f_{lim}, la qualité subjective du codage numérique de signal sonore par le dispositif selon l'invention peut être nettement améliorée aux fréquences basses.

Sur la figure 6, on a représenté un dispositif de détection 44 propre à déterminer la fréquence limite f_{lim} telle que la majeure partie de l'énergie du signal de base échantillonné s se situe à des fréquences supérieures à la fréquence limite f_{lim}. Le dispositif de détection 44 comprend un filtre intégrateur 52 possédant une entrée 54 recevant le signal de base échantillonné s ainsi qu'une sortie 56. Le signal de sortie sh est traité par un premier élément de filtrage comprenant une ligne à retard 58 possédant une entrée 57 recevant le signal sh ainsi qu'une sortie 59 et par un second élément de filtrage comprenant une ligne à retard 60 possédant une entrée 61 recevant le signal délivré par la sortie 59 ainsi qu'une sortie 63. Les sorties respectives 59 et 63 des lignes à retard 58 et 60 sont reliées en commun à l'aide d'un moyen d'addition 62 après avoir été multipliées respectivement aux coefficients de filtrage de chaque élément de filtrage par les multiplicateurs 259 et 263. Les éléments de filtrage 58, 259 et 60, 263 ont ainsi un coefficient de filtrage h_1 respectivement h_2 multiplié par un multiplicateur 259 respectivement 263 à une ligne à retard 58 respectivement 60. Les signaux délivrés par les éléments de filtrage 58, 259 et 60, 263 via le moyen d'addition 62 sont soustraits au signal d'entrée s à l'aide d'un moyen de soustraction 64.

Le filtre intégrateur 52 a une fonction de transfert de pente négative permettant d'accentuer l'allure en moyenne décroissante du spectre du signal de base échantillonné en fonction de la fréquence. Par exemple, le coefficient de filtrage h_1 du filtre 58 a une valeur de l'ordre de 1,78 tandis que le coefficient de filtrage h_2 du filtre 60 a une valeur de l'ordre de -0,81.

Le filtre intégrateur 52 détermine à l'aide de sa fonction de transfert de pente négative une amplitude sensiblement maximale du spectre du signal de base échantillonné s. Pour la plupart des signaux sonores, le signal sh délivré en sortie 56 du filtre 52 possède une amplitude maximale corres-

pondant approximativement à celle de la fréquence limite f_{lim}. Le filtre 52 est un filtre à réponse impulsionnelle infinie d'ordre 2.

Le dispositif de détection 44 comprend encore un prédicteur 66 de type auto-régressif d'ordre 2 possédant une entrée 68 reliée à la sortie 56 du filtre intégrateur 52. Le signal d'entrée du prédicteur 66 est tout d'abord traité par un élément de filtrage comprenant une ligne à retard 70 possédant une entrée 71 reliée à l'entrée 68 ainsi qu'une sortie 73. Puis le signal d'entrée est traité par un élément de filtrage comprenant une ligne à retard 72 possédant une entrée 75 reliée à la sortie 73 de la ligne à retard 70 ainsi qu'une sortie 77. La sortie 73 de la ligne à retard 70 est multipliée à la sortie 87 de la ligne à retard 84 par un organe multiplicateur 88. La sortie 89 du multiplicateur 88 et la sortie 77 sont reliées en commun à un organe d'addition 74. Le signal délivré par l'organe d'addition 74 est soustrait à l'entrée du prédicteur 66 par l'intermédiaire d'un organe de soustraction 76.

Le signal eh qui est le signal du résultat de cette soustraction est reçu par un organe de détermination de signe 78 possédant deux entrées 79 ainsi qu'une sortie 80. L'une des entrées 79 est reliée à la sortie 73 de la ligne à retard 70. Le signal délivré par la sortie 80 de l'organe de détermination de signe 78 a une amplitude constante et égale à 1, et a pour signe le produit des signes des deux entrées 79.

Le signal délivré par la sortie 80 de l'organe de détermination de signe 78 est ensuite traité par un organe de calcul 82 possédant une entrée 81 reliée à la sortie 80 ainsi qu'une sortie 83. L'organe de calcul 82 multiplie le signal délivré par l'organe de détermination de signe par un coefficient α de l'ordre de 0,01.

Un élément de filtrage comprenant une ligne à retard 84

possédant une entrée 85 reliée à la sortie 83 ainsi qu'une sortie 87 traite enfin le signal issu de l'organe de calcul 82 pour délivrer à sa sortie 87 un signal représentatif de la fréquence limite f_{lim}.

