

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 802 520 A1

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:

22.10.1997 Bulletin 1997/43

(51) Int Cl. 6: G10H 1/00

(21) Numéro de dépôt: 97400837.7

(22) Date de dépôt: 14.04.1997

(84) Etats contractants désignés:
DE GB

(30) Priorité: 16.04.1996 FR 9604724

(71) Demandeur: FRANCE TELECOM
75015 Paris (FR)

(72) Inventeurs:
• Assayag, Gérard
93310 Le Pre Saint Gervais (FR)

• Bloch, Georges
75005 Paris (FR)

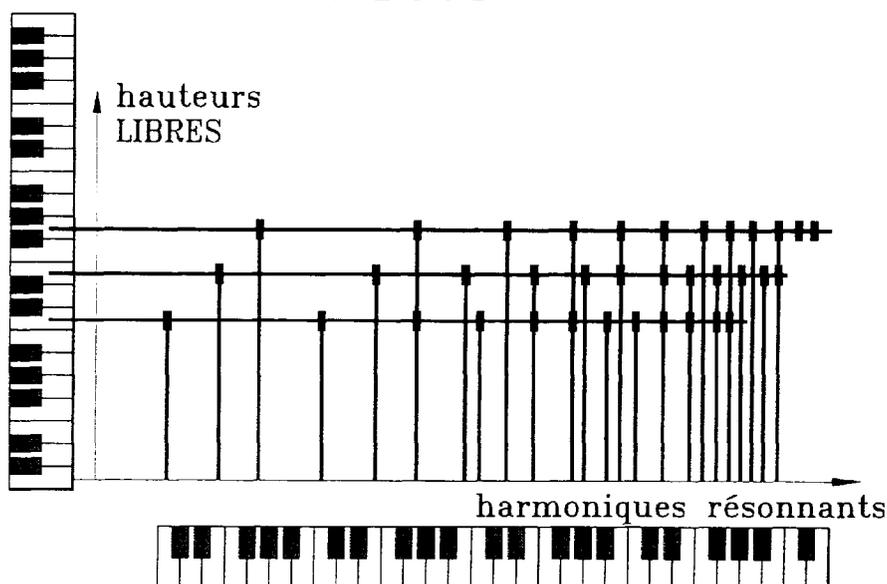
(74) Mandataire: Signore, Robert
c/o SOCIETE DE PROTECTION DES
INVENTIONS
25, rue de Ponthieu
75008 Paris (FR)

(54) Procédé de simulation de résonances sympathiques sur un instrument de musique électronique

(57) Procédé et dispositif de simulation de résonances sympathiques pour un instrument de musique électronique. Conformément à l'invention, lors du jeu de notes libres et de notes excitées, on met à jour une première liste (26) de notes libres et leurs harmoniques, on met à jour une deuxième liste (28) de notes excitées et leurs harmoniques, pour chaque déclenchement de note libre, on recherche, pour chaque harmonique de la

dite note libre au moins une harmonique identique d'une note de la deuxième liste (28), et on commande le jeu d'une note dite sympathique à la hauteur de chaque harmonique identique, et pour chaque déclenchement de note excitée, on recherche, pour chaque harmonique de ladite note excitée, au moins une harmonique identique d'une note libre de la première liste (26), et on commande le jeu d'une note dite sympathique à la hauteur de chaque harmonique identique.

FIG. 3



EP 0 802 520 A1

Description

Domaine technique

La présente invention concerne un procédé de simulation de résonances sympathiques sur un instrument de musique électronique.

L'invention trouve des applications pour tout instrument de musique électronique pouvant recevoir des commandes de déclenchement ou de relâchement de notes, soit directement, soit par l'intermédiaire d'une interface telle qu'une interface instrumentale aux normes MIDI, par exemple.

Elle s'applique en particulier à tout pianoforte synthétique tel qu'un piano numérique, un échantillonneur ou un synthétiseur musical.

Etat de la technique antérieure

Les phénomènes de résonances sympathiques se manifestent en particulier sur les instruments à cordes.

Sur ces instruments, les cordes peuvent occuper plusieurs états. Elles peuvent plus précisément être excitées, c'est-à-dire sollicitées par le musicien, étouffées, c'est-à-dire retenues pour éviter leur vibration, ou encore libres, c'est-à-dire libres de résonner.

Lorsqu'une corde est libre, elle est susceptible de vibrer selon l'un de ses modes de vibration correspondant à une harmonique. Au sens de la présente invention, on entend par harmonique d'une corde, et, par extension, d'une note d'un instrument quelconque, aussi bien l'harmonique fondamentale correspondant au mode de vibration de fréquence la plus basse de la corde que les harmoniques de rang supérieures correspondant à des modes de vibration à une fréquence plus élevée.

Lorsqu'une corde libre d'un instrument de musique se trouve à proximité d'une corde vibrante, c'est-à-dire excitée par le musicien, et que les deux cordes ont des modes de vibration communs, c'est-à-dire des harmoniques de hauteur identique, la corde libre a tendance à vibrer par sympathie avec la corde excitée.

Ce phénomène désigné par "résonance sympathique" est particulièrement important dans des instruments tels que le sitar, le théorbe ou la viole d'amour. Ces instruments comportent des cordes dont on peut changer la hauteur de son en jouant, et des cordes à vide résonnant par sympathie avec celles-ci.

La résonance sympathique a lieu également dans un piano dans lequel les cordes libres, correspondant, par exemple, aux touches enfoncées, vibrent par sympathie avec l'harmonie d'autres cordes.

On peut noter à ce sujet que le phénomène de sympathie dans un instrument à cordes ne nécessite pas forcément que l'excitation provienne d'une corde par l'actionnement d'une touche du clavier. Par exemple, lorsqu'on appuie sur la pédale d'un piano et que l'on crie "Beethoven" dans le piano ouvert, comme dans une

composition de Pauline Oliveras, c'est la voix qui provoque la résonance sympathique des cordes.

Les instruments électroniques ne disposent pas de cordes susceptibles de résonner et ne produisent ainsi que la note correspondant à une touche enfoncée ou à une commande électronique comprenant un code de déclenchement de ladite note.

Lorsque l'instrument électronique emprunte le timbre d'un instrument à cordes, le son produit correspond à la vibration des cordes selon leurs harmoniques fondamentales. Chaque note jouée par le musicien est indépendante des autres notes jouées simultanément sur l'instrument électronique.

Il en résulte que les instruments électroniques connus ne peuvent pas restituer la coloration sonore de la résonance sympathique des instruments acoustiques dont ils empruntent le timbre.

De plus, dans certaines oeuvres, notamment pour piano, des touches sont enfoncées silencieusement pour libérer des cordes et provoquer volontairement une résonance sympathique avec ces cordes. Ces oeuvres, parmi lesquelles on compte le Carnaval de Vienne de Schumann, l'Opus 11, n°3 de Schoenberg ou des Etudes de Ligeti, ne peuvent par conséquent pas être correctement interprétées sur les instruments de musique électroniques connus.

