

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

N° 80 03892

(54) Synthétiseur numérique de signaux sonores et applications aux instruments de musique électronique.

(51) Classification internationale (Int. Cl. ³). G 10 L 1/00.

(22) Date de dépôt..... 22 février 1980.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée :

(41) Date de la mise à la disposition du
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 35 du 28-8-1981.

(71) Déposant : DEFOREIT Christian Jacques, résidant en France.

(72) Invention de : Christian Jacques Deforeit.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : Dominique Bultez,
1, rue du Général-Koenig, 94480 Ablon.

Synthétiseur numérique de signaux sonores et applications aux instruments de musique électronique.

La présente invention concerne un synthétiseur numérique polyphonique de signaux périodiques pour la production de sons musicaux, et
5 les instruments de musique comportant un tel synthétiseur.

Elle concerne plus particulièrement un synthétiseur dans lequel chaque échantillon analogique en sortie est obtenu à partir d'un ensemble de données numériques de phase instantanées, d'octave et d'amplitude, au moins, contenues dans un ensemble de mémoires vives. Ces mémoires
10 peuvent être programmées par un circuit de commande utilisant par exemple un microprocesseur, ce circuit de commande fonctionnant de manière indépendante du synthétiseur. De tels synthétiseurs ont été décrits dans les demandes de brevets français n° 77 20245, 78 32727, 79 07339 et 79 15337.

15 Dans les synthétiseurs connus, le nombre de fréquences de base est limité. On appelle fréquence de base, une fréquence à partir de laquelle d'autres fréquences sont obtenues, en général par divisions successives (octaves). Toutes les fréquences du synthétiseur sont habituellement obtenues à partir d'oscillateurs (au minimum 12) en nombre limité,
20 ou de diviseurs de fréquences associés à un oscillateur unique. Cependant pour obtenir certains sons complexes, il devient nécessaire de faire appel à des fréquences qui ne sont pas comprises dans la collection des fréquences disponibles. L'adjonction d'oscillateurs ou de diviseurs supplémentaires rend alors le synthétiseur complexe, plus difficile à
25 exploiter et coûteux.

Un but de la présente invention est de réaliser un synthétiseur du type précité, permettant d'obtenir n'importe quelles fréquences, à tout instant, sans entraîner l'accroissement du nombre d'oscillateurs ou de diviseurs de base.

30 Un autre but de l'invention est d'obtenir un synthétiseur qui peut être commandé en fréquence par les moyens de commande extérieurs, de la même manière que les autres commandes, c'est-à-dire par de simples opérations d'écriture dans des mémoires.

Selon une caractéristique de l'invention, le synthétiseur
35 polyphonique numérique comporte :

- un ensemble de blocs de mémoires contenant des données numériques de phase instantannée, d'octave ou de rang d'harmonique, et d'amplitude, au moins, relatives à des signaux périodiques analogiques respectifs à produire ;

5 - des moyens d'adressage et de lecture des blocs de mémoires selon un enchaînement déterminé ;

- des moyens de production d'échantillons analogiques des signaux analogiques, à partir des données lues dans les blocs, et en réponse à des signaux de commande périodiques respectifs ;

10 le synthétiseur comportant en outre :

- dans chaque bloc de mémoires, une donnée numérique de période, T_0 , fonction de la fréquence des signaux analogiques respectifs à produire, et une donnée numérique d'évènement, TE ;

15 - des moyens d'addition des données numériques de période et d'évènement, pour mémoriser le résultat obtenu à la place de la donnée d'évènement, en réponse audit signal périodique de commande respectif ;

- un circuit compteur-numérique de temps dont le contenu est régulièrement incrémenté par une horloge, et

20 - des moyens de comparaison pour comparer la donnée d'évènement

dans chaque bloc lu avec le contenu du compteur de temps et pour produire le signal de commande respectif si la donnée de temps est supérieure ou égale à la donnée d'évènement.

Par bloc de mémoires, on entend un ensemble de mémoires qui contiennent toutes les données nécessaires à la synthèse des échantillons analogiques successifs d'un seul signal analogique ou de plusieurs signaux en relations harmoniques (signal fondamental et octaves ou harmoniques). Selon une première forme de réalisation la production d'un échantillon peut nécessiter une seule opération de lecture, l'ensemble des données numériques étant alors disponibles à la même adresse, en
25 parallèle et simultanément. Selon une autre forme de réalisation, elle peut aussi nécessiter plusieurs opérations de lecture successives à des adresses différentes, certaines données étant alors mémorisées dans des registres intermédiaires. Ces deux formes de réalisation sont équivalentes, l'invention n'étant pas limitée à l'une d'elles.

35 Le choix de l'une de ces formes de réalisation découle de

l'organisation des mémoires. Ainsi, pour la production d'un signal fondamental et d'octaves associées, la donnée de phase peut être commune et lue à un instant différent des autres données, ceci pour obtenir une meilleure utilisation de la mémoire.

5 Un avantage important de l'invention découle du fait que le compteur associé à l'horloge et dont le contenu sert de référence dans toutes les comparaisons avec les mémoires d'évènement, est unique et incrémenté automatiquement, à chaque période d'horloge, indépendamment des autres parties du synthétiseur. Il constitue donc une référence
10 du temps commune à toutes les opérations de synthèse.

 Un autre avantage de l'invention découle de la faculté qui est offerte de pouvoir modifier la fréquence des signaux produits, notamment en modifiant le contenu de la mémoire de période à partir des moyens de commande extérieurs. Il est également possible d'obtenir une variation
15 relative de phase des signaux les uns par rapport aux autres, en modifiant les contenus des mémoires d'évènements. Cependant, dans ce dernier cas, la commande complète du contenu des mémoires d'évènement par les moyens de commande extérieurs est complexe et délicate.

 Selon une autre caractéristique de l'invention, l'adjonction
20 d'une mémoire supplémentaire destinée à contenir une donnée numérique de modulation et des moyens de variation automatique en fonction du temps, de la donnée TE, permettent d'obtenir une modulation automatique de la phase du signal obtenu à partir des données de synthèse auxquelles cette donnée de modulation est ajoutée et associée.

25 D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront dans la description qui suit. Celle-ci est illustrée par les figures qui représentent :

 La figure 1, un schéma synoptique d'un synthétiseur comportant d'une part des moyens de commande classiques à base d'oscillateurs et
30 d'autre part, des moyens de commande suivant l'invention ;

 La figure 2, un schéma synoptique d'un synthétiseur comportant des moyens de modulation de phase ;

 La figure 3, un exemple de réalisation pratique du synthétiseur ; et

35 La figure 4, une représentation de certains signaux obtenus.

La figure 1 représente un schéma de principe d'un synthétiseur selon l'invention.