L'homme de l'art comprendra que le prédicteur 66 de type auto-régressif d'ordre 2 détermine suivant son algorithme de filtrage, la fréquence (ou emplacement) associée à l'amplitude sensiblement maximale du signal de base échantillonné déterminée par le filtre intégrateur 52.

Sur la figure 7, on a représenté un mode de réalisation des moyens supplémentaires de filtrage selon l'invention. On y retrouve un quantificateur 40 identique à celui décrit en référence à la figure 4. Un élément de différenciation 100 est connecté en amont 102 et en aval 104 du quantificateur 40 pour déterminer le bruit de quantification cq. cq est égal à la différence entre le signal de sortie eq des moyens de quantification 40 et le signal d'entrée ec desdits moyens de quantification. Les moyens supplémentaires de filtrage comprennent un organe de filtrage 105 possédant une entrée 106 reliée à l'élément de différenciation 100. L'organe de filtrage 105 comprend une pluralité d'éléments de filtrage comprenant chacun une ligne à retard 108 individualisée en 108-1 à 108-n possédant chacune une entrée 109 individualisée en 109-1 à 109-n et une sortie 111 individualisée en 111-1 à 111-n.

L'entrée 109-1 est reliée à l'élément de différenciation 100. Les entrées suivantes 109-2, ..., 109-n sont reliées respectivement aux sorties 111-1, ...; 111-n-1.

A chaque ligne à retard 108 est associé un coefficient de filtrage 110 individualisé en 110-1 à 110-n possédant chacun une entrée 113 individualisée en 113-1 à 113-n ainsi qu'une sortie 115 individualisée en 115-1 à 115-n.

Un organe multiplicateur 112 individualisé en 112-1 à 112-n

possédant une première entrée 117 individualisée en 117-1 à 117-n reliée à la sortie 115 des coefficients de filtrage 110 et une seconde entrée 119 individualisée en 119-1 à 119-n reliée à la sortie 111 des lignes à retard 108, délivre à sa sortie 121 individualisée en 121-1 à 121-n un signal filtré par la ligne à retard 108 particulière associée audit organe multiplicateur 112 particulier.

Un organe d'addition 116 individualisé en 116-2 à 116-n possédant une première entrée 125 individualisée en 125-2 à 125-n, et une seconde entrée 127 individualisée en 127-1 à 127-n, délivre à sa sortie 129 individualisée en 129-2 à 129-n un signal représentant le signal de sortie sc de l'organe de filtrage 105.

L'entrée 125-2 est reliée à la sortie 121-1 de l'organe multiplicateur 112-1. Les entrées suivantes 125-3, ..., 125-n sont reliées respectivement aux sorties 129-2, ..., 129-n-1.

L'entrée 127-2 est reliée à la sortie 121-2 de l'organe multiplicateur 112-2. Les entrées suivantes 127-3, ..., 127-n sont reliées respectivement aux sorties 121-2, ..., 121-n.

Le signal de sortie sc délivré par la sortie 129-n est soustrait du signal d'entrée e des moyens de quantification 40 à l'aide d'un organe de soustraction 130.

Selon une autre caractéristique de l'invention, l'adaptation des coefficients de filtrage en fonction de la valeur de la fréquence f_{lim} permet de réduire le bruit de quantification aux fréquences inférieures à la fréquence f_{lim}.

Une méthode de réalisation de l'adaptation des coefficients 110 de l'organe de filtrage 105 est la suivante. Des moyens de quantification supplémentaires 150 possédant une entrée 152 recevant le signal associé à la fréquence limite f_{lim} délivré par les moyens de détection 44 décrits ci-avant,

délivre à sa sortie 154 un signal quantifié représentant ladite fréquence limite f_{lim}. Des moyens de calcul ou organe d'adaptation 160 possédant une entrée 162 recevant le signal quantifié représentant la fréquence f_{lim} ainsi qu'une pluralité de sorties 164 individualisées en 164-1 à 164-n reliées respectivement aux entrées 113 des coefficients de filtrage 110, modifient à l'aide du signal quantifié f_{lim} la valeur desdits coefficients de filtrage des éléments de filtrage 108, 112.

Par exemple, les éléments de filtrage 108, 112 de l'organe de filtrage 105 sont optimisés à partir d'un corpus de séquences sonores représentatif. Les coefficients de filtrage 110 sont périodiquement mis à jour à l'aide des moyens de calcul 160.

