

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPÉEN

(45) Date de publication du fascicule du brevet :
02.01.86

(51) Int. Cl.⁴ : **G 10 L 9/02, G 10 L 9/12**

(21) Numéro de dépôt : **81401684.6**

(22) Date de dépôt : **23.10.81**

(54) **Procédé de détection de la fréquence de mélodie dans un signal de parole, et dispositif destiné à la mise en œuvre de ce procédé.**

(30) Priorité : **07.11.80 FR 8023881**

(43) Date de publication de la demande :
19.05.82 Bulletin 82/20

(45) Mention de la délivrance du brevet :
02.01.86 Bulletin 86/01

(84) Etats contractants désignés :
DE GB

(56) Documents cités :
ELECTRONICS LETTERS, vol. 14, no. 4, 16 février 1978, STEVENAGE (GB), N.R. MALIK et al.: "Adaptive instantaneous pitch detector with microcomputer error correction", pages 109-110
IEEE TRANSACTIONS ON COMMUNICATION TECHNOLOGY, vol. COM-18, no. 4, août 1970, NEW YORK (US), T. BIALLY et al.: "A digital channel Vocoder", pages 435-441

(73) Titulaire : **THOMSON-CSF**
173, Boulevard Haussmann
F-75379 Paris Cedex 08 (FR)

(72) Inventeur : **Albarelo, Alain**
THOMSON-CSF SCPI 173, bld Haussmann
F-75360 Paris Cedex 08 (FR)

(74) Mandataire : **Turlègue, Clotilde et al**
THOMSON-CSF SCPI 173, Bld Haussmann
F-75379 Paris Cedex 08 (FR)

EP 0 052 041 B1

Il est rappelé que : Dans un délai de neuf mois à compter de la date de publication de la mention de la délivrance du brevet européen toute personne peut faire opposition au brevet européen délivré, auprès de l'Office européen des brevets. L'opposition doit être formée par écrit et motivée. Elle n'est réputée formée qu'après paiement de la taxe d'opposition (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

L'invention se rapporte à l'analyse de signaux de parole et plus particulièrement à un procédé de détection de la fréquence de mélodie des sons voisés dans un signal de parole et à un dispositif destiné à la mise en œuvre de ce procédé.

5 Dans la parole, les sons voisés sont constitués de voyelles ou de consonnes liquides ou sonores et possèdent des propriétés spectrales bien définies qui ne se retrouvent pas dans les sons non voisés constitués par des consonnes sourdes. Ces sons voisés présentent une amplitude généralement plus importante que les sons non voisés et une périodicité très marquée dans le signal de parole. La valeur de la fréquence correspondant à cette périodicité (liée à la vibration des cordes vocales) est la fréquence de mélodie comprise, suivant les personnes entre 60 et 300 Hz.

10 Cette fréquence de mélodie est un paramètre fondamental de la parole qui est évalué dans la plupart des vocodeurs, la qualité de la détection de cette fréquence influant directement sur la qualité de la parole restituée après décodage.

L'analyse de l'état de la technique permet de distinguer deux classes de procédés et dispositifs de détection de la fréquence de mélodie :

15 Les premiers procèdent par analyse systématique du signal de parole, analyse du spectre ou autocorrélation, et mettent en œuvre un volume de calculs généralement trop important pour conduire à des réalisations en temps réel au moyen de systèmes relativement simples.

Les seconds, de type temporel, recherchent une périodicité directement sur le signal temporel. Ils utilisent en général un ensemble de données réduit, par exemple des intervalles de temps entre passages 20 à zéro (ou entre maximums du signal), ou le comptage des passages à zéro du signal pendant une durée déterminée ; les critères de décision tiennent compte des propriétés observées sur les signaux de parole. Les calculs sont plus réduits avec ce type de détection, mais les dispositifs de détection correspondants ne sont pas très performants en présence de bruit et pendant les transitions signal voisé — signal non voisé. Un procédé et un dispositif de détection de la période de mélodie utilisant, comme ensemble de 25 données, les mesures de l'énergie dans les arches successives du signal de parole ont également été décrits. Ce dispositif bénéficie, par rapport aux dispositifs de type temporel plus courants, d'une meilleure immunité contre le bruit et d'un critère de voisement plus sélectif qui limite les fausses détections. Cependant, la détection nécessite le découpage du signal en trames de longueur fixe, les calculs permettant la reconnaissance d'un son voisé ne pouvant être effectués qu'avec une trame de 30 retard. Par ailleurs, il existe un risque de détection de la fréquence double de la fréquence de mélodie car le critère permettant d'éviter une telle détection n'est effectif qu'en milieu de segment voisé. Enfin, le découpage du signal en trames de longueur fixe qui ne sont pas liées au contenu du signal de parole nuit à la qualité de la mesure, en particulier pendant les transitions signal voisé-signal non voisé.

L'invention a pour objet un procédé de détection en temps réel de la fréquence de mélodie dans la 35 parole, de type temporel, utilisant des mesures de l'énergie entre passages à zéro, ainsi que des mesures des intervalles de temps entre ces passages à zéro. Le procédé évite les fausses détections, en particulier la détection de la fréquence double, a une bonne immunité contre le bruit, et par ailleurs n'augmente pas sensiblement la complexité du dispositif destiné à sa mise en œuvre par rapport aux dispositifs connus.

Selon l'invention, un procédé de détection, en temps réel, de la fréquence de mélodie dans un signal 40 de parole à partir d'un ensemble réduit de données mesurées sur ce signal, est principalement caractérisé en ce que cet ensemble est composé de mesures a_i (i variable) de l'énergie dans des alternances successives de ce signal et de mesures des durées t_i associées à ces alternances, et en ce que la procédure de test mise en œuvre sur ces données mesurées comporte une première phase ou phase d'acquisition pendant laquelle une première série de tests confère, lorsqu'elle est vérifiée, le 45 caractère acquis au voisement et aboutit au calcul d'une première valeur de période de mélodie, et une deuxième phase ou phase de maintien pendant laquelle une seconde série de test confirme, lorsqu'elle est vérifiée, le caractère acquis du voisement et aboutit à une actualisation de la valeur de la période de mélodie, cette phase de maintien portant sur la seconde série de tests qui est répétée tant que le caractère acquis du voisement est conservé et qui est remplacée par une nouvelle phase d'acquisition 50 mise en œuvre lorsque le caractère acquis du voisement est perdu.

L'invention a également pour objet un dispositif destiné à la mise en œuvre de ce procédé de détection de fréquence de mélodie, caractérisé en ce qu'il comporte un circuit de traitement analogique à amplificateur et filtre passe bas, un convertisseur analogique-numérique, des circuits de traitement 55 numérique délivrant à partir du signal filtré et numérisé des mesures des intervalles de temps entre passages à zéro et des mesures de l'énergie dans les alternances de ce signal ; et un microprocesseur comportant une mémoire de données pour la mise en mémoire de ces mesures, une unité de traitement pour le test de ces mesures selon les procédures de test mises en mémoire dans une mémoire programmable de ce microprocesseur, un circuit d'interface étant prévu entre le microprocesseur et les circuits de traitement numérique.

60 L'invention sera mieux comprise et d'autres caractéristiques apparaîtront à l'aide de la description qui suit en référence aux figures annexées.

La figure 1 est le schéma du dispositif de détection suivant l'invention ;

La figure 2 représente un exemple de segment de signal voisé, en début de parole ;

Les figures 3 et 4 représentent d'autres exemples de segments de signaux voisés, en début de parole, risquant de conduire à de fausses détections ;

Les figures 5, 6, 7 et 8 représentent des diagrammes séquentiels des différentes phases du procédé de détection de la fréquence de mélodie ;

5 La figure 9 représente un exemple de segment de signal voisé en cours de parole ;

La figure 10 représente quelques configurations particulières de l'énergie dans les alternances du signal voisé.

Le procédé de détection de la fréquence de mélodie utilise, pour rechercher la présence de signal voisé, et pour mesurer la période de mélodie correspondante, un ensemble réduit de données constitué de la façon suivante : le signal de parole est d'abord filtré par un filtre passe bas dont la fréquence de coupure est $f = 800$ Hz ; ce signal filtré est ensuite échantillonné. Puis, à partir du signal filtré et échantillonné, les données utiles à la détection sont obtenues par détection des passages à zéro de ce signal et « intégration » entre passages à zéro consécutifs ; les sommes correspondantes donnent une estimation de l'énergie dans chaque alternance positive ou négative du signal. Les intervalles de temps t_i (i variable) entre passages à zéro sont mis en mémoire dans une première table et les sommes correspondantes a_i sont mises en mémoire dans une seconde table. Ces deux tables sont établies en temps réel. Enfin, à partir de cet ensemble de données réduit, la discrimination entre segments du signal voisés et non voisés est obtenue en suivant des critères différents selon les phases : durant une phase dite « d'acquisition », le dispositif suit une première procédure de test selon un premier ensemble de critères, tandis que durant une seconde phase dite « de maintien », le dispositif suit une seconde procédure de test selon un second ensemble de critères. Lorsque, au cours de cette phase de maintien, le test indique que le caractère voisé du signal est perdu, une nouvelle phase d'acquisition commence.

Durant ces procédures, des tests supplémentaires de protection sont introduits pour éviter les fausses détections.

25 Le dispositif de détection de la fréquence de mélodie destiné à la mise en œuvre de ce procédé très succinctement décrit ci-dessus est représenté sur la figure 1. Ce dispositif comporte un circuit de traitement analogique 10 à deux entrées, E_1 et E_2 respectivement adaptées à une connexion à un microphone et à l'amplificateur de sortie d'une ligne. Ce dispositif de traitement analogique comporte : un amplificateur 11 dont l'entrée est reliée à l'entrée E_1 , un second amplificateur à gain variable 12 dont l'entrée est reliée à la sortie de l'amplificateur 11 d'une part, et directement à l'entrée E_2 d'autre part. Cet amplificateur 12 a sa sortie reliée à l'entrée d'un filtre passe bas 13 dont la fréquence de coupure est, comme indiqué ci-dessus, $f = 800$ Hz. La sortie de ce filtre passe bas 13 est reliée à l'entrée de signal d'un convertisseur analogique numérique 20. Ce convertisseur comporte par ailleurs une entrée d'horloge H fixant la fréquence des échantillons prélevés sur le signal analogique. Cette entrée d'horloge est couplée à la sortie d'une horloge 1, délivrant un signal à la fréquence H_0 , par l'intermédiaire d'un diviseur de fréquence 2 dont la sortie délivre un signal d'horloge H.

A titre d'exemple, le convertisseur peut délivrer les valeurs numériques des échantillons sous forme de mots de 8 éléments binaires, un élément binaire étant réservé au signe de l'échantillon.