Cette figure comporte 3 parties qui sont détachées pour la clareté de la description. La partie X comprend les moyens de production
5 propres des échantillons des signaux à produire ; la partie Y comporte des premiers moyens de commande pour la production des échantillons à partir d'une série d'oscillateurs ou diviseurs selon les techniques antérieures ; la partie Z comporte des seconds moyens de commande selon l'invention.

10 La description des moyens de production d'échantillons analogiques (partie X), qui a été faite en détail dans les demandes de brevet précitées, est rappelée ci-après.

Le synthétiseur comporte essentiellement 3 sous-ensembles nécessaires : l'ensemble des blocs de mémoires ou "clavier virtuel",
15 contenant les paramètres permettant la synthèse des signaux désirés ; les moyens de production d'échantillons, à partir des données lues dans chaque bloc ; et les moyens d'adressage des blocs et de commande de synthèse, selon un enchaînement déterminé.

Il est bien entendu que chaque son produit par le synthétiseur
20 est la combinaison de un ou plusieurs signaux élémentaires (sinusoïdaux ou non), que chaque signal élémentaire est obtenu par une succession d'échantillons analogiques convenablement filtrés, et que tous les échantillons analogiques sont obtenus séquentiellement, c'est-à-dire l'un après l'autre. Il est également considéré que la fréquence d'échan-
25 tillonnage de chaque signal est suffisamment élevée pour ne pas affecter la qualité du signal obtenu.

La synthèse d'un échantillon est donc effectuée par la partie X. Les paramètres décrivant cet échantillon sont rassemblés dans un même bloc du clavier virtuel. Le bloc contient :

- 30 - dans la mémoire 1, la phase instantannée φ (la même mémoire 1 peut être commune à la synthèse de plusieurs échantillons de signaux en relations harmoniques tels que fondamental et octaves).
- dans la mémoire 2, le numéro d'octave O.
- dans la mémoire 3, un numéro de forme d'onde F.
35 - dans la mémoire 4, l'amplitude du signal A.

- dans la mémoire 5, le numéro de voie de sortie analogique S.

La phase φ est incrémentée dans un additionneur 6 et la nouvelle phase φ est inscrite à la place de l'ancienne dans la mémoire 1 et mémorisée dans un registre 7.

5 La phase φ du registre 7, l'octave 0 et le numéro de forme d'onde F sont combinés pour former une adresse appliquée à une mémoire de forme d'onde 8. Celle-ci délivre un échantillon numérique SA qui est multiplié par l'amplitude A dans un multiplicateur 9. L'échantillon numérique obtenu est ensuite converti sous forme analogique par un
10 convertisseur 10 puis transmis vers un démultiplexeur 11. Celui-ci, commandé par le numéro 5, aiguille l'échantillon analogique final soit vers un ensemble intégrateur-amplificateur-filtre 12 et haut-parleur 13, soit vers un autre ensemble intégrateur-amplificateur-filtre 15 et haut-
parleur 14.

15 Tout le processus de synthèse de chaque échantillon est commandé par un signal de commande "DIF" dont la fréquence de répétition est $F_S \times N \times 2^0$ où F_S est la fréquence du signal fondamental, $F_S \times 2^0$ étant celle du signal à produire, à l'octave 0, et N le nombre d'échantillons générés par période du signal, le produit $N \times 2^0$ étant constant.

20 Pour générer le signal "DIF" et obtenir en synchronisme l'adressage du bloc contenant les informations de l'échantillons correspondant à calculer, il s'est avéré particulièrement avantageux de combiner l'adressage successif des blocs, selon un enchaînement déterminé (chaque bloc contient l'adresse du bloc suivant à adresser) et la scrutation d'oscilla-
25 teurs (autant d'oscillateurs que de fréquences fondamentales).

La partie Y sur la figure 1 montre une manière d'obtenir le signal "DIF".

Le bloc contenant les paramètres d'un échantillon comporte en outre une mémoire 20 contenant le numéro I d'un oscillateur. Le numéro I
30 est transmis à un multiplexeur 21 comportant une pluralité d'entrées couplées aux sorties d'oscillateurs 23, 24, 25.... 29. Le signal carré délivré par l'oscillateur sélectionné est alors appliqué à un circuit détecteur de transition 22 qui délivre le signal "DIF" à chaque transition.

35 Deux cas peuvent se produire quand un bloc est adressé :

Ou bien le détecteur de transition délivre un signal "DIF" et un échantillon est calculé (avec incrémentation de la phase ϕ), puis l'adressage d'un autre bloc est effectué.

Ou bien il n'y a pas de transition détectée et l'adressage du
5 bloc suivant est effectué sans génération d'échantillon.

La partie Z de la figure 1 permet d'obtenir la commande "DIF" d'une manière différente, selon la présente invention.

Au lieu d'une pluralité d'oscillateurs, il n'y a qu'une horloge unique 34 dont la fréquence est égale à un multiple commun de toutes les
10 fréquences possibles que le synthétiseur est susceptible de produire (quelques MHz). cette horloge est couplée à un compteur numérique 33 dont le contenu t est ainsi régulièrement incrémenté et constitue une référence du temps.

Au lieu d'une mémoire de sélection d'oscillateur (20), le bloc
15 contient deux mémoires. L'une, 30, contient un nombre T_0 représentatif de la demi-période du signal fondamental de fréquence F_g précitée (T_0 est la demi-période représentée en nombre de périodes de l'horloge 34). L'autre, 31, contient un nombre T_E qui correspond à un instant à partir duquel un échantillon du signal doit être produit.

20 A chaque adressage d'un bloc, un comparateur 35 compare le contenu t du compteur de temps 33 au contenu T_E de la mémoire d'évènement 31.

Deux cas peuvent alors se produire (comme pour la partie Y) :

Ou bien t est "antérieur" à T_E et l'adressage du bloc suivant
25 est effectué sans génération d'échantillon.

Ou bien t est "postérieur" ou égal à T_E et, un signal "DIF" est généré et entraîne :

- d'une part la synthèse de l'échantillon correspondant comme indiqué précédemment (avec l'incrément de la phase ϕ),
- 30 - d'autre part l'addition de T_0 et T_E dans un additionneur 32 et l'écriture du résultat $T_0 + T_E$ dans la mémoire 31 à la place du T_E précédent.

La période de répétition de la synthèse des échantillons est ainsi égale à T_0 . La mémoire 30 remplace un oscillateur de la version Y,
35 tout en réservant les avantages supplémentaires suivants :

- Les mémoires 30 et 31 se trouvant dans le clavier virtuel, comme les autres informations, sont accessibles par les moyens de commande extérieurs du synthétiseur. Leurs contenus sont donc modifiables. Il est ainsi possible de modifier la fréquence d'un signal, en modifiant T_0 . Il est aussi possible d'agir sur TE, pour obtenir une modulation
5 de phase (relativement à celle des autres signaux).