Les instruments électroniques ne permettent pas non plus d'obtenir des effets acoustiques tels que ceux résultant d'une excitation par la voix d'un instrument tel que le piano, comme indiqué précédemment.

La présente invention a pour but de proposer un procédé de simulation perfectionné permettant de reproduire de façon réaliste les résonances sympathiques des instruments à cordes, et en particulier du piano, par un instrument électronique.

L'invention a également pour but d'apporter une solution aux problèmes d'autorésonance qui risquent de découler de la sympathie.

Un autre but de l'invention est de permettre la création d'effets de résonance sympathique sur des instruments de musique électroniques utilisant des timbres autres que ceux des instruments acoustiques à cordes.

Un but de l'invention est aussi de proposer un procédé de simulation des résonances sympathiques permettant des effets sonores tels que ceux obtenus en excitant les cordes d'un piano acoustique par la voix ou par un autre instrument.

Un autre but encore de l'invention est son utilisation comme commande d'un procédé de synthèse qui tienne compte du contexte de l'instrument (c'est-à-dire des notes qui sont en train de résonner, d'être excitées, d'être libres).

Exposé de l'invention

Pour atteindre les buts mentionnés ci-dessus, l'invention a plus précisément pour objet un procédé de simulation de résonances sympathiques pour au moins

un instrument de musique électronique apte à générer des sons pour un ensemble de notes et apte à recevoir des commandes de déclenchement ou de relâchement de notes dites excitées et/ou libres, dans lequel :

- on met à jour au moins une première liste de notes libres et on associe à chaque note libre des harmoniques de ladite note libre, la première liste étant notamment mise à jour lors de chaque déclenchement et chaque relâchement de note libre,
- on met à jour une deuxième liste de notes excitées et on associe à chaque note excitée des harmoniques de ladite note excitée, la deuxième liste étant notamment mise à jour lors de chaque déclenchement et chaque relâchement de note excitée,
- pour chaque déclenchement de note libre, on recherche, pour chaque harmonique de ladite note libre, au moins une harmonique identique d'une note de la deuxième liste, différente de ladite note libre, et on commande le jeu d'une note dite sympathique à la hauteur de chaque harmonique identique, et
- pour chaque déclenchement de note excitée, on recherche, pour chaque harmonique de ladite note excitée au moins une harmonique identique d'une note libre de la première liste, différente de ladite note excitée, et on commande le jeu d'une note dite de base à la hauteur d'une harmonique fondamentale de ladite note excitée et d'une note dite sympathique à la hauteur de chaque harmonique identique.

Les termes "note excitée" et "note libre" s'entendent par rapport à un jeu sur un clavier avec des touches comparables à celles d'un piano, ou tout autre interface permettant des commandes similaires.

De façon plus précise, on considère qu'une note est excitée lorsque la touche correspondante du clavier est enfoncée avec une vitesse supérieure à une vitesse prédéterminée. Ceci correspond, par analogie, à une frappe suffisamment puissante d'une touche d'un piano acoustique pour provoquer une impulsion du marteau correspondant sur la ou les corde(s) associée(s). Une note excitée peut aussi être comparée au pincement d'une corde d'une guitare avec un plectre, ou encore au frottement d'un archet sur la corde d'un violoncelle.

On considère qu'une note jouée est libre lorsque la touche correspondante du clavier est enfoncée avec une vitesse inférieure à la vitesse prédéterminée.

A titre de comparaison avec un piano acoustique, ceci correspond à un enfoncement mou d'une touche, provoquant le retrait du feutre étouffoir, sans impulsion active du marteau.

Dans la mise en oeuvre du procédé de l'invention, les commandes de déclenchement ou de relâchement des notes libres ou excitées peuvent provenir par exemple d'un clavier de type MIDI sensible à la vitesse d'attaque des touches ou d'un séquenceur MIDI approprié.

Dans le cas de la simulation de résonances sym-

pathiques d'un piano, on considère que toute note excitée est également une note libre. En effet, dans un piano acoustique la frappe d'une touche provoque non seulement une impulsion du marteau mais aussi le retrait du feutre étouffoir de la (des) corde(s) correspondante(s).

Ainsi, pour la simulation des résonances sympathiques d'un piano, lors d'une commande d'une note excitée, on met à jour à la fois les première et deuxième listes en y ajoutant cette note. Les première et deuxième listes sont également mises à jour lors de commandes de relâchement des notes libres ou excitées.

Lors du déclenchement d'une note excitée il convient de ne pas produire de résonance sympathique entre les harmoniques de cette note excitée et les harmoniques de la même note, considérée comme note libre. Pour cette raison, on cherche des harmoniques identiques de notes libres différentes de la note excitée, dans la première liste. De la même façon on cherche des harmoniques identiques de notes excitées différentes de la note libre, dans la deuxième liste. Ceci permet d'éviter le phénomène dit d'autorésonance.

Pour respecter cette contrainte, une possibilité consiste à vérifier systématiquement pour chaque note excitée et pour chaque note libre considérée et présentant une harmonique identique, que les deux notes sont bien différentes.

Une autre possibilité consiste, lors d'une commande d'une note excitée (et également libre) à mettre d'abord à jour la deuxième liste avec la note excitée puis, après avoir cherché des notes avec une harmonique identique dans la première liste et commandé le jeu d'éventuelles notes sympathiques correspondantes, à mettre enfin à jour la première liste avec la note libre. Ceci permet de faire l'économie d'un test d'autorésonance, puisque la note excitée n'est pas immédiatement considérée comme libre, et ne figure donc pas dans la première liste pendant la recherche d'harmoniques communes.

Ainsi, lorsqu'on recherche des harmoniques identiques à celles d'une note de la première liste, la note libre correspondant à la note excitée n'y figure pas encore. Par contre, lorsque l'on ajoute cette note dans la première liste et qu'on recherche dans la deuxième liste les hauteurs harmoniques identiques, il est nécessaire de vérifier qu'elles ne proviennent pas de la même note.

Selon un aspect particulier de l'invention, on peut commander le jeu de chaque note de base et de chaque note sympathique avec un volume évoluant dans le temps à partir d'un instant défini par le déclenchement de ladite note, selon une enveloppe prédéterminée modifiable par l'utilisateur.

Dans le cas d'un instrument électronique empruntant le timbre du piano, l'enveloppe présente une décroissance exponentielle après avoir atteint le volume maximal.

La décroissance et plus généralement la forme de l'enveloppe peuvent dépendre également de la hauteur

de la note jouée.