Le dispositif comporte également un ensemble de circuits numériques 30 et un microprocesseur 40.

40 Les circuits de traitement numériques sont reliés d'une part à la sortie du convertisseur analogique numérique et à la sortie d'horloge H, d'autre part au microprocesseur. Ces circuits sont plus précisément : un accumulateur 31 destiné à faire la somme des valeurs des échantillons successifs qui sont fournis à son entrée multiple de signal sous forme de mots de 8 éléments binaires par le convertisseur ; les sommes sont fournies sous forme de mots de 12 éléments binaires dont seuls les 8 de plus forts poids sont transférés au microprocesseur 40 pour être mis en mémoire. Un détecteur de zéro 32 dont l'entrée de signal reçoit l'élément binaire caractéristique du signe des échantillons fournis par le convertisseur. Ce circuit de détection de passages à zéro est un circuit logique simple qui compare le signe de l'échantillon présent à la sortie du convertisseur avec le signe de l'échantillon précédent mis en mémoire dans ce circuit. Ce détecteur a une sortie qui fournit une impulsion d'interruption I_0 au microprocesseur 40. Le détecteur de zéro comporte également une entrée d'horloge H. Les circuits de traitement numériques comportent également un compteur 33 ayant une entrée reliée à la sortie H du diviseur 2 et une entrée de remise à zéro, RAZ ; ce compteur permet de donner au microprocesseur des mesures du temps écoulé entre deux remises à zéro. Enfin, ces circuits 30 comportent également un compteur de trames 34 dont l'entrée est également reliée à la sortie H du diviseur 2 et dont la sortie fournit des impulsions d'interruption I_1 au microprocesseur, pour l'affichage et la mise en mémoire des résultats obtenus lors d'une procédure de test ; ce circuit a aussi une entrée de remise à zéro, non représentée.

55 Le microprocesseur 40 comporte : une unité de traitement MPU, 41 ; une mémoire vive RAM, 44, dont le contenu peut être modifié et lu à volonté, et qui permet de mettre en mémoire les valeurs des sommes a_i et des intervalles de temps t_i ainsi que les valeurs intermédiaires utiles à la détection ; une mémoire morte, PROM, 45, dans laquelle est enregistré le programme de test permettant de déterminer la fréquence de mélodie ; un dispositif d'affichage 46 affichant lorsqu'il y a lieu les valeurs détectées. Ces éléments 41 à 46 sont reliés entre eux et à un circuit d'interface PIA, 42 via un bus de liaison bidirectionnel 47, le circuit d'interface étant relié également par des bus de données bidirectionnels 35, 36, 37 à l'accumulateur 31 et aux compteurs 33 et 34. Le bus d'adresse et les décodeurs d'adresse n'ont pas été représentés sur ce schéma pour simplifier.

L'acquisition des données à partir du signal filtré et échantillonné est obtenue par les circuits de traitement numériques en liaison avec le microprocesseur de la manière suivante.

Comme indiqué ci-dessus, une impulsion d'interruption I_0 fournie par le détecteur de passages à zéro 32 au circuit d'interface 42 commande le transfert du contenu a_i de l'accumulateur 31 dans une première table de la mémoire 44 (par l'intermédiaire du bus de liaison 35 entre l'accumulateur et le circuit d'interface 42, du circuit d'interface 42 et du bus de liaison 47 entre le circuit d'interface et la mémoire 44), et le transfert du contenu t_i du compteur 33 dans une seconde table de la mémoire 44 (via le bus de liaison 36, l'interface 42, et le bus de liaison 47).

Après ces transferts, le circuit d'interface 42 commande la remise à zéro de l'accumulateur 31 et du compteur 33. La procédure de test se déroule en temps réel, ce qui permet de limiter la taille de la R.A.M. nécessaire, les deux tables possédant chacune, par exemple, 256 cases mémoire, et les nouvelles données étant réinscrites sur les anciennes déjà testées. Pour cela, des indices de lecture et d'écriture de ces tables sont prévus et un test annexe, non détaillé ici, permet de s'assurer en lecture que l'indice de lecture ne dépasse pas l'indice d'écriture (afin de ne pas réutiliser des valeurs déjà testées) et en écriture que l'indice d'écriture ne dépasse pas l'indice de lecture (ce qui ferait perdre des valeurs non testées).

La procédure de test mise en œuvre à partir de ces données prend en compte la forme du signal de parole et se déroule à partir d'un programme de test enregistré dans la mémoire de programme 45. La procédure de test caractéristique du procédé de détection de la fréquence de mélodie va être expliquée en détails ci-après en liaison avec les diagrammes de signaux des figures 2, 3, 4 et 9 et avec les diagrammes séquentiels du programme de test représentés sur les figures 5 à 8.

La figure 2 représente un exemple de segment de signal voisé en début de parole. Ce signal est constitué d'alternances positives et négatives dont l'amplitude maximale, la durée, et l'énergie sont variables. Le signal voisé est caractérisé par le fait que deux alternances successives (de signes différents) ayant des énergies supérieures à celles des alternances de même signe précédentes et suivantes, peuvent être détectées dans ce signal. Ces alternances particulières se répètent à une période quasi constante, dite période de mélodie.

D'une manière générale, le procédé de détection suivant l'invention consiste :

- pour la phase d'acquisition du signal voisé, à détecter trois groupes de deux alternances successives, dont les énergies (a_{1p} et a_{1n} , a_{2p} et a_{2n} , a_{3p} et a_{3n}) et la configuration dans le temps répondent à un ensemble de critères ; lorsque ces critères sont vérifiés, le caractère voisé du signal est acquis, trois débuts de période de mélodie ayant été trouvés, et une première valeur de la période de mélodie est calculée ;

- pour l'entretien du caractère voisé en cours de test, il est vérifié que des alternances ayant des énergies dépassant des seuils définis en fonction des valeurs d'énergie des alternances précédentes retenues sont présentes dans le signal à des intervalles de temps voisins de la période de mélodie initiale calculée ; la valeur de cette période est alors actualisée.

Lorsque le test d'entretien du caractère voisé n'est pas vérifié, une nouvelle procédure d'acquisition est engagée.

Un pointeur « atest » est prévu pour l'aiguillage dans les différents tests élémentaires, l'état de ce registre étant caractéristique de l'avancement de la détection :

- atest = 0 : début de la phase d'acquisition ; aucun test n'est vérifié ;
- atest = 1 : la première alternance susceptible de caractériser le début de la première période voisée est retenue ;
- atest = 2 : l'alternance successive de la première période voisée est retenue ;
- atest = 3 : la première alternance susceptible de caractériser le début de la seconde période voisée est retenue ;
- atest = 4 : l'alternance successive de la seconde période voisée est retenue ;
- atest = 5 : la première alternance susceptible de constituer le début de la troisième période voisée est retenue ;
- atest = 6 : l'alternance successive de la troisième période voisée est retenue ;
- atest = 7 : la première alternance susceptible de constituer le début d'une $n^{\text{ième}}$ période voisée est retenue ;
- atest = 8 : la seconde alternance de la $n^{\text{ième}}$ période voisée est retenue.

Avant de pouvoir effectuer une première mesure de la période de mélodie, le premier test permet de trouver deux alternances successives de signes contraires, dont les énergies dépassent des seuils donnés, S_{1p} et S_{1n} , le début de la première de ces deux alternances pouvant constituer le début de la période de mélodie lorsque les tests suivants sont également vérifiés.

L'organigramme du programme de test correspondant est représenté sur la figure 5, ce test étant désigné par test I dans la suite. Après une phase d'initialisation de toutes les variables, l'indice de lecture des tables de la mémoire 44, i , est incrémenté. Ensuite une somme a_i et l'intervalle de temps correspondant t_i sont lus dans la mémoire. Un test sur le signe de la somme a_i permet alors de tester la valeur de la somme a_i par rapport aux seuils définis ci-dessus, S_{1p} et S_{1n} . Lorsque ce test est négatif le pointeur « atest » est mis à zéro. Une nouvelle lecture des variables est alors entreprise. Lorsque l'un de ces tests est positif, la valeur correspondante de la somme a_i est chargée dans un registre et constitue la valeur a_{1p} ou a_{1n} , suivant le signe de la somme, valeur susceptible de constituer la première somme d'un

début de période de mélodie. La valeur de l'intervalle de temps correspondant t_i est chargée dans un registre et constitue une valeur t_p ou t_n suivant le signe positif ou négatif de la somme correspondante. Ce signe est par ailleurs gardé en mémoire dans un registre « signe premier » afin de ne rechercher ultérieurement le début des périodes suivantes que sur des sommes de même signe. De plus, la valeur de l'index de lecture, i , est également gardée en mémoire dans un registre « initial » pour être utilisée éventuellement ultérieurement. Lorsque cette première somme est détectée, le pointeur « atest », initialement à zéro, est incrémenté de 1. Un test sur la valeur de ce pointeur par rapport à 2 est alors mis en œuvre avant de rechercher la somme suivante permettant de caractériser complètement le début de la période de mélodie. Cette seconde somme doit dépasser le seuil de signe correspondant. Si elle ne dépasse pas le seuil, atest est ramené à zéro et le test reprend avec la somme suivante. Lorsque cette deuxième somme de signe contraire est également trouvée, le point « atest » est à nouveau incrémenté et le test de la valeur de ce pointeur par rapport à 2 est alors vérifié. Les deux premières valeurs a_{1p} et a_{1n} supérieures aux seuils S_{1p} et S_{1n} , sont alors trouvées.

La procédure de test se poursuit alors pour la recherche du début de la seconde période de mélodie, en même temps que les intervalles de temps entre passages à zéro sont additionnés pour permettre de déterminer, ultérieurement, une valeur de la période de mélodie.

La figure 6 représente la procédure de test permettant de déterminer le début de cette deuxième période et les premières valeurs d'intervalles de temps entre les sommes retenues de même signe des deux premiers groupes. Comme précédemment l'indice de lecture est d'abord incrémenté, puis une somme et l'intervalle de temps correspondant, a_i et t_i , sont lus dans la mémoire. Le signe de la somme a_i est testé et deux branches parallèles sont possibles suivant le signe de la somme. Au début de chaque branche, une vérification de l'alternance du signe des sommes est effectuée. Lorsque cette condition d'alternance n'est pas vérifiée, un aiguillage permet de changer de branche après correction du débordement. Ces changements de branches sont représentés en pointillés sur la figure. Lorsque la condition d'alternance est bien vérifiée, l'intervalle de temps, dit « courant », t_{12p} ou t_{12n} entre la somme du premier groupe, a_{1n} ou a_{1p} de même signe que la somme a_i en cours de test et le début de l'alternance correspondant à cette somme en cours de test est calculé de la façon suivante : t_{12p} nouvelle valeur est égale à t_{12p} ancienne valeur plus t_p plus t_n . Puis la valeur de l'intervalle de temps entre passages à zéro, t_i , correspondant à cette somme en cours de test est mise en mémoire dans un registre (t_p ou t_n suivant son signe) qui permet de calculer l'intervalle de temps courant.