- Le nombre de fréquences possibles n'est plus limité.

Les termes "antérieur" et "postérieur" caractérisant le résultat de la comparaison effectuée par le comparateur 35 signifient respectivement "inférieur" et "supérieur". Mais ceci n'est vrai que si les nombres comparés ne sont pas limités. En réalité les valeurs TE et t
10 doivent être limitées, pour des raisons de taille mémoire et de coût, à des nombres de 10 bits (de 0 à 1 023 en numération décimale) par exemple. Cela signifie que les deux nombres t et TE comparés ont respectivement pour valeur $t + 1\ 024\ p$ et $TE + 1\ 024\ p'$, p et p' étant des entiers
15 égaux ou différents d'une unité au maximum.

Une manière simple de réaliser le comparateur 35 consiste, par exemple, à utiliser un circuit soustracteur. Le signal "DIF" est obtenu quand le signe de $t - TE$ est positif.

Une autre méthode pour générer le signal "DIF" consiste à remplacer le compteur 33 par un décompteur. L'information t devient donc
20 $-t$. Le comparateur 35 est alors constitué par un simple additionneur recevant $-t$ et TE. Le bit de poids fort, c'est-à-dire le signe, en sortie de l'additionneur (comparateur 35) est égal à 1 si $TE - t$ est négatif (c'est-à-dire si t "postérieur" à TE) et constitue donc le
25 signal "DIF".

Bien entendu, la présente invention n'est pas limitée à des synthétiseurs utilisant des blocs de mémoires organisés selon une structure parallèle. Elle s'applique également aux structures décrites dans les demandes de brevet précitées. De même, il est possible de combiner les
30 deux méthodes de génération du signal "DIF". Certains blocs peuvent contenir une mémoire de sélection 20 d'un oscillateur, et d'autres blocs peuvent contenir les mémoires de période 30 et d'évènement 31. Dans ce cas un paramètre de sélection contenu dans un élément de mémoire supplémentaire dans chaque bloc (un bit suffit) permet de sélectionner les
35 circuits représentés en Y ou ceux de Z pour produire le signal "DIF".

Le synthétiseur comporte alors des moyens de sélection du signal de commande "DIF" délivré soit par l'ensemble Y, soit par l'ensemble Z, en réponse au paramètre de sélection (non représenté).

Ainsi selon l'invention, les moyens de commande extérieurs fournissent au synthétiseur la période (ou demi-période) de l'octave la plus haute des sons à produire et ceci indépendamment pour chaque bloc. Ceci permet de générer des sons de n'importe quelle fréquence. Bien entendu, le nombre maximum de signaux que le synthétiseur peut produire dépend de la taille mémoire du clavier virtuel et de la fréquence de balayage des blocs entrant en jeu.

La figure 2 représente un synthétiseur selon l'invention permettant en outre d'exercer une modulation de phase sélective de certains signaux.

Comme sur la figure 1, la structure comporte les moyens de production X des échantillons et les moyens de commande générant le signal "DIF". Pour simplifier l'exposé, la partie X est représentée avec les mêmes chiffres de référence et, par conséquent, n'a pas besoin d'être décrite à nouveau.

Le bloc du clavier virtuel représenté, outre les informations de phase φ (1), d'octave 0 (2), de type de forme d'onde F (3) et d'amplitude A (4), comporte :

- une mémoire de temps d'évènement TE (40) ;
- une mémoire de période T'o (41) ;
- une mémoire de coefficient de modulation m (42) ;
- une mémoire de sélection d'octave de modulation Om (43).

Le but à atteindre n'est pas d'obtenir une modulation de fréquence, la valeur T'o restant inchangée, sauf par une commande des moyens extérieurs. Il s'agit d'obtenir une modulation de phase automatique, réalisée par le synthétiseur. Cette modulation est réalisée à chaque commande "DIF" en agissant sur la valeur qui doit remplacer TE.

On a vu que la commande "DIF" entraîne le calcul et la mémorisation d'une nouvelle valeur de TE :

$$\text{nouveau TE} = \text{TE} + \text{To} \quad (\text{To} = \text{période ou } 1/2 \text{ période})$$

To peut être exprimé autrement :

$$To = T'o + Ko + m \quad \text{où}$$

T'o + Ko est égal à la valeur To utilisée dans la figure 1, et qui définit la fréquence du signal.

5 Ko est une constante qui est ajoutée systématiquement à toutes les valeurs de T'o par le synthétiseur de manière à réduire la taille mémoire nécessaire pour la mémorisation de ces valeurs T'o.

T'o est maintenant représentatif de la fréquence du signal.

m est le coefficient ou l'amplitude de modulation qui est soit
10 ajouté, soit retranché. Ce coefficient, situé dans le clavier virtuel, peut être programmé par les moyens de commande extérieurs. L'addition ou la soustraction de m est opérée automatiquement par le synthétiseur à chaque commande "DIF". De plus le cycle des additions et des soustractions, c'est-à-dire la fréquence de modulation peut être aussi commandée
15 par les moyens extérieurs.

Le synthétiseur comporte donc des moyens de modulation de phase de chaque signal, commandables en amplitude par la mémoire 42 (m) et en fréquence, par une mémoire 43 (Om).

La figure 2 montre plus particulièrement un exemple de réalisation de cette modulation de phase.
20

Le signe + ou - appliqué à m est déterminé par la valeur d'un bit de la phase φ . Ce bit évolue dans le temps comme un signal carré. Le choix du bit est réalisé par la donnée Om dans la mémoire 43.

La valeur m doit, bien entendu, être inférieure à Ko.

25 Le bloc contenant m et Om est appelé bloc modulant.

L'information Om sert à sélectionner un bit de la phase φ (bit de poids fort si Om = 0, bit de poids faible si Om = 7).

Om est appliqué à un multiplexeur 44 qui reçoit φ de la mémoire 1. Le bit sélectionné commande un additionneur-soustracteur 45
30 qui reçoit les informations T'o de la mémoire 41 et m de la mémoire 42. Le résultat T'o + m est appliqué à un additionneur 46 qui ajoute la valeur constante Ko.

La sortie de ce circuit est appliquée à un autre additionneur 47 qui reçoit TE de la mémoire 40. La sortie de 47 correspond donc à la
35 somme TE + T'o + Ko + m. Si le signal "DIF" est présent, cette valeur est inscrite dans la mémoire 40.

