

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication :
(A n'utiliser que pour les
commandes de reproduction).

2 463 549

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

(21) **N° 79 20445**

(54) Dispositif de réduction du débit numérique d'informations codées.

(51) Classification internationale (Int. Cl.³). H 04 B 12/02.

(22) Date de dépôt..... 10 août 1979.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée :

(41) Date de la mise à la disposition du
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 8 du 20-2-1981.

(71) Déposant : SOCIETE ANONYME DE TELECOMMUNICATIONS (dite : SAT), résidant en France.

(72) Invention de : Denis Francis Cointot, Patrice René Langlois et Guy André de Passoz.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : Bernadette Philippeau, Sce de propriété industrielle, Sté anonyme de télécommunications,
41, rue Cantagrel, 75624 Paris Cedex 13.

La présente invention concerne la transmission numérique d'informations codées en code MIC et plus particulièrement la réduction de débit numérique du signal transmis sur une ligne de transmission par un transcodage du type MIC - MIC Différentiel.

5 Le codage MIC est bien connu. Il consiste essentiellement à échantillonner le signal analogique à une fréquence d'échantillonnage et à quantifier selon une loi logarithmique les échantillons à raison de 8 éléments binaires par échantillon. Un tel code présente l'inconvénient de requérir un débit élevé pour la qualité exigée
10 par l'utilisateur, car il n'exploite pas les propriétés statistiques du signal à transmettre.

Des systèmes de réduction de débit numérique ont déjà été décrits dans l'art antérieur. Ils permettent une compression du débit numérique en exploitant, pour la transmission d'un échantillon du
15 signal la connaissance acquise lors de la transmission des échantillons précédents.

Un système de ce type a été décrit dans l'article de M. DIETRICH au séminaire de ZURICH 1974. Ce dispositif consiste en un ensemble de trois étages montés en cascade dans lequel le premier étage appelle
20 le étage prédicteur permet de remplacer le signal MIC d'entrée par un signal d_n représentant la différence entre le signal MIC d'entrée et la valeur prédictive de cet échantillon calculée à partir de l'échantillon précédent, un second étage dit de compression automatique de gain dans lequel l'amplitude du signal différence d_n issu du pre-
25 mier étage est divisée par un estimateur de la puissance moyenne du signal. Un troisième étage appelé quantificateur à commutation effectue le codage optimum à partir des caractéristiques de quantification mises en mémoire qui s'adaptent le mieux aux distributions conditionnelles de probabilité du signal issu de l'étage précédent
30 et fournit en sortie un signal numérique à redondance réduite formé de mots de longueur fixe égale à 4 éléments binaires par échantillon. Un dispositif équivalent en réception permet de reconstituer la trame MIC et de décoder le message.

Cependant un tel système satisfaisant pour les signaux de parole appartenant à la bande de fréquence 0, 3-3, 4 kHz échantillonnés à 8 kHz, ne s'applique pas aux autres signaux pouvant être transmis dans la bande de fréquence tels que des signaux de données, des signaux de télégraphie harmonique, ou encore de signalisation multi-fréquence qui sont de statistiques différentes. On sait en effet
40 que pour les signaux de parole le spectre présente un maximum au

voisinage de 700 Hz mais pour des signaux de données ce spectre présente un maximum au voisinage de 2 kHz. Ainsi l'étage prédicteur de M.DIETRICH qui est optimisé pour le spectre des signaux de parole ne sera plus adapté aux autres types de signaux.

En effet l'étage prédicteur consiste habituellement en un filtre disposé sur une boucle de contre-réaction et fournit un échantillon \hat{x}_{pn} prédit à partir de coefficients C (i) déterminés à partir de la fonction d'autocorrélation du signal à traiter. Cependant la prédition ne sera optimale que pour un type donné de signaux et pour autant que ce signal soit stationnaire. Or le signal de parole n'est stationnaire qu'à court terme (environ 10 ms) ce qui implique de modifier les coefficients du prédicteur cent fois par seconde si l'on souhaite une prédition toujours optimale. En outre un prédicteur fixe optimisé pour un signal de parole fournira une piète prédition pour un signal de données.

D'autres systèmes ont tenté de réaliser des dispositifs de réduction numérique permettant de traiter des signaux de parole aussi bien que des signaux de données. De tels systèmes comportent généralement un prédicteur fixe dont les coefficients sont déterminés de façon à réaliser un compromis acceptable aussi bien pour les données que pour la parole.

Cependant ces systèmes apportent une qualité de transmission insuffisante pour permettre leur introduction dans les réseaux commerciaux de télécommunications.

L'objet de la présente invention est de réaliser un étage prédicteur permettant d'une part, de fournir les coefficients intervenant dans la prédition, lesdits coefficients étant adaptés au type de signal considéré et d'autre part, de reconnaître les lois spécifiques à ce signal et d'en déduire les paramètres intervenant dans la caractéristique de quantification.

L'étage prédicteur selon l'invention permet en outre, par un choix approprié des coefficients, de protéger l'ensemble du dispositif de réduction de débit numérique contre les erreurs.

L'étage prédicteur selon l'invention comprend des premiers moyens pour additionner le signal \hat{x}_{pn} prédit avec le signal \hat{d}_n différence reconstitué issu de l'étage de compression automatique de gain CAG, lesdits signaux \hat{x}_{pn} et \hat{d}_n étant formés pendant la période T d'échantillonnage précédente, la valeur de ladite addition étant appliquée à l'entrée de N registres à décalage $T_1 \dots T_i \dots T_N$ introduisant des retards respectivement égaux à T,

.....it.....NT et fournissant N grandeurs x_{n-1} , x_{n-2} , ..., x_{n-N} qui sont ensuite respectivement multipliées au moyen de N circuits de multiplication avec des coefficients a_1 , a_2 , ..., a_i , ... a_N obtenus lors de la période d'échantillonnage précédente et mis en mémoire, lesdits résultats des N multiplications étant additionnés au moyen d'un circuit d'addition commun qui fournit en sortie la nouvelle grandeur x_{pn} prédicta pour l'échantillon x_n entrant, lesdits coefficients a_1 , a_2 , ..., a_i , ..., a_N étant fournis par des seconds moyens formés essentiellement de N circuits commençant chacun des moyens pour multiplier la grandeur x_{n-i} obtenue à la sortie dudit registre T_i correspondant avec la grandeur α_n décodée issue dudit étage quantificateur après avoir été préalablement multipliée par une constante α , le résultat de ladite multiplication étant ensuite additionné avec le coefficient a_i^* ($n-1$), extrait d'une mémoire Z_i calculé lors de la période d'échantillonnage précédent, grâce au circuit d'addition W_i , ledit résultat fourni par W_i étant multiplié avec une constante $(1-B)$ grâce à un circuit de multiplication U_i , le résultat de ladite multiplication étant additionné avec le coefficient βa_{oi} ($n-1$) contenu dans une mémoire grâce au circuit d'addition K_i , lesdits seconds moyens fournissant en sortie l'échantillon a_i (n).

En outre, les N coefficients formés au moyen des N circuits à chaque période d'échantillonnage sont appliqués à l'entrée du dispositif de choix de la caractéristique de quantification de l'étage quantificateur et déterminent une présélection dans le type de caractéristique susceptible de permettre un codage de l'information dans l'étage quantificateur.

Selon une variante préférée de l'invention, les coefficients a_i ($n+1$) sont transformés, en N coefficients, a_i^* ($n+1$), avant d'être appliqués aussi bien à l'entrée du dispositif de choix de la caractéristique de quantification qu'à l'entrée desdits premiers moyens de l'étage de prédiction dans lequel ils sont mis en mémoire afin d'être utilisés pendant la période d'échantillonnage suivante, ladite transformation consistant à maintenir les N coefficients a_1 , a_2 , ..., a_i , ..., a_N à l'intérieur d'un domaine borné, ladite transformation consistant à comparer chaque coefficient avec les bords dudit domaine et à substituer à tout coefficient extérieur audit domaine, le coefficient le plus proche de la frontière dudit domaine.

40 Selon une autre caractéristique de l'invention les N coeffi-

cients $a_i^*(n)$ maintenus à l'intérieur du domaine borné sont appliqués à l'entrée d'un comparateur contenant en mémoire des grandeurs fixes et permettant avec la connaissance de la valeur $a_{oi}^*(n)$ d'en déduire la valeur $a_{oi}^*(n+1)$ la mieux adaptée à la statistique du signal à traiter, $a_{oi}^*(n)$ représentant la ième composante du vecteur $A_o(n)$ vers lequel tend $A(n)$ vers lequel tend $A(n)$ en l'absence de signal S à l'entrée du système, la valeur $a_{oi}^*(n+1)$ préalablement multipliée par une constante β étant appliquée à l'entrée desdits seconds moyens de l'étage prédicteur.

10 Selon une autre caractéristique de l'invention, les N coefficients $a_1^*(n) \dots a_N^*(n)$ appliqués à l'entrée d'un second comparateur permettant de sélectionner un ensemble de lois de quantification adaptées aux statistiques du signal à traiter.

15 D'autres avantages et caractéristiques apparaîtront à la lecture de la description suivante illustrée par des dessins.

La figure 1 est une représentation schématique générale de la partie émission d'un dispositif de réduction de débit numérique à réduction de redondance.