Selon un exemple du contrôle du volume des notes, lorsqu'une note est excitée, le volume de la note de base correspondante $V_b(t)$ peut être de la forme

$$V_b(t) = V_0 \cdot e^{-t},$$

où t est le temps écoulé depuis l'instant d'excitation et V_0 la puissance ou vélocité de la note jouée. On peut soit, si l'appareil permet un volume variable, augmenter le volume de la note sympathique de manière correspondant à la contribution de chaque note libre, soit, ce qui est plus réaliste mais coûte plus cher en voix de polyphonie, déclencher une nouvelle note sympathique de même hauteur pour chaque note libre.

Dans le cas où l'instrument électronique emprunte le timbre d'un instrument pour lequel le son n'est pas déclenché, mais continu, comme les instruments à cordes joués avec un archet, le volume $V_b(t)$ est préférentiellement ajusté, non pas en fonction d'une enveloppe, mais en fonction de commandes provenant de l'interface instrumentale.

Ces commandes tiennent alors compte de variations de l'excitation de la note excitée. ces variations proviennent de nuances du jeu, de "coups d'archet", etc.

Le jeu d'une note sympathique peut être déclenché avec un volume :

$$V_S(t) = V_b(t) \times P_{he} \times P_{hf}$$

où P_{he} et P_{hf} sont respectivement les potentiels de l'harmonique correspondante de la note excitée et de la note libre. Les potentiels d'une harmonique sont compris comme le rapport du volume de ladite harmonique sur l'harmonique fondamentale.

Les potentiels des harmoniques de chaque note sont des valeurs prédéterminées qui peuvent être stockées dans une mémoire de l'instrument ou du système de simulation.

Lorsqu'une note sympathique est déclenchée plusieurs fois à partir de notes libres différentes, pour lesquelles sa hauteur correspond à des harmoniques de rang différent, le volume de cette note sympathique peut être la somme de plusieurs contributions correspondant aux différentes notes libres.

Dans le premier cas, à titre d'exemple, le volume est alors

$$V_S(t) = V_b(t) \times P_{he} \times \sum_{i=1}^n P_{hli},$$

où P_{hli} est le potentiel de l'harmonique correspondant à la i ème note libre prise parmi n notes libres au total,

auxquelles correspond la note sympathique.

Conformément à un autre aspect de l'invention, il est aussi possible de suspendre le jeu d'une note de base lorsque le volume $V_b(t)$ devient inférieur à une valeur prédéterminée. De même, il est possible de suspendre le jeu d'une note sympathique lorsque son volume est inférieur à une valeur prédéterminée. Lorsque le nombre de notes libres et excitées devient important, on peut limiter le nombre de notes sympathiques en augmentant cette valeur prédéterminée.

Lorsqu'une note sympathique ne correspond qu'à l'harmonique d'une seule note libre, le jeu de la note sympathique est arrêté dès la commande de relâchement de la note libre correspondante. Ceci est toujours le cas si on n'utilise pas le volume variable.

Dans l'autre cas, comme indiqué précédemment, chaque note sympathique jouée peut correspondre à plusieurs notes libres différentes. La hauteur de note sympathique correspond alors à des harmoniques de rang différent des différentes notes libres. Dans ce cas, il est possible de n'arrêter le jeu de la note sympathique que lorsque toutes les notes libres ne le sont plus, c'est-à-dire après une commande de relâchement de toutes les notes libres. Lorsque seulement quelques notes libres sont "relâchées", le jeu de la note sympathique peut être effectué avec un volume diminué en conséquence.

De façon plus précise, le volume peut être diminué en fonction du potentiel des harmoniques des notes libres relâchées correspondant à la hauteur de la note sympathique jouée. Ceci correspond à éliminer dans l'expression de $V_S(t)$ les termes P_{hli} correspondant aux harmoniques des notes libres relâchées.

Selon une application particulière du procédé de l'invention, on peut diriger les commandes du jeu des notes de base et des notes sympathiques vers une même voie de polyphonie d'un unique instrument de musique électronique, c'est-à-dire d'un unique synthétiseur, échantillonneur ou émulateur sonore électronique.

Dans ce cas, les notes sympathiques résonnent en empruntant le même timbre que les notes de base.

Selon une variante, on peut aussi diriger les commandes du jeu des notes de base et, respectivement, des notes sympathiques vers des instruments différents, ou à des voies de polyphonie différentes d'un instrument.

Dans ce cas, le timbre et/ou éventuellement l'enveloppe des notes sympathiques peuvent être différents de ceux des notes de base. C'est le cas dans la réalité acoustique (le son de résonance sympathique d'un piano a une attaque différente du son d'une note excitée). Mais cette caractéristique permet de créer des effets sonores originaux. Il est par exemple possible de créer une résonance sympathique avec le timbre d'une clarinette pour des notes jouées avec un timbre de piano.

Il est aussi possible de créer des résonances sympathiques pour des timbres d'instruments qui dans leur forme acoustique ne présentent pas naturellement le

phénomène de résonance sympathique, comme la plupart des instruments à vent.

Dans une mise en oeuvre particulière du procédé de l'invention, adaptée en particulier à la reproduction électronique des sonorités d'un piano acoustique, on simule, en plus de la simulation de résonance sympathique à partir de notes jouées libres, désignée par première résonance dans la suite de la description, une seconde résonance sympathique correspondant à un déclenchement dit de pédale.

La seconde résonance sympathique est simulée à partir du déclenchement comme note libre de l'ensemble des notes pour lesquelles l'instrument est apte à générer des sons.

A titre d'exemple, pour simuler la seconde résonance on recherche pour chaque harmonique de chaque note excitée, des harmoniques identiques parmi les harmoniques de l'ensemble de notes pour lequel l'instrument est apte à générer des sons, différentes de la note excitée, et on commande le jeu d'une note sympathique à la hauteur de chacune des dites harmoniques identiques.

La seconde résonance sympathique de pédale ne se substitue pas à la première résonance mais y est, au moins en partie ajoutée.

Dans la suite du texte, afin de distinguer les notes sympathiques provenant de notes libres jouées, par exemple, sur un clavier, et les notes sympathiques provenant d'un déclenchement de pédale, celles-ci sont respectivement désignées par notes sympathiques de première résonance et notes sympathiques de seconde résonance.

Le volume des notes sympathiques de première et de seconde résonances peut être choisi proportionnel à la hauteur des notes, et aux potentiels harmoniques, de la façon exposée ci-dessus. Cependant, le volume respectif des notes sympathiques de première et de seconde résonances peut également être pondéré en fonction d'un degré ou d'une intensité de déclenchement de la commande de pédale. Par exemple, le volume des notes sympathiques de seconde résonance peut être augmenté au détriment des notes sympathiques de première résonance, pour un enfoncement croissant d'une pédale ou d'une commande d'une interface instrumentale comparable à la pédale (droite) d'un piano, et réciproquement. Ceci permet des effets de demi-pédale irréalisables sur les instruments synthétiques actuels.

