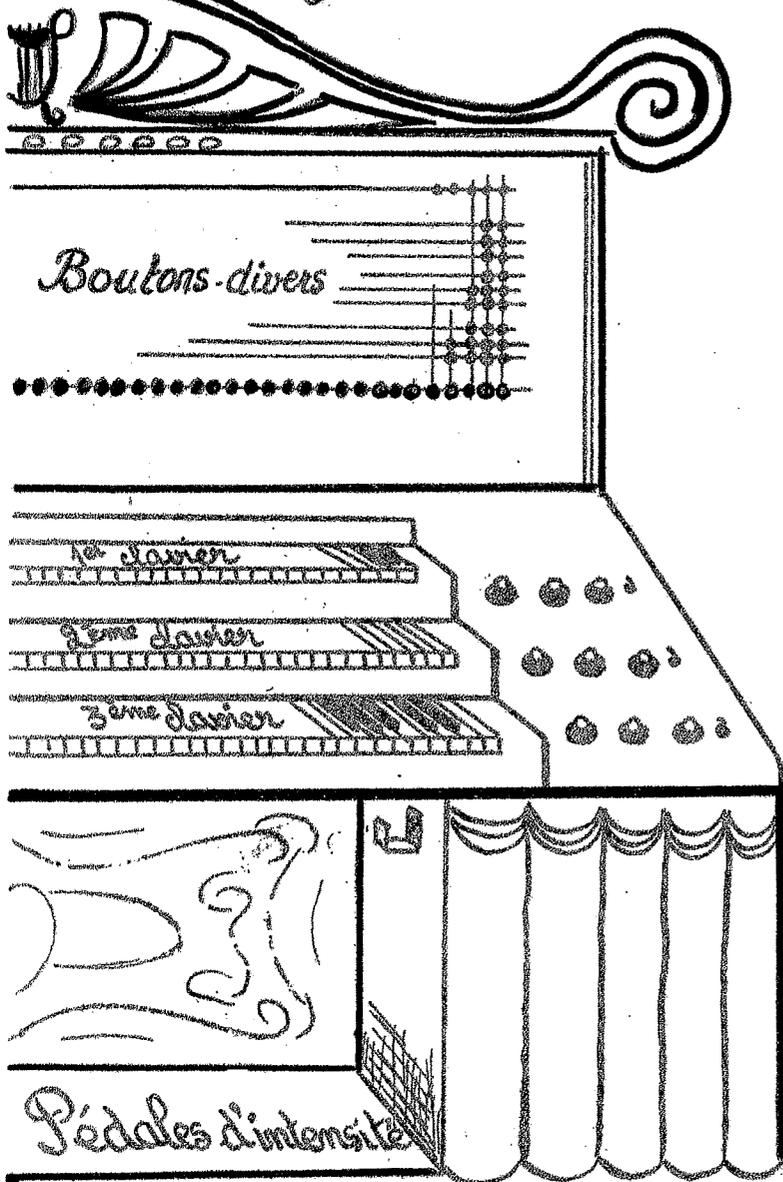


E. LEIPP, J. SAPALY

Juin 1971

N° 56



*Présentation
de notre orgue
expérimental*

*Le
Cantor*

GAM

BULLETIN DU GROUPE D'ACOUSTIQUE MUSICALE
UNIVERSITÉ PARIS VI - TOUR 66 - PLACE JUSSIEU. PARIS 5°

Groupe d'Acoustique Musicale
 Laboratoire d'Acoustique
 Université de Paris VI
 (Faculté des Sciences)
 Place Jussieu Tour 66 5^e étage

BULLETIN N° 56

Adresse Postale
 9 Quai St-Bernard PARIS 5^e

Réunion sur le CANTOR

REUNION DU VENDREDI 25 JUIN 1971

M. le Professeur SIESTRUNCK, Président, n'a pu être des nôtres, étant pris par ses obligations universitaires.

M. L. GAUTHIER, président de l'U.E.R. de MECANIQUE nous a fait l'honneur de présider la séance malgré tous ses soucis.

M. le Professeur CASAL, de l'Université de Marseille nous a fait le plaisir d'assister à cette réunion.

Etaient présents :

M. LEIPP Secrétaire général; Melle CASTELLENGO, Secrétaire.

puis, par ordre d'arrivée :