La valeur de cet intervalle de temps courant, soit t_{12p} ou t_{12n} , est alors comparée à la valeur maximum T_M de la période de mélodie ; cette valeur T_M étant une donnée préenregistrée :

— Lorsque cet intervalle de temps courant est supérieur à T_M , les premières alternances retenues, correspondant aux sommes a_{1p} et a_{1n} , ne pouvaient pas correspondre à un début de période de mélodie et le programme est réaiguillé vers le premier test, après réinitialisation des valeurs de temps courant et de la variable « atest », et incrémentation de la valeur du registre « initial » mise en mémoire.

— Par contre, lorsque la valeur de temps courant ne dépasse pas la période maximale T_M , la valeur de la somme correspondante a_i , est comparée à un seuil fonction de la valeur de la première somme de même signe retenue.

— En effet, les sommes du deuxième groupe permettant de caractériser le début de la deuxième période ont des valeurs situées dans un voisinage des valeurs des premières sommes retenues. Dans l'exemple mis en œuvre, le test est effectué par rapport à des valeurs de seuil :

$$S_{2p} = \max \frac{3}{4} a_{1p} ; \quad S_{1p} ; \quad S_{2n} = \min \frac{3}{4} a_{1n} ; \quad S_{1n} ;$$

c'est-à-dire que ces valeurs de seuil sont égales aux plus grandes, en valeur absolue, des deux valeurs $3/4a_{1p}$ et S_{1p} pour la première et $3/4a_{1n}$ et S_{1n} pour la seconde :

— Lorsque le résultat de ce test est négatif, un test sur la valeur du pointeur « atest » est réalisé, de façon à incrémenter l'indice de lecture i et à calculer directement la valeur du temps courant sans effectuer de test sur la valeur suivante de la somme ; en effet cette somme suivante ne peut pas constituer le début de la seconde période compte tenu de son signe (atest est alors égal à 2).

— Par contre, lorsque le résultat du test sur la valeur de la somme est positif, la valeur de la somme correspondante peut constituer la première somme a_{2p} ou a_{2n} du deuxième groupe, correspondant au début de la seconde période, et la variable « atest » est incrémentée. Seule la première des deux sommes a été trouvée et un test du pointeur « atest » par rapport à « 4 » permet d'engager une nouvelle procédure de test puisque, à ce moment atest = 3. Les mêmes tests sur la valeur suivante permettent soit de vérifier les mêmes critères, au signe près, sur la somme suivante, soit de retourner au début du test I après réinitialisation lorsque le critère de durée par rapport à la période maximale n'est pas vérifié ou au début du test II lorsque le critère de durée est vérifié mais pas le critère sur la valeur de la somme. Alors atest est ramené à la valeur 2 car la somme précédente retenue ne peut constituer le début de la deuxième période puisque la somme suivante ne peut être retenue.

— Lorsque les deux valeurs successives ont été trouvées le pointeur « atest », qui est à nouveau incrémenté, a alors la valeur quatre ; ce qui indique que le second test est terminé. Une dernière comparaison de la différence entre la valeur du temps courant t_{12p} et la valeur du temps courant t_{12n}

(chacune de ces deux valeurs pouvant donner une valeur de la période de mélodie) permet de vérifier que cette différence est inférieure à un écart de temps déterminé, t_{pn} ; ce test permet de s'assurer que le signal est suffisamment régulier pour qu'on puisse caractériser une période de mélodie et permet d'éliminer les erreurs évidentes. t_{pn} peut être choisi égal à 256 μ S (soit 20 échantillons à 7,8 kHz). Cet écart entre t_{12p} et t_{12n} est aussi l'écart entre les premières alternances des deux groupes retenues.

Le test II est alors terminé et le test III, permettant de rechercher le début de la troisième période voisée, peut alors commencer.

La figure 7 et la figure 8 représentent le test III qui permet, à partir du premier et du second groupe de sommes retenues, de rechercher le troisième groupe de sommes qui pourra caractériser ce début de troisième période ; l'acquisition de l'ensemble des valeurs de sommes retenues et les valeurs d'intervalles de temps correspondantes indique que le caractère voisé du signal est acquis et permet de calculer alors une valeur de la période de mélodie qui tient compte des intervalles de temps entre débuts de période.

Avant de décrire le déroulement du test III, les différents tests qui y sont réalisés sont présentés ci-dessous.

Comme pour les deux premiers tests, les valeurs de sommes a_i sont comparées à des valeurs de seuils ; ces valeurs de seuils S_{3p} et S_{3n} dépendent des sommes précédentes de même signe retenues de la façon suivante :

$$S_{3p} = \frac{13}{16} [a_{2p} + (a_{2p} - a_{1p})]$$

$$S_{3n} = \frac{13}{16} [a_{2n} + (a_{2n} - a_{1n})]$$

De plus, comme dans les deux premiers tests, les intervalles de temps courant (entre la somme retenue de même signe caractérisant le début de la seconde période et la somme en cours de test), t_{23p} et t_{23n} , sont comparés à des valeurs de durée définies de la façon suivante :

$$\begin{cases} t_{23} > t_{12} - e & (1) \\ t_{23} > T_m & (2) \\ t_{23} < t_{12} + e & (3) \end{cases}$$

T_m caractérisant une période de mélodie minimum et e un écart de temps maximum toléré, sont des données préenregistrées. Les deux premiers tests, (1) et (2) sur la valeur du temps courant permettent de vérifier que le temps courant est assez long pour pouvoir constituer une période de mélodie. Le troisième est au contraire destiné à s'assurer que cette valeur de temps courant n'est pas trop grande.

Une condition supplémentaire de monotonie dans la progression des sommes est également requise afin d'éviter de détecter la demi-période. La figure 3 représente un segment de signal voisé qui, si cette condition supplémentaire n'était pas imposée, conduirait à une détection de fréquence double en retenant les sommes indiquées a_{1p} et a_{1n} , a_{2p} et a_{2n} , et a_{3p} et a_{3n} , alors que a_{2p} et a_{2n} correspondent à des alternances en milieu de période de mélodie. Cette condition de monotonie est :

$$|a_2 - a_1| + |a_2 - a_3| \leq q_{max},$$

q_{max} étant une donnée préenregistrée, les sommes a_1 , a_2 et a_3 étant affectées des indices p ou n selon la branche du test en cours.

Par ailleurs, pour se protéger contre des erreurs d'acquisition susceptibles de se produire dans une configuration de signal voisé telle que celle représentée sur la figure 4, où les milieux de période sont retenus au lieu des débuts de période (ce qui peut conduire à une perte de synchronisation en milieu de segment voisé ou à la détection ultérieure de demi-période, fréquence de mélodie double), une autre condition supplémentaire est imposée : cette condition est que des valeurs de sommes a_i rejetées ne soient pas supérieures aux sommes précédentes de même signe retenues. Pour le segment voisé représenté sur la figure 4, a_{1p} , a_{2p} et a_{1n} , a_{2n} seraient normalement retenues, mais la condition décrite ci-dessus mise en œuvre dans le test III ne sera pas vérifiée car a'_{3p} , rejetée par les critères de durée, est supérieure à a_{2p} retenue. Dans ce cas, ce sont, les valeurs a' qui correspondent aux débuts de période, et auraient dû être retenues, et l'ensemble de la recherche est reprise depuis le début du test I.

Le déroulement du programme de test III est représenté sur les figures 7 et 8. Ces figures représentent également le déroulement du test IV utilisé lorsque le caractère voisé du signal est acquis pour vérifier que le caractère voisé se maintient. En effet, les séquences correspondant au troisième test, test III, et au quatrième test, test IV, ne diffèrent que par des branchements internes qui dépendent de la valeur du pointeur « atest », et par les valeurs de seuils auxquelles sont comparées les sommes a_i en cours de test. Ces valeurs de seuils et le test correspondant sont définis de la façon suivante :

5

$$\begin{cases} S_{4p} = \max \left\{ \left[\frac{3}{4} a_2 + (a_{2p} - a_{1p}) \right] ; S_{1p} \right\} \\ S_{4n} = \min \left\{ \left[\frac{3}{4} a_{2n} + (a_{2n} - a_{1n}) \right] ; S_{1n} \right\} \end{cases}$$

10 Ces conditions sont proches de celles du test III mais la tolérance sur les seuils est plus large (3/4 et non plus 13/16). De plus ces seuils, qui pourraient devenir trop faibles ou même changer de signe en fin de segment voisé sont bornés par les seuils prédéterminés S_{1p} et S_{1n} . Enfin, et surtout, lorsqu'une seule de ces conditions est vérifiée, le caractère voisé du signal continue à être considéré comme acquis pourvu que les conditions sur les intervalles de temps soient vérifiées. En effet, si cette disposition n'était pas adoptée, une diminution de l'énergie dans une seule des alternances du signal voisé pourrait conduire à décider que le caractère voisé est perdu, ou à détecter une période de mélodie double alors que la présence de la somme de signe contraire suffit à maintenir une décision correcte. Les tests sur les

15 intervalles de temps sont exactement les mêmes que ceux mis en œuvre dans le test III. Certaines branches de la séquence sont communes aux tests III et IV. De plus, celles qui, après test du pointeur « atest » correspondent à atest = 4 ou 5 sont des branches de test III et celles qui correspondent à atest = 6 ou 7 sont des branches de test IV. Pour simplifier les figures, seules les branches relatives aux sommes positives ont été représentées. Des branches négatives symétriques non

20 détaillées correspondent aux branches positives détaillées sur ces figures. Elles ne diffèrent que par l'indice des variables et des seuils (n au lieu de p et le sens de la comparaison pour le test par rapport au seuil).

Le diagramme représenté comporte une première entrée, début test III, I, lorsque le caractère voisé n'est pas acquis ; une autre entrée, 2, début test IV, permet lorsque le caractère voisé est acquis, de

25 réinitialiser les variables de test et d'actualiser les valeurs précédentes retenues a_2 , a_3 et t_{23} en a_1 , a_2 et t_{12} (pour les valeurs positives et négatives) lorsque la recherche avance d'une période. Ce décalage apparaît sur la figure 9 qui représente un segment de signal voisé testé lors d'une phase de maintien (les anciennes valeurs sont mises entre parenthèses au-dessus des nouvelles valeurs). Puis dans une branche commune à test III et test IV, l'indice de lecture est incrémenté ; la somme a_i et l'intervalle de temps t_i sont

30 lus dans la mémoire. Un test sur le signe de la somme permet de choisir la branche de la procédure de test convenable. Dans la suite on suppose que la première somme retenue dans test I est positive, c'est-à-dire que la première somme testée dans test III est également positive. L'intervalle de temps courant t_{23p} est calculé et cet intervalle de temps est testé.