L'invention concerne également un dispositif de simulation de résonance sympathique pour un instrument de musique électronique comprenant :

- au moins une entrée apte à recevoir des signaux de commande de déclenchement et de relâchement de notes jouées excitées et/ou libres,
- des moyens de mise à jour dans une mémoire d'une première et d'une deuxième liste de notes libres et excitées, et des moyens d'association à ces notes

d'harmoniques qui leur correspondent, les moyens de mise à jour étant aptes à ajouter, respectivement à retirer, de la première liste les notes libres lors d'une commande de déclenchement, respectivement de relâchement d'une note libre, et aptes à ajouter, respectivement à retirer de la deuxième liste les notes excitées, lors d'une commande de déclenchement, respectivement de relâchement, d'une note excitée,

- 5
- 10 - des moyens pour rechercher lors de chaque déclenchement de note libre, et pour chaque harmonique de la note libre, au moins une harmonique identique d'une note différente dans la deuxième liste et pour rechercher, lors de chaque déclenchement d'une note excitée, et pour chaque harmonique de la note excitée, au moins une harmonique identique d'une note différente de la première liste,
- 15 - un générateur de signaux de commande pour le jeu d'une note dite de base correspondant à la hauteur d'une harmonique fondamentale de chaque note excitée et d'une note dite sympathique correspondant à la hauteur de chaque harmonique identique.
- 20

Selon une réalisation particulière des moyens d'association des harmoniques aux notes libres et excitées, ceux-ci peuvent comporter dans une mémoire un tableau de correspondance entre chaque note de l'instrument de musique électronique, et un ensemble d'harmoniques associé à chaque note.

Le tableau peut comporter outre les harmoniques de chaque note, également les potentiels de chaque harmonique. Le potentiel d'une harmonique, tel que défini précédemment, est compris comme un facteur caractérisant le volume auquel doit être jouée une note sympathique correspondant à la hauteur de l'harmonique. Ce potentiel peut dépendre non seulement de la hauteur de la note, mais aussi du rang de l'harmonique de la note.

Selon une autre réalisation des moyens d'association des harmoniques aux notes libres et excitées, ceux-ci peuvent comporter un logiciel de calcul des harmoniques, et éventuellement de leurs potentiels.

Les moyens de mise à jour des première et deuxième listes peuvent également comporter un logiciel.

Les moyens pour rechercher des harmoniques identiques dans les listes peuvent être des moyens informatiques à pointeur fonctionnant également selon un logiciel de recherche utilisant des optimisations classiques pour ce type de données.

Selon un aspect de l'invention, le dispositif de simulation de résonance sympathiques peut comporter des moyens de mise à jour d'une seconde première liste contenant un ensemble de toutes les notes libres possible de l'instrument.

Les moyens pour rechercher des harmoniques communes sont alors en outre aptes à rechercher lors de chaque déclenchement d'une note excitée et pour chaque harmonique de la note excitée, au moins une

harmonique identique d'une note différente de la note excitée dans la seconde première liste pour commander des notes sympathiques correspondantes.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront de la description qui va suivre, en référence aux figures des dessins annexés, donnée à titre purement illustratif et non limitatif.

Brève description des figures

- La figure 1 est une vue schématique simplifiée d'un dispositif pour la mise en oeuvre de l'invention.
- La figure 2 est un graphique montrant des harmoniques d'une note : le Do(C), et leurs potentiels respectifs.
- La figure 3 est un graphique indiquant un exemple de correspondances entre des notes jouées libres Do, Mi et Sol (C, E, G) et les harmoniques associées.

Description détaillée de modes particuliers de mise en oeuvre de l'invention

La figure 1 montre de façon très schématique un dispositif 10 de simulation de résonances sympathiques conforme à l'invention.

Le dispositif de simulation 10 comprend une entrée 16 recevant des commandes fournies soit par le clavier numérique 12, soit par une interface de pédale 18, soit par un système à commande vocale ou instrumentale 20 décrit plus loin.

Le clavier numérique 12 est relié au dispositif 10 par l'intermédiaire d'un câble 14 apte à véhiculer des signaux aux normes MIDI correspondant notamment à des commandes de déclenchement et de relâchement de notes qu'un instrumentiste joue sur le clavier. Les signaux comportent également, pour chaque note jouée, une information concernant la vélocité d'attaque de la touche correspondante du clavier.

L'entrée 16 permet de trier les commandes de déclenchement en provenance du clavier 12 en fonction des informations de vélocité et distinguer ainsi les notes libres des notes excitées.

Une note est considérée comme libre dès lors que la touche correspondante du clavier est maintenue enfoncée, et quelle que soit la vélocité d'attaque exercée sur la touche par l'instrumentiste.

Une note est considérée également comme excitée lorsque la touche est enfoncée avec une vélocité supérieure à une valeur prédéterminée, qui peut éventuellement être un paramètre du dispositif 10 ajustable par l'instrumentiste.

Dans l'exemple décrit ici, les commandes de déclenchement de notes excitées fournies par le clavier 12 sont nécessairement des commandes de déclenchement de notes libres également.

L'actionnement de la pédale 18 permet de fournir à l'entrée 16 du dispositif 10 une commande correspon-

dant au déclenchement de toutes les notes de l'instrument électronique considérées comme notes libres.

Le traitement de cette commande par le dispositif de simulation est détaillé dans la suite de la description.

5 Le système 20 à commande vocale ou instrumentale comporte un microphone 22 et un convertisseur 24 apte à convertir le signal du microphone en commandes de type MIDI. Ces commandes sont reconnues par l'entrée 16 comme des commandes de notes excitées (et non comme notes libres) . Cet arrangement permet de simuler des effets sonores semblables à ceux obtenus en excitant les cordes libres d'un piano acoustique par la voix, comme exposé dans la partie introductive de la présente description. Le dispositif comporte alors une table ou une formule permettant de déterminer le potentiel harmonique correspondant, pour chaque hauteur, à la voix ou l'instrument captés par le microphone. De plus, les excitations de résonances sympathiques par la voix peuvent être réalisées pour des timbres autres que celui du piano si l'instrument de musique électronique le permet.

20 L'usage combiné du clavier 12 et du système 20 permet de définir, par exemple, les notes libres exclusivement au clavier et les notes excitées par le système 20.

25 Les notes libres et les notes excitées sont utilisées pour mettre à jour une liste 26 de notes libres et une liste 28 de notes excitées. Les notes libres et excitées sont ajoutées aux listes 26 et 28 lors de leur déclenchement, et en sont retirées lors de leur relâchement sur le clavier.

Des harmoniques de chaque note ainsi que le potentiel harmonique de ces harmoniques sont associés à chaque note libre ou excitée.

35 La figure 2 donne une illustration d'un ensemble d'harmoniques et de leurs potentiels associés à une note qui, en l'occurrence, est un DO (C).

Par analogie avec un instrument acoustique à cordes, les harmoniques correspondent aux modes de vibration d'une corde correspondant à la note libre ou excitée.

