

 **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

 Numéro de dépôt: **89400978.6**

 Int. Cl. 4: **G 10 L 3/00**

 Date de dépôt: **10.04.89**

 Priorité: **12.04.88 FR 8804824**

 Date de publication de la demande:
18.10.89 Bulletin 89/42

 Etats contractants désignés: **CH DE GB LI**

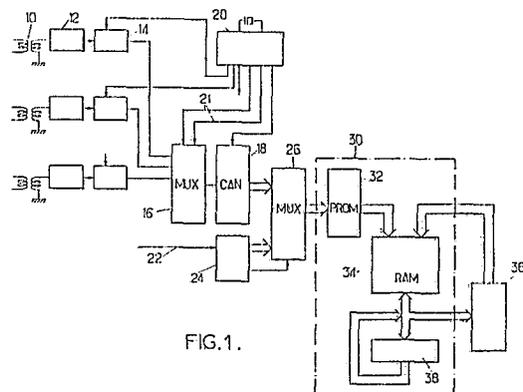
 Demandeur: **TELEDIFFUSION DE FRANCE**
10, rue d'Oradour sur Glane
F-75015 Paris (FR)

 Inventeur: **Ruiz, Michel**
27, Rue Louis Rolland
F-92120 Montrouge (FR)

 Mandataire: **Fort, Jacques**
CABINET PLASSERAUD 84, rue d'Amsterdam
F-75009 Paris (FR)

 **Procédé et dispositif de discrimination de signal.**

 Suivant le dispositif, utilisable notamment pour reconnaître la présence d'un signal audio-fréquence de programme dans un signal d'entrée, on échantillonne le signal d'entrée ; on soumet les échantillons à une analyse d'amplitude pendant des intervalles de temps successifs de durée déterminée et suffisante pour que la répartition recueillie soit représentative de la distribution des amplitudes obtenues pour plusieurs intervalles successifs dans le signal d'entrée ; et on compare les distributions des amplitudes pour identifier la présence du programme sur la base de propriétés stochastiques du signal de programme. Ce procédé peut être mis en oeuvre dans un dispositif ayant des moyens d'échantillonnage, des moyens d'analyse multi-canaux (30) et des moyens de calcul (36).



Description**Procédé et dispositif de discrimination de signal**

La présente invention concerne la discrimination entre signaux, notamment pour reconnaître la présence d'un signal audio-fréquence de programme ayant une bande passante déterminée dans un signal d'entrée susceptible d'être affecté de bruit sensiblement stationnaire.

L'invention trouve une application particulièrement importante dans les réseaux de diffusion ou de transmission ayant des centres vers lesquels arrivent et d'où partent des signaux véhiculant des programmes de radiodiffusion ou de télévision en nombre plus ou moins important suivant la localisation géographique et l'importance du centre dans le réseau. Les centres les plus importants sont généralement exploités par un agent sur place. Mais d'autres sont télé-exploités depuis un poste central. Dans tous les cas, des incidents survenant aux signaux distribués par un centre doivent être décelés aussi rapidement que possible, afin que les mesures nécessaires pour assurer la continuité et la qualité du service puissent être prises.

Un incident particulièrement grave est l'interruption accidentelle du programme, qui doit être décelée très rapidement. Il est également souhaitable de surveiller les paramètres influant sur la qualité de la diffusion et de la transmission tout le long de l'acheminement des programmes jusque chez l'auditeur. Dans les centres automatisés, la vérification ne peut être assurée que par un automate local, qui, suivant son degré d'élaboration, commandera les manoeuvres requises ou se bornera à transmettre une alarme à un poste central d'où les instructions requises (passage sur une voie de secours, déroutage, ...) seront fournies à l'automate local.

Divers procédés sont actuellement utilisés pour déceler la présence d'un signal. Aucun ne permet d'atteindre parfaitement deux résultats dans une certaine mesure contradictoire, à savoir la détection de tous les incidents interrompant le programme et l'absence de fausses alarmes, et ce de façon automatique.