20 La figure 2 est une représentation détaillée d'un mode de réalisation préféré de la figure 1, dans le cas de N coefficients.

La figure 3 est une représentation générale, i étant quelconque, du dispositif 9 de réactualisation du coefficient a_i .

25 La figure 4 est une représentation possible du domaine d'évolution des coefficients a_1 et a_2 du prédicteur adaptatif de la figure 2 pour laquelle $N = 2$.

La figure 5 illustre la sélection du vecteur A_o dans le cas de réalisation de la figure 4 pour lequel $N = 2$.

La figure 6 est une réalisation préférée de l'invention du dispositif de la figure 2 pour lequel $N = 2$.

30 La figure 7 représente schématiquement la partie réception du dispositif selon l'invention.

En se référant à la figure 1 le signal S entrant est un signal MIC résultant du codage de signaux de parole, de données ou de signallisation multifréquence et se présente sous la forme d'une trame MIC 35 composée d'échantillons x_n . De chaque échantillon x_n on retranche un échantillon \hat{x}_{pn} prédit fourni par un prédicteur 1 au moyen d'un circuit de soustraction 2 qui fournit des échantillons d_n en sortie représentatifs de la différence entre la valeur de l'échantillon entrant x_n et de l'échantillon prédit \hat{x}_{pn} fourni par ce prédicteur 1. Cet étage prédicteur sera plus amplement décrit au moyen des figures

suivantes. Il permet principalement de remplacer le signal MIC S d'entrée par un signal d_n différence dont la variance est plus faible de manière à réduire le nombre d'échelons de quantification à qualité équivalente.

- 5 Le signal différence d_n est appliqué à l'entrée d'un étage de compression automatique (CAG) dans lequel l'amplitude du signal différence d_n est divisée par m par un diviseur 3, la grandeur m étant fournie par un estimateur 4 de la puissance moyenne afin d'augmenter la dynamique du codeur.
- 10 Le troisième étage dit étage quantificateur, monté en cascade avec le précédent reçoit le signal e_n issu du diviseur 3, tel que $d_n = me_n$ et effectue le codage de l'information e_n à partir des caractéristiques de quantification qui s'adaptent le mieux aux distributions conditionnelles de probabilité du signal issu de
- 15 l'étage CAG. Il se compose essentiellement d'un quantificateur 5 permettant de transformer les échantillons e_n à grand débit en une suite d'échantillons Y_n à faible débit en fonction de la distribution de probabilité conditionnelle du signal e_n à quantifier. Le choix de la courbe de quantification adaptée selon que le signal
- 20 à traiter est un signal de données ou un signal de parole est effectué par un dispositif 6 qui reçoit le signal \hat{e}_n reconstitué par un quantificateur inverse 7. Le quantificateur inverse 7 disposé sur une boucle à contre-réaction, reçoit à son entrée le signal Y_n transcodé par le quantificateur 5 et fournit à sa sortie un signal
- 25 \hat{e}_n identique à celui qui est obtenu en réception, en l'absence d'erreurs de transmission. Le signal \hat{e}_n est appliqué à l'entrée d'un circuit 8 multiplicateur par m , qui fournit à sa sortie la grandeur $\hat{d}_n = m\hat{e}_n$ de la différence reconstituée. Cette grandeur \hat{d}_n est appliquée d'une part au prédicteur 1 de l'étage prédicteur,
- 30 d'autre part à l'estimateur de puissance moyenne 4.

En se référant à la figure 2 le prédicteur 1 se compose d'un circuit additionneur 10 qui reçoit d'une part le signal différence \hat{d}_n reconstituée fournie par l'étage de compression CAG de la boucle de contre-réaction et d'autre part la grandeur x_{pn} prédite de

35 l'échantillon n . Ce circuit additionneur 10 fournit la somme ainsi calculée pour chaque échantillon à N mémoires $T_1, T_2 \dots T_N$ réalisant respectivement un retard d'une période T d'échantillonnage, un retard de deux périodes d'échantillonnage... jusqu'à un retard de N périodes d'échantillonnage. La grandeur N est comprise avantageusement entre 2 et 8, Les grandeurs $x_{n-1}, \dots x_{n-N}$ obtenues à la

sortie des N mémoires $T_1 \dots T_N$ sont multipliées avec N coefficients $a_1 \dots a_N$ respectivement au moyen de N circuits moltiplicateurs

$M_1 \dots M_N$. Les coefficients $a_1, a_2 \dots a_N$ sont fournis par un dispositif 9 qui réactualise les coefficients à chaque période d'échantillon-

5 lonnage selon le critère du minimum de l'erreur quadratique moyenne.

Le dispositif 9 sera ultérieurement décrit à l'aide de la figure 3.

Les grandeurs fournies par les N circuits moltiplicateurs $M_1, M_2 \dots M_N$ sont additionnées au moyen d'un circuit additionneur 11 qui fournit en sortie la valeur \hat{x}_{pn} prédite de l'échantillon x_n .

10 La grandeur \hat{x}_{pn} prédite est appliquée d'une part à l'entrée d'un circuit additionneur 2 pour fournir en sortie la grandeur d_n différence et d'autre part à l'entrée du circuit additionneur 10 ainsi qu'il a été précédemment expliqué.

15 Le dispositif 9 fournissant les coefficients $a_1, a_2 \dots a_N$ permet au prédicteur 1 de réactualiser la valeur prédite de chaque échantillon \hat{x}_{pn} . Le vecteur $A(n+1)$ des coefficients est obtenu selon l'invention de façon avantageuse au moyen de la formule récursive suivante ou algorithme de calcul des coefficients.

$$A(n+1) = (1 - \beta) [A(n) + \alpha \hat{d}_n x_{E_n}] + \beta A_o(n)$$

20 dans laquelle α, β sont des constantes.

α est le pas de l'algorithme

β est un terme de fuite destiné à permettre l'alignement des paramètres du récepteur sur ceux de l'émetteur en cas de divergence à la suite d'erreurs de transmission.

25 $A_o(n)$ détermine la valeur asymptotique du vecteur $A(n)$ en l'absence de signal à l'entrée du système. Lorsque le signal d'entrée S est différent de 0, $A_o(n)$ peut prendre différentes valeurs en fonction de celle de $A(n)$, c'est-à-dire en fonction des statistiques du signal à traiter, ainsi

30 qu'il sera expliqué ultérieurement.

Le dispositif de la figure 2 reçoit donc les grandeurs $x_{E_{n-1}}, x_{E_{n-2}} \dots x_{E_N}$ fournies par les mémoires $T_1, T_2 \dots T_N$ ainsi que la grandeur \hat{d}_n fournie par l'étage CAG à la sortie de (8).

35 Ainsi le dispositif 9 est formé de N circuits, semblables chacun fournissant un coefficient a_i ($1 \leq i \leq N$)

$$a_i(n+1) = [a_i(n) + \alpha \hat{d}_n x_{E(n-i)}] (1 - \beta) + \beta a_{oi}(n)$$

La figure 3 représente le ième circuit formant le dispositif 9.

Il consiste essentiellement en un circuit moltiplicateur 91 recevant la constante α , fournie par une mémoire 92 ainsi que la 40 grandeur \hat{d}_n reconstituée fournie par le dispositif 8 de l'étage CAG.

La grandeur \hat{d}_n est multipliée avec $x_{e_{n-i}}$ au moyen d'un circuit de multiplication V_i . Cette grandeur $x_{e_{n-i}}$ est fournie à la sortie du registre T_i du prédicteur 1. On additionne ensuite le résultat obtenu à la sortie du circuit de multiplication V_i avec la grandeur 5 $a_i^* (n-1)$ contenue dans une mémoire Z_i , au moyen d'un circuit d'addition W_i . Le résultat obtenu à la sortie du circuit d'addition W_i est multiplié avec le facteur $(1 - \beta)$ contenu dans une mémoire 93 au moyen d'un circuit de multiplication U_i , le résultat de ladite multiplication étant ensuite additionné au moyen d'un circuit d'addition 10 K_i avec la ième composante $a_{oi} (n-1)$ du vecteur $A_{oi} (n-1)$ préalablement multipliée par le coefficient β de fuite. Cette grandeur $\beta a_{oi} (n-1)$ est fournie par un dispositif 14. Le résultat de l'addition fourni par le circuit K_i est le coefficient $a_i (n)$.

Les N coefficients $a_i (n)$ issus du dispositif 9 sont avantageusement appliqués selon l'invention à l'entrée d'un comparateur 12 avant d'être fournis au prédicteur 1. En effet le domaine de stabilité intrinsèque du prédicteur 1 est un domaine limité, borné par les valeurs $a_1, a_2, \dots, a_i, \dots, a_N$ des coefficients et détermine le taux de décroissance d'une erreur ponctuelle de transmission.

20 En effet si le signal reçu \hat{d}_n résulte de la superposition du signal vrai d_n transmis et d'une impulsion ξ d'erreur, il est nécessaire que le prédicteur placé en réception ne soit pas perturbé au-delà de certaines limites.

On alloue de ce fait aux coefficients un domaine d'évolution 25 apportant au prédicteur une stabilité intrinsèque. On se fixe arbitrairement un taux de décroissance de l'erreur ξ (approximativement la réponse impulsionale est inférieure à 10% de sa valeur initiale après 40 périodes d'échantillonnage).