Ce signal "DIF" est généré comme indiqué précédemment. Une horloge 50 décrémente régulièrement un décompteur 51. Un comparateur 52 qui en fait est constitué par un simple additionneur délivre le signal "DIF" (poids fort de la différence $TE - t$) d'une part à la mémoire 5 TE, 40, et d'autre part à la mémoire φ , 1.

Comme un bit de phase φ décrit un signal carré, la période de répétition des additions $+ m$ est égale à la période de répétition des soustractions $- m$. La période moyenne du signal généré est ainsi $T'o + K_o$ (il n'y a pas de modulation de fréquence qui peut toujours être obtenue par les moyens de commande extérieurs en agissant sur $T'o$).

Bien entendu d'autres moyens de modulation de la phase et/ou de l'amplitude des signaux sont possibles, et ceci automatiquement, par le synthétiseur, à partir d'informations concernant cette ou ces modulations et placées dans le bloc de mémoires avec les autres informations concernant le signal à moduler.

La figure 3 montre un exemple de réalisation du synthétiseur, dans laquelle une organisation différente des mémoires du clavier virtuel permet de réaliser les différentes fonctions précitées avec un nombre réduit de circuits, grâce à une mise en commun de certains circuits.

Comme dans les figures précédentes, des numéros de références identiques servent à désigner des moyens identiques.

Au lieu d'une organisation des données concernant chaque signal en un bloc unique permettant la lecture de toutes ces données "en parallèle", les données sont réparties en plusieurs blocs, appartenant à un même groupe, mais situés à des adresses différentes, de préférence consécutives.

Une telle organisation de la mémoire a, en particulier, été décrite en détail, dans la demande de brevet français n° 78 32727

L'adresse de chaque bloc est un nombre décomposé en deux parties. La première I désigne l'ensemble du groupe et la seconde N désigne un bloc du groupe. L'adressage des différents blocs d'un même groupe s'effectue en modifiant seulement la valeur de N. Chaque bloc contient un pointeur "secondaire", qui est la valeur de N d'un autre bloc, ce qui permet d'enchaîner les opérations de lecture des blocs dans un même groupe.

Un groupe peut contenir des blocs pour produire plusieurs signaux si ces signaux sont en relation harmonique entre eux (par exemple un

fondamental et plusieurs octaves). Il existe alors des informations communes à tous les signaux qui sont regroupées dans un ou deux blocs dits "principaux", les autres informations étant alors dans des blocs "secondaires". Ainsi, au moment de l'adressage du ou des blocs principaux, si la condition $t - TE \geq 0$ n'est pas réalisée, tout le reste du groupe peut être ignoré et un pointeur "principal" permet d'adresser un autre groupe.

Le clavier virtuel 100 est divisé par exemple, en 16 groupes de 16 blocs chacun. Un seul est représenté. Celui-ci comprend deux blocs principaux, les autres blocs étant du type secondaire. Pour la clareté de la description, les blocs sont numérotés 0, 1, ..., j, j + 1, ... etc.

Le bloc 0 est le premier bloc adressé dans le groupe. Il contient la donnée TE d'évènement et le numéro I du groupe suivant.

Le bloc 1, adressé ensuite seulement dans le cas où $t \geq TE$, contient la phase instantannée φ , et la période T'o.

Les autres blocs, du type secondaire, contiennent les autres informations de synthèse.

A titre indicatif, le bloc j, appelé bloc "modulant", contient l'octave de modulation O_m et le coefficient de modulation m. Le bloc suivant j + 1 contient le numéro de voie de sortie S, l'octave 0, la forme d'onde F et l'amplitude A du signal à générer.

Chaque bloc secondaire comporte en outre un élément d'identification du bloc modulant, ici, un bit 1 dans le bloc modulant, 0 dans les autres blocs.

Il va de soi que quand un groupe ne contient pas de bloc modulant, les signaux générés correspondants ne sont pas modulés, les circuits de modulation correspondants n'étant pas mis en service.

Comme indiqué précédemment, l'organisation des données dans les mémoires est réalisée de façon à permettre une mise en commun des circuits du synthétiseur.

Ces circuits comprennent :

- un registre temporaire 7 par lequel transite soit la phase φ , soit la donnée TE, lues dans les blocs principaux 1 et 0 respectivement et appliquées par la connexion 71,

- une mémoire de forme d'onde 8 et ses circuits d'adressage associés recevant les données de phase φ du registre 7, d'octave 0 du bloc

$j + 1$, par la liaison 71, et de forme F, du bloc $j + 1$ par la liaison 72,

- un circuit de multiplication 9 recevant l'échantillon de la mémoire 8 et l'amplitude A du bloc $j + 1$ par la liaison 70,

- un convertisseur numérique-analogique 10 recevant la donnée
5 de sortie du multiplicateur 9,

- un démultiplexeur, 11 recevant l'échantillon analogique du convertisseur 10, et commandé par la donnée S de sélection délivrée par le bloc $j + 1$, par la connexion 74,

- deux voies d'amplification basse fréquence contenant chacune
10 un intégrateur-amplificateur 12, 15 et un haut-parleur 13,14, couplées aux sorties du démultiplexeur,

- un registre temporaire 60 pour mémoriser la donnée de période $T'o$ provenant du bloc 1, par la liaison 70,

- un registre temporaire 61 pour recevoir le coefficient de mo-
15 dulation m lu dans le bloc modulant j ,

- un circuit multiplexeur 44 recevant en entrée la donnée de phase φ lue en sortie du registre 7 et commandé par la donnée O_m lue dans le bloc j (liaison 71),

- un additonneur-soustracteur 45 recevant $T'o$ et m des re-
20 gistres 60 et 61 et commandé par le signe s fourni par le multiplexeur 44,

- un additionneur 46 recevant K_o et la donnée de sortie de l'additionneur-soustracteur 45. La sortie 46 délivre donc la valeur $T'o + K_o + m$.

- une horloge 50 commandant un décompteur 51 qui définit l'échelle
25 du temps,

- un multiplexeur 64 recevant d'une part $T'o + K_o + m$ de l'additionneur 46 et d'autre part $-t$ du décompteur 51.

- un additionneur 62 recevant la sortie du registre 7 (φ ou TE), la valeur 1, et la sortie du multiplexeur 64 ($T'o + K_o + m$ ou $-t$).

30 Cet additionneur délivre un résultat qui peut être mémorisé dans le clavier virtuel par la liaison 75 et grâce au signal "DIF", par la liaison 76.

Le fonctionnement du synthétiseur est le suivant.