40 Sur un axe horizontal sont repérées les harmoniques H du DO (C) en fonction de leur hauteur. Les hauteurs vont des graves vers les aigus en lisant la figure de gauche à droite.

45 Des bâtonnets associés à chaque harmonique ont une hauteur proportionnelle au potentiel de chaque harmonique. Ceci correspond, toujours par analogie avec un instrument acoustique, à l'amplitude du mode de vibration d'une corde selon chacune de ses harmoniques.

50 La note hure ou excitée est le DO(C) qui correspond à l'harmonique fondamentale avec le potentiel le plus élevé.

55 Les harmoniques suivantes représentées sur la figure 2 sont :

- le do(C) à l'octave,
- le sol(G) à l'octave,

- le do(C) de la deuxième octave,
- le mi(E) de la deuxième octave,
- le sol(G) de la deuxième octave,
- le Sib(Bb) de la deuxième octave,
- le do(C) de la troisième octave,
- le ré(D) de la troisième octave,
- le mi(E) de la troisième octave,
- le fa# (F#) de la troisième octave, et
- le sol (G) de la troisième octave.

La figure 3 montre, à titre d'exemple un ensemble harmoniques associées à trois notes libres correspondant à un accord de DO(C) déclenché sur le clavier 12 (Fig. 1).

Sur la figure 3 les notes libres sont reportées en ordonnées en fonction de leur hauteur. Les harmoniques de ces notes libres sont reportées en abscisse. Des points représentent la correspondance entre les notes libres et leur harmoniques.

Pour simplifier la lecture des hauteurs des notes et de leurs harmoniques celles-ci sont schématiquement représentées par des touches d'un clavier commençant par DO et dont la succession est : DO, DO#, RE, RE#, MI, FA, FA, #SOL, SOL#, LA, LA#, SI, DO, (C,C#,D,D#, E,F,F#,G,G#,A,A#,B,C)

Comme cela apparaît sur la figure 3, les notes libres permettent de définir un tableau à deux dimensions comportant d'une part les hauteurs des notes libres, et éventuellement l'instant de leur déclenchement, et d'autre part les hauteurs harmoniques correspondantes.

Le procédé de l'invention peut prendre en compte l'ensemble des harmoniques d'une note ou seulement un nombre limité d'harmoniques ayant les potentiels harmoniques les plus élevés.

La référence 30 de la figure 1 correspond à une mémoire contenant un ensemble d'harmoniques et les potentiels harmoniques correspondants de toutes les notes qu'il est possible de jouer sur l'instrument électronique, ou à un calculateur capable de calculer les harmoniques et leurs potentiels à partir de la hauteur de la note libre ou excitée.

A titre indicatif, ce calcul peut être effectué en tenant compte de valeurs de sensibilité de chaque fréquence harmonique par rapport à l'harmonique fondamentale, ces valeurs étant stockées dans un tableau d'une mémoire, et en effectuant une pondération du potentiel harmonique, à partir de cette sensibilité et de la hauteur de la note libre (ou excitée) considérée.

Un système 32 à calculateur pouvant fonctionner selon un algorithme programmé, permet, à partir des première et deuxième listes, de déterminer les notes sympathiques que doit jouer l'instrument pour simuler la résonance sympathique. Il effectue deux types de calcul, soit en cas de nouvelle note libre, soit en cas de nouvelle note excitée.

Le premier calcul effectué par le système 32 permet de rechercher lors de chaque déclenchement d'une no-

te excitée, et pour chaque harmonique de cette note une ou plusieurs harmoniques qui sont identiques à des harmoniques de toutes les notes libres de la première liste, différentes de la note excitée.

5 De même, lors de chaque déclenchement de note libre et pour chaque harmonique de la note libre, le système 32 permet de rechercher une ou plusieurs harmoniques identiques de notes excitées différentes de la note libre, dans la deuxième liste.

10 Les harmoniques et leurs potentiels par rapport aux notes libres et excitées auxquelles elles correspondent, sont stockées avec la note libre dans une mémoire 34. Le système 32 transmet à un ou plusieurs générateurs sonores des commandes pour le jeu d'une note sympathique à la hauteur de chaque harmonique déterminée comme décrit ci-dessus.

15 De plus, le système 32 transmet également des commandes pour le jeu de notes de base correspondant aux hauteurs des harmoniques fondamentales des notes excitées.

20 Les notes de base correspondent aux notes qui seraient jouées en l'absence du dispositif de simulation de résonances sympathiques, c'est-à-dire si le clavier 12 était directement relié au générateur sonore.

25 Sur la figure 1, le système 30 est relié par des liaisons électriques à deux générateurs sonores 36 et 38 auxquels sont respectivement envoyés les commandes des notes sympathiques et des notes de base.

30 Le système 32 transmet également aux générateurs 36 et 38 des commandes correspondant au volume et éventuellement à l'enveloppe des notes 36 et 38. Les volumes pour le jeu des notes sympathiques et de base sont déterminés par le système 32 d'une des façons décrites précédemment soit avec un volume variable pour chaque hauteur harmonique, soit avec un déclenchement pour toute correspondance harmonique entre une note libre et une note excitée. Dans tous les cas, la vitesse dépend de la vitesse de la note excitée, des potentiels des harmoniques respectives des notes libres et excitées, et de la différence de temps entre l'instant d'excitation et le moment où la note est libre (déclenchement des notes libre et excitée correspondantes).

35 Afin d'illustrer le fonctionnement du système 32, on donne ci-dessous, de façon simplifiée un exemple d'étapes pour la simulation de résonances sympathiques correspondant à l'enfoncement sur le clavier 12, d'un Sol(G) et d'un Ré(D), le Sol(G) étant joué légèrement avant le Ré(D).

40 Le sol et le Ré sont joués avec une vitesse supérieure à une vitesse prédéterminée et on considère qu'ils correspondent à la fois à une note libre et à une note excitée.

45 Les hauteurs des notes et leur volume de départ sont indiquées avec des chiffres correspondant à la norme MIDI. On a dans l'ordre :

- le Sol(G) libre (pas d'excitation)

- (- mise à jour de la première liste),
- le Sol(G) excité
(- mise à jour de la deuxième liste)
 - déclenchement de la note de base
 - Sol : hauteur 55, volume 121
- le Ré(D) libre
(- mise à jour de la première liste)
 - déclenchement des notes sympathiques :
 - Ré : hauteur 74, volume 17 (résonance sympathique de l'octave du Ré),
 - Ré : hauteur 86, volume 2 (résonance sympathique de la deuxième octave du Ré),
- le Ré(D) excité
(- mise à jour de la deuxième liste)
 - déclenchement de la note de base
 - Ré : hauteur 62, volume 127
 - déclenchement des notes sympathiques par le Ré excité avec le Sol libre :
 - Ré : hauteur 74, volume 18
 - (3ème harmonique du Sol)
 - Ré : hauteur 86, volume 2
 - (6ème harmonique du Sol).