Sur la figure 8, on a représenté un exemple d'association du dispositif selon l'invention dans lequel ce dernier est inséré dans le dispositif de traitement numérique du signal sonore décrit en référence à la figure 1. On y retrouve donc les éléments précédemment décrits, à savoir : le prédicteur 10 au codage et le prédicteur 22 au décodage, un quantificateur 40 identique au quantificateur 14, les moyens de différenciation 12, 16 et 24, le filtre 18 et l'organe de soustraction 20. Le dispositif selon l'invention en particulier les moyens supplémentaires de filtrage 42 s'insèrent par l'intermédiaire des bornes 102 et 104 de l'organe de différenciation 100 qui permet de déterminer le bruit de quantification bq. La sortie 106 de l'organe de différenciation 100 est reliée à l'organe de filtrage 105 en vue de filtrer supplémentairement ledit bruit de quantification. Le signal de sortie 129 du filtre 105 est soustrait du signal d'entrée e par l'intermédiaire du moyen de soustraction 130. Les coefficients de filtrage de l'organe de filtrage 105 sont adaptés en fonction de la valeur de la fréquence limite déterminée par le détecteur 44 recevant à son entrée 54 le signal de base échantillonné s. Le détecteur 44 délivre à sa sortie 85 un signal représentatif de la fréquence limi-

te f_{lim}. Ce signal représentatif de la fréquence limite f_{lim} est pris en compte par des moyens d'adaptation 150, 160 qui délivrent à leurs sorties 164 un signal propre à adapter les coefficients de filtrage de l'organe de filtrage 105 en vue d'atténuer les fréquences du bruit de quantification inférieures à la fréquence limite.

L'invention a également pour objet un procédé de traitement d'un signal de base échantillonné, en particulier représentatif de sons, mettant en oeuvre le dispositif selon l'invention décrit en référence aux figures 1 à 8. Le procédé selon l'invention porte sur un procédé comportant les étapes suivantes :

- a) quantifier un signal de base échantillonné, en particulier représentatif de sons;

- b) déterminer le bruit de quantification;

- c) filtrer le bruit de quantification;

- d) soustraire au signal de base échantillonné le bruit de quantification filtré.

Selon une définition générale du procédé selon l'invention, le procédé comporte en outre les étapes suivantes :

- e) détecter une fréquence limite telle que la majeure partie de l'énergie dudit signal de base se situe à des fréquences supérieures à la fréquence limite et,

- f) filtrer le bruit de quantification en utilisant la valeur de ladite fréquence limite pour réduire l'énergie du bruit de quantification aux fréquences inférieures à ladite fréquence limite.

Selon une variante du procédé selon l'invention, l'étape a) comporte en outre les opérations préliminaires suivantes :

- a^1) prédire le signal de base échantillonné;
- a^2) soustraire le signal prédit du signal de base échantillonné et l'étape e) comporte en outre les opérations finales suivantes :

- e^1) prédire le signal de sortie des moyens de quantification;
- e^2) ajouter le signal prédit au signal de sortie des moyens de quantification.

Revendications.

1. Dispositif de traitement d'un signal de base échantillonné, en particulier représentatif de sons, du type comprenant :

- des moyens de quantification (40);

- un organe de différenciation (16) connecté en amont et en aval des moyens de quantification (40) pour déterminer le bruit de quantification;

- des moyens de filtrage pondéré (18) du bruit de quantification, et

- des moyens de soustraction (20) pour soustraire la sortie des moyens de filtrage du signal d'entrée des moyens de quantification,

caractérisé en ce qu'il comprend en outre :

- des moyens de détection (44) recevant le signal de base échantillonné, et propres à déterminer une fréquence limite (f_{lim}), telle que la majeure partie de l'énergie dudit signal de base se situe à des fréquences supérieures à la fréquence limite, et

- des moyens supplémentaires de filtrage (42) du bruit de quantification utilisant la valeur de ladite fréquence limite pour réduire l'énergie du bruit de quantification aux fréquences inférieures à ladite fréquence limite.

2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comprend en outre des moyens supplémentaires de soustraction (130) pour soustraire la sortie des moyens supplémentaires de filtrage (42) du signal d'entrée des moyens de quantification (40) et en ce que l'organe de différenciation comprend un premier élément de différenciation (100) connecté en amont (102) et en aval (104) des moyens de quan-

tification (40) pour déterminer le bruit de quantification susceptible d'être traité par les moyens supplémentaires de filtrage (42) et un second élément de différenciation (16) connecté en amont des moyens supplémentaires de soustraction (130) et en aval des moyens de quantification (40) pour déterminer le bruit de quantification susceptible d'être traité par les moyens de filtrage (18).

3. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que les moyens de détection (44) comprennent :

- un premier organe de détection (52) possédant une entrée (54) recevant le signal de base échantillonné ainsi qu'une sortie (56), ledit premier organe de détection (52) déterminant une amplitude sensiblement maximale du spectre du signal de base échantillonné, et

- un second organe de détection (66) possédant une entrée (68) reliée à la sortie (56) du premier organe de détection (52) ainsi qu'une sortie (87), ledit second organe de détection (66) déterminant la fréquence associée à ladite amplitude sensiblement maximale du signal de base échantillonné déterminée par ledit premier organe de détection (52).