35 Le clavier virtuel 100 est divisé en groupes, eux-mêmes divisés en blocs. L'adressage de chaque bloc s'effectue à l'aide d'une adresse

numérique fournie par un circuit d'adressage non représenté. Le premier bloc lu dans un groupe I a pour adresse : $(I, N = 0)$. Ce bloc contient TE et le numéro I d'un groupe suivant. TE est appliqué à l'additionneur 62 (par l'intermédiaire du registre 7) en même temps que $-t$ (par le multiplexeur 64). Le signal "DIF" est donc généré si $TE - t < 0$.
 5 Dans le cas contraire, le numéro I suivant est seulement transmis aux moyens d'adressage et les opérations précédentes se répètent pour un autre groupe.

Si la condition $TE - t < 0$ est réalisée, le bloc $N = 1$
 10 du groupe I est adressé. Les données φ et $T'o$ sont stockées respectivement dans les registres 7 et 60. φ est incrémentée dans l'additionneur 62 et $\varphi + 1$ prend la place de φ dans le clavier virtuel.

Puis les blocs suivants du groupe sont successivement adressés. Ceux-ci comportent chacun à ces fins, un pointeur secondaire qui est lu
 15 et transmis aux moyens d'adressage (non représenté) comme indiqué dans la demande de brevet français 78 32727. Les blocs ainsi adressés peuvent être des blocs non modulants comme le bloc $j + 1$. Dans ce cas, un échantillon est calculé, à l'aide des données φ (présente dans le registre 7), S, O, F, et A.

20 Si le groupe contient un bloc modulant, tel le bloc j représenté, l'indicateur "1" qu'il contient est transmis par la liaison 73 au registre m 61, puis détecté et les opérations suivantes sont commandées :

L'octave de modulation O_m et le coefficient de modulation
 25 m sont combinés à $T'o$ stockée dans le registre 60 pour former $T'o + K_o + m$, délivré par le multiplexeur 64. Celui-ci comporte une mémoire, et à la fin des opérations de calcul et de production des échantillons (blocs non modulants), le bloc $(I, N = 0)$ est à nouveau adressé et la donnée TE est remplacée par $TE + T'o + K_o + m$.
 30 La donnée I suivante permet d'adresser ensuite un autre groupe et les opérations précédentes peuvent se répéter automatiquement.

La figure 4 représente, à titre indicatif, quelques signaux obtenus grâce à l'invention.

Le signal (a) est un signal triangulaire non modulé caractérisé par l'octave $O = 4$. C'est un signal en escalier, dont chaque
 35

palier est de longueur T égale à $T'o + K_o$.

Le signal (b) est le même signal soumis à une modulation de phase de coefficient $m = \frac{1}{2}T$ et d'octave de modulation $om = 4$. On constate un renforcement des harmoniques paires dans ce cas.

5 Le signal (c) est encore le même signal modulé avec le même coefficient, mais par $Om = 5$. On constate alors un renforcement des harmoniques impaires.

10 Le signal (d) est toujours le même signal modulé avec le même coefficient, l'octave de modulation Om étant cette fois-ci inférieure à 0 ($Om = 3$). On constate cette fois l'apparition de la fréquence fondamentale à $0 = 3$.

La possibilité de modulation automatique des signaux délivrés par le synthétiseur présente ainsi des propriétés très intéressantes qui dépendent de l'octave de modulation Om et de l'octave modulée 0.

15 Si $Om = 0$, il y a apparition ou renforcement d'harmoniques d'ordre pair et impair.

Si $Om > 0$, il y a apparition ou renforcement d'harmoniques d'ordre impair uniquement.

20 Si $Om < 0$, il y a apparition d'un fondamental à la fréquence Om .

Bien entendu, le dosage des harmoniques introduits dépend du coefficient de modulation m , commandé par des moyens extérieurs. Il est possible ainsi d'effectuer une variation de timbre quasi-continue, en fonction du temps, ce qui est essentiel pour une bonne reproduction d'instruments réels existants (cuivres, bois, par exemple).
25 Il est également possible d'obtenir une variation automatique de la donnée m (ou de la donnée Om , comme de toute autre donnée) sans intervention des moyens de commande extérieurs, en ajoutant au synthétiseur des circuits d'interpolation automatique tels que ceux qui sont
30 décrits dans la demande de brevet français n° 79 15337. Cette interpolation, linéaire ou exponentielle, peut être effectuée, en fonction du temps, entre la valeur courante de la donnée considérée et une valeur finale stockée également dans le clavier virtuel.

L'invention s'applique aux instruments de musique de type orgue électronique, ou instrument de scène ou de recherche musicale. Chaque instrument peut comporter un ou plusieurs de tels synthétiseurs et des moyens de commande, par exemple un microprocesseur et ses circuits associés, qui réalisent la scrutation des touches, claviers, et boutons et l'écriture des données de synthèse dans le clavier virtuel en fonction d'un programme déterminé.

Le microprocesseur et les circuits associés constituent les moyens de commande extérieurs du synthétiseur. Ils ont pour mission de mémoriser, dans le clavier virtuel, les données nécessaires au fonctionnement automatique du synthétiseur. Outre les données habituelles de la synthèse (C, O, F, A, S, T'o, TE, m, Om, etc...), ces moyens de commande extérieurs doivent inscrire dans chaque bloc des données d'adressage (pointeurs) pour que la lecture automatique des mémoires par le synthétiseur puissent s'effectuer correctement selon un enchaînement désiré. Bien entendu les registres d'adressage des blocs du clavier virtuel n'ont pas été représentés pour alléger les figures, ceux-ci étant d'un emploi connu, et décrit dans les demandes précédemment citées.

A chaque changement de l'état des touches, claviers et boutons, les moyens de commande modifient les données inscrites dans le clavier virtuel pour obtenir des sons différents.

Ces modifications peuvent concerner un ou plusieurs paramètres d'un signal élémentaire (dans un bloc), l'adjonction ou la suppression de blocs à l'intérieur d'un ou plusieurs groupes, ou l'adjonction ou la suppression d'un ou plusieurs groupes. Dans le cas où les modifications portent sur des blocs ou des groupes entiers, une simple modification des pointeurs de mémoire, suffit à obtenir l'effet désiré.

Il est clair que l'invention n'est pas restreinte à l'exemple de réalisation décrit. Plus généralement il est possible d'obtenir une variation automatique de n'importe quel paramètre numérique de synthèse des signaux sonores, grâce aux circuits décrits dans la présente demande. Ces circuits peuvent être combinés avec ceux décrits dans la demande française précédente n° 79 15337.

Les variations automatiques des paramètres par le synthétiseur, n'empêchent pas les variations commandées par les moyens extérieurs.

Ainsi les possibilités d'action sur les signaux sonores produits sont immenses.

Bien entendu l'invention s'applique aux instruments de musique électroniques comportant un ou plusieurs synthétiseurs précédemment
5 décrits, tels que les orgues, les accordéons électroniques ou de nouveaux instruments mettant à profit les techniques numériques électroniques.