Si cet intervalle est trop court pour pouvoir correspondre à une période de mélodie ($t_{23p} < t_{12p} - e$ ou $t_{23p} < t_{min}$) et que la somme en cours de test est cependant supérieure à a_{2p} , les premières sommes

35 retenues étaient mauvaises (figure 4) et toute la recherche est réinitialisée à partir du test I, car le caractère voisé n'était pas acquis (atest = 4). Par contre, si cette somme n'est pas supérieure à a_{2p} , ce qui est le cas normal, le temps courant est actualisé et l'indice de lecture est incrémenté pour la lecture d'une valeur de temps t_i , mise en mémoire dans le registre permettant de calculer le temps courant, et le temps

40 courant est calculé. Puis le test est repris au niveau de la première incrémentation de l'indice de lecture (point 3), ce qui permet de tester l'alternance suivante de même signe.

Si l'intervalle de temps t_{23p} n'est pas trop court mais au contraire qu'il dépasse la valeur $t_{12p} + e$, toutes les variables sont réinitialisées et la recherche est reprise à partir du test I car le début d'une troisième période n'a pas été trouvé.

45 Si l'intervalle de temps t_{23p} n'est pas trop court et qu'en même temps il ne dépasse pas la valeur $t_{12p} + e$, cet intervalle peut correspondre à la période de mélodie. En conséquence, le test sur la valeur de la somme par rapport au seuil S_p (S_{3p} dans ce test III) est effectué. Si ce test n'est pas vérifié, la valeur du temps courant est actualisée, l'indice de lecture est incrémenté et l'intervalle de temps t_i qui lui correspond est mis en mémoire. Le test de l'alternance suivante de même signe est entrepris par retour

50 au point 3 du test.

Lorsque la somme a_i est supérieure au seuil la première somme a_3 de la troisième période (a_{3p} dans l'exemple retenu, « signe premier » étant positif) est trouvée à condition que le critère de monotonie entre les valeurs a_1 , a_2 et a_3 indiqué ci-dessus soit également vérifié. Alors que $a_{3p} = a_i$. Sinon le test est repris au début de test I.

55 La valeur de atest est alors incrémentée (atest = 5) (figure 8), puis cette valeur de atest est comparée à 6 et 8. Comme le test III n'est pas terminé, ce test est négatif. En reprenant le test III au point 3 il reste à vérifier par l'autre branche (branche négative dans l'exemple retenu) que l'énergie dans l'alternance suivante dépasse également le seuil qui lui est associé pour que cette somme puisse être retenue comme la seconde de la troisième période. Pour cela les mêmes tests sur l'intervalle de temps sont réalisés. Lorsque cet intervalle (t_{23n}) dans l'exemple retenu est trop court et que la somme a_i en cours de test est

60 supérieure à a_{2n} , toute la recherche est réinitialisée à partir de test I, car le caractère voisé n'était pas acquis (atest = 5). Par contre si cette somme n'est pas supérieure à a_{2n} , le temps courant est actualisé, la valeur de atest est ramenée à 4 et le test III reprend au point 3 sur la somme suivante pour recommencer la recherche du début de troisième période.

65 Si l'intervalle de temps (t_{23n}) dépasse la valeur maximale, la recherche est réinitialisée à partir de

test I. De même, si la valeur en cours de test ne dépasse pas le seuil correspondant S_{3n} (comme lors d'un échec sur les deux premiers tests de durée) le temps courant est calculé, l'intervalle de temps t_i est mis en mémoire et atest est ramené à 4 afin d'annuler la somme précédente retenue et de recommencer la recherche du début de troisième période. Après le test du critère de monotonie (retour au début de test I si ce critère n'est pas vérifié) atest étant égal à 5, un test sur « signe premier » est effectué. Ce test permet de s'assurer que la valeur sur le point d'être retenue (a_{3n} dans l'exemple retenu) est bien de signe contraire par rapport à la première somme retenue.

Puis comme précédemment, le pointeur atest est incrémenté et atest est alors égal à 6. La deuxième alternance de la 3^e période est trouvée. Le même critère que dans test II sur la différence des périodes débutant à des alternances de signes contraires est alors vérifié pour éliminer les erreurs évidentes : $|t_{23n} - t_{23p}| < t_{pn} - (4)$. Si cette condition est vérifiée, la valeur de la période de mélodie est calculée :

$$T = \frac{1}{2} (t_{23n} + t_{23p}) .$$

15

Un nouveau test, qui est alors le quatrième test, est effectué (par aiguillage au point d'entrée 2, début test IV) pour rechercher si le caractère voisé du signal se maintient.

Si la condition (4) sur les intervalles de temps n'est pas vérifiée, la valeur de atest est diminuée de 2 et le test reprend au point 3.

20

Pour le quatrième test, la procédure de base est semblable à celle du troisième test mais des branches supplémentaires sont prévues afin que des configurations particulières de signaux qui ne satisfont pas toutes les conditions indiquées ci-dessus (ce qui conduirait pour le test III à un rejet définitif de l'alternance considérée) soient interprétées comme des signaux voisés lorsque le caractère voisé était précédemment acquis. Ces configurations particulières sont représentées sur la figure 10. Elles sont telles que l'une des alternances du début de la n^{ième} période, la première ou la seconde, qui peut être positive ou négative, a une énergie inférieure au seuil S_{4p} ou S_{4n} fixé, l'autre dépassant le seuil correspondant. Pour chacune de ces configurations, les valeurs des différentes variables utilisées pour le déroulement de la procédure sont indiquées sur la figure 10 à côté de la configuration correspondante.

25

Lorsque, atest étant égal à 6, la somme retenue a_i est telle que

30

$$\begin{cases} a_i < 0 \\ a_i < S_{4n} \end{cases}$$

ou

35

$$\begin{cases} a_i > 0 \\ a_i > S_{4p} \end{cases}$$

alors que le signe, respectivement négatif et positif, ne correspond pas à celui attendu, « signe premier » étant respectivement positif et négatif, la procédure de test est telle que les branches de correction « cas 1 », « cas 2 », permettent de sortir du test IV — en retenant la somme précédente rejetée a_{i-1} et en calculant la période de façon normale.

40

Lorsque, atest étant égal à 7, le signe de la somme en cours de test est celui attendu, $a_i < 0$ et signe premier positif ou $a_i > 0$ et signe premier négatif, mais que cette somme est inférieure en valeur absolue au seuil ou lorsque atest étant égal à 7, l'intervalle de temps courant est devenu trop grand, $t_{23p} > t_{12p} + e$ ou $t_{23n} > t_{12n} + e$, seule la première somme de la n^{ième} période (respectivement a_{3p} et a_{3n} pour les cas 3 et 4) est retenue et la période de mélodie est alors égale à l'intervalle de temps correspondant, t_{23p} ou t_{23n} . Ces corrections sont très importantes car ces configurations particulières se produisent fréquemment et conduiraient si elles n'étaient pas prises en compte à une détection période double.

45

La décision voisé-non voisé est effectuée directement à partir du résultat du test, par la valeur de la période. Lorsque la décision est demandée à un rythme différent de celui du test, au rythme trame (donné le compteur trame 34) par les impulsions d'interruption de sortie I_s appliquées au microprocesseur 40, la valeur de la période, résultat de la procédure de test, peut être corrigée en calculant une valeur moyenne. En effet la mesure de la valeur de la période de mélodie peut être donnée en temps réel ou avec une trame de retard, un registre de sortie étant prévu pour la mise en mémoire de la valeur courante de la période de mélodie à des instants convenablement choisis. Lorsqu'en cours de procédure de test, le test III ou le test IV échoue, ou lorsque aucun passage à zéro n'est détecté pendant une trame, ce registre de sortie est remis à zéro.

50

Cependant la logique de décision voisé-non voisé peut être un peu plus élaborée : Par exemple, un critère de durée supplémentaire est introduit de façon qu'un segment voisé soit toujours supérieur à 25 ms par exemple. De même un segment dont le procédé de détection indiquerait le caractère non voisé mais dont la durée serait inférieure à 25 ms est masqué par l'insertion de valeurs de mélodie interpolées à partir de celles évaluées sur des segments voisés adjacents.

60

Le procédé de détection de la fréquence de mélodie décrit ci-dessus peut être exécuté avec un microprocesseur de performances modestes. Il a été mis en œuvre lors de son étude sur un micro-ordinateur ROCKWELL, AIM 65, bâti autour d'un microprocesseur MPU 6502.

65

La procédure de test décrite ci-dessus à titre d'exemple et le dispositif de détection qui lui est associé peuvent être modifiés sans pour autant sortir du cadre de l'invention.

Par exemple, le dispositif représenté sur la figure 1 comporte un circuit d'interface 42. Il est également possible d'utiliser deux circuits PIA d'interface, ceux-ci permettant éventuellement d'effectuer des interruptions supplémentaires et d'introduire plusieurs modes d'exécution, mode d'exécution en temps réel continu pour un système en cours d'exploitation, ou exécution lancée pour un certain nombre de trames lorsque le traitement est effectué sur les données enregistrées.

Par ailleurs, les organigrammes des procédures de tests décrits ci-dessus peuvent être modifiés, par exemple en modifiant l'ordre des tests élémentaires lorsque cela est possible, sans sortir du cadre de l'invention. De plus les valeurs de seuil indiquées ci-dessus à titre d'exemple peuvent également être choisies par exemple en fonction du type de voix (voix d'hommes et voix de femmes).

Revendications

1. Procédé de détection, en temps réel, de la fréquence de mélodie dans un signal de parole à partir d'un ensemble réduit de données mesurées sur ce signal, caractérisé en ce que cet ensemble est composé de mesures a_i (i variable) de l'énergie dans des alternances successives de ce signal et de mesures t_i des durées associées à ces alternances, et en ce que la procédure de test mise en œuvre sur ces données mesurées comporte une première phase ou phase d'acquisition pendant laquelle une première série de tests confère, lorsqu'elle est vérifiée, le caractère acquis au voisement et aboutit au calcul d'une première valeur de période de mélodie, et une deuxième phase ou phase de maintien pendant laquelle une seconde série de tests confirme, lorsqu'elle est vérifiée, le caractère acquis du voisement et aboutit à une actualisation de la valeur de la période de mélodie, cette phase de maintien portant sur la seconde série de tests qui est répétée tant que le caractère acquis du voisement est conservé et qui est remplacée par une nouvelle phase d'acquisition mise en œuvre lorsque le caractère acquis du voisement est perdu.