4. Dispositif selon la revendication 3, caractérisé en ce que le premier organe de détection (52) est un filtre intégrateur.

5. Dispositif selon la revendication 4, caractérisé en ce que le filtre intégrateur est du type à réponse impulsionnelle infinie d'ordre 2.

6. Dispositif selon la revendication 3, caractérisé en ce que le second organe de détection (66) est un prédicteur auto-régressif d'ordre 2 délivrant à sa sortie (87) un signal représentatif de la fréquence limite (f_{lim}).

7. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce

que les moyens supplémentaires de filtrage (42) comprennent :

- un organe de filtrage (105) possédant une entrée (106) reliée au premier élément de différenciation (100) ainsi qu'une sortie (129);

- des moyens d'adaptation (150, 160) de l'organe de filtrage (105) possédant une entrée (152) reliée à la sortie des moyens de détection (44) et une sortie (164) connectée sur l'organe de filtrage (105), lesdits moyens d'adaptation agissant sur l'organe de filtrage (105) pour atténuer les fréquences du bruit de quantification qui sont inférieures à la fréquence limite (f_{lim}).

8. Dispositif selon la revendication 7, caractérisé en ce que l'organe de filtrage (105) est un filtre transversal comprenant une pluralité d'éléments de filtrage (108, 112) possédant chacun une entrée (109) reliée en série au premier organe de différenciation (100) et une sortie (129) reliée en commun aux moyens supplémentaires de soustraction (130).

9. Dispositif selon la revendication 7 et la revendication 8, caractérisé en ce que les moyens d'adaptation (150, 160) de l'organe de filtrage (105) comprennent :

- des moyens de quantification supplémentaires (150) possédant une entrée (152) reliée aux moyens de détection (44) ainsi qu'une sortie (154), lesdits moyens de quantification supplémentaires (150) quantifiant le signal délivré par les moyens de détection;

- un organe d'adaptation (160) de l'organe de filtrage (105) possédant une entrée (162) recevant le signal quantifié délivré par les moyens de quantification supplémentaires (150) ainsi qu'une pluralité de sorties (164) reliées chacune à un élément de filtrage (108, 112) de l'organe de filtrage (105), ledit organe d'adaptation adaptant les coefficients de filtrage de chaque élément de filtrage en fonction du

signal quantifié représentant la fréquence limite.

10. Dispositif selon l'une quelconque des précédentes revendications, caractérisé en ce qu'il comprend en outre :

- des premiers moyens de prédiction (10) recevant le signal de base échantillonné;

- des moyens auxiliaires de soustraction (12) pour soustraire la sortie des moyens de prédiction (10) du signal d'entrée des moyens de soustraction (20);

- des seconds moyens de prédiction (22) recevant le signal de sortie des moyens de quantification (40); et

- des moyens d'addition (24) pour ajouter la sortie des moyens de prédiction (22) au signal de sortie des moyens de quantification (40).

11. Dispositif selon la revendication 10, caractérisé en ce que les premiers (10) et seconds (22) moyens de prédiction sont des filtres de type transversaux comprenant chacun une pluralité de coefficients de gain et de retard.

12. Procédé de traitement d'un signal de base échantillonné, en particulier représentatif de sons, comportant les étapes suivantes :

- a) quantifier ledit signal de base échantillonné;

- b) déterminer le bruit de quantification;

- c) filtrer le bruit de quantification;

- d) soustraire au signal de base échantillonné le bruit de quantification filtré,

caractérisé en ce qu'il comporte en outre les étapes sui-

vantes :

- e) détecter une fréquence limite telle que la majeure partie de l'énergie dudit signal de base se situe à des fréquences supérieures à la fréquence limite, et

- f) filtrer supplémentairement le bruit de quantification en utilisant la valeur de ladite fréquence limite pour réduire l'énergie du bruit de quantification aux fréquences inférieures à ladite fréquence limite.

13. Procédé selon la revendication 12, caractérisé en ce que l'étape a) comporte en outre les opérations préliminaires suivantes :

- a^1) prédire le signal de base échantillonné;

- a^2) soustraire le signal prédit au signal de base échantillonné;

et en ce que l'étape e) comporte en outre les opérations finales suivantes :

- e^1) prédire le signal de sortie des moyens de quantification; et

- e^2) ajouter le signal prédit au signal de sortie des moyens de quantification.