La figure 4 illustre en pointillé le domaine de stabilité des 30 coefficients dans le cas où $N = 2$. Le triangle intérieur

$$|a_1| + a_2 < 0,9$$

$$a_2 > -0,8$$

délimite le domaine de convergence rapide à l'intérieur duquel les 35 coefficients a_1 et a_2 ne perturberont pas la transmission en cas d'erreur ponctuelle. Ainsi supposons que le vecteur $A (n+1)$ fourni par le dispositif 9 soit extérieur au triangle de stabilité, on le corrige au moyen du dispositif 12 pour le ramener sur le bord du triangle de stabilité. Ainsi le dispositif 12 est un comparateur qui 40 compare chacun des coefficients $a_1 (n+1)$ et $a_2 (n+1)$ avec le

point le plus proche du triangle de stabilité et remplace les coefficients $a_1(n+1)$ et $a_2(n+1)$ par les coefficients $a_1^*(n+1)$ et $a_2^*(n+1)$ de ce point le plus proche situé sur le triangle. Le dispositif 12 transmet donc : $a_1^*(n+1)$ et $a_2^*(n+1)$

5

$$a_1^*(n+1) = [\text{signe } a_1(n+1)] \times \min \left[|a_1(n+1)|, \frac{|a_2(n+1)| - |a_1(n+1)| + 0,9}{2}, (1,7) \right]$$

10

En outre la localisation des coefficients dans le domaine de stabilité permet de reconnaître la nature du signal S d'entrée (par exemple signal de parole ou signal de données). En effet la distribution statistique du vecteur $\{A(n)\}$ des coefficients d'un signal de parole décrit un domaine P qui est, par exemple, délimité par la droite L_1 telle que $a_1 \geq 0,9$ et $a_2 < 0$.

Par contre la répartition statistique habituelle des signaux de données est telle que $a_1 < 0,9$. Certains signaux de données D_1 sont tels que $a_1 < 0,7$ et $a_2 < 0$. On peut envisager d'autres signaux de données D_2 tels que $a_1 < 0$, $a_2 > 0$. Ainsi les divers types de signaux possibles pouvant être présents à l'entrée correspondent à des vecteurs de coefficients A(n) à la sortie du dispositif 9 situés à l'intérieur du domaine de stabilité mais dans des secteurs ne se recouplant pas.

La détermination de la position de chaque vecteur $A^*(n)$ de coefficient, après correction au moyen du comparateur 12, est utilisée selon l'invention dans le choix de la caractéristique de quantification fournie par l'étage quantificateur (5,6,7). En effet le dispositif 5 contient en mémoire diverses caractéristiques de quantification aussi bien pour les signaux de parole que pour les signaux de données. Les systèmes quantificateurs à commutation de l'art antérieur traitaient uniquement des signaux de parole, au moyen de la grandeur \hat{e}_n fournie par le quantificateur inverse 7, et la détermination de la courbe de quantification appropriée était faite uniquement à partir de la grandeur \hat{e}_n fournie par le dispositif 7.

Le critère de décision selon l'invention n'est plus uniquement fourni par \hat{e}_n mais aussi par la connaissance de $A_i^*(n+1)$ qui détermine de façon non équivoque s'il s'agit d'un signal de parole P, d'un signal de données D_1 ou de données D_2 etc... La connaissance

de A_i^* ($n+1$) confère au dispositif 6 le rôle de sélecteur de la courbe de quantification mémorisée dans l'un des dispositifs 5 ou 7 de l'étage quantificateur selon qu'il s'agit de la transformation directe ou inverse. En reprenant le cas où $N = 2$ de la figure 4 il suffira de déterminer a_1^* pour savoir s'il s'agit d'un signal de parole ou d'un signal de données : si $a_1^* > 0,9$ il s'agit d'un signal de parole et si $a_1^* < 0,9$ il s'agit d'un signal de données. Cet exemple de réalisation sera illustré au moyen de la figure 6, pour lequel le choix de la catégorie de caractéristique de quantification (parole ou données) est donné par la connaissance de a_1^* . Un tel choix permet d'avoir une courbe de quantification toujours adaptée, d'avoir un rapport signal sur bruit meilleur et donc d'avoir une meilleure qualité à débit égal.

Le dispositif de prédiction des coefficients selon l'invention fait en outre intervenir les coefficients $a_{oi}(n)$ du vecteur $A_n(n)$ valeur asymptotique du vecteur $A(n)$ en absence de signal à l'entrée. En se référant à la figure 2, on dispose selon l'invention un dispositif de sélection 14 des coefficients $A_o(n)$ permettant de choisir des coefficients $A_o(n)$ adaptés à la statistique du signal à traiter. Ce dispositif 14 est essentiellement formé d'une mémoire 141 contenant k vecteurs Δ_{oj} de N composantes et d'un comparateur qui compare le vecteur $A_o(n-1)$ précédemment utilisé ainsi que le vecteur des coefficients $A^*(n)$ fourni par le dispositif 12 aux différents vecteurs Δ_{oj} convenablement choisis en fonction de la statistique du signal à traiter (données, parole).

Ce dispositif 14 est illustré sur la figure 3 qui représente le traitement de la i ème composante du vecteur $A^*(n)$. Le coefficient $a_i^*(n)$ est appliqué à l'entrée d'un comparateur 140 qui reçoit la composante δ_{oj} du vecteur Δ_{oj} contenu dans la mémoire 141. Le comparateur 140 reçoit également la composante $a_{oi}(n-1)$ fournie par un registre Q_i à décalage qui tarde d'un temps T la grandeur $a_{oi}(n)$ fournie à la sortie du comparateur 140. Le comparateur 140 fournit à sa sortie la grandeur δ_{oj} la mieux adaptée, sachant que $a_{oi}(n-1)$ et $a_i^*(n)$ ont ou n'ont pas une valeur caractéristique des données ou de la parole. Le coefficient $a_{oi}(n-1)$ fourni par le registre Q_i est multiplié par β contenu dans la mémoire 142 grâce au circuit de multiplication 143 puis appliquée à l'entrée du circuit d'addition K_i pour y être additionné avec la grandeur fournie par le circuit de multiplication U_i du dispositif 9.

Dans la pratique on peut se limiter à j égale à 2. En effet on

distinguera δ_{op} et δ_{od} selon qu'il s'agit d'un signal de parole ou de données.

Ainsi le fait d'avoir en mémoire plusieurs valeurs Δ_j possibles pour $A_o(n)$ permet d'adopter une valeur de la fuite β assez importante sans avoir une valeur trop grande pour la constante γ et donc d'autoriser une bonne résistance de l'algorithme aux erreurs de transmission tout en conservant une bonne adaptation du prédicteur.

La figure 5 appliquée au cas où $N = 2$ permet de situer concrètement le choix des coefficients $A_o(n)$ comme pour le choix des coefficients $A^*(n+1)$ par rapport aux coefficients $A^*(n)$, dans le domaine de stabilité on peut se borner à reconnaître la position de $a_1^*(n)$ par rapport à deux valeurs δ_{op} et δ_{od} de référence pour savoir quelle valeur $a_o(n)$ sera choisie. En effet on trace les droites C_1 telle que $a_1 = 0,75$ et C_2 telle que $a_1 = 1$ et connaissant $a_{ol}(n-1)$ et $a_1^*(n)$ on adopte une valeur $a_{ol}(n)$ égale à l'une des deux valeurs δ_{op} ou δ_{od} selon que l'on se trouve dans un secteur ou dans l'autre du domaine de stabilité. En effet lorsque a_1^* devient inférieur à 1, on présume qu'il s'agit d'un signal de données et lorsque a_1^* devient supérieur à 0,75 on présume qu'il s'agit d'un signal de parole.

Le secteur du triangle de stabilité des coefficients compris entre les droites C_1 et C_2 permet également de déterminer $a_{ol}(n)$ grâce à la connaissance de $a_{ol}(n-1)$.

Le tableau suivant résume les différentes possibilités pour le choix de $a_{ol}(n)$ en fonction des coefficients $a_1^*(n)$ et $a_{ol}(n-1)$:

$a_{ol}(n-1)$	δ_{op}	δ_{od}	δ_{op}	δ_{od}
$a_1^*(n)$	$> 0,75$	< 1	$\leq 0,75$	≥ 1
$a_{ol}(n)$	δ_{op}	δ_{od}	δ_{od}	δ_{op}

Un tel choix confère au système une stabilité supplémentaire aux erreurs et une meilleure adaptation à la statistique du signal à traiter.

Dans cet exemple on a choisi la grandeur $a_{o2}(n)$ égale à -0,75 quel que soit n mais il serait également possible de réactualiser $a_{o2}(n)$ à chaque instant.