2. Procédé de détection selon la revendication 1, caractérisé en ce que la première série de tests consiste à sélectionner, dans la suite des mesures de l'énergie a_i dans les alternances successives du signal de parole, trois groupes de deux mesures successives $a_{1p} - a_{1n}$, $a_{2p} - a_{2n}$, $a_{3p} - a_{3n}$ qui d'une part dépassent des seuils prédéterminés S_{1p} et S_{1n} pour le premier groupe et des seuils S_{2p} et S_{2n} , S_{3p} et S_{3n} pour les deuxième et respectivement troisième groupes, seuils définis en fonction des énergies dans les alternances précédentes sélectionnées pour des groupes suivants, et qui d'autre part conduisent à des intervalles de temps entre alternances de même signe sélectionnées, calculés à partir des durées t_i des alternances, qui remplissent des critères définis, ces trois groupes d'alternances caractérisant les débuts de trois périodes de mélodie successives.

3. Procédé de détection, selon la revendication 2, caractérisé en ce que les seuils S_{2p} et S_{2n} sont définis comme étant la valeur la plus grande de $3/4a_{1p}$ et de S_{1p} pour la première et de $3/4a_{1n}$ et S_{1n} pour la seconde.

4. Procédé de détection selon la revendication 3, caractérisé en ce que les seuils S_{3p} et S_{3n} sont définis par les relations :

$$S_{3p} = \frac{13}{16} [a_{2p} + (a_{2p} - a_{1p})]$$

et

$$S_{3n} = \frac{13}{16} [a_{2n} + (a_{2n} - a_{1n})].$$

5. Procédé de détection selon l'une quelconque des revendications 2 à 4, caractérisé en ce que la seconde série de tests consiste à sélectionner, dans la suite a_i des mesures d'énergie dans les alternances successives, deux mesures successives dont l'une au moins dépasse l'un des seuils S_{4p} ou S_{4n} suivant le signe de l'alternance correspondante, ces seuils S_{4p} et S_{4n} étant définis en fonction des énergies dans les alternances précédentes sélectionnées limitant des voisinages plus larges par rapport aux valeurs précédentes retenues que ceux définis par les seuils S_{3p} et S_{3n} utilisés dans la première série de test, les intervalles de temps entre alternances de même signe sélectionnées, calculées à partir des durées t_i des alternances, remplissant des critères définis, ces alternances retenues caractérisant le début d'une $n^{\text{ième}}$ période de mélodie.

6. Procédé de détection selon la revendication 5, caractérisé en ce que les seuils S_{4p} et S_{4n} sont définis comme étant la valeur la plus grande de

$$\frac{3}{4} [a_{2p} + (a_{2p} - a_{1p})]$$

et de S_{1p} pour la première et de

$$\frac{3}{4} [a_{2n} + (a_{2n} - a_{1n})]$$

et de S_{1n} pour la seconde.

5 7. Procédé de détection selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que, en plus des critères de seuils sur les mesures d'énergie, un critère de monotonie dans la variation de ces mesures d'énergie dans les alternances retenues est également vérifié dans les séries de test pour éviter la détection de la fréquence double de la fréquence de mélodie réelle.

8. Procédé de détection selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que des tests de protection sont prévus dans la première et dans la seconde série de tests pour écarter des alternances qui ne peuvent pas caractériser le début d'une nouvelle période de mélodie du fait de leur position dans le temps par rapport aux alternances précédentes retenues.

9. Procédé de détection selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'à la fin de la première série de test, un test sur les mesures d'énergie rejetées par rapport à l'énergie dans l'alternance précédente de même signe retenue est effectué, pour éviter une initialisation lors de la phase d'acquisition, en cours de période de mélodie et non au début de la période.

10. Dispositif destiné à la mise en œuvre du procédé de détection selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comporte un circuit de traitement analogique à amplificateur (12) et filtre passe bas (13), un convertisseur analogique-numérique (20), des circuits de traitement numérique (30) délivrant à partir du signal filtré et numérisé des mesures (t_i) des intervalles de temps entre passages à zéro et des mesures de l'énergie (a_i) dans les alternances de ce signal ; et un microprocesseur (40) comportant une mémoire de données (44) pour la mise en mémoire de ces mesures, une unité de traitement (41) pour le test de ces mesures selon les procédures de test mises en mémoire dans une mémoire programmable (45) de ce microprocesseur, un circuit d'interface (42) étant prévu entre le microprocesseur et les circuits de traitement numérique.

Claims

30 1. Method for the detection of the melody frequency within a speech signal from a reduced set of data measured from this signal, characterized in that this set is composed of measurement values a_i (i being variable) of the energy within successive alternations of this signal and measurement values t_i of the durations associated with these alternations, and in that the test procedure performed on these measured data comprises a first phase or acquisition phase wherein a first series of tests, when passed, attributes a voiced character and arrives at the computation of a first melody period value, and a second phase or holding phase wherein a second series of tests, when passed, confirms the voiced character and arrives at a refreshing of the melody period value, this holding phase referring to the second series of tests which is repeated as long as the voiced character is maintained and which is replaced by a new acquisition phase which is performed when the voiced character is found to be lost.

2. Detection method according to claim 1, characterized in that the first series of tests consists in selecting within the sequence of energy measurement values a_i in successive alternations of the speech signal three groups of two successive measurement values $a_{1p} - a_{1n}$, $a_{2p} - a_{2n}$, $a_{3p} - a_{3n}$ which, on the one hand exceed predetermined thresholds S_{1p} and S_{1n} for the first group and thresholds S_{2p} and S_{2n} , S_{3p} and S_{3n} for the second and third groups, respectively, the thresholds being defined in function of the energies within preceding alternations selected for the following groups, and leading to time intervals between selected alternations of same sign, on the other hand, computed from the durations t_i of the alternations, responding to defined criteria, these three groups of alternations characterizing the beginnings of three successive melody periods.

3. Detection method according to claim 2, characterized in that the thresholds S_{2p} and S_{2n} are defined as the greatest value of $3/4a_{1p}$ and of S_{1p} for the first and $3/4a_{1n}$ and S_{1n} for the second.

4. Detection method according to claim 3, characterized in that the thresholds S_{3p} and S_{3n} are defined by the relations :

$$S_{3p} = \frac{13}{16} [a_{2p} + (a_{2p} - a_{1p})]$$

and

$$S_{3n} = \frac{13}{16} [a_{2n} + (a_{2n} - a_{1n})].$$

5. Detection method according to any of claims 2 to 4, characterized in that the second series of tests consists in selecting within the sequence of energy measurement values a_i within successive alternations two successive measurement values at least one of which exceeds one of the thresholds S_{4p} or S_{4n} according to the sign of the corresponding alternation, these thresholds S_{4p} and S_{4n} being defined as a function of the energies within selected preceding alternations limiting larger neighborhoods with respect to the preceding retained values than those defined by the thresholds S_{3p} and S_{3n} used in the

first series of tests, the time intervals between selected alternations of the same sign and computed from the durations t_i of the alternations responding to defined criteria, these retained alternations characterizing the beginning of an n th melody period.

6. Detection method according to claim 5, characterized in that the thresholds S_{4p} and S_{4n} are defined as the greatest value of

$$\frac{3}{4} [a_{2p} + (a_{2p} - a_{1p})]$$

10 and of S_{1p} for the first of

$$\frac{3}{4} [a_{2n} + (a_{2n} - a_{1n})]$$

and of S_{1n} for the second.

15 7. Detection method according to any of the preceding claims, characterized in that, in addition to the threshold criteria on the energy measurement values, a criterion of monotony in the variation of these energy measurement values within the retained alternations is verified in the test series to avoid the detection of the double frequency of the real melody frequency.

20 8. Detection method according to any of the preceding claims, characterized in that protection tests are provided in the first and second test series to reject alternations which due to their positions in time with respect to the preceding retained alternations cannot characterize the beginning of a new melody period.

25 9. Detection method according to any of the preceding claims, characterized in that at the end of the first test series a test of the rejected energy measurement values with respect to the energy in the preceding retained alternation of the same sign is performed to avoid an initialization during the acquisition phase in the course of a melody period and not at the beginning of the period.

30 10. Device for performing the detection method according to any of the preceding claims, characterized in that it comprises an analog processing circuit with an amplifier (12) and a low-pass filter (13), an analog-digital converter (20), digital processing circuits (30) supplying, from the filtered and digitalized signal, measurement values (t_i) for the time intervals between zero passings and measurement values of the energy (a_i) within the alternations of this signal; and a microprocessor (40) comprising a data memory (44) for storing these measurement values, a processing unit (41) for performing tests of these measurement values according to test procedures stored within a programmable memory (45) of this microprocessor, an interface circuit (42) being provided between the microprocessor and the digital processing circuits.

Patentansprüche

40 1. Verfahren zur Erfassung der Klangfrequenz eines Sprachsignals in Realzeit ausgehend von einer kleinen Gruppe von Daten, die durch Messung dieses Signals gewonnen wurden, dadurch gekennzeichnet, daß diese Gruppe aus Meßwerten a_i (i variabel) für die Energie in aufeinanderfolgenden Halbperioden dieses Signals und aus Meßwerten t_i für die zugehörigen Dauern dieser Halbwellen zusammengesetzt ist und daß die auf diese gemessenen Daten angewendete Testprozedur eine erste Phase bzw. Erfassungsphase umfaßt, während welcher eine erste Reihe von Prüfungen, wenn sie bestanden wird, einen stimmhaften Charakter feststellt und zu einer Berechnung eines ersten Klangperiodenwertes führt, und eine zweite Phase bzw. Haltephase umfaßt, während welcher eine zweite Reihe von Prüfungen, wenn sie bestanden wird, den festgestellten stimmhaften Charakter bestätigt und zu einer Aktualisierung des Wertes der Klangperiode führt, wobei diese Haltephase die zweite Reihe von Prüfungen betrifft, die so lange wiederholt wird, wie der festgestellte stimmhafte Charakter erhalten bleibt, und durch eine neue Erfassungsphase ersetzt wird, die durchgeführt wird, wenn der festgestellte stimmhafte Charakter verlorengegangen ist.