FIG. 1

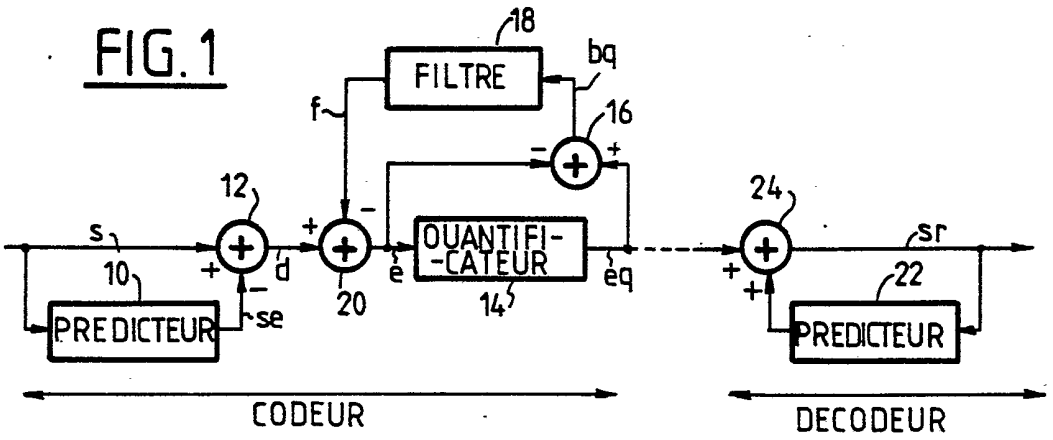


FIG. 2

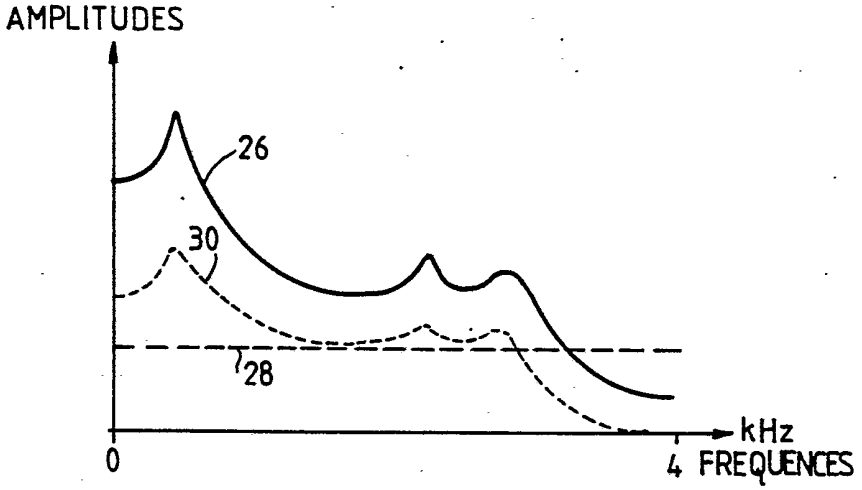


FIG. 3

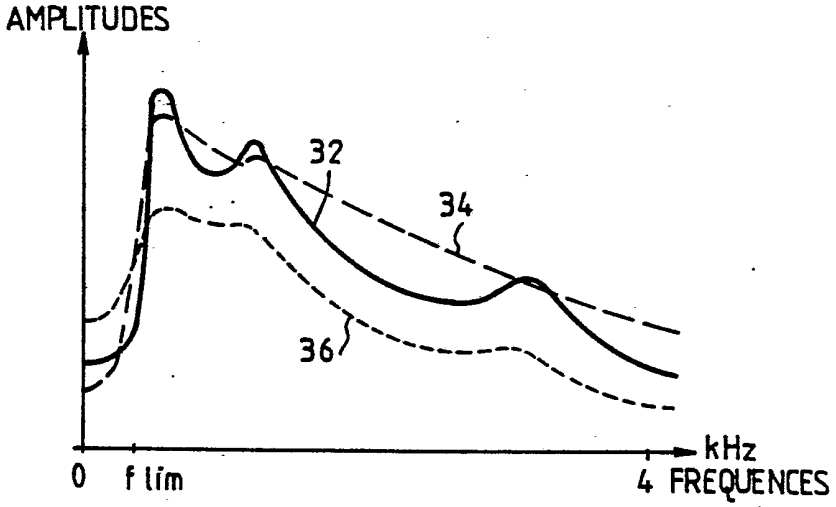


FIG. 4

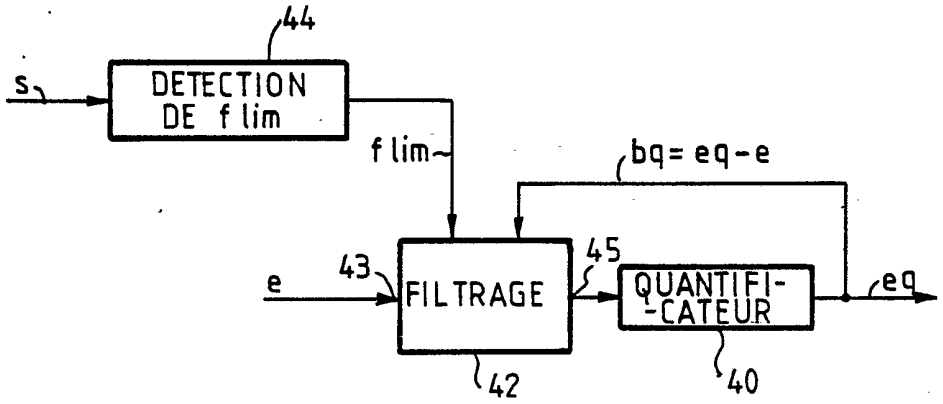

44
s
DETECTION
DE f lim
f lim
bq = eq - e
e
43
FILTRAGE
45
QUANTIFI-
-CATEUR
eq
42
40