M. CLUYSE (ICET Bruxelles); M. MATHY (ICET); M. LIENARD J.S. (Ingénieur A. et M.); M. DEWEVRE (Rédacteur Revue du Son et Revue des Disques); M. GEUENS (Professeur à l'IAD Bruxelles); M. CEOEN (Musicien modulateur RTB, Bruxelles); M. SAPALY (Maitre de Conférence Université Paris VI); M. ANSELM (organier); M. B. DUPREY; M. DEMARS (acoustique animale); Melle MARTI (Etudiante); M. FRANCOIS (Laboratoire d'Acoustique EDF); M. LELOUX (Professeur à l'INSAS, Bruxelles); M. THEVET (Cor solo à l'OPERA); M. LEOTHAUD; M. COUROPOUS (Assistant animateur Conservatoire Nat. Sup. Musique); M. GEAY Professeur (Musique); M. GUIRAUD (Ingénieur d'agriculture); Mme HAIK VENTOURA (Musicologue); M. BALOURDET (Etudiant); M. GILLARD (Professeur); M. BOYAUD (Etudiant); M. DUBOIS (Etudiant); M. BATAISSIER (Secrétaire générale SIERE); M. de LAMARE (Laboratoire d'Acoustique ORTF); M. A. TAMBA (compositeur); M. CUILLERIER (Preneur de son); M. A. LEQUEUX (Etudiant architecte); Dr POUBLAN (Médecin biologiste); M. P.G. LANGEVIN (Assistant Faculté des Sciences et musicologue); M. S. OUNA (traducteur musicologie); Mme et M. G. et P. SEGAL; M. BAUD; M. JARDUSSE; M. ENGELMANN; Dr J. PERROT (Docteur en musicologie); M. TOURTE (Professeur honoraire Conservatoire National de Musique); M. FAYEULLE (Chef de la Fanfare de l'OPERA); M. GRAVRAND; M. CHENAUD (Président de l'AFARP; pianos); Mme KADRI (Orthophoniste); Mme BOREL MAISONNY (orthophoniste); M. NISSIM; M. BUFFET J.L.; M. L. PERIN (Professeur de mathématiques); M. Jean Louis VAL (Maitre assistant Faculté des Sciences); M. John WRIGHT (joueur de guimbarde); M. BAERD (ONERA); M. TRAN VAN KHE (Musicologue, Maître de recherche au C.N.R.S.); Melle DINVILLE (Orthophoniste); M. REBOTIER (Conservatoire National de Musique); M. JOLIVET (Maitre assistant phonétique - Université Paris V); Melle LECOINTRE (physicienne); M. CONDAMINES (Laboratoire d'Acoustique ORTF); M. LOUVET (musicologue); M. SURUGUE (ORSTOM); M. BOURARD (J.J.); M. LEGUY (Ecole Sup. d'Electricité et Mme LEGUY (Professeur d'éducation musicale); Mme CHARNASSE (musicologue); M. TRAN QUANG HAI (Musée de l'Homme); M. Michel PHILIPPOT (ORTF); M. GRASSET.

Excusés : M. Charles MAILLOT (Lyon); M. BLONDELET (Ets Buffet Crampon); M. J. CHAILLEY; M. GALLOIS MONTBRUN; M. CARCHEREUX; M. J.J. BERNARD; M. COMBASTET, M. GILOTAUX, M. LEHMANN, Melle COURTIN, M. GUEN, Mme de CHAMBURE, M. AROM, Mme BUSNEL, M. TALAMON Jérôme, M. PUJOLLET, Mme Nelly CARON, Mme FULIN.

PERIODIQUE : 6 numéros annuels

Prix de vente : Service gratuit

Imprimeur : Laboratoire de Mécanique Physique Faculté des Sciences de Paris (Univ. PARIS VI)