Les critères de détection habituels sont basés sur la comparaison entre l'amplitude du signal transmis ou diffusé et un seuil : si le signal présente une amplitude inférieure à un certain seuil prédéterminé, on considère qu'il y a un défaut et on conclut à l'absence de signal audio si le défaut persiste au delà d'un délai déterminé.

Sur cette base, on a déjà utilisé un procédé consistant à contrôler le niveau du signal, mesuré par un voltmètre de crête ou un vu-mètre. Mais l'inertie de ces systèmes masque la présence de signaux de programme de faible énergie de sorte que l'exploitant doit vérifier la présence ou l'absence de signal par écoute ou observation directe. Et tous les procédés basés sur la comparaison entre une amplitude de signal et un seuil sont mis en défaut dans de nombreux cas : si par exemple un signal sinusoïdal de mesure ou d'alignement est transmis à la place d'un signal audio de programme, aucun défaut n'est détecté ; la présence de signaux de programme de faible amplitude (correspondant par exemple à des pianissimi d'orchestre) est interprétée comme une absence de signal ; des programmes tels que les jeux radiophoniques ou les films ayant des plages longues de signaux audio-fréquence à très faible niveau peuvent également donner lieu à des alarmes intempestives. Dans le cas de signaux très pollués, le niveau de bruit peut être tel que le seuil doit être choisi à un niveau élevé et il n'est alors plus possible de déceler avec certitude la présence d'un signal. Le signal utile peut même être complètement noyé dans le bruit.

La présente invention vise à fournir un procédé et un dispositif de reconnaissance de la présence d'un signal audio-fréquence de programme (le terme audio n'impliquant pas qu'il s'agisse de signaux représentant des sons) répondant mieux que ceux antérieurement connus aux exigences de la pratique, notamment en leur rendant dans une large mesure exempts des inconvénients des systèmes antérieurs ; elle vise particulièrement à déterminer, avec un degré de sûreté élevé, les interruptions du signal de programme. Pour cela, l'invention est fondée sur la constatation que les signaux de programme présentent des propriétés stochastiques qui les différencient du bruit créé par les sources parasites les plus fréquentes. Pour des stations placées à poste fixe par exemple, les caractères du bruit sont statistiquement invariables ou du moins évoluent lentement dans le temps, contrairement aux caractéristiques d'un signal audio-fréquence de programme. En d'autres termes, le bruit présente en général des propriétés d'ergodicité et de stationnarité qui ne sont pas celles d'un signal utile.

L'invention propose en conséquence un procédé de discrimination permettant de reconnaître la présence d'un signal audio-fréquence caractérisé en ce que : on échantillonne le signal d'entrée ; on soumet les échantillons à une analyse d'amplitude pendant des intervalles de temps successifs de durée déterminée et suffisante pour que la répartition recueillie soit représentative de la distribution des amplitudes obtenues pour plusieurs intervalles successifs dans le signal d'entrée ; et on compare les distributions des amplitudes pour identifier la présence du programme sur la base de propriétés stochastiques du signal de programme. La fréquence d'échantillonnage est avantageusement au moins égale à la fréquence de Shannon lorsque l'on souhaite également effectuer une analyse du signal, par exemple pour déterminer sa qualité.

Le procédé ci-dessus définit implique une décision au sens de la statistique et fait appel aux variations de la fonction de répartition des valeurs de l'amplitude ou, dans une version plus élaborée, aux variations de la distribution de ces valeurs comme critère de décision pour détecter l'absence de signal de programme, provoquée par exemple par une coupure de liaison en amont de l'emplacement où s'effectue la détection.

Si on cherche simplement à déceler l'absence du signal audio de programme, la fréquence d'échantillonnage du signal d'entrée peut être relativement basse. Mais il est également possible de mettre en oeuvre le procédé pour déterminer en plus un certain nombre de paramètres représentatifs de la qualité du

signal et de ses caractéristiques, ce qui permet en particulier de déterminer soit les altérations que pourra subir le signal au cours de son acheminement ultérieur jusqu'au destinataire en restant de qualité acceptable, soit des corrections à lui apporter. Dans ce cas, l'échantillonnage devra être fait au moins à la fréquence de Shannon.