La figure 6 représente un mode de réalisation préféré de l'invention dans le cas où $N = 2$. Le prédicteur 1 se compose du circuit

- d'addition 10, des registres T_1 et T_2 , des circuits de multiplication M_1 et M_2 et enfin du circuit d'addition 11. Dans cet exemple de réalisation le circuit de multiplication M_1 reçoit directement le coefficient x_{e_n} non retardé tandis que le circuit de multiplication 5 M_2 reçoit le coefficient $x_{e_{n-1}}$ fourni par le registre T_1 . En compensation un registre 13 disposé à la sortie du circuit d'addition 11 retarde le coefficient x_p ($n+1$) d'un temps T et fournit ainsi le coefficient x_p (n) à l'entrée du circuit d'addition 2.
- Le dispositif 9 qui calcule les coefficients a_1 (n) et a_2 (n) 10 reçoit le signe de la grandeur \hat{e}_n décodée fournie par le quantificateur inverse 7 et la multiplie au moyen du circuit 91 de multiplication avec la constante α contenue dans la mémoire 92. Il suffit en effet que le dispositif 9 connaisse le signe de \hat{e}_n pour le calcul des coefficients.
- 15 Les deux circuits de multiplication V_1 et V_2 multiplient le signe de \hat{e}_n respectivement avec $x_{e_{n-1}}$ et $x_{e_{n-2}}$ issus des registres T_1 et T_2 du prédicteur 1 et fournissent des facteurs qui sont ensuite respectivement additionnés aux $a_1^*(n)$ et $a_2^*(n)$ précédemment obtenus et contenus dans les mémoires Z_1 et Z_2 . Les résultats obtenus des circuits d'addition W_1 et W_2 sont ensuite multipliés respectivement par $1-\beta$ contenu dans une mémoire 93 au moyen des circuits de multiplication U_1 et U_2 . Les résultats obtenus des circuits de multiplication U_1 et U_2 sont ensuite additionnés avec les valeurs βa_{o1} (n) et βa_{o2} (n) respectivement au moyen des circuits 20 d'addition K_1 et K_2 . Les valeurs βa_{o1} (n) et βa_{o2} (n) sont respectivement contenues dans les mémoires Q_1 et 94. A la sortie des circuits d'addition K_1 et K_2 on obtient respectivement a_1 ($n+1$) et a_2 ($n+1$) qui sont appliqués à l'entrée du circuit 12 de comparaison.
- 25 Le coefficient a_1 ($n+1$) fourni par le circuit K_1 d'addition est transformé en un coefficient positif $|a_1$ ($n+1$)| au moyen d'un circuit 120. Ce coefficient $|a_1$ ($n+1$)| est ensuite d'une part appliqué à l'entrée d'un comparateur 121, d'autre part soustrait au coefficient a_2 ($n+1$) au moyen du circuit soustracteur 122. Le résultat de la soustraction effectuée par 30 122 est multiplié par la constante 0,5, extraite de la mémoire 124, au moyen d'un circuit de multiplication 123, ledit résultat étant appliqué à l'entrée de deux circuits d'addition 126 et 125 avec des signes opposés. Le circuit d'addition 126 additionne le résultat obtenu en sortie 35 du circuit 123 avec une constante 0,45 contenue dans une mémoire 127.

Le résultat de l'addition obtenu en sortie du circuit 126 est appliqué à l'entrée du comparateur 121 qui reçoit également la constante 1,7 fournie par la mémoire 128 et la grandeur $|a_1(n+1)|$ fournie par le circuit 120.

- 5 Le résultat de la comparaison, plus exactement le minimum de ces trois grandeurs, est appliqué à l'entrée d'un dispositif aiguilleur 129 qui reçoit à son entrée également le coefficient $a_1(n+1)$ fourni par le circuit K_1 du dispositif 9. On obtient à la sortie du dispositif aiguilleur 129 un coefficient $a_1^*(n+1)$ qui a pour signe
 10 le signe de $a_1(n+1)$ et pour grandeur le minimum de $|a_1(n+1)|$, de $|a_1(n+1)| - a_2(n+1) + 0,9|$ et de 1,7 et ce afin de rester dans le domaine de stabilité.

- De la même façon un comparateur 130 reçoit d'une part le coefficient $a_2(n+1)$ et d'autre part le résultat de la soustraction de
 15 la constante 0,45 fournie par la mémoire 127 et de la grandeur fournie par le circuit de multiplication 123, ladite soustraction étant effectuée par le circuit 125. Le résultat de la comparaison, le minimum plus exactement, effectué par le comparateur 130 est appliquée à l'entrée d'un circuit aiguilleur 131 qui reçoit également la grandeur - 0,8 fournie par la mémoire 132 et fournit à sa
 20 sortie le coefficient $a_2^*(n+1)$ qui représente effectivement le maximum entre la grandeur - 0,8 et la grandeur

$$\min \left[a_2(n+1), \frac{a_2(n+1) - |a_1(n+1)| + 0,9}{2} \right]$$

- 25 Les coefficients $a_1^*(n+1)$ et $a_2^*(n+1)$, ainsi éventuellement corrigés pour rester dans le triangle de stabilité, sont appliqués à l'entrée des mémoires Z_1 et Z_2 respectivement du dispositif 9. Les mémoires Z_1 et Z_2 sont en fait des lignes à retard qui fournissent les résultats au bout d'un temps T , égal à la période
 30 d'échantillonnage, à leur sortie afin d'être utilisés pour l'échantillon suivant dans le calcul de $\hat{x}_p(n+1)$.

- Le coefficient $a_1^*(n+1)$ issu du dispositif aiguilleur 129 est également appliqué à l'entrée d'un dispositif 14 de comparaison qui compare $a_1^*(n+1)$ à des grandeurs numériques $\beta \delta_{op}$ et $\beta \delta_{od}$ contenues dans une mémoire 141. Les coefficients $\beta a_0(n)$ précédemment calculés et contenus dans la mémoire Q_1 (qui est en fait un registre à décalage retardant d'un temps T) sont également appliqués à l'entrée du comparateur 140 pour être comparés aux deux grandeurs $\beta \delta_{op}$ et $\beta \delta_{od}$.

- 40 Ce comparateur 140 fournit à sa sortie un coefficient $\beta a_{01}(n+1)$

conformément aux critères de sélection explicités à l'aide de la figure 4. Le coefficient $a_{01} (n)$ est ensuite, d'une part, appliqué à l'entrée du circuit d'addition K₁ et, d'autre part, utilisé par l'étage de quantification.

5 Le coefficient $a_1^* (n)$ est usuellement appliqué à l'entrée d'un dispositif 6 de choix de la caractéristique de quantification de l'étage de quantification. Mais on applique, selon le dispositif de la figure 6, le coefficient $a_{01} (n)$ à l'entrée du dispositif 6 sans changer le principe de l'invention. En effet $a_1^* (n)$ inter-
10 vient dans le calcul de $a_{01} (n)$.

Le dispositif 6, qui en fait est un multiplexeur, reçoit les informations $\hat{e} (n-2)$ et $\hat{e} (n-1)$ fournies par deux démultiplexeurs 73 et 74. Le démultiplexeur 74 reçoit l'information $\hat{e} (n-1)$ fournie par le quantificateur inverse 7 et retardée au moyen de la
15 ligne à retard 71. Le démultiplexeur 73 reçoit l'information $\hat{e} (n-2)$ issue de la ligne à retard 71 et retardée à nouveau d'un temps T dans la ligne à retard 72. Le multiplexeur 6 fournit en sortie les adresses permettant de quantifier le signal e_n de façon appropriée dans le quantificateur 5 selon que le signal est de
20 données ou de parole. Le quantificateur 5 peut contenir en mémoire différentes courbes de quantification pour chaque type de signal : (données D₁, données D₂, parole P.... etc....). C'est le multiplexeur 6 qui fournit les adresses, d'une part, au quantificateur 5 et, d'autre part, au quantificateur inverse 7 placé sur la boucle
25 de contre-réaction, pour lui permettre de décoder les Y_n sortants.

La grandeur \hat{e}_n décodée fournie par le quantificateur inverse 7 de l'étage quantificateur est également appliquée à l'entrée d'un dispositif CAG qui fournit en sortie la valeur m_n du taux de compression correspondant à l'échantillon n. Ce dispositif CAG est
30 essentiellement formé d'un premier circuit 42 fournissant à sa sortie la valeur absolue $|\hat{e}_n|$. Cette grandeur est ensuite multipliée avec la constante $C 2^{-R}$ contenue dans la mémoire 43 au moyen du circuit de multiplication 44. Ce résultat obtenu à la sortie du circuit 44 est additionné avec la constante $(1 - 2^{-R})$ contenue
35 dans la mémoire 45 au moyen d'un circuit d'addition 46. Le résultat obtenu à la sortie du circuit 46 est multiplié avec la grandeure m_n de l'échantillon précédent fournie par la mémoire 41 au moyen du circuit de multiplication 47. Le résultat obtenu à la sortie du circuit 47 est additionné avec une constante $a' 2^{-R}$ con-
40 tenue dans la mémoire 48 au moyen du circuit d'addition 49. A la

sortie du circuit 49 on obtient m_n qui est appliquée à l'entrée de la mémoire 41 afin d'être disponible la période suivante. La grandeur m_{n-1} fournie par le registre 41 est introduite dans une mémoire 31 dans laquelle elle est inversée en $1/m_{n-1}$.