55 2. Erfassungsverfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die erste Reihe von Prüfungen darin besteht, in der Folge der Energiemeßwerte a_i in aufeinanderfolgenden halbperioden des Sprachsignals drei Gruppen von zwei aufeinanderfolgenden Meßwerten $a_{1p} - a_{1n}$, $a_{2p} - a_{2n}$, $a_{3p} - a_{3n}$ auszuwählen, die einerseits vorbestimmte Schwellwerte S_{1p} und S_{1n} überschreiten, was die erste Gruppe anbetrifft, und Schwellwerte S_{2p} und S_{2n} , S_{3p} und S_{3n} überschreiten, was die zweite bzw. dritte Gruppe anbetrifft, wobei diese Schwellwerte in Abhängigkeit von den Energien in den vorausgehenden Halbwellen definiert werden, welche für die darauffolgenden Gruppen ausgewählt wurden, und die andererseits zu Zeitintervallen zwischen ausgewählten Halbwellen gleichen Vorzeichen führen, die aus den Dauern t_i der Halbwellen berechnet werden, welche definierte Kriterien erfüllen, wobei diese drei Gruppen von Halbwellen die Anfänge von drei aufeinanderfolgenden Klangperioden kennzeichnen.

65 3. Erfassungsverfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Schwellwerte S_{2p} und S_{2n} als größter Wert von $3/4a_{1p}$ und von S_{1p} für den ersten und $3/4a_{1n}$ und S_{1n} für den zweiten definiert werden.

4. Erfassungsverfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Schwellwerte S_{3p} und S_{3n} durch folgende Beziehungen definiert werden :

$$S_{3p} = \frac{13}{16} [a_{2p} + (a_{2p} - a_{1p})]$$

und

$$S_{3n} = \frac{13}{16} [a_{2n} + (a_{2n} - a_{1n})]$$

5. Erfassungsverfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die zweite Reihe von Prüfungen darin besteht, in der Folge der Energiemeßwerte a_i in aufeinanderfolgenden Halbperioden zwei aufeinanderfolgende Meßwerte auszuwählen, wovon wenigstens einer einen der Schwellwerte S_{4p} oder S_{4n} überschreitet, je nach dem Vorzeichen der entsprechenden Halbperiode, wobei diese Schwellwerte S_{4p} und S_{4n} in Abhängigkeit von den Energien in den vorausgehenden ausgewählten Halbperioden definiert werden, wodurch engere Nachbarschaften bezüglich der zuvor berücksichtigten Werte eingegrenzt werden als diejenigen, welche durch die Schwellwerte S_{3p} und S_{3n} definiert werden, die in der ersten Reihe von Prüfungen angewendet wurden, wobei die Zeitintervalle zwischen ausgewählten Halbperioden desselben Vorzeichens, die aus den Dauern t_i der Halbwellen berechnet wurden, definierte Kriterien erfüllen und wobei diese berücksichtigten Halbwellen den Beginn einer nten Klangperiode kennzeichnen.

6. Erfassungsverfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Schwellwerte S_{4p} und S_{4n} definiert werden als größter Wert von

$$\frac{3}{4} [a_{2p} + (a_{2p} - a_{1p})]$$

und von S_{1p} für den ersten sowie

$$\frac{3}{4} [a_{2n} + (a_{2n} - a_{1n})]$$

und von S_{1n} für den zweiten.

7. Erfassungsverfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zusätzlich zu den Schwellwertkriterien für die Energiemeßwerte ein Eintönigkeitskriterium bei der Änderung dieser Energiemeßwerte in den berücksichtigten Halbschwingungen in den Prüfungsreihen geprüft wird, um zu vermeiden, daß die zweifache Frequenz der tatsächlichen Klangfrequenz festgestellt wird.

8. Erfassungsverfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß Schutztests in der ersten und in der zweiten Reihe von Prüfungen vorgesehen sind, um solche Halbwellen auszuschließen, die den Beginn einer neuen Klangperiode aufgrund ihrer zeitlichen Lage in bezug auf die vorhergehend berücksichtigten Halbwellen nicht kennzeichnen können.

9. Erfassungsverfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß am Ende der ersten Reihe von Prüfungen ein Test an den Energiemeßwerten vorgenommen wird, die in bezug auf die Energie in der vorausgehend berücksichtigten Halbwelle desselben Zeichens ausgesondert wurden, um eine Initialisierung während der Erfassungsphase im Verlauf einer Klangperiode und nicht zu Beginn der Periode zu verhindern.

10. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß sie versehen ist mit einer analogen Verarbeitungsschaltung mit Verstärker (12) und Tiefpaßfilter (13), mit einem Analog/Digital-Umsetzer (20), digitalen Verarbeitungsschaltungen (30), welche aus dem gefilterten und digitalisierten Signal Meßwerte (t_i) für die Zeitintervalle zwischen den Nulldurchgängen und Meßwerte für die Energie (a_i) in den Halbwellen dieses Signals gewinnen ; und mit einem Mikroprozessor (40), der einen Datenspeicher (44) zur Speicherung dieser Meßwerte, eine Verarbeitungseinheit (41) für die Prüfung dieser Meßwerte nach Testprozeduren, die in einem programmierbaren Speicher (45) des Mikroprozessors abgespeichert sind, und eine Schnittstellenschaltung (42) enthält, die zwischen dem Mikroprozessor und den digitalen Verarbeitungsschaltungen angeordnet ist.