L'invention propose également un dispositif permettant de mettre en oeuvre le procédé ci-dessus défini, comprenant :

- des moyens d'échantillonnage du signal d'entrée,
- des moyens d'analyse multi-canaux mémorisant la répartition des amplitudes du signal fourni par les moyens d'échantillonnage pendant un intervalle de temps déterminé, et
- des moyens de calcul permettant de comparer la répartition mémorisée par les moyens d'analyse multi-canaux sur deux intervalles de temps successifs et d'émettre un signal d'alarme lorsque la comparaison fait apparaître le caractère stationnaire du signal d'entrée.

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui suit d'un mode particulier de réalisation, donné à titre d'exemple non limitatif. La description se réfère aux dessins qui l'accompagnent, dans lesquels :

- la figure 1 est un synoptique de principe d'un dispositif suivant un mode de réalisation de l'invention ;
- la figure 2 montre une répartition possible d'amplitudes ;
- la figure 3 montre un mode possible de détermination de seuil.

Le dispositif dont la constitution de principe est montrée en figure 1 est destiné à surveiller en permanence la présence de trois signaux de programme analogiques et d'un signal numérique, ces nombres n'étant pas limitatifs.

A chaque signal analogique est affectée une voie comprenant, à partir de la source correspondante, un étage coupleur 10, un étage d'entrée 12 destiné à assurer l'adaptation d'impédance, la symétrie et le réglage du gain de la voie, et un échantillonneur bloqueur 14. L'étage d'entrée peut de plus assurer un filtrage de bande et une préaccentuation du signal audio-fréquence lorsque cela est nécessaire. On supposera tout d'abord que l'échantillonneur bloqueur fonctionne au moins à la fréquence de Shannon (par exemple à 32 kHz ou 48 kHz dans le cas d'un signal ayant une bande passante comprise entre 40 Hz et 15 kHz). Une fréquence d'échantillonnage plus faible peut être adoptée lorsqu'on cherche simplement à fournir une alarme en cas d'absence de signal audio.

Les signaux de sortie des échantillonneurs bloqueurs 14 de toutes les voies analogiques sont appliqués à un multiplexeur analogique 16 qui peut être prévu soit pour les entrelacer, soit pour traiter successivement les différentes voies. Ils attaquent un convertisseur analogique/numérique 18 qui convertit l'amplitude de chaque échantillon en un multiplet représentant cette amplitude sous forme numérique. Les échantillonneurs-bloqueurs 14, le multiplexeur analogique 16 et le convertisseur analogique/numérique sont cadencés par un séquenceur 20 muni d'une horloge et fournissant, sur une sortie 21, des signaux de commande pour sélectionner à chaque instant une des voies.

Dans le cas où le dispositif reçoit également un signal de données numérique, la voie correspondante 22 est appliquée à un décodeur de données numériques 24 fournissant la valeur numérique de l'amplitude des échantillons sous une forme compatible avec celle fournie par le convertisseur analogique/numérique (CAN) 18. Un multiplexeur numérique 26 reçoit les signaux numériques de sortie du CAN 18 et du décodeur 24 et les fournit sur une sortie commune 28. Ce multiplexeur numérique reçoit des signaux de commande d'une part du séquenceur 20, d'autre part du décodeur 24 qui effectue dans ce but une récupération d'horloge. Si les signaux à surveiller sont tous analogiques, il est possible de se dispenser des composants 24 et 26.

Le traitement des signaux en aval du multiplexeur numérique 26 est le même quelle que soit la voie d'où ils proviennent et quel que soit le mode choisi de détection de l'absence de signal (détermination de la variation de distribution de l'amplitude ou variation de la fonction de répartition de l'amplitude). Une opération de tri et de rangement est effectuée, comparable à une analyse multicanaux. Tous les échantillons prélevés sur une même voie pendant un intervalle de temps Δt constant sont répartis en un certain nombre n de canaux espacés d'un pas déterminé (1 dB par exemple) et les échantillons accumulés dans chaque canal pendant le temps Δt sont comptés. Pour cela l'analyseur multicanaux 30 peut comporter un ensemble de comparateurs 32 et une mémoire vive 34. Les comparateurs peuvent se réduire à un réseau programmable de transcodage.