FIG. 5

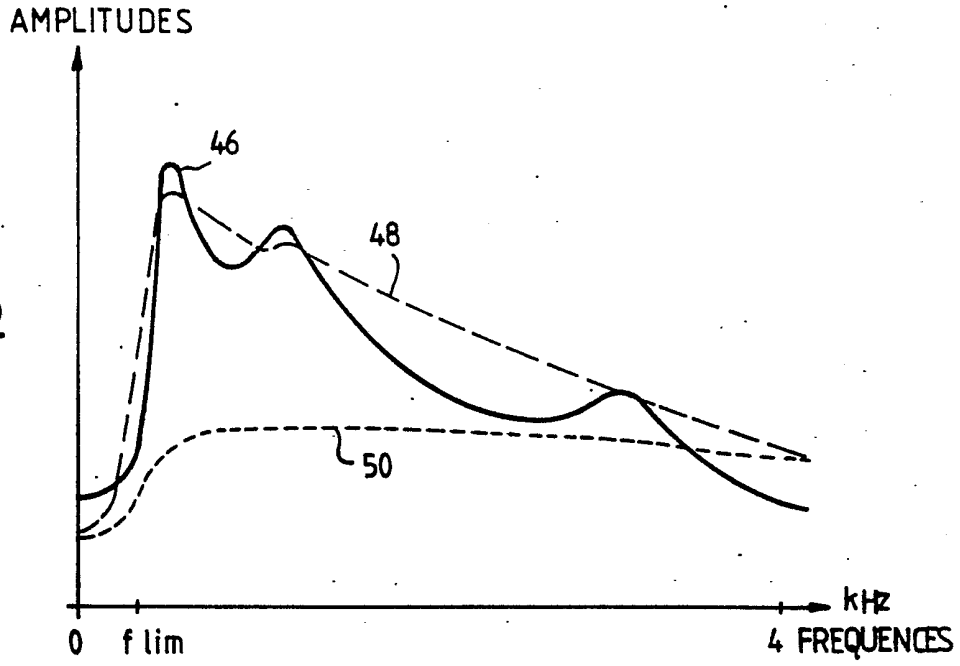

AMPLITUDES
46
48
50
0
f lim
kHz
4 FREQUENCES

FIG. 6

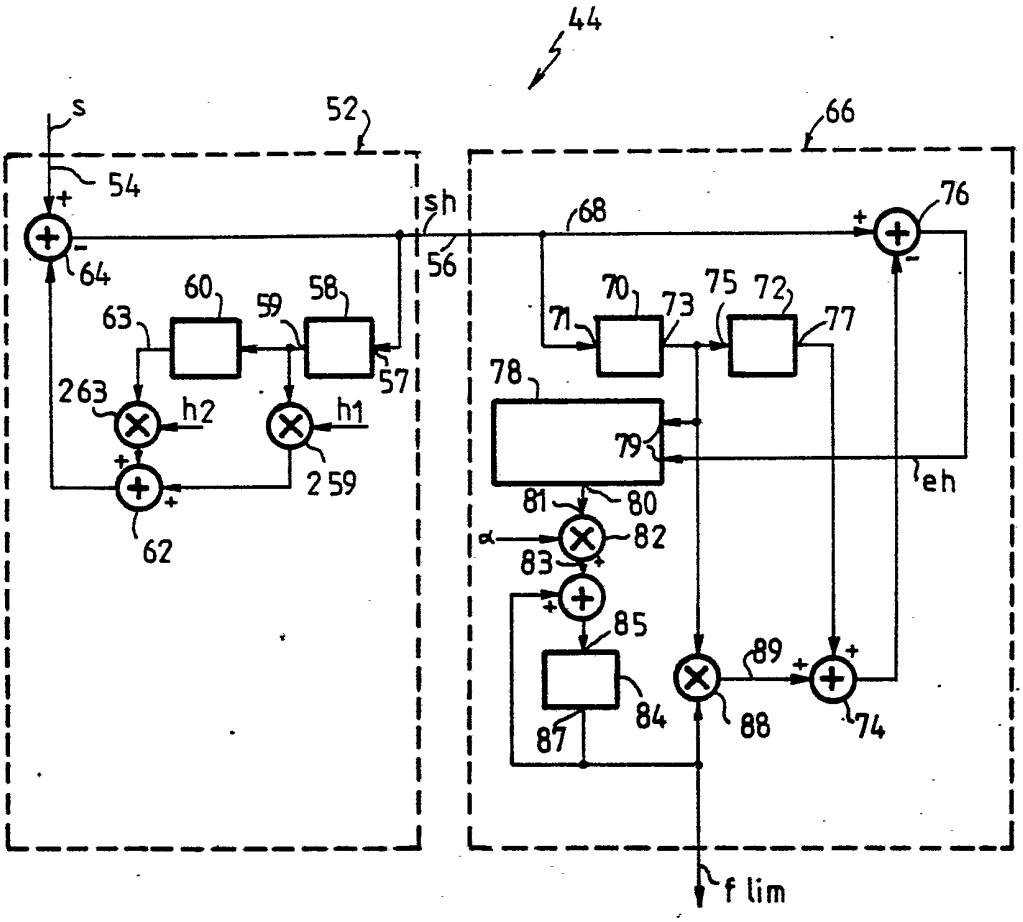

44
s
52
66
54
sh
68
76
64
56
60
59
58
70
75
72
63
71
73
77
57
78
263
h2
h1
79
eh
259
81
80
62
α
82
83
85
89
84
87
88
74
f lim