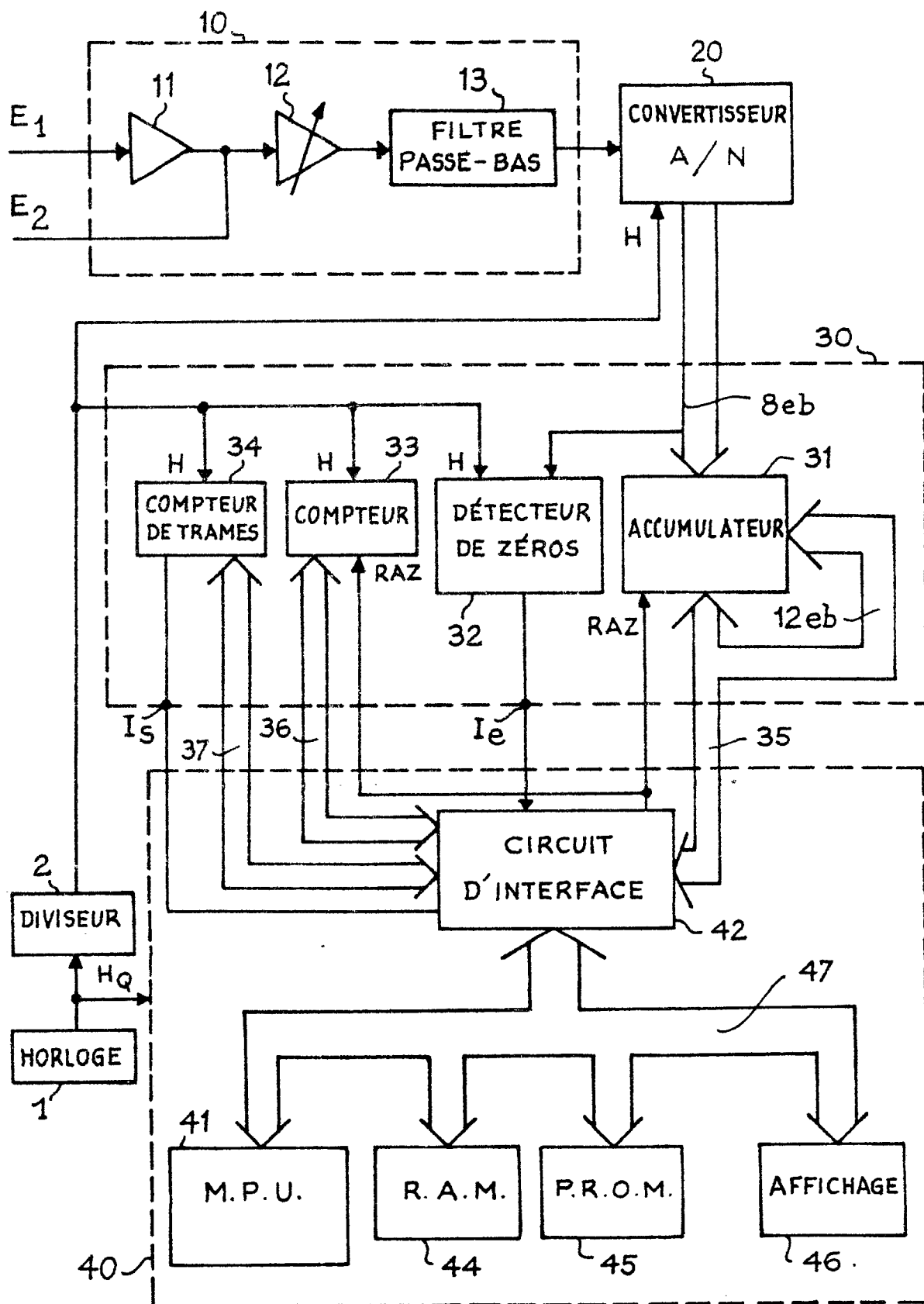


Fig.1

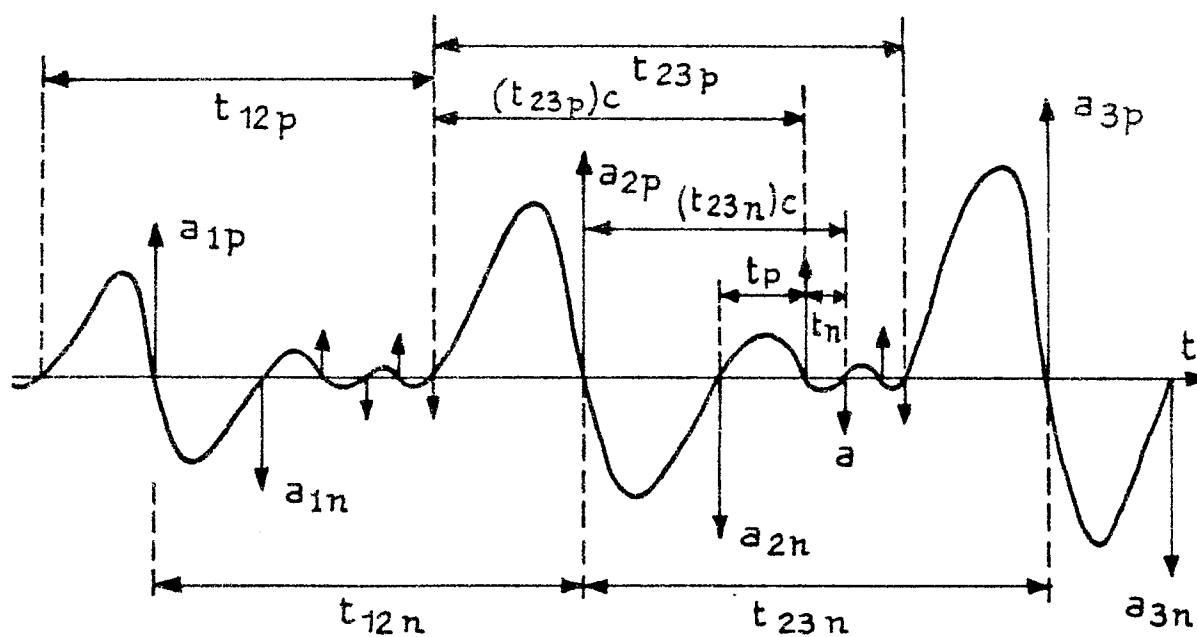


Fig.2

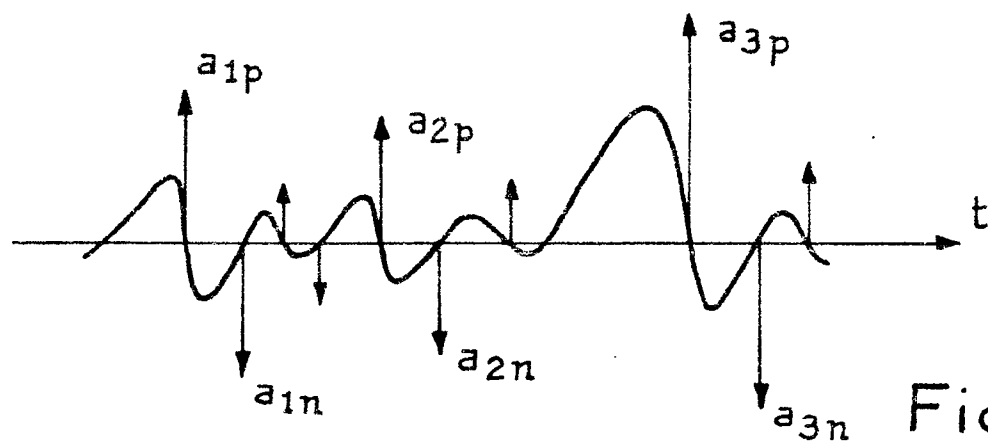


Fig.3

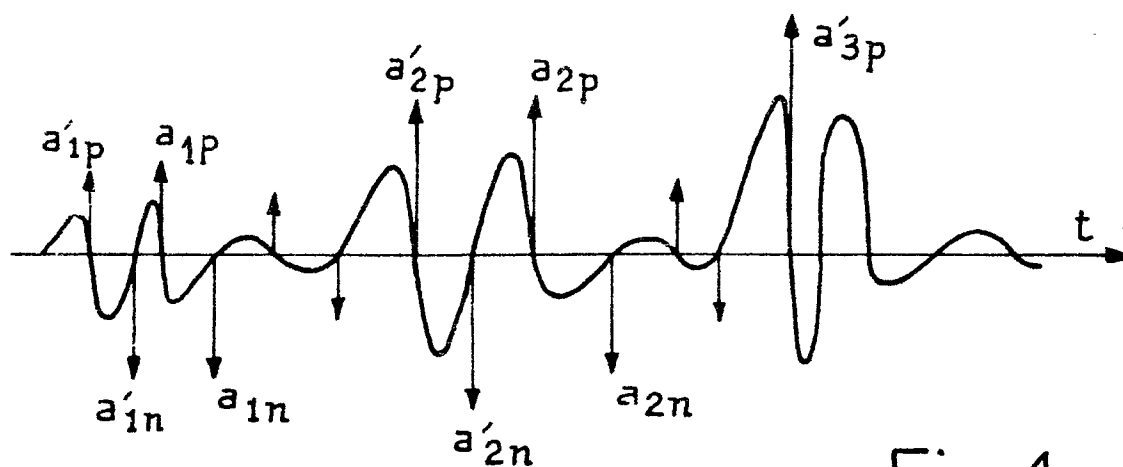


Fig.4

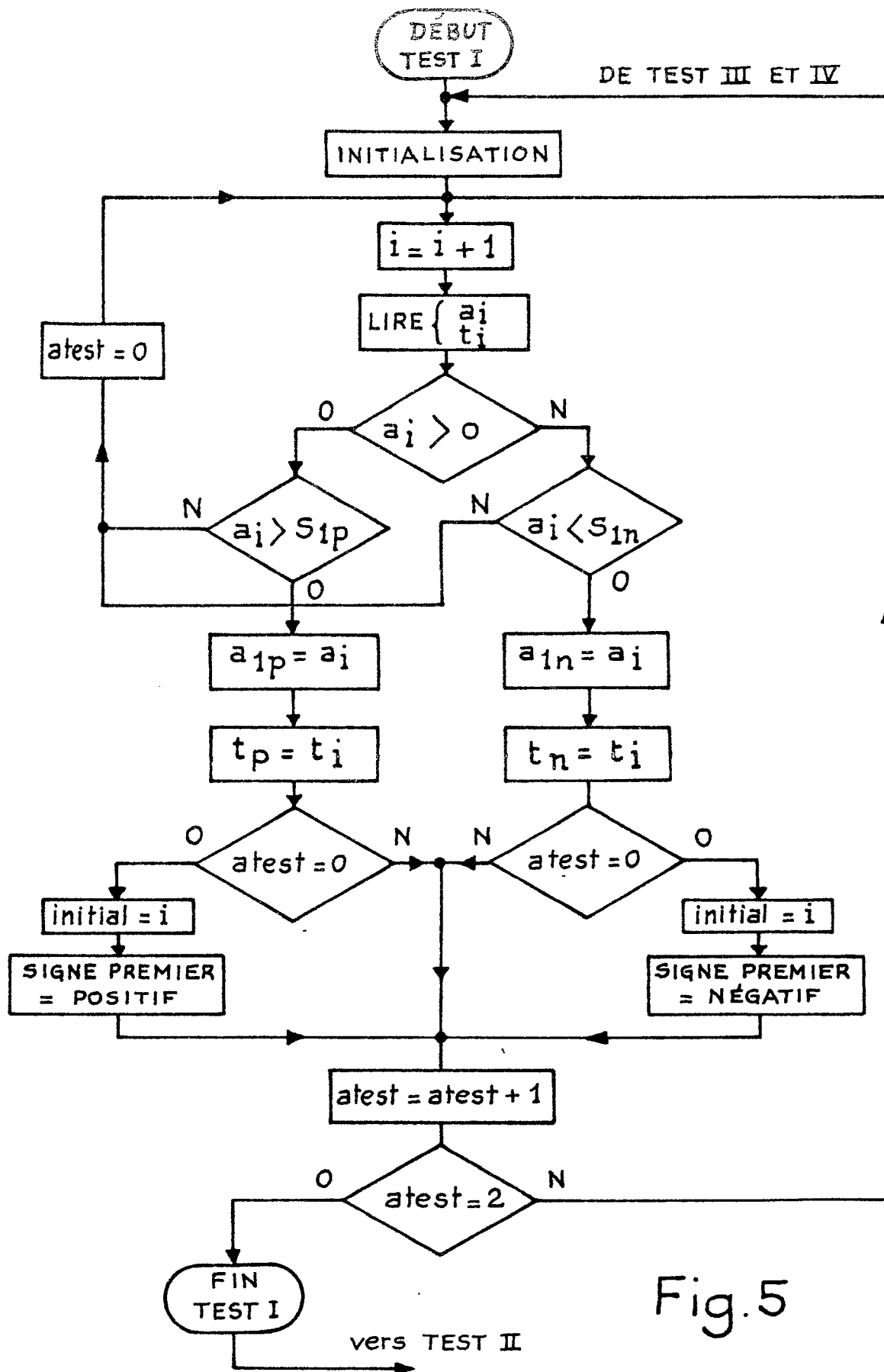
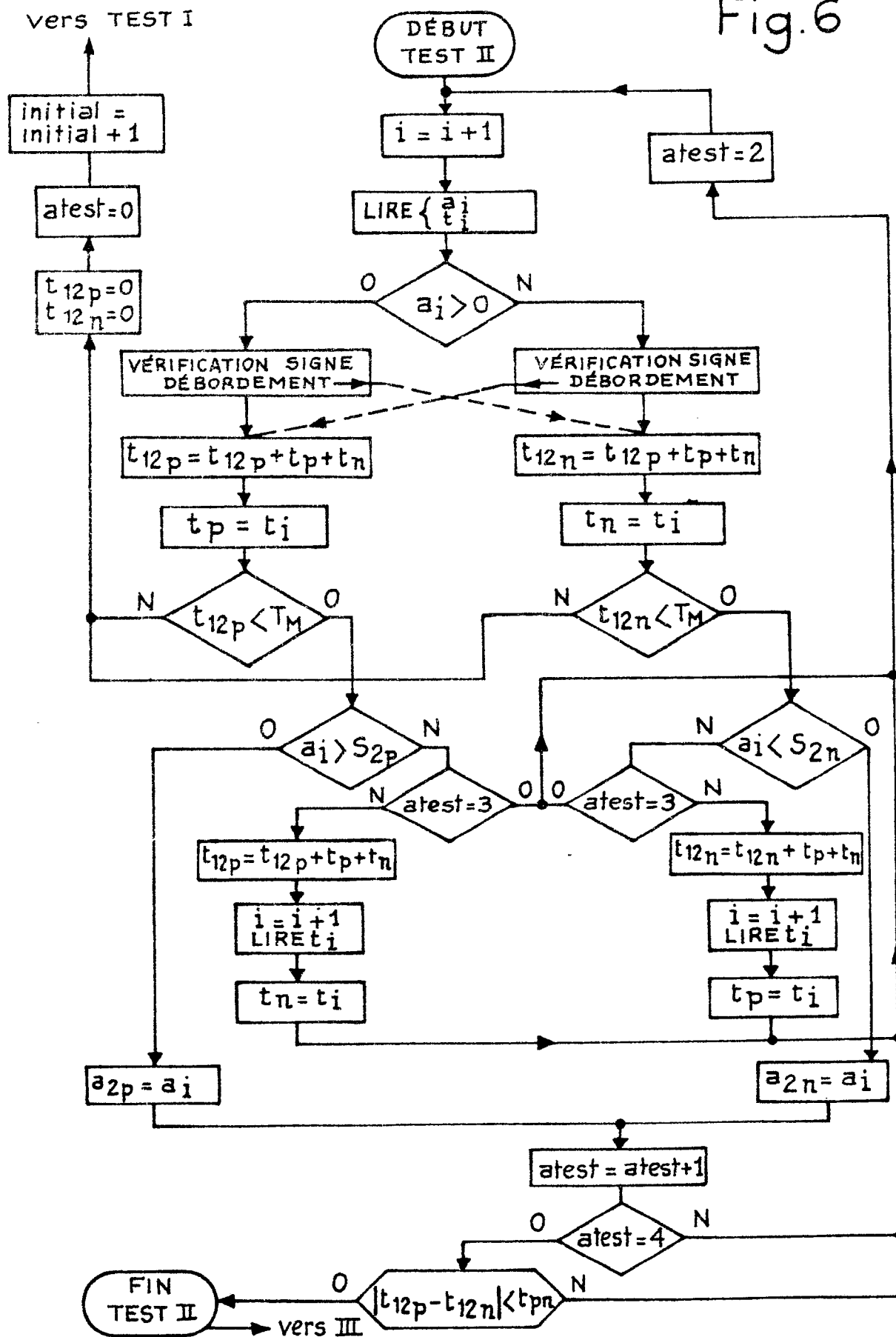
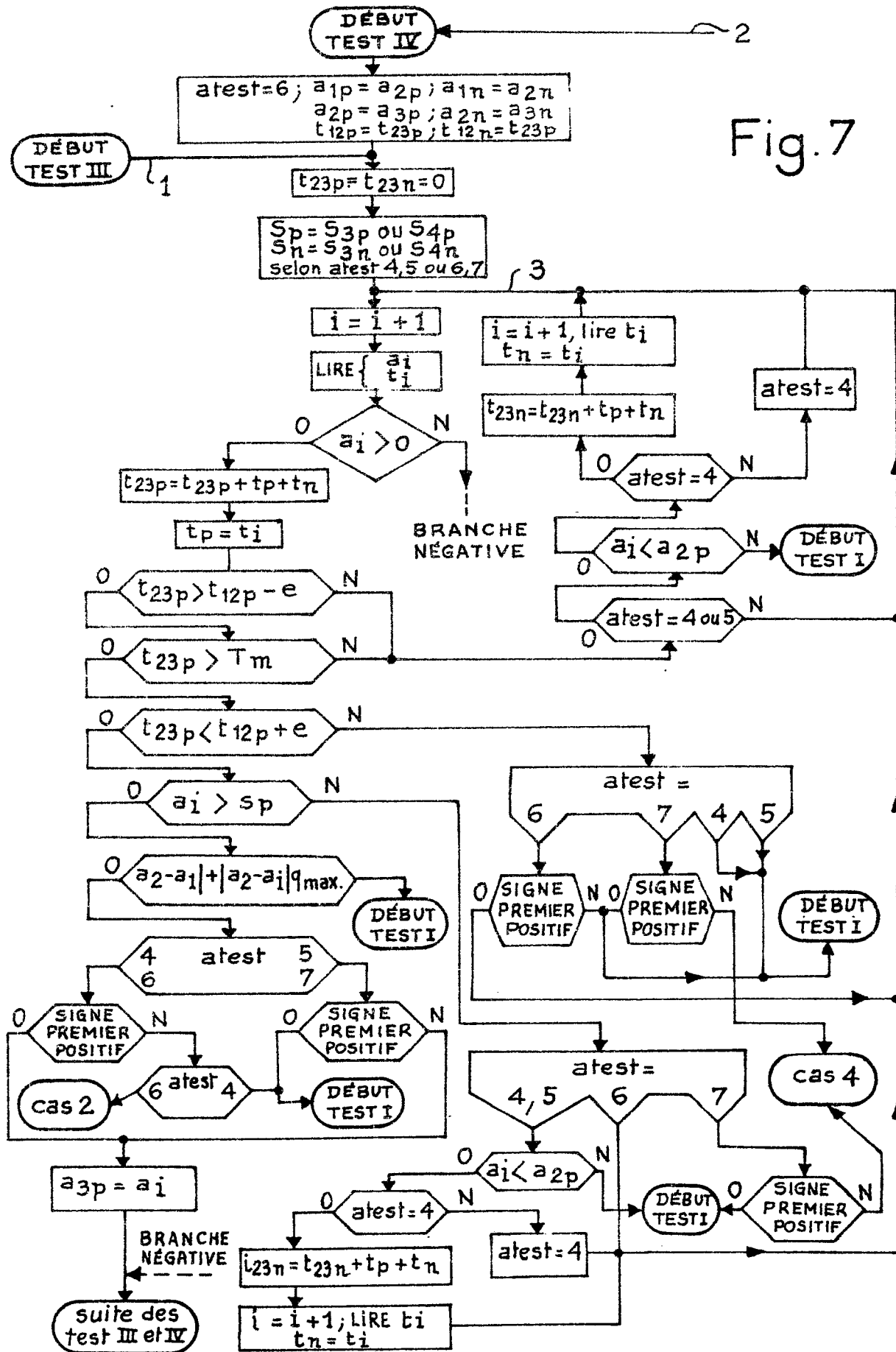