- 5 La grandeur m_{n-1} fournie par la mémoire 41 et la grandeur $\hat{e}(n)$ fournie par le quantificateur inverse 7 sont multipliées au moyen du circuit 40 de multiplication et le résultat $d(n)$ de ladite multiplication est appliquée à l'entrée d'un circuit 10 d'addition avec la grandeur $x_p(n)$ calculée par le système prédicteur de
10 l'invention pour l'échantillon précédent.

Le prédicteur de la figure 6 comprend essentiellement deux circuits de multiplication M_1 et M_2 recevant pour M_1 la grandeur $x_e(n)$ fournie à la sortie du circuit d'addition 10 et pour M_2 la grandeur $x_e(n-1)$ fournie à la sortie du registre T_1 . Les
15 grandeurs obtenues en sortie des circuits de multiplication M_1 et M_2 respectivement par multiplication avec $a_1^*(n+1)$ et $a_2^*(n+1)$ sont additionnées au moyen du circuit d'addition 11 puis le résultat obtenu $x_p(n+1)$ est retardé au moyen de la ligne à retard 15 qui fournit l'échantillon $x_p(n)$ d'une part à l'entrée du circuit
20 d'addition 2 et d'autre part à l'entrée du circuit d'addition 10. Une telle réalisation du prédicteur permet de calculer à l'avance $x_p(n)$ et de s'affranchir de ce fait des temps de calcul non négligeables dans les applications pratiques.

- Le circuit d'addition 2 effectue la différence entre l'échantillon $x(n)$ reçu et l'échantillon $x_p(n)$ prédit fourni par le
25 système de prédiction de l'invention et le résultat d_n est multiplié avec $1/m_{n-1}$ au moyen d'un circuit de multiplication 30, qui remplace le diviseur par m de la figure 2, ledit $1/m_{n-1}$ étant fourni par la mémoire morte 31 ainsi que précédemment décrit. A la sortie
30 du circuit 30 de multiplication on obtient une grandeur e_n qui est transcodée au moyen du quantificateur 5. On obtient à la sortie du quantificateur 5 un signal Y_n de débit binaire quatre bits par échantillon. Ce signal Y_n est transmis en ligne et reçu au moyen d'un dispositif réception identique sans qu'il soit nécessaire de transmettre sur un canal parallèle les coefficients du prédicteur ou la grandeur m du taux de compression. Tous les paramètres sont calculés, en réception, à partir du signal Y_n émis en ligne au moyen du dispositif réception tel que schématisé sur la figure 7.
35 40 Le signal Y_n est reçu par le quantificateur inverse 7 qui est

- adressé par le dispositif 6 multiplexeur et fournit en sortie un signal \hat{e}_n . Ce signal \hat{e}_n est appliqué à l'entrée d'un circuit 8 multiplicateur par m , m étant le taux de compression fourni par l'estimateur 4 de puissance moyenne. Le signal \hat{d}_n obtenu à la 5 sortie du dispositif 8 est appliqué d'une part, à l'entrée de l'estimateur 4 et d'autre part, à l'entrée du dispositif 9 permettant de calculer les coefficients en fonction des grandeurs $x_{e(n-i)}$ fournies par le prédicteur 1. Les coefficients $a_i(n)$ fournis par le dispositif 9 sont corrigés au moyen du dispositif 12 comparateur pour les maintenir à l'intérieur du domaine de stabilité. Ces 10 coefficients bornés sont appliqués, d'une part, à l'entrée du dispositif multiplexeur 6 pour intervenir dans le choix de la courbe caractéristique de quantification et, d'autre part, à l'entrée du prédicteur 1.
- 15 Le prédicteur 1 fournit un signal $\hat{x}_p(n)$ prédit à l'entrée du circuit d'addition 2, ce qui permet de reconstituer un échantillon $x_e(n)$ semblable à celui dont on disposait à l'émission. Cet échantillon $x_e(n)$ est appliqué à chaque instant à l'entrée du prédicteur 1 et intervient dans le calcul de l'échantillon suivant.
- 20 Un dispositif comparateur 14 permet, de la même façon qu'à l'émission, de calculer les coefficients $a_{oi}(n)$ correspondant à l'absence de signal, à partir des coefficients $a_{oi}(n+1)$ et $a_i(n)$. Ces coefficients $a_{oi}(n)$ sont appliqués à l'entrée du dispositif 9.
- 25 Le dispositif réception permet donc bien de calculer, à partir du signal y_n émis en ligne, les mêmes paramètres, en l'absence d'erreurs de transmission, de la partie émission sans nécessiter l'envoi d'informations sur un canal annexe, l'échantillon $x_e(n)$ étant identique, au bruit près, à x_n .
- 30 De plus l'étage prédicteur de l'invention protège le dispositif entier à réduction de redondance des erreurs de transmission ou même des erreurs de transcodage et lui confère un rôle aussi bien au niveau du choix de la caractéristique de quantification de l'étage de quantification, qu'un rôle de protection et de contrôle 35 de l'évolution des coefficients eux-mêmes.

REVENDICATIONS

1. - Dispositif de réduction de débit numérique d'un signal S résultant du codage en code MIC d'un signal de données, de parole ou encore de signalisation multifréquence, dispositif formé de trois étages montés en cascade, - Un premier étage dit de prédiction comprenant des moyens pour former un signal x_{pn} prédict à partir des échantillons $xe_{n-1}, \dots, xe_{n-2}, xe_{n-N}$ précédent l'échantillon xe_n précédemment recalculé et des moyens pour soustraire ledit échantillon xe_n entrant dudit échantillon x_{pn} , d'en déduire un signal d_n différence représentant l'erreur de prédiction, - Un second étage dit de compression automatique de gain comprenant des moyens pour diviser l'amplitude du signal différence d_n issu du premier étage et fournir un signal e_n , - Un troisième étage dit quantificateur comprenant des moyens pour coder ledit signal e_n à partir de caractéristiques de quantification mises en mémoires s'adaptant le mieux aux distributions conditionnelles de probabilité, ledit troisième étage fournissant en sortie un signal à redondance réduite, ledit premier étage de prédiction comprenant des premiers moyens pour additionner ledit signal x_{pn} prédict avec ledit signal \hat{d}_n différence réactualisé issu de l'étage de compression automatique de gain CAG, lesdits signaux x_{pn} et \hat{d}_n étant formés pendant la période T d'échantillonnage précédente, la valeur de ladite addition étant appliquée à l'entrée de N registres à décalage $T_1, \dots, T_i, \dots, T_N$, introduisant des retards respectivement égaux à T_i, \dots, NT et fournissant N grandeurs $xe_{n-1}, xe_{n-2}, \dots, xe_{n-N}$ qui sont ensuite respectivement multipliées au moyen de N circuits de multiplication, lesdits coefficients $a_1, a_2, \dots, a_i, \dots, a_N$ étant obtenus lors de la période d'échantillonnage précédente et mis en mémoire, lesdits résultats des N multiplications étant additionnés au moyen d'un circuit d'addition commun qui fournit en sortie la nouvelle grandeur \hat{x}_{pn} prédicta pour l'échantillon xe_n entrant, dispositif caractérisé par le fait que lesdits coefficients $a_1, a_2, \dots, a_i, \dots, a_N$ sont fournis par des seconds moyens formés essentiellement de N circuits comprenant chacun des moyens v_i pour multiplier la grandeur xe_{n-i} obtenue à la sortie du registre T_i correspondant avec la grandeur \hat{d}_n décodée issue dudit étage quantificateur après avoir été préalablement multipliée par une constante α , le résultat de ladite multiplication étant ensuite additionné avec le coefficient $a_i^*(n-1)$, extrait d'une mémoire Z_i calculé lors de la période d'échantillonnage précédente, grâce au circuit d'addition w_i , ledit résultat fourni par w_i étant multiplié

- avec une constante $(1 - \beta)$ grâce à un circuit de multiplication U_i , le résultat de ladite multiplication étant additionné avec le coefficient $\beta a_{oi} (n-1)$ contenu dans une mémoire grâce au circuit d'addition K_i , lesdits seconds moyens fournissant en sortie 5 l'échantillon $a_i (n)$.
2. - Dispositif selon la revendication 1 caractérisé par le fait que les N coefficients $a_1, a_2 \dots a_i \dots a_N$ formés au moyen desdits premiers moyens à chaque période d'échantillonnage, sont appliqués à l'entrée du dispositif de choix de la caractéristique de 10 quantification dudit étage quantificateur et déterminent une pré-sélection du type de caractéristique susceptible de permettre un codage de l'information dans l'étage quantificateur.
3. - Dispositif selon la revendication 2 caractérisé par le fait que les coefficients $a_i (n+1)$ sont transformés, en N coefficients 15 $a_i^* (n+1)$, avant d'être appliqués aussi bien à l'entrée du dispositif de choix de la caractéristique de quantification qu'à l'entrée desdits premiers moyens de l'étage de prédiction dans lequel ils sont mis en mémoire afin d'être utilisés pendant la période d'échantillonnage suivante, ladite transformation consistant à 20 maintenir les N coefficients $a_1, a_2, \dots, a_i, \dots, a_N$ à l'intérieur d'un domaine borné, ladite transformation consistant à comparer chaque coefficient avec les bords dudit domaine et à substituer à tout coefficient extérieur audit domaine, le coefficient le plus proche sur la frontière dudit domaine.
- 25 4. - Dispositif selon la revendication 3 caractérisé par le fait que les N coefficients $a_i^* (n)$ maintenus à l'intérieur du domaine borné sont appliqués à l'entrée d'un comparateur contenant en mémoire des grandeurs fixes Δ_{oj} et permettant avec la connaissance de la valeur $a_{oi} (n-1)$ de l'échantillon précédent d'en déduire la valeur $a_{oi} (n)$ la mieux adaptée à la statistique du signal à traiter, $a_{oi} (n)$ représentant la ième composante du vecteur $A_o (n)$ vers lequel tend $A (n)$ en l'absence de signal S à l'entrée du système, la valeur $a_{oi} (n)$ étant préalablement multipliée par une constante β avant d'être appliquée à l'entrée desdits seconds moyens de l'étage prédicteur.