Lorsqu'on relâche d'abord le Ré (D), ceci provoque la commande d'arrêt

- de la note de base du Ré (62)
- des notes sympathiques dues au Ré libre : Ré 74, Ré 86.

Néanmoins, comme le Sol est toujours enfoncé, et bien que le Ré soit relâché, les notes sympathiques dues au Sol libre (Ré 74, Ré 86) demeurent. Les hauteurs 74 et 86 sont donc jouées avec un volume réduit.

Lorsque le Sol est enfin relâché, ceci provoque une commande d'arrêt

- de la note de base du Sol (55)
- des notes sympathiques dues au Sol libre : Ré 74, Ré 86.

Les enveloppes pour les notes de base et les notes sympathiques peuvent être identiques ou différentes.

Les générateurs sonores 36 et 38 peuvent également avoir des timbres identiques ou différents. Il s'agit par exemple de deux voix différentes d'un instrument électronique du type polyphonique ou de générateurs sonores d'instruments électroniques différents.

Les générateurs 36 et 38 sont reliés à un système de restitution sonore à haut-parleur 40 par l'intermédiaire de moyens d'amplification 42.

Afin de simuler plus précisément les résonances d'un piano acoustique, le système 32 peut aussi comporter un programme pour effectuer une seconde simulation de résonance sympathique avec toutes les harmoniques de toutes les notes libres disponibles de l'instrument, lorsque la pédale 18 est actionnée.

Ceci peut se faire par exemple en établissant une seconde première liste 26a avec toutes les notes libres possibles.

Les notes sympathiques correspondent alors aux harmoniques identiques des notes excitées avec l'une quelconque des harmoniques des notes libres.

Le système 32 dirige alors vers le générateur 36 des commandes à la fois de notes sympathiques de la première et de la seconde résonances, c'est-à-dire des notes sympathiques de résonance provenant des notes librés du clavier 12 et des notes sympathiques de résonance de la pédale 18.

Le volume des notes sympathiques de la première et de la seconde résonances, toujours défini comme décrit précédemment, est aussi pondéré par le degré d'enfoncement de la pédale 18. Pour cela un dispositif 32b établit une balance entre les première et deuxième résonances. Néanmoins, les deux résonances sont toujours commandées (même avec un volume nul), ce qui permet, en cas de relâchement de la pédale, d'entendre quand même la résonance sympathique des notes libres.

Lorsque la pédale est relâchée, les notes sympathiques de la première résonance sont jouées avec un volume maximum et les notes sympathiques de la seconde résonance sont jouées avec un volume nul.

A l'inverse, lorsque la pédale est pleinement enfoncée les notes sympathiques de la deuxième résonance sont jouées avec un volume maximum et les notes de la première résonance avec un volume nul ou quasi-nul.

Grâce à ces caractéristiques un jeu de piano acoustique peut être simulé avec beaucoup de réalisme. Il est possible aussi d'obtenir des effets sonores jusque là impossibles avec des instruments synthétiques. Notamment on peut obtenir des effets de demi-pédale, un son avec une faible demi-pédale constante comme dans les pianos du début du XIXe siècle. On peut aussi obtenir une résonance de pédale avec un timbre de clarinette, par exemple.

Revendications

1. Procédé de simulation de résonances sympathiques pour au moins un instrument de musique électronique apte à générer des sons pour un ensemble de notes et apte à recevoir des commandes de déclenchement ou de relâchement de notes dites excitées et/ou libres, dans lequel :

- on met à jour au moins une première liste (26) de notes libres et on associe à chaque note libre des harmoniques de ladite note libre, la première liste étant notamment mise à jour lors de chaque déclenchement et chaque relâchement de note libre, 5
 - on met à jour une deuxième liste (28) de notes excitées et on associe à chaque note excitée des harmoniques de ladite note excitée, la deuxième liste étant notamment mise à jour lors de chaque déclenchement et chaque relâchement de note excitée, 10
 - pour chaque déclenchement de note libre, on recherche, pour chaque harmonique de ladite note libre au moins une harmonique identique d'une note de la deuxième liste (28), différente de ladite note libre, et on commande le jeu d'une note dite sympathique à la hauteur de chaque harmonique identique, et 15
 - pour chaque déclenchement de note excitée, on recherche, pour chaque harmonique de ladite note excitée au moins une harmonique identique d'une note libre de la première liste (26), différente de ladite note excitée, et on commande le jeu d'une note dite de base à la hauteur d'une harmonique fondamentale de ladite note excitée et d'une note dite sympathique à la hauteur de chaque harmonique identique. 20
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'on commande le jeu de chaque note de base et de chaque note sympathique avec un volume évoluant dans le temps à partir d'un instant défini par le déclenchement de ladite note, selon une enveloppe prédéterminée. 25
 3. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que ladite enveloppe présente une décroissance temporelle suivant une enveloppe prédéterminée modifiable par l'utilisateur, dépendant d'une hauteur de chaque note de base, respectivement de chaque note sympathique. 30
 4. Procédé selon la revendication 1 à 2, caractérisé en ce qu'on commande le jeu de chaque note de base avec un volume V_b proportionnel à une puissance d'excitation de la note excitée correspondante. 35
 5. Procédé selon la revendication 4, caractérisé en ce qu'on commande le jeu de chaque note sympathique avec un volume proportionnel au volume V_b de la note excitée ayant une harmonique identique à celle d'une note libre, à la hauteur de la note sympathique. 40
 6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce qu'on commande le jeu de 45
- chaque note sympathique avec un volume proportionnel à un potentiel harmonique de l'harmonique de la note excitée correspondant à la hauteur de la note sympathique, et proportionnelle à un potentiel harmonique de l'harmonique d'au moins une corde libre correspondant à la hauteur de la note sympathique.
7. Procédé selon la revendication 6, caractérisé en ce qu'on commande le jeu de chaque note sympathique avec un volume dépendant de la différence de temps entre le déclenchement de la note libre et de déclenchement de la note excitée correspondantes. 50
 8. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce qu'on suspend le jeu d'une note de base lorsque son volume est inférieur à une valeur prédéterminée. 55
 9. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce qu'on suspend le jeu d'une note sympathique lorsque son volume est inférieur à une valeur prédéterminée.
 10. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce qu'on suspend le jeu d'une note sympathique lors d'une commande de relâchement de toutes les notes libres auxquelles est associée l'harmonique correspondant à la hauteur de la note sympathique.
 11. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que lors de chaque commande de relâchement d'une note excitée, respectivement libre, on met à jour les première et deuxième listes en retirant de ces listes ladite note libre.
 12. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que lors du déclenchement d'une note à la fois excitée et libre, on met d'abord à jour la deuxième liste, on recherche pour chaque harmonique de ladite note excitée au moins une harmonique identique d'une note libre de la première liste pour déclencher d'éventuelles notes sympathiques, puis seulement on met à jour la première liste.
 13. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'outre la simulation de résonance sympathique à partir du déclenchement de notes libres, dite première résonance, on simule une seconde résonance sympathique à partir d'un déclenchement comme note libre de l'ensemble de notes pour lequel l'instrument est apte à générer des sons, dit déclenchement de pédale.
 14. Procédé selon la revendication 13, caractérisé en ce que pour effectuer de la simulation de la seconde résonance sympathique on recherche pour chaque