R E V E N D I C A T I O N S

- 1 - Synthétiseur polyphonique de signaux périodiques du type comportant :
- un ensemble de blocs de mémoires pour contenir respectivement des données numériques de phase instantannée, d'octave ou de rang d'harmonique, et d'amplitude, au moins, relatives à des signaux périodiques analogiques respectifs à produire. ;
- 5
- des moyens d'adressage et de lecture des blocs de mémoires selon un enchaînement déterminé ;
 - des moyens de production d'échantillons analogiques desdits signaux périodiques analogiques, à partir des données lues dans les blocs
- 10
- et en réponse à des signaux de commande (DIF) respectifs de fréquences de répétition déterminées ;
- le synthétiseur étant caractérisé par le fait qu'il comporte des moyens de production desdits signaux de commande respectifs (DIF), comprenant :
- 15
- dans chaque bloc de mémoires, une donnée numérique de période (T_0 , fig. 1 ; T'_0 , fig. 2 et 3), fonction de la fréquence du signal analogique respectif à produire, et une donnée numérique d'évènement (TE) ;
 - des moyens d'addition (32, fig. 1 ; 47, fig. 2 ; 62, fig. 3),
- 20
- des données numériques de période et d'évènement et de mémorisation du résultat obtenu à la place de la donnée d'évènement, en réponse au signal de commande respectif (DIF) ;
- des moyens de comptage de temps, connectés à une horloge de fréquence constante (33, 34, fig. 1 ; 50, 51, fig. 2 et 3) ; et
 - des moyens de comparaison (35, fig. 1 ; 52, fig. 2 ; 62, fig. 3)
- 25
- de la donnée numérique d'évènement de chaque bloc lu avec le contenu du compteur de temps, pour délivrer ledit signal de commande (DIF) respectif si le contenu du compteur de temps atteint ou dépasse la valeur de la donnée d'évènement

- 2 - Synthétiseur selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comporte en outre des seconds moyens de production de signaux de commande (DIF) respectifs, comprenant un ensemble de générateurs (23, 24, ... 29, fig. 1) ; des moyens de sélection (21) de l'un des générateurs à
5 partir d'une donnée de sélection (I) lue dans un bloc de mémoires, des moyens de production de signaux de commandes de synthèse (DIF) respectifs à partir des signaux des générateurs ; des moyens de sélection d'un signal de commande (DIF) délivré soit par les premiers moyens, soit par les seconds moyens de production de signaux de commande (DIF),
10 à partir d'un paramètre de sélection lu dans le bloc de mémoire correspondant.
- 3 - Synthétiseur selon la revendication 1 ou la revendication 2, caractérisé en ce qu'il comporte en outre des moyens de variation automatique, en fonction du temps, de la donnée de période (T_0).
- 15 4 - Synthétiseur selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que les moyens de comparaison (35, fig. 1) de la donnée d'évènement TE et la donnée t des moyens de comptage de temps comprennent un circuit soustracteur dont les entrées reçoivent respectivement TE et t , le signal "DIF" étant délivré par une sortie représentative du signe de
20 la différence $t - TE$.
- 5 - Synthétiseur selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que les moyens de comptage de temps comportent un circuit décompteur (51, fig. 2 et 3) et en ce que les moyens de comparaison de la donnée d'évènement TE et de la donnée de temps (-t) délivrée par le décompteur, comportent un additionneur pour recevoir (-t) et TE respectivement et pour délivrer le signal "DIF" sur une sortie représentative du
25 signe de la somme $(-t) + TE$.
- 6 - Synthétiseur selon les revendications 3, 4 ou 5 caractérisé en ce que chaque bloc de mémoires comporte en outre une mémoire (42) de coefficient de modulation (m) et une mémoire (43) de fréquence de modulation (Ω_m) ; et en ce qu'il comporte en outre, d'une part, des moyens additionneurs/soustracteurs (45) ayant une entrée de commande d'addition/soustraction, deux entrées pour recevoir le coefficient de modulation (m) et la donnée de période (T_0 ou T'_0) et une sortie pour
30

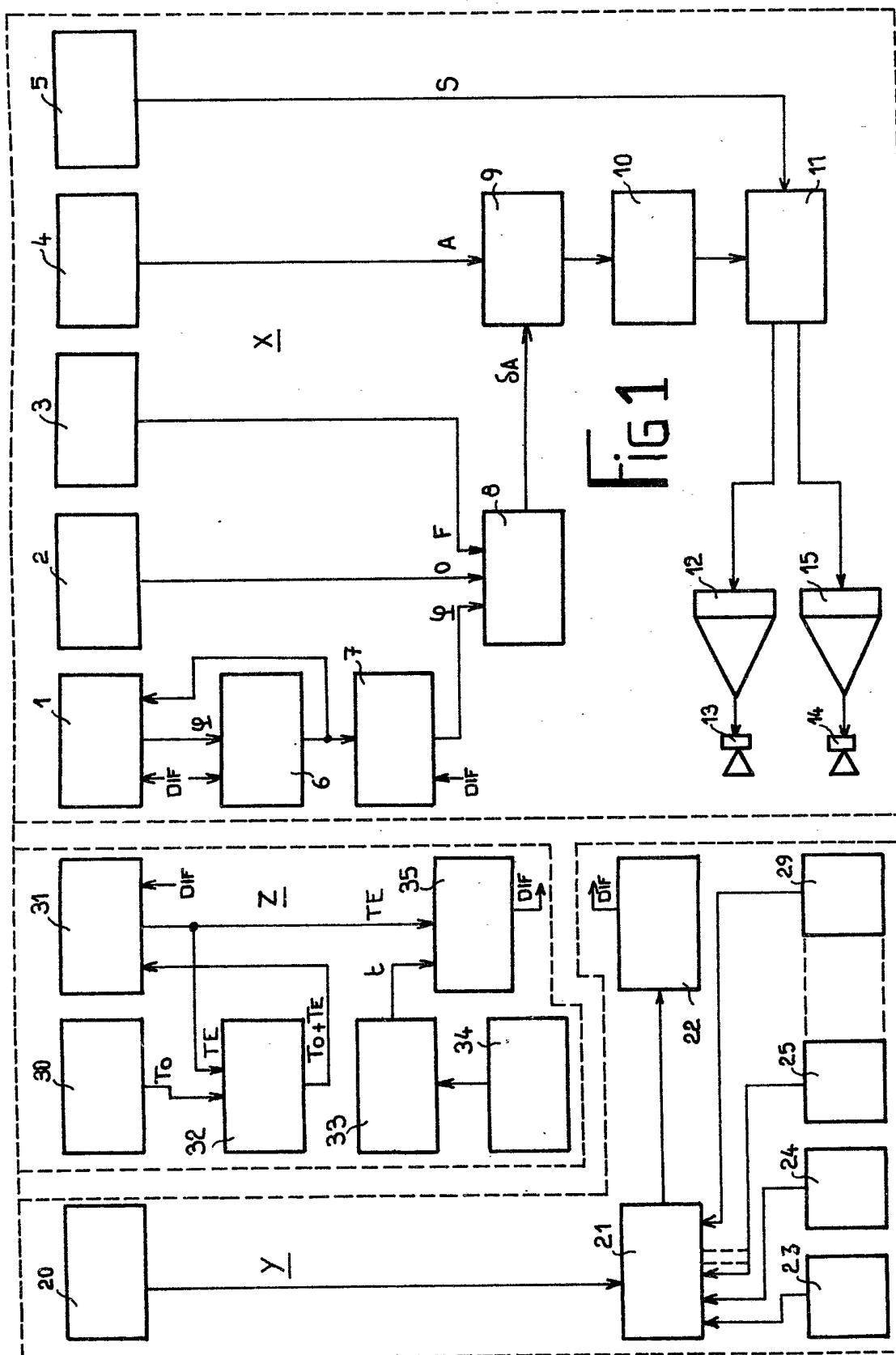
délivrer une nouvelle donnée de période ($T'o + m$) aux moyens d'addition (47, fig. 2 ; 62, fig. 3) et, d'autre part, des moyens de production d'un signal périodique (s) appliqué à l'entrée de commande d'addition/soustraction, dont la fréquence de répétition est déterminée en fonction
5 de la donnée de fréquence de modulation (Om).