A chacun des n canaux est affecté un emplacement d'adresse correspondant dans la mémoire 34. Le canal d'ordre zéro correspond à l'amplitude minimale A_{\min} qu'on veut prendre en considération. Le canal $n-1$ correspond à l'amplitude maximale A_{\max} . Dans le cas de signaux destinés à la transmission de programmes sonores, on pourra souvent adopter une dynamique de 52 dB, fractionnée en $n = 52$ canaux espacés de 1 dB ; le canal 0 pourra correspondre aux échantillons d'amplitude égale ou inférieure à -30 dBu. Le canal 51 correspondra alors aux échantillons d'amplitude égale ou supérieure à +22 dBu. Chaque fois qu'un échantillon dont l'amplitude correspond au canal d'ordre i est détecté, le contenu de la position correspondante de la mémoire d'adresse i est incrémenté d'une unité. Etant donné que les signaux d'entrée sont numériques, l'analyse multicanaux peut s'effectuer de façon très simple à l'aide d'une mémoire morte programmable de transcodage 32 qui fait correspondre, à chaque valeur numérique d'échantillon, l'adresse d'un des n canaux. L'ordre d'incrémentation est envoyé par un circuit 38 de façon classique.

A l'issue du temps Δt , chaque emplacement de mémoire contient un nombre indiquant le nombre de fois où l'échantillon de signal a eu une amplitude déterminée. On dispose ainsi de la distribution des amplitudes du signal pendant le temps Δt d'enregistrement, qui peut par exemple être du genre montré sur la figure 2 et ce pour chaque signal à superviser.

Le traitement de détection d'absence de signal (et éventuellement d'évaluation de la qualité du signal) est assuré par un calculateur 36. La mémoire 34 doit être adressable en lecture et en écriture par la mémoire morte 32, en lecture et écriture par le calculateur 36. On supposera tout d'abord que le traitement vise à

5 déterminer la présence ou l'absence de signal par prise en considération de la distribution des amplitudes. Dans le cas où le signal reçu comporte un signal utile de programme audio, la répartition d'amplitude et l'amplitude moyenne varient fréquemment dans le temps. Par exemple on peut avoir des courbes de répartition du genre désigné par I et II sur deux intervalles de temps successifs. Pour obtenir des données significatives, on pourra fréquemment adopter, pour les intervalles de temps Δt , des valeurs comprises entre 0,8 s et 5 s, avantageusement environ 1 s pour les programmes parlés et environ 3 s pour les programmes de

10 musique. La détection par comparaison de la distribution des amplitudes pourra par exemple se faire par détermination, par le calculateur 36, du facteur de corrélation entre plusieurs enregistrements successifs, par exemple entre deux répartitions stockées en mémoire 34 pour deux intervalles de temps Δt successifs.

15 Il est possible de mettre en oeuvre l'invention de façon plus simple qui par calcul d'un facteur de corrélation, par exemple par détermination du pourcentage d'échantillons dont l'amplitude dépasse un seuil pendant chaque intervalle de temps Δt (c'est-à-dire par détermination de la fraction du temps Δt pendant laquelle le signal dépasse le seuil).

Un premier mode de réalisation utilisant cette approche consiste à programmer le calculateur pour :

20 1/ Déterminer la valeur maximale A_j prise par le signal dans l'intervalle de temps Δt_j et la fonction de répartition $F_j(X)$ de l'amplitude, c'est-à-dire la probabilité P pour qu'un échantillon du signal ait une amplitude dont la valeur X est inférieure à une valeur de référence donnée x, qui peut être fixée une fois pour toutes ou calculée sur chaque intervalle de temps.