Fig.5

Fig.6





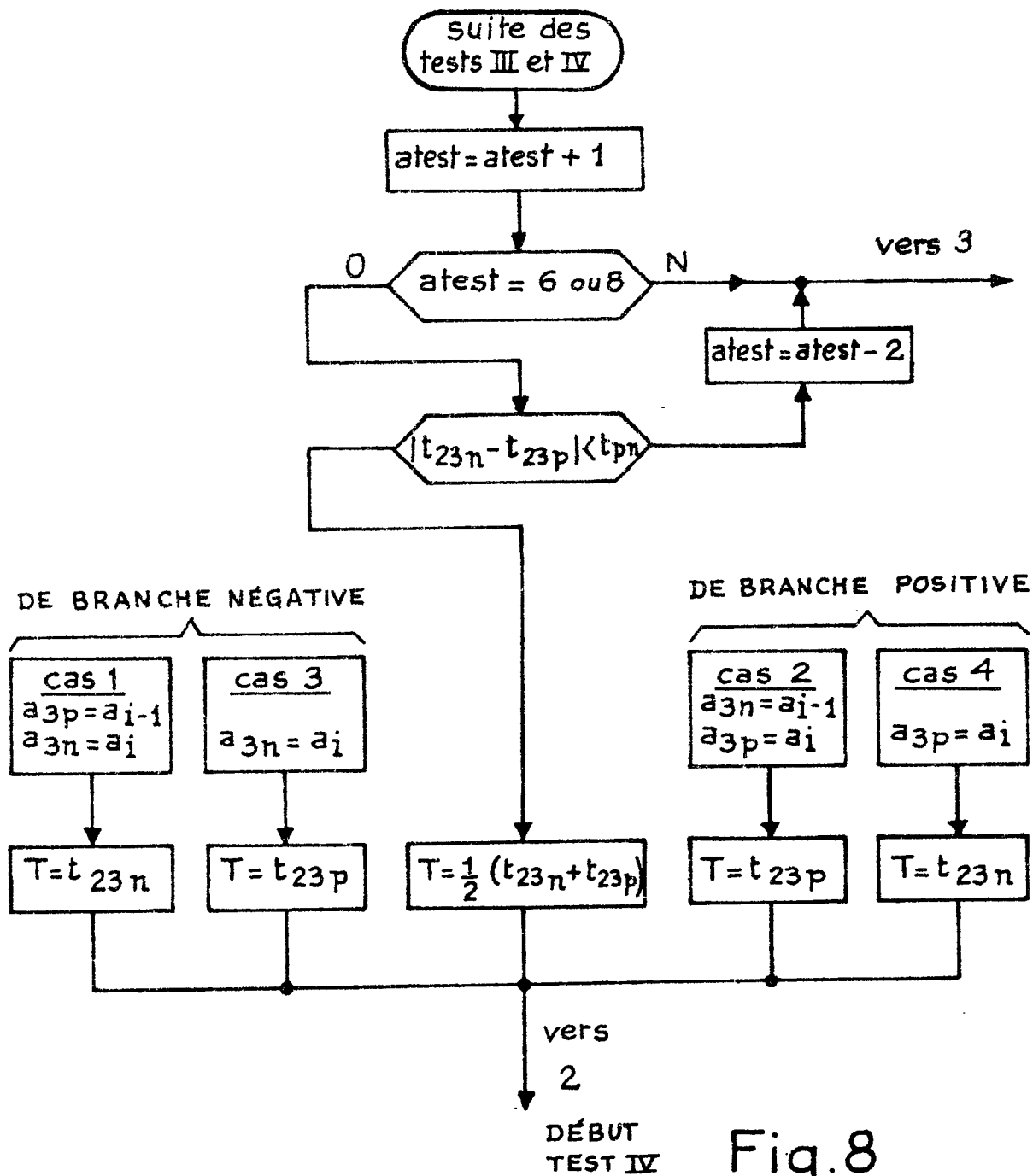


Fig.8

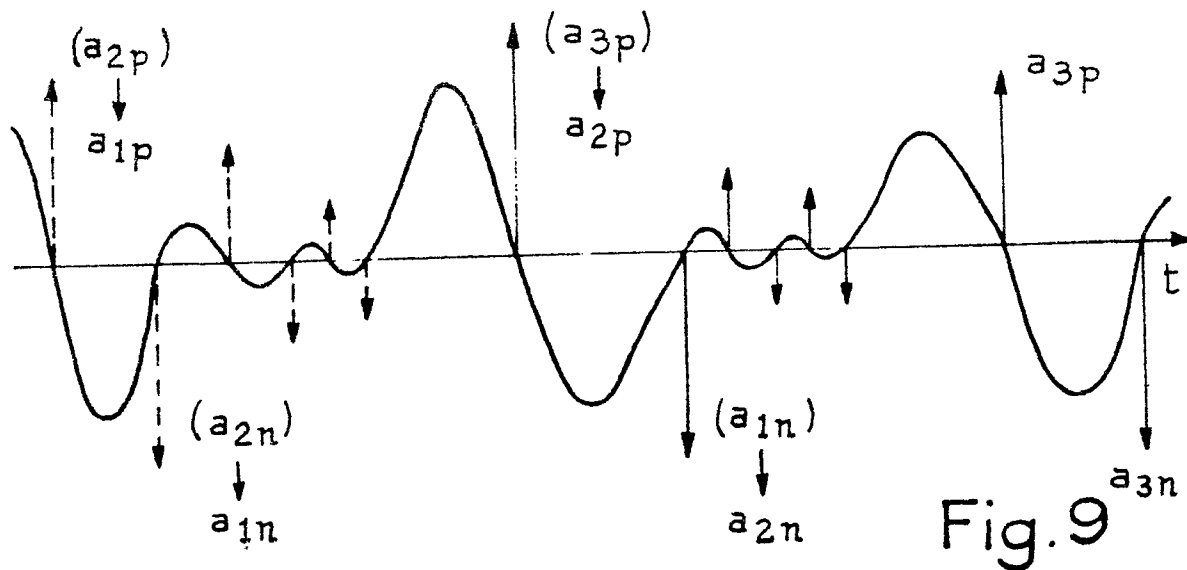


Fig. 9

Fig. 10