7 - Synthétiseur selon la revendication 6, caractérisé en ce que les moyens de production du signal périodique de commande (s) d'addition/soustraction comportent un circuit multiplexeur (44, fig. 2,3) ayant une entrée pour recevoir la donnée numérique de phase φ , une entrée
10 de commande de sélection pour recevoir la fréquence de modulation Om et une sortie pour délivrer le signal de commande (s).

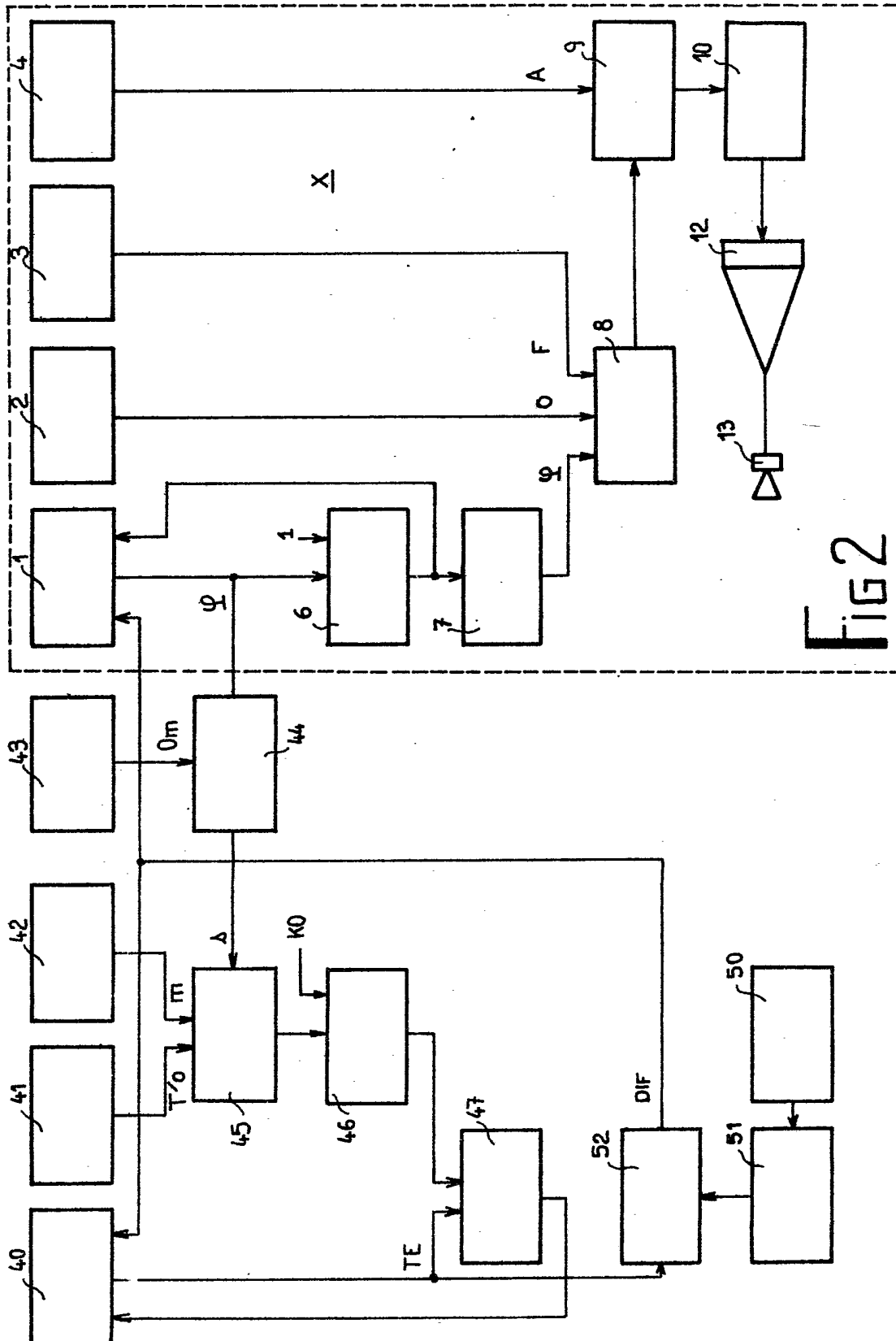
8 - Synthétiseur selon l'une des revendications précédentes caractérisé en ce qu'il comporte :

- 15 - un ensemble de blocs de mémoire (100, fig. 3) pour contenir des données numériques de période ($T'o$), d'évènement (TE), de phase (φ), d'amplitude (A), d'octave (O) et de forme d'onde (F), de modulation (m) et d'octave de modulation (Om) notamment ;
 - un premier registre (7) ;
- 20 - une mémoire d'échantillons de forme d'onde (8) comportant des entrées d'adressage pour recevoir les données de forme d'onde (F), d'octave (O) et de phase (φ), lues dans des blocs ;
 - un circuit multiplicateur (9) pour multiplier chaque échantillon numérique délivré par la mémoire (8) par la donnée d'amplitude (A) lue dans les blocs ;
- 25 - des moyens de conversion analogique (10) et d'intégration-amplification et filtrage (12, 15, 13, 14) des échantillons analogiques délivrés ;
 - une horloge 50, associée à un circuit décompteur (51) pour
30 délivrer une donnée de temps (-t) variable continuellement ;
 - un premier additionneur (62) pour additionner la donnée numérique d'évènement (TE) lue dans le bloc, à la donnée de temps (-t) et délivrer un signal de commande (PIF) quand la somme obtenue est négative ;