25 On utilisera souvent une valeur fixe lorsqu'on souhaite faire une évaluation de qualité. Par exemple on sait qu'une bande magnétique, pour ne pas donner de distorsion excessive, doit avoir un niveau de sortie absolu ne dépassant pas un seuil. Avec les bandes ayant des caractéristiques courantes on peut alors adopter $x = 18$ dBu. De façon similaire, pour vérifier l'absence de risque de distorsion à la sortie d'un émetteur, on peut adopter un seuil de 12 dBu.

Dans le second cas, qui sera celui de la discrimination entre signal de bruit et signal utile, la valeur de x est calculée pour chaque intervalle de temps à partir de la valeur maximale A_j de l'amplitude dans l'intervalle de

30 temps correspondant Δt_j . On peut par exemple adopter, en dehors des périodes de défaut,

$$x_j = A_j - 6 \text{ dB pour } A_j > -20 \text{ dBu}$$

$$x_j = A_j - 3 \text{ dB pour } A_j \leq -20 \text{ dBu}$$

On maintiendra par contre x_j à une valeur constante aussi longtemps que le calculateur signale un défaut, quelle que soit l'évolution de la valeur maximale A de l'amplitude.

35 Dans ce cas la première étape revient à déterminer la fonction $F_j(X)$:

$$F_j(x) = P[X < x] \quad \text{avec } A_{\min} \leq x \leq A_{\max}$$

$P[X < x]$ représente, pour chaque intervalle de temps Δx , la fraction du temps pendant laquelle X est inférieur au seuil x.

40 Le CAN 18 peut notamment être prévu tel que l'on ait les valeurs $A_{\min} = -30$ dBu et $A_{\max} = +22$ dBu mentionnées plus haut.

2/ Effectuer, à la fin de l'enregistrement d'ordre $j+1$, les mêmes calculs que précédemment pour obtenir l'amplitude maximale A_{j+1} et la fonction de répartition $F_j(X)$.

3/ Comparer les deux résultats obtenus, mémorisés en mémoire centrale du calculateur.

45 Dans un mode de mise en oeuvre simple, on compare uniquement les fonctions de répartition F_{j+1} et F_j . Si la valeur absolue de différence entre elles (ou entre leurs représentations sous forme de pourcentages du temps) est inférieure à un seuil déterminé, le calculateur signale un défaut (indication de pré-alarme). Exprimé en pourcentage de temps, le seuil pourra souvent être de 0,5 %. Cependant on peut être amené à l'augmenter en ambiance de bruit impulsionnel jusqu'à 2 % environ pour éviter les absences de détection.

50 Si la différence entre F_{j+1} et F_j dépasse le seuil, le calculateur passe au traitement des enregistrements suivant pour calculer F_{j+1} et F_{j+2} .