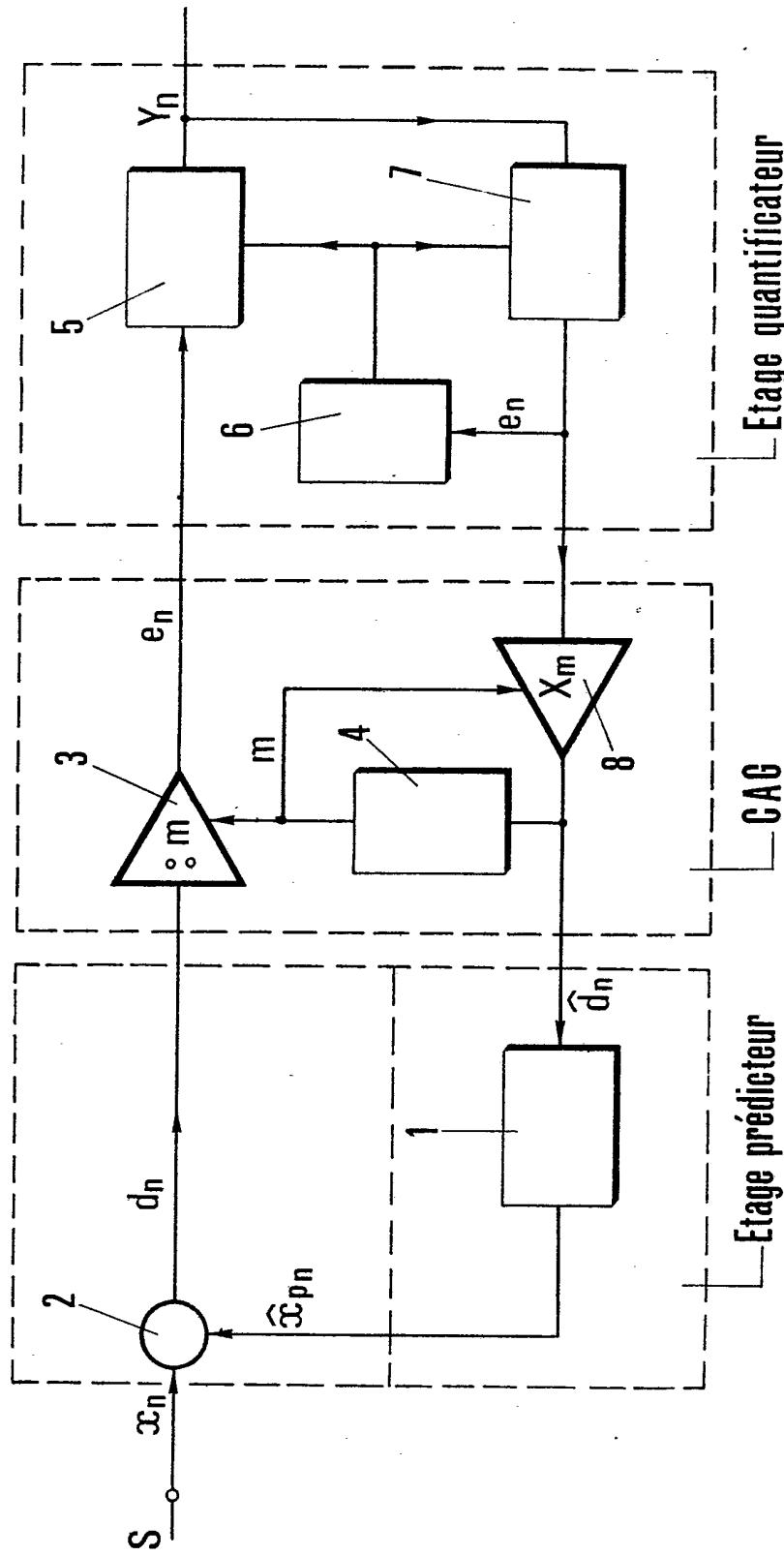


FIG. 1

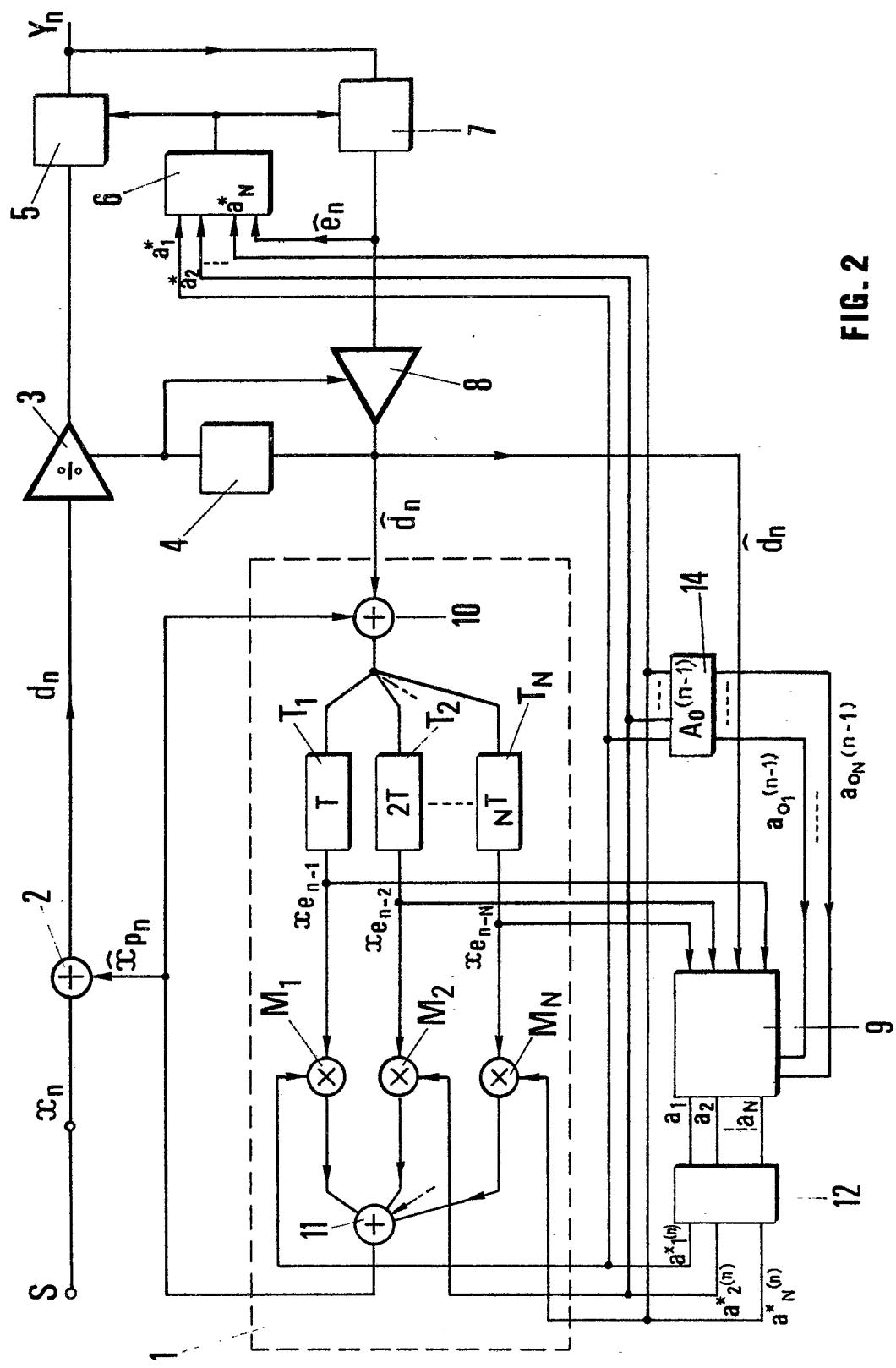


FIG. 2