- harmonique de chaque note excitée, des harmoniques identiques parmi les harmoniques de l'ensemble de notes pour lequel l'instrument est apte à générer des sons, différentes de la note excitée, et on commande le jeu d'une note sympathique à la hauteur de chacune desdites harmoniques identiques. 5
- 15.** Procédé selon la revendication 14, caractérisé en ce qu'on commande les notes sympathiques de la première résonance et les notes sympathiques de la seconde résonance avec un volume pondéré en fonction d'un degré de déclenchement de pédale. 10
- 16.** Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'on fournit les commandes de déclenchement et de relâchement des notes libres et des notes excitées sur une unique interface instrumentale. 15
- 17.** Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'on fournit les commandes de déclenchement des notes libres et des notes excitées respectivement sur des interfaces instrumentales différentes. 20
- 18.** Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'on fournit un déclenchement de pédale par l'actionnement d'une interface de commande dite "pédale". 25
- 19.** Dispositif de simulation de résonances sympathiques pour un instrument de musique électronique comprenant :
- au moins une entrée (16) apte à recevoir des signaux de commande de déclenchement et de relâchement de notes jouées excitées et/ou libres, 35
 - des moyens de mise à jour dans une mémoire d'une première (26) et d'une deuxième (28) liste de notes libres et excitées, et des moyens (30) d'association à ces notes d'harmoniques qui leur correspondent, les moyens de mise à jour étant aptes à ajouter, respectivement à retirer, de la première liste les notes libres lors d'une commande de déclenchement, respectivement de relâchement, d'une note libre, et aptes à ajouter, respectivement à retirer, de la deuxième liste les notes excitées, lors d'une commande de déclenchement, respectivement de relâchement, d'une note excitée, 40 45
 - des moyens (32) pour rechercher lors de chaque déclenchement de note libre, et pour chaque harmonique de la note libre, au moins une harmonique identique d'une note différente de ladite note libre, dans la deuxième liste et pour rechercher, lors de chaque déclenchement d'une note excitée, et pour chaque harmonique de la note excitée, au moins une harmonique identique d'une note différente de la note exci- 50 55
- tée, dans la première liste,
- un générateur (32) de signaux de commande pour le jeu d'une note dite de base correspondant à la hauteur d'une harmonique fondamentale de chaque note excitée et d'une note dite sympathique correspondant à la hauteur de chaque harmonique identique.
- 20.** Dispositif selon la revendication 19, caractérisé en ce que les moyens (30) d'association des harmoniques aux notes libres et excitées comportent dans une mémoire un tableau de correspondance entre chaque note d'un ensemble de notes pour lequel l'instrument de musique électronique est apte à générer un son, et un ensemble d'harmoniques associé à chacune de ces notes.
- 21.** Dispositif selon la revendication 19, caractérisé en ce que les moyens d'association des harmoniques aux notes libres et excitées comportent un logiciel de calcul d'harmoniques.
- 22.** Dispositif selon la revendication 19, caractérisé en ce qu'il comporte des moyens de mise à jour d'une seconde première liste (26a) contenant un ensemble de toutes les notes libres possibles de l'instrument, et en ce que les moyens (32) de recherche d'harmoniques sont en outre aptes à rechercher lors de chaque déclenchement d'une note excitée, et pour chaque harmonique de la note excitée, au moins une harmonique identique d'une note différente de la note excitée dans la seconde première liste (26a) pour commander des notes sympathiques correspondantes.