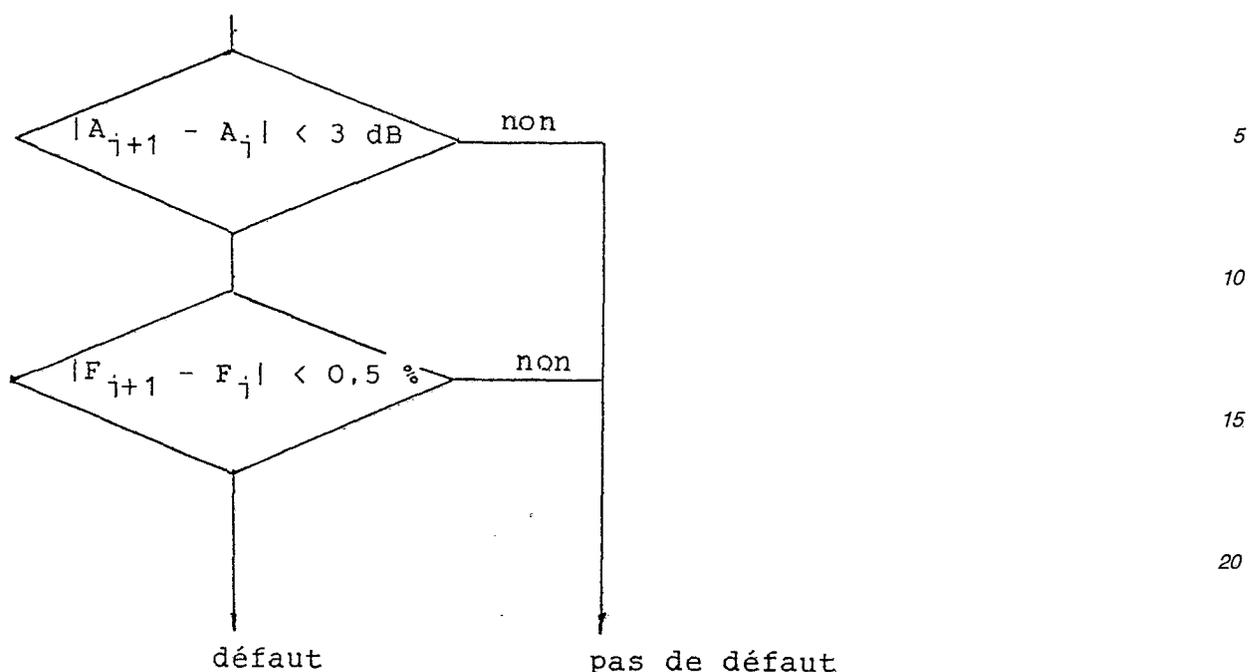
Si le défaut persiste pendant un temps donné (par exemple dix secondes consécutives) le calculateur 36 émet une alarme d'absence de modulation.

Dans un mode de réalisation plus élaboré, le critère de décision est double et il est représenté par le

55

60

65



Cette seconde solution, plus sûre, ne complique pas notablement le programme et sera en générale utilisée. Dans les deux cas la valeur du seuil x est conservée aussi longtemps qu'un défaut est signalé.

La figure 3 montre un exemple de mode de détermination de x , pour un signal particulier. La première mesure est supposée faite entre les instants t_0 et t_1 . L'amplitude maximale est alors A_1 . Le niveau de référence sélectionné est $x_1 = A_1 - 6 \text{ dB}$.

La seconde mesure, entre t_1 et t_2 , fait apparaître que $|A_1 - A_2| < -3 \text{ dBu}$: on maintient alors x à la valeur x_1 .

La mesure se poursuit ainsi faisant apparaître chaque fois un défaut. A l'instant t_5 une alarme est déclenchée. A partir de cet instant, un nouveau calcul de x intervient, même en cas de modification faible de la valeur maximale de l'amplitude. La mesure effectuée sur l'intervalle de temps Δt entre t_5 et t_6 fait apparaître une amplitude A_6 . On adopte alors $x_6 = A_6 - 6 \text{ dB}$.

Un second mode réalisation permettant de réduire le temps de calcul, consiste à calculer le pourcentage de temps pendant lequel X a été supérieur à la valeur x sur l'intervalle de temps Δt . Le calculateur est programmé de façon à calculer la fonction :

$$1-F(X) = P[X > x]$$

Les valeurs successives ainsi obtenues sont traitées par le même type de comparaison que $F_{j(x)}$ et $F_{j+1(x)}$.

La valeur de cette fonction peut être utilisée pour élaborer d'autres types d'alarme, par exemple une alarme de surmodulation dans le cas où le signal de programme a une amplitude trop forte, et conduit à une surmodulation.

Le calculateur peut également être prévu pour différencier un bruit d'un signal sinusoïdal, par exemple d'un signal de mesure ou d'alignement de la chaîne, en analysant la distribution des amplitudes : il suffit en effet dans ce cas de comparer la distribution d'amplitude avec des distributions mémorisées et correspondant aux signaux sinusoïdaux susceptibles d'être transportés.

D'autres solutions encore sont possibles : en particulier on peut utiliser l'amplitude maximale du signal pendant les intervalles Δt successifs comme critère.

Dans tous les cas les signaux d'alarme peuvent être transmis sur une liaison de toute nature, notamment filaire ou hertzienne.