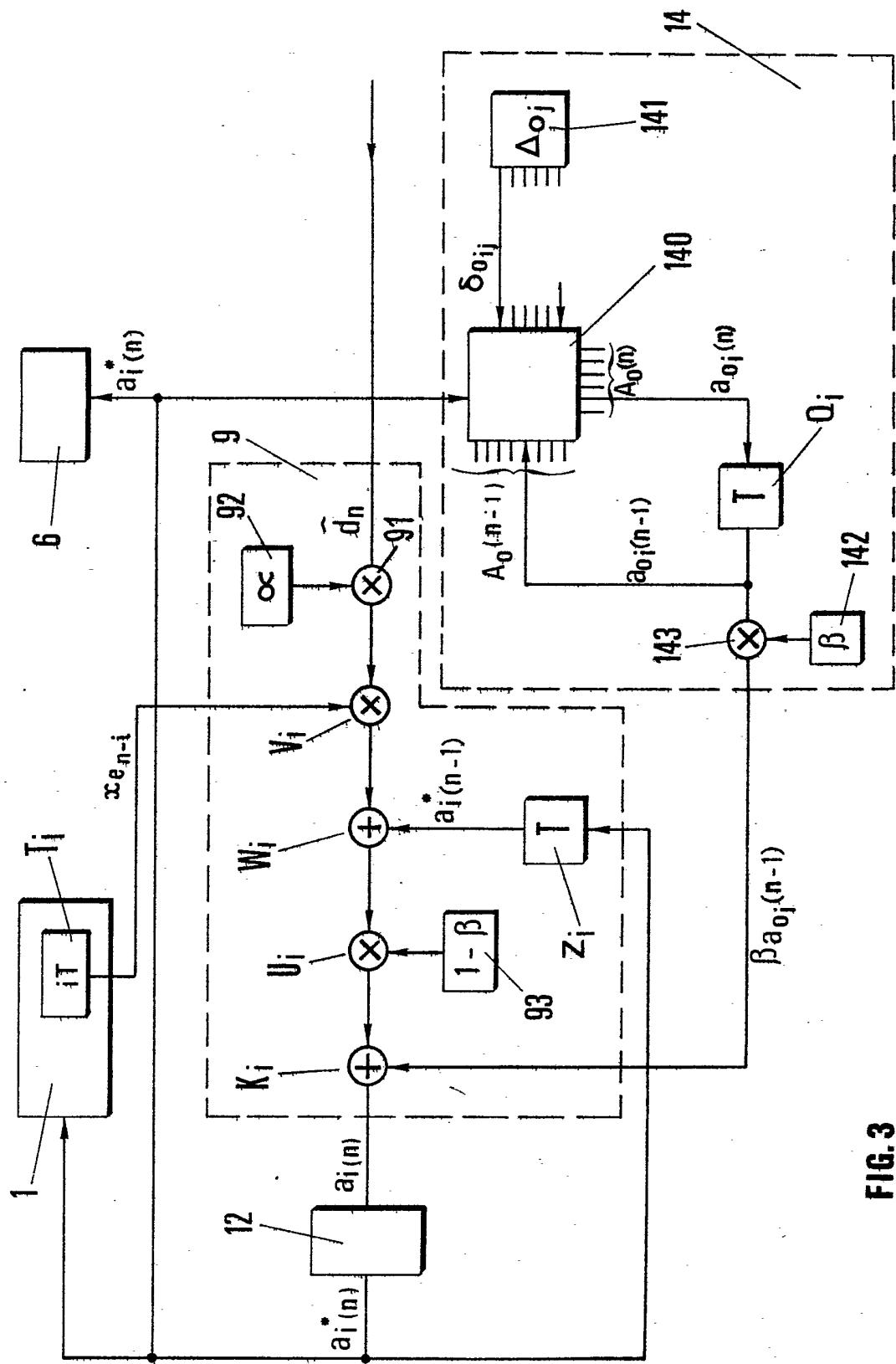


FIG. 3

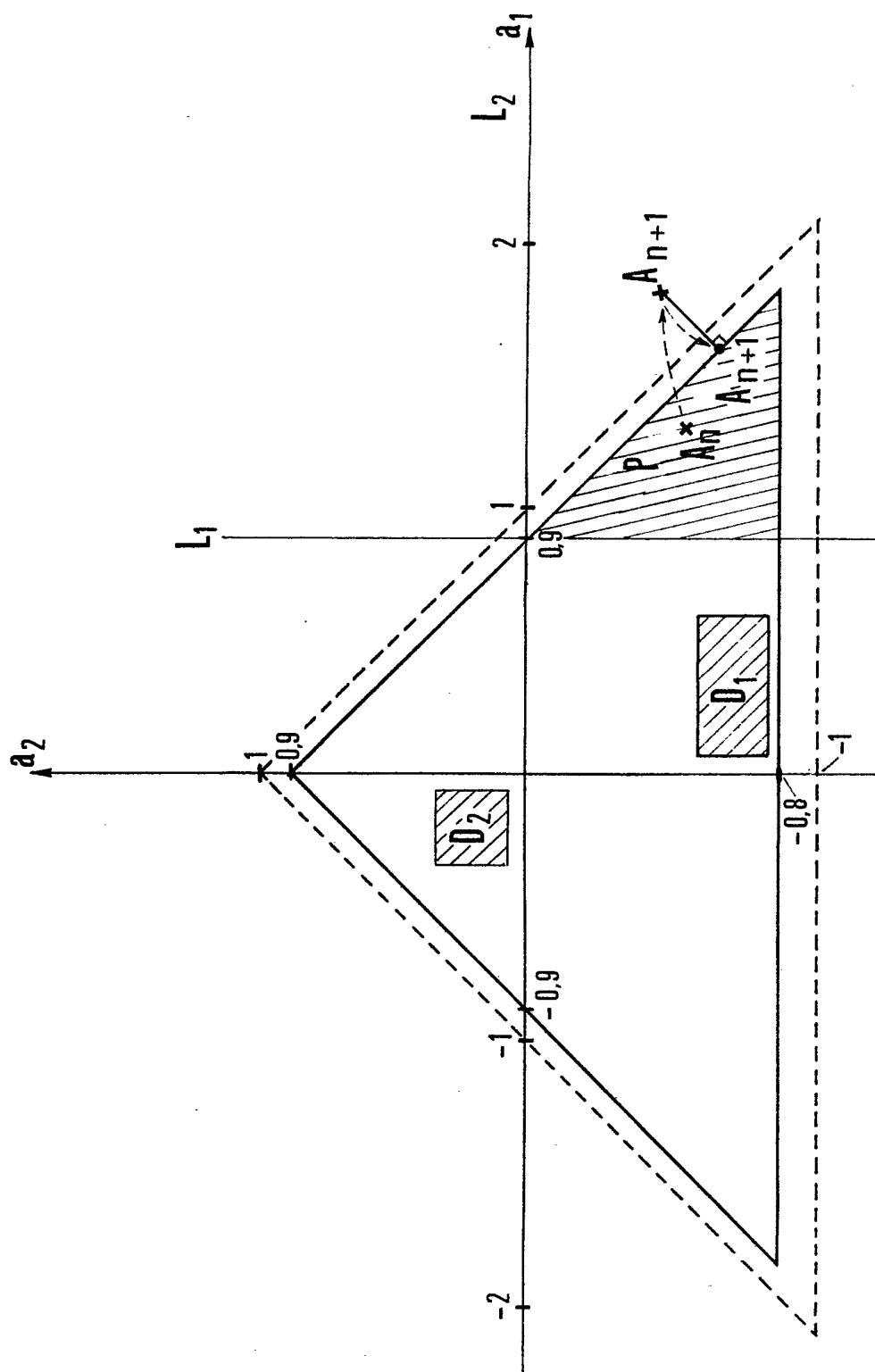


FIG. 4

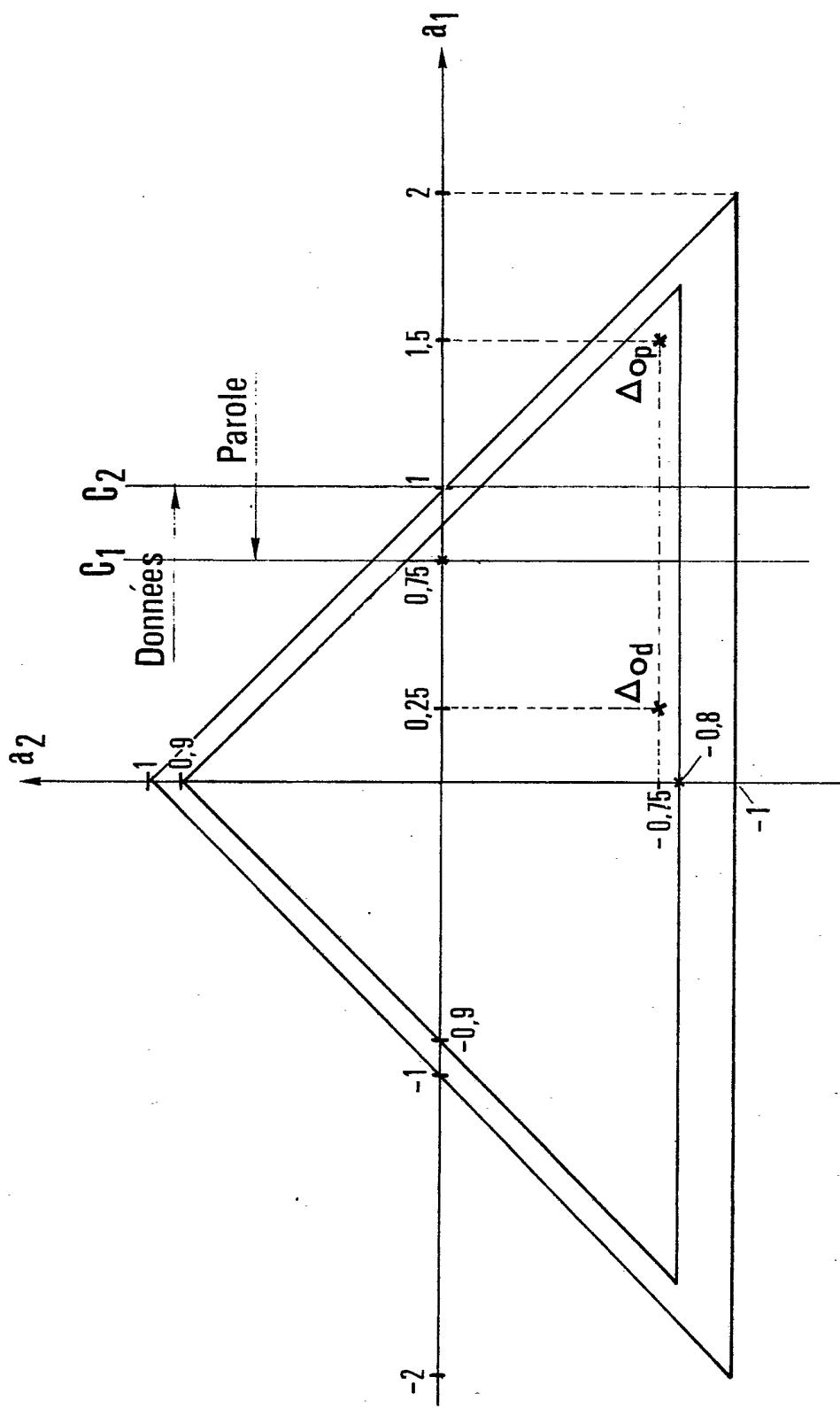