- des premiers moyens d'addition/soustraction (45) pour additionner ou soustraire les données $T'o$ et m en fonction d'un signal de commande (s) ;
 - des moyens de production du signal de commande (s) par
5 sélection d'un élément binaire de la phase (φ) par la donnée d'octave de modulation (Om) ;
 - des seconds moyens d'addition d'une donnée constante (Ko) à la somme ($T'o + m$) ;
 - des moyens de multiplexage (64) pour appliquer au premier
10 additionneur (62) le total $T'o + m + Ko$ et, pour mémoriser la somme obtenue $TE + T'o + m + Ko$ à la place de la donnée TE dans le bloc correspondant en réponse au signal de commande (DIF).
- 9 - Instrument de musique électronique caractérisé en ce qu'il comporte au moins un synthétiseur numérique selon l'une des revendications
15 précédentes, et des moyens de commande dudit synthétiseur.



PL II, 3



PL III, 3

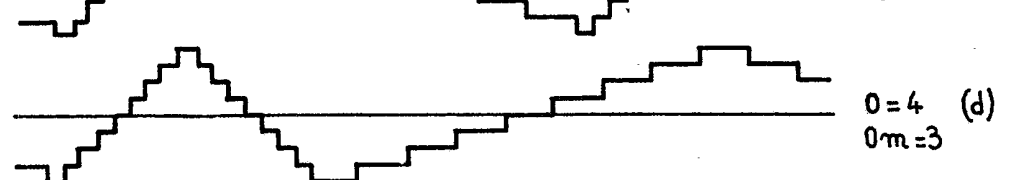
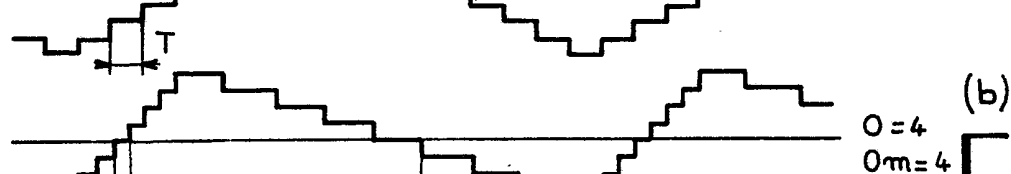
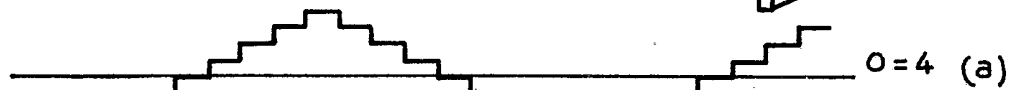
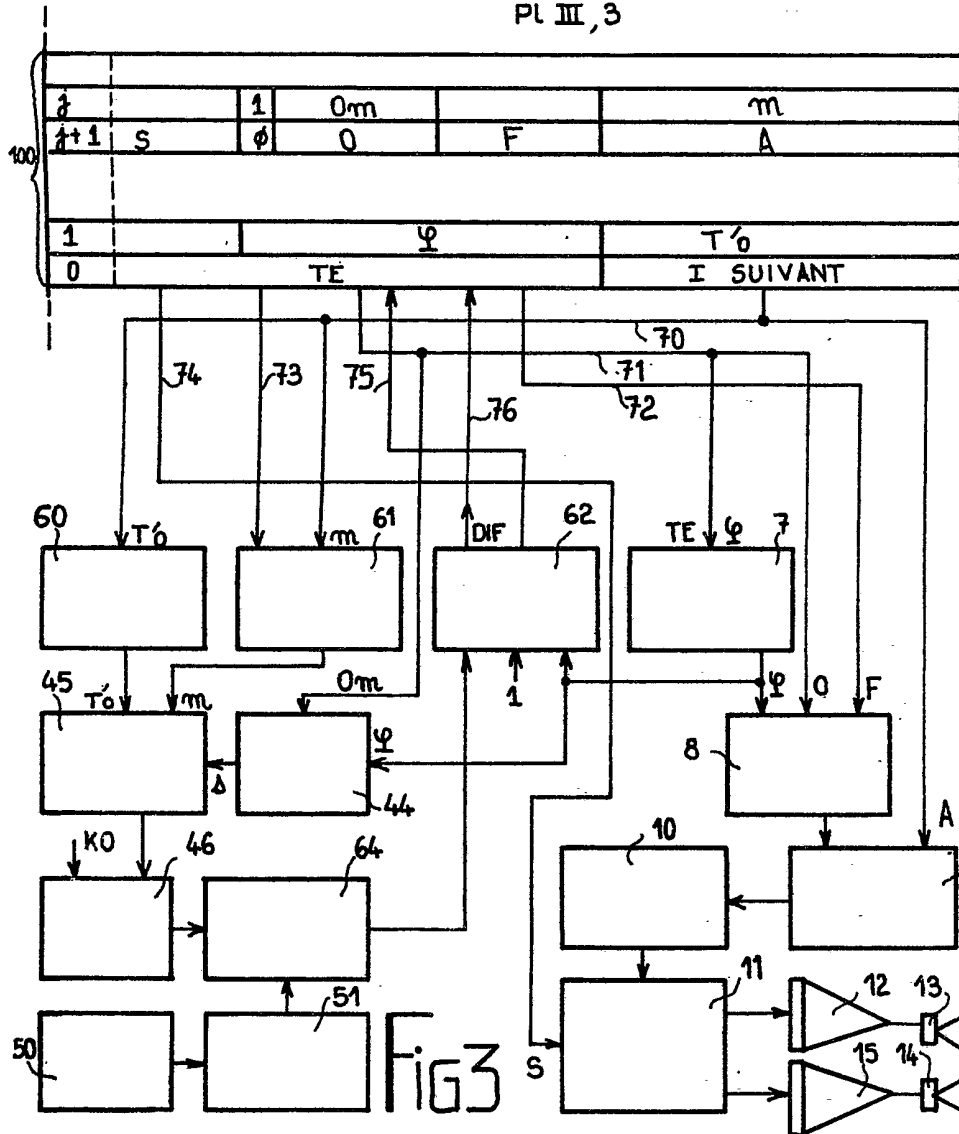


Fig 4