Revendications

1. Procédé de reconnaissance de la présence d'un signal audio-fréquence de programme dans un signal d'entrée affecté de bruit sensiblement stationnaire, caractérisé en ce que : on échantillonne le signal d'entrée ; on soumet les échantillons à une analyse d'amplitude pendant des intervalles de temps successifs de durée déterminée et suffisante pour que la répartition recueillie soit représentative de la distribution des amplitudes obtenues pour plusieurs intervalles successifs dans le signal d'entrée ; et on compare les distributions des amplitudes pour identifier la présence du programme sur la base des propriétés stochastiques du signal de programme.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'analyse consiste à déterminer l'amplitude maximale pendant les intervalles de temps et à identifier un signal de programme par le fait que les

variations de l'amplitude maximale au cours d'intervalles de temps consécutifs sont supérieures à une valeur donnée.

3. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la comparaison consiste à déterminer la fonction de répartition des amplitudes par analyse multi-canaux et à identifier un signal de programme par le fait que les variations de la fonction de répartition des amplitudes au cours d'intervalles de temps successifs sont supérieures à une valeur donnée.

4. Procédé selon la revendication 3, caractérisé en ce que la fonction de répartition des amplitudes est constituée par le pourcentage de temps, au cours de chaque intervalle, pendant lequel l'amplitude est supérieure (ou inférieure) à un seuil déterminé.

5. Procédé selon la revendication 4, caractérisé en ce que le seuil est fixe.

6. Procédé selon la revendication 4, caractérisé en ce que le seuil est constitué, pour un intervalle de temps déterminé, par la valeur maximale de l'amplitude du signal pendant l'intervalle de temps précédent, diminué d'une valeur fixe, comprise entre 3 et 6 dB.

7. Procédé selon la revendication 6, caractérisé en ce que la valeur du seuil est conservée en cas de détection de défaut, jusqu'à déclenchement d'une alarme consécutive à la détection d'un nombre prédéterminé de défauts sur des intervalles de temps successifs.

8. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes en vue de l'analyse de qualité du signal, caractérisé en ce qu'on échantillonne le signal à une fréquence au moins égale à la fréquence de Shannon.

9. Dispositif de reconnaissance de la présence d'un signal audio-fréquence de programme ayant une bande passante déterminée dans un signal d'entrée affecté de bruit stationnaire, caractérisé en ce qu'il comprend:

- des moyens d'échantillonnage du signal d'entrée,

- des moyens d'analyse multi-canaux (30) mémorisant la répartition des amplitudes du signal fourni par les moyens d'échantillonnage pendant un intervalle de temps déterminé, et

- des moyens de calcul (36) permettant de comparer la répartition mémorisée par l'analyseur multi-canaux sur deux intervalles de temps successifs et d'émettre un signal d'alarme en cas de comparaison faisant apparaître le caractère stationnaire du signal d'entrée.