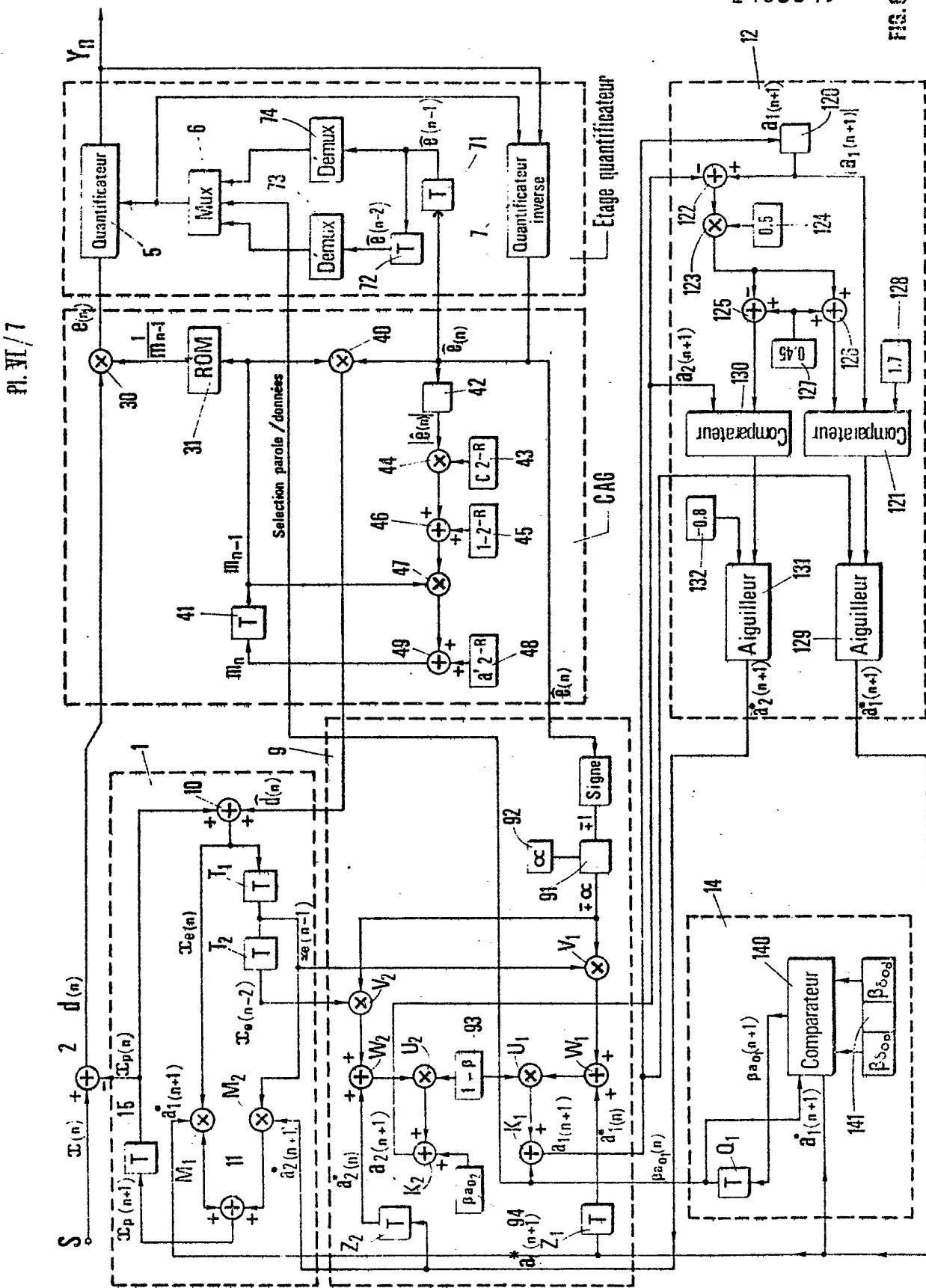


FIG. 5

2463549

୬୮



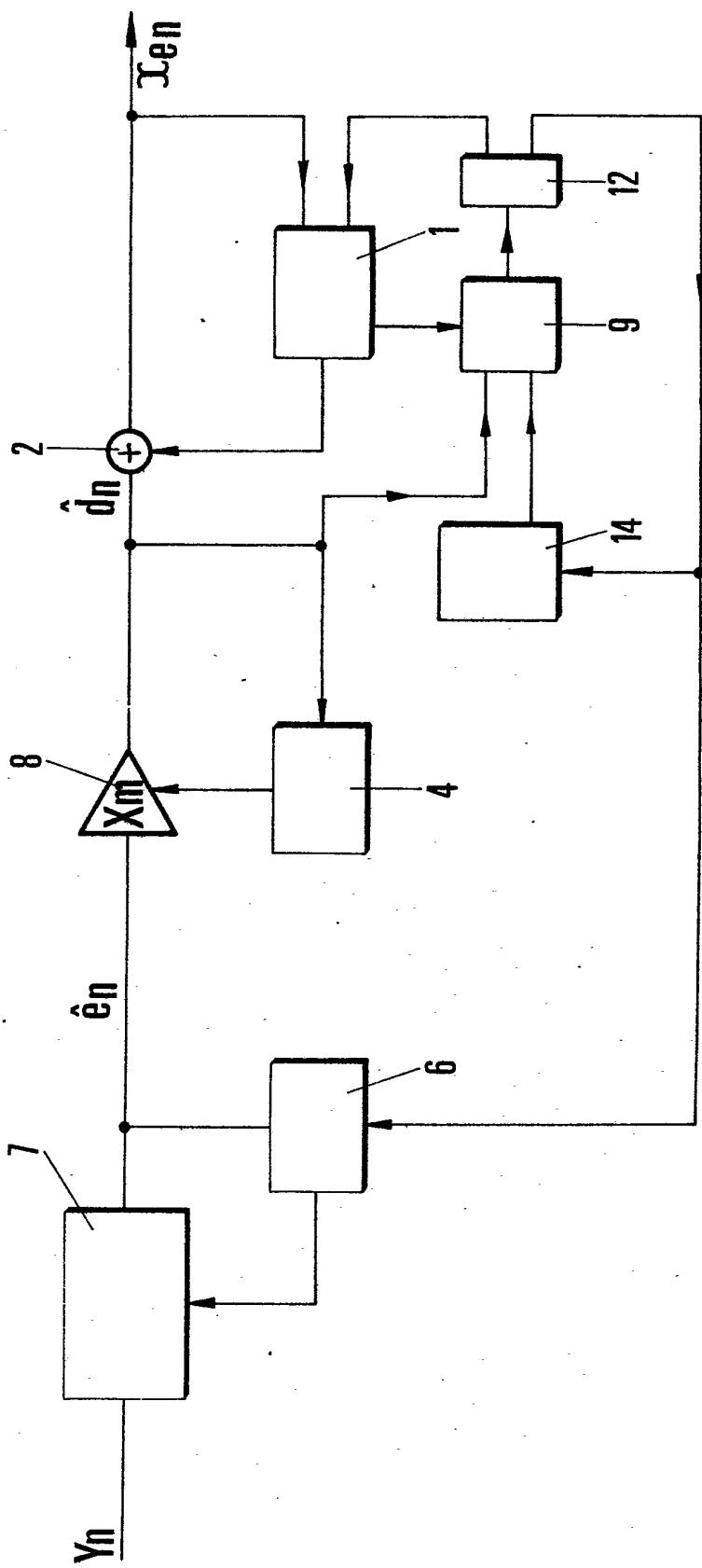


FIG. 7