FIG. 1

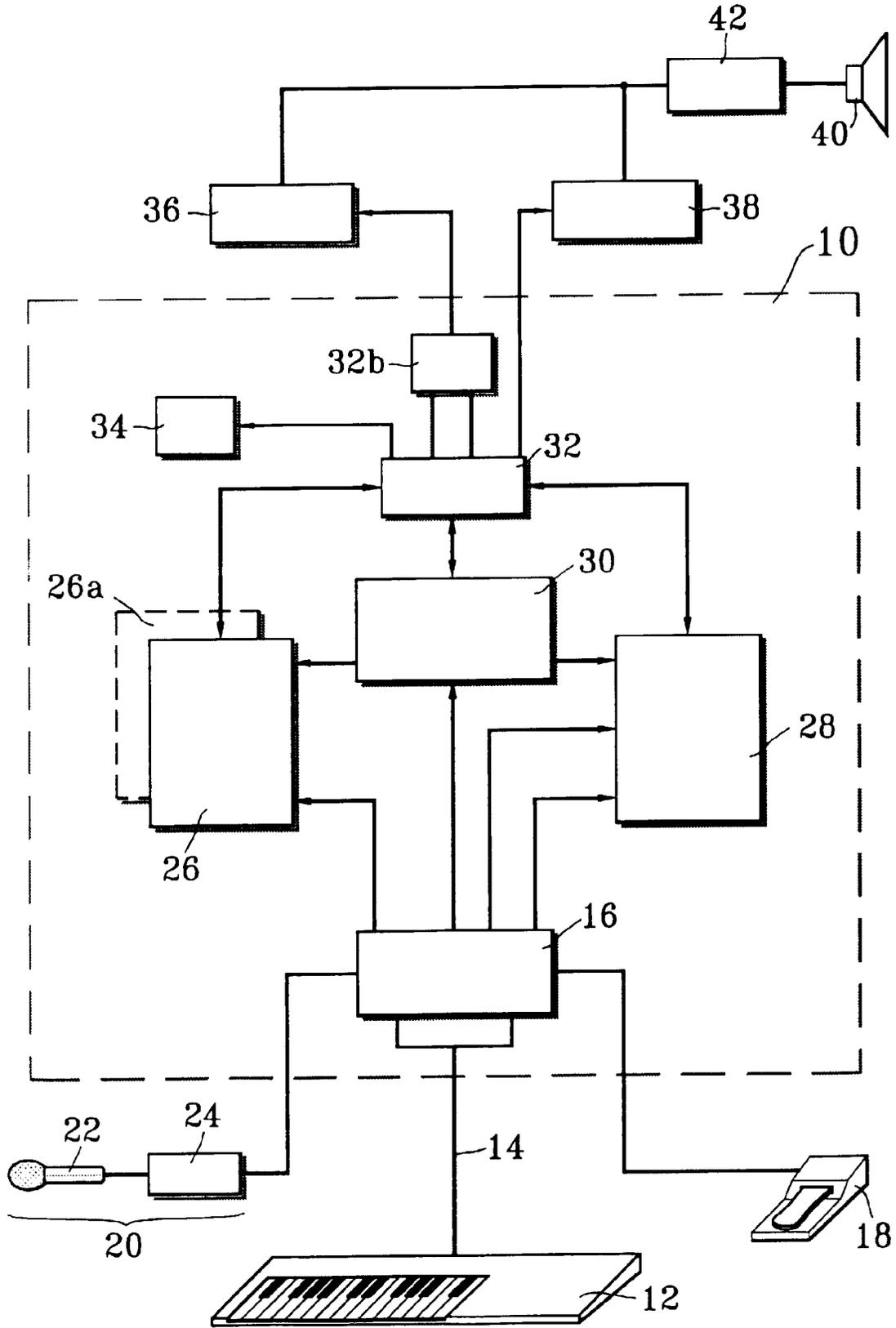


FIG. 2

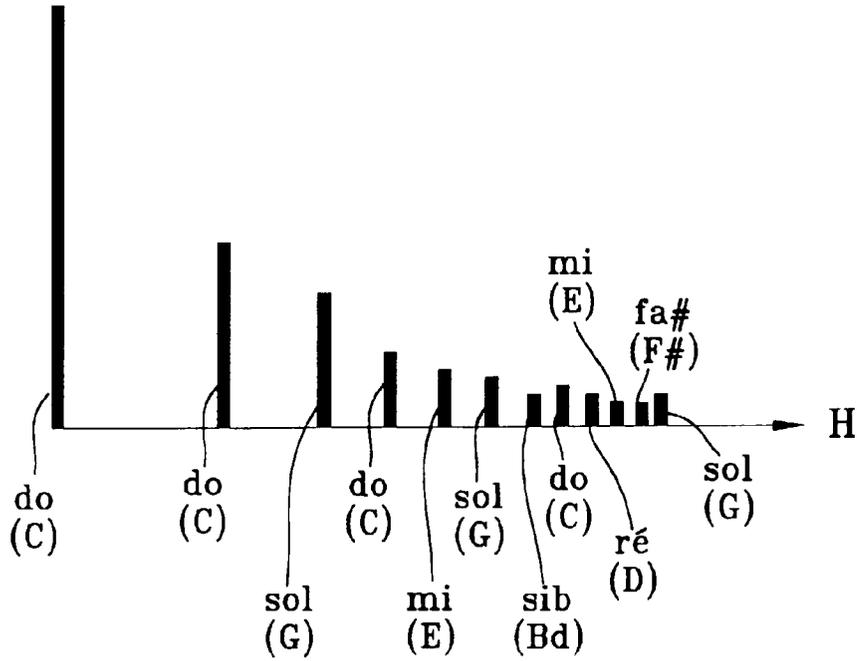
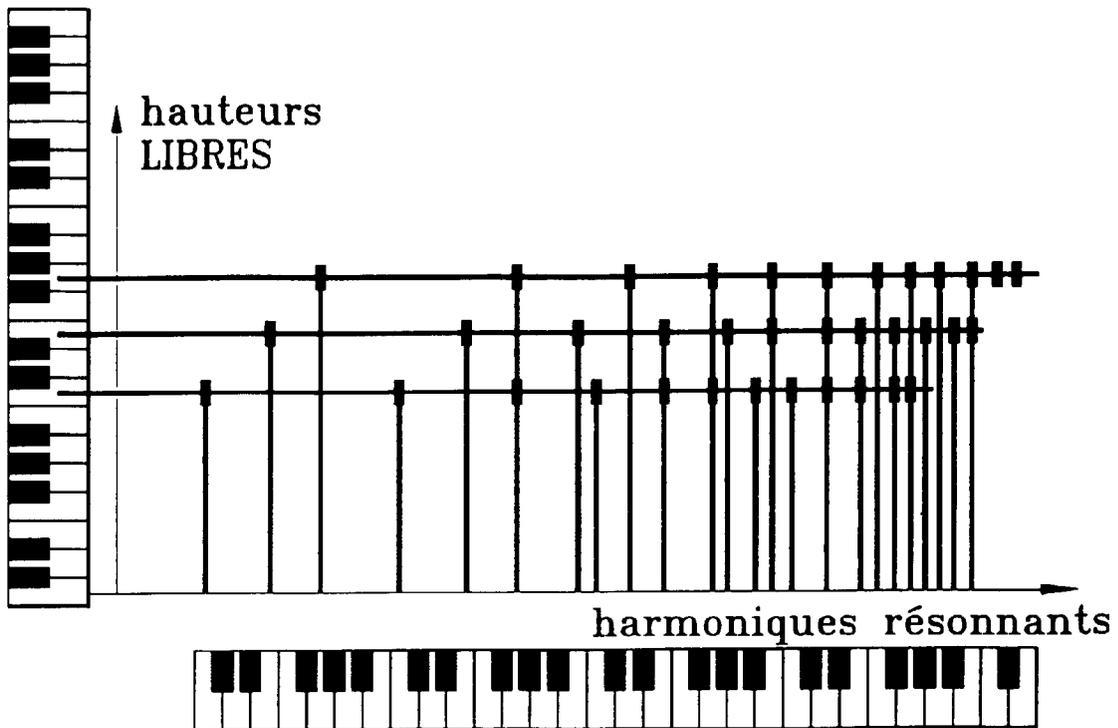


FIG. 3





Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numero de la demande
EP 97 40 0837

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int.Cl.6)
A	US 5 198 604 A (HIGASHI IWAO ET AL) 30 Mars 1993 * colonne 1, ligne 24 - colonne 5, ligne 64; figures 1-4 *	1,4,16, 18-21	G10H1/00
A	EP 0 310 133 A (YAMAHA CORP) 5 Avril 1989 * colonne 1, ligne 5 - ligne 48 * * colonne 5, ligne 21 - colonne 8, ligne 52; figure 1 *	1,18,19	
A	US 5 455 380 A (MATSUDA EIJI ET AL) 3 Octobre 1995 * colonne 1, ligne 17 - ligne 26 * * colonne 1, ligne 55 - colonne 2, ligne 30 * * colonne 5, ligne 37 - colonne 6, ligne 4; figure 4 *	1,19,21	
A	US 3 790 693 A (ADACHI T) 5 Février 1974 * colonne 2, ligne 3 - ligne 39; figure 1 *	1	
A	EP 0 167 847 A (NIPPON MUSICAL INSTRUMENTS MFG) 15 Janvier 1986 * page 3, ligne 12 - page 5, ligne 4 * * page 13, ligne 7 - page 17, ligne 22 * * page 25, ligne 25 - page 27, ligne 1; figures 1,2,10 *	2-5	G10H
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.6)
Lieu de la recherche	Date d'achèvement de la recherche	Examineur	
LA HAYE	8 Juillet 1997	Pullaard, R	
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire			

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)