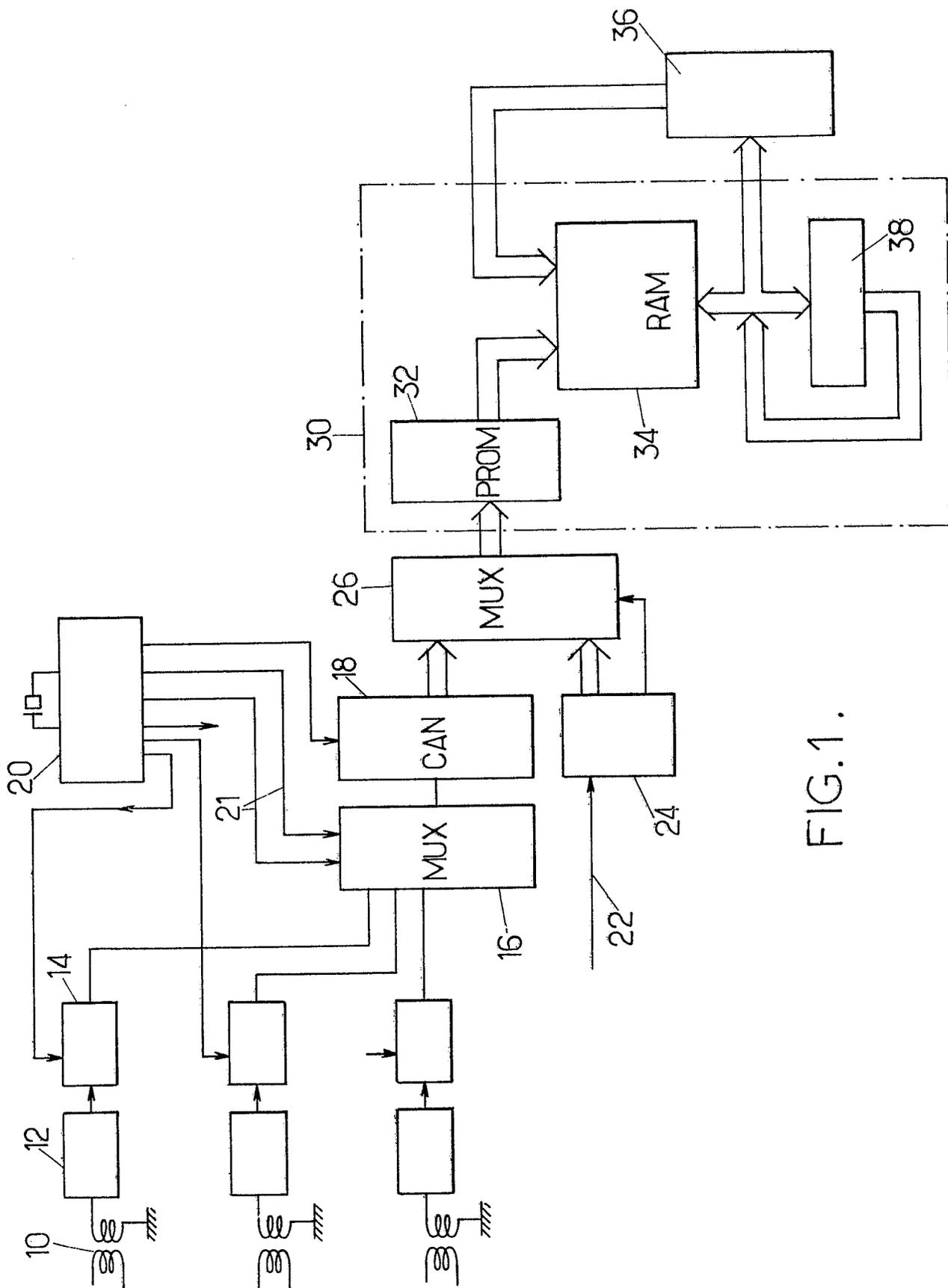


FIG.1.

FIG.2.

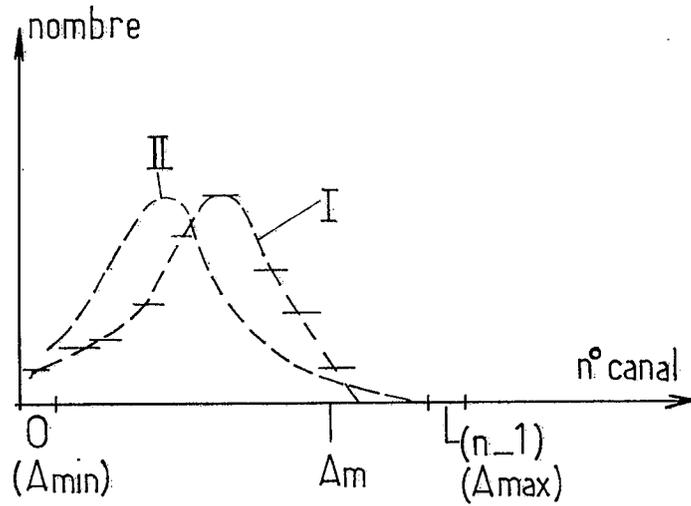


FIG.3.