FIG. 7

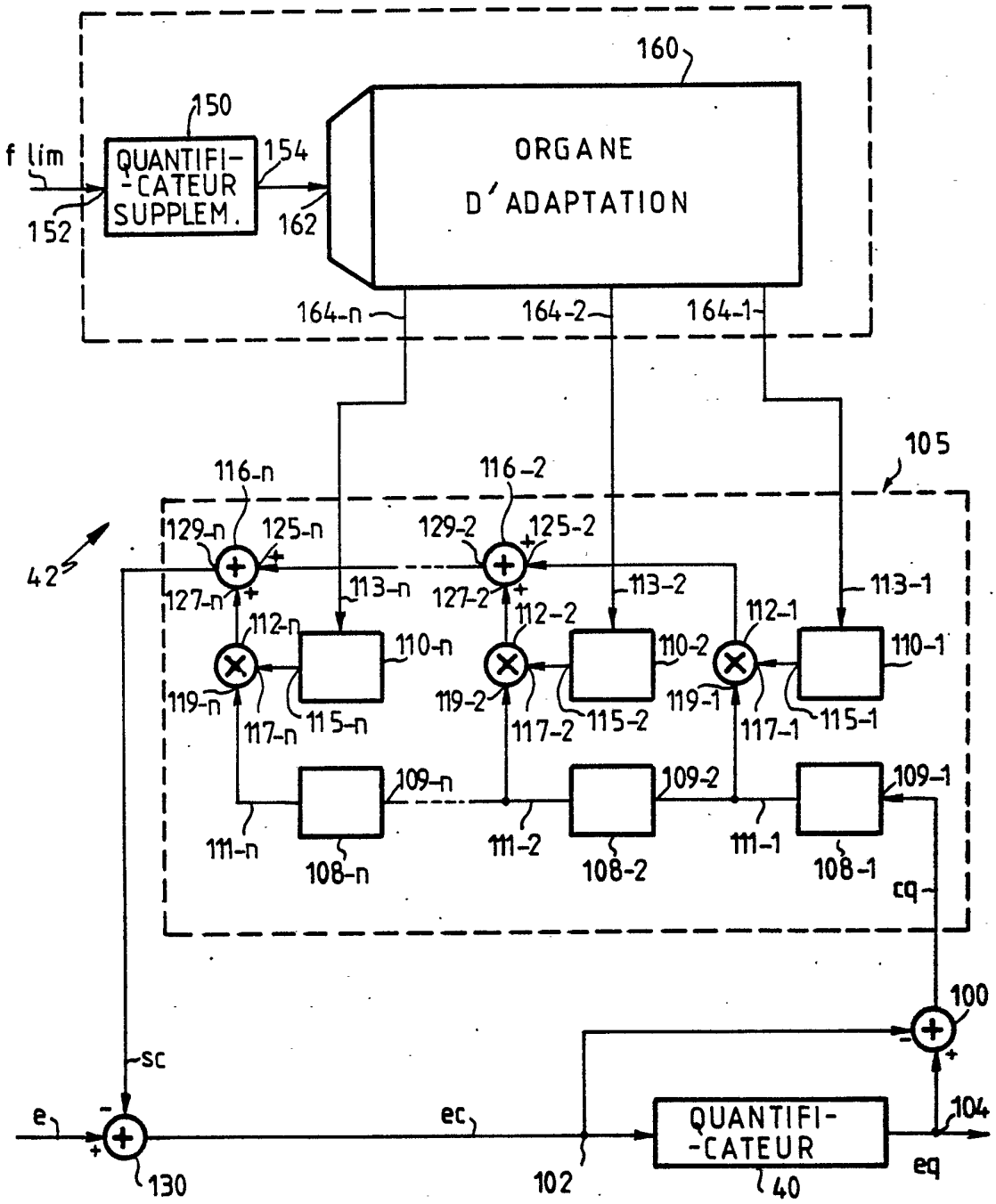
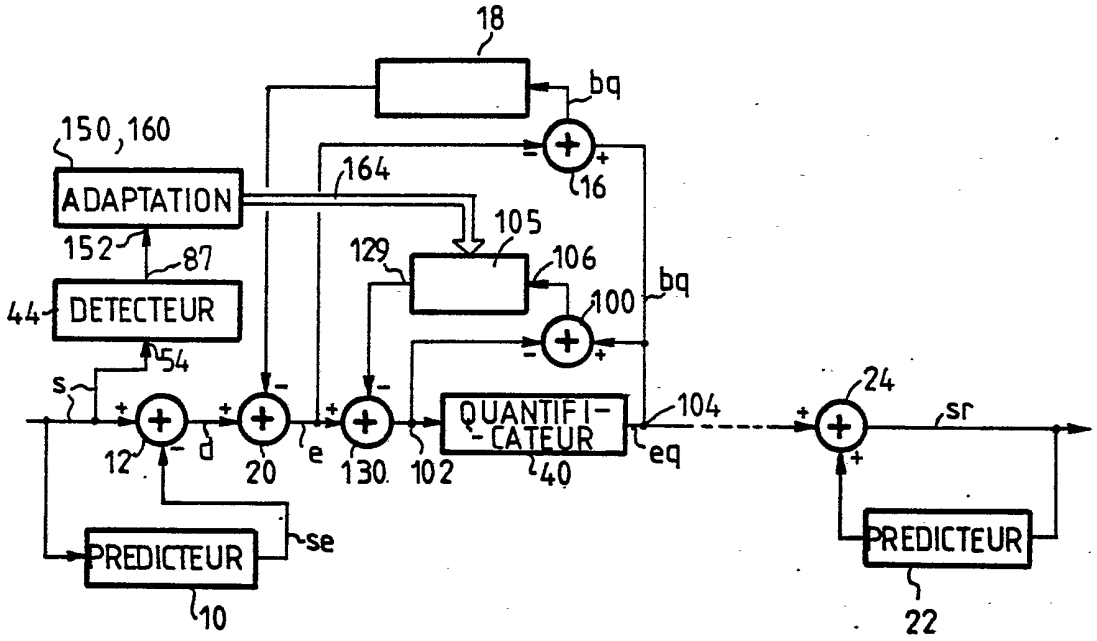

160
150
f lim
QUANTIFI-
-CATEUR
SUPPLEM.
154
152
162
ORGANE
D'ADAPTATION
164-n
164-2
164-1
105
116-n
116-2
129-n
125-n
129-2
125-2
42
127-n
127-2
113-n
113-2
113-1
112-n
112-2
112-1
110-n
110-2
110-1
119-n
119-2
119-1
117-n
117-2
117-1
115-n
115-2
115-1
109-n
109-2
109-1
111-n
111-2
111-1
108-n
108-2
108-1
cq
100
sc
e
ec
QUANTIFI-
-CATEUR
104
130
102
40
eq

FIG.8


18
bq
150,160
ADAPTATION
164
16
105
152
87
129
106
bq
44
DETECTEUR
100
54
s
24
sr
104
12
d
20
e
130
102
QUANTIFI-
-CATEUR
40
eq
PREDICTEUR
se
10
PREDICTEUR
22