Nom du Directeur : M. le Professeur SIESTRUNCK

N° d'inscription à la commission paritaire : N° 46 283

PRESENTATION DE NOTRE ORGUE EXPERIMENTAL

" LE CANTOR "

par E. LEIPP

I - INTRODUCTION - HISTORIQUE

Il y a bien des années déjà je faisais à titre privé des recherches sur les cordes harmoniques, la facture du violon, du piano, de la clarinette, du saxophone et autres instruments, et je me heurtais alors constamment à un certain nombre de problèmes irritants parce que d'apparence simpliste et pourtant impossibles à résoudre dans la pratique. Parmi ceux-ci je citerai celui de l'accordage des pianos, de la justesse des instruments de musique etc... Les publications des spécialistes de l'acoustique musicale du siècle dernier et celles de chercheurs contemporains comme VAN ESBROECK en Belgique, de R.W. YOUNG aux USA, de F. WINCKEL de Berlin etc... ne m'apportaient pas de réponses satisfaisantes et j'étais journellement confronté avec les contradictions entre ce que je lisais et les résultats de mes recherches expérimentales. Parmi toutes les publications modernes, c'est de loin celle de VAN ESBROECK ("Qu'est-ce que jouer juste ? " Editions Lumière Bruxelles, 1946) qui m'avait apporté le plus d'informations sur les problèmes qui me préoccupaient alors. M. Charles MAILLOT, de Lyon m'avait mis en relation avec VAN ESBROECK, qu'il venait de rencontrer au 1er Congrès International d'Acoustique à DELFT en 1953.

VAN ESBROECK et MONTFORT avaient construit en effet un orgue expérimental à tuyaux, comportant 53 touches par octave, distantes d'un comma de Holder (unité pratique de sensation de hauteur en musique, correspondant à 5,5 savarts environ). Sur cet instrument, qui avait une étendue d'une octave et demie, on pouvait donc pratiquement jouer toutes les gammes usuelles et d'autres. VAN ESBROECK et MONTFORT entreprirent avec cet instrument des séries de tests avec quelque 1000 sujets à qui on offrait le choix entre diverses gammes utilisées dans des contextes mélodiques et harmoniques variés, toujours très simples eu égard à l'étendue limitée de l'instrument. L'ouvrage de VAN ESBROECK donne les principaux résultats de ces recherches et indique des taux de préférence entre les gammes tempérée, pythagoricienne, zarlinienne ou de Meerens.

La question n'était cependant pas vidée et je restais perplexé devant de nombreuses observations que je faisais alors journellement. Pour tenter d'y voir clair, en l'absence de moyens matériels suffisants, je décidai de fabriquer alors un sonomètre à corde, instrument qui, lorsqu'il est manipulé habilement, permet de faire des mesures très précises si l'on apprend à en jouer et si l'on utilise, comme je le faisais alors, un oscillographe et un générateur de basse fréquence pour travailler en courbes de Lissajous, selon les conseils de M. MAILLOT qui m'avait alors fourni les appareillages nécessaires. Cependant cette méthode restait très limitée. S'il était facile de tester des intervalles isolés à l'oreille et à l'oscillographe, cela devenait beaucoup plus difficile lorsque ces intervalles étaient inclus dans un contexte mélodique normal, voire impossible lorsqu'on voulait étudier les problèmes de l'harmonie. Or le problème de la justesse était là.

Entre temps j'avais passé ma thèse, et mon patron, M. le Professeur SIESTRUNCK, me proposa à l'époque de créer le laboratoire d'acoustique musicale que vous connaissez bien et dont certain d'entre vous ont vécu les développements depuis dix ans... Je m'étais alors ouvert de mes soucis à M. SIESTRUNCK et voici quelques extraits d'une lettre, que je lui adressai le (2 mars 1963) :

" Le problème des gammes et de la justesse reste en suspens, malgré les efforts de nombreux chercheurs. Je pense qu'il faut incriminer d'abord leurs méthodes... On demande à des sujets de choisir entre trois ou quatre gammes réalisées sur un orgue expérimental voire un piano; si l'auditeur n'est satisfait d'aucune d'entre elles.... il choisit celle

qui s'approche le plus de celle qu'il pense idéale. Mais sa gamme idéale on ne la connaît pas ! Pour qu'un test de ce genre soit valable; il faudrait laisser au musicien le soin d'établir sa gamme lui-même, donc lui proposer un instrument réglable à loisir, en continu, mais qui n'ait pas 53 touches par octave, car il faut pouvoir jouer l'instrument !

J'ai une idée... Un orgue ... un clavier normal d'orgue; 12 notes par octave. Chaque touche commande un bourdon, bouché par un piston que l'on peut régler avec un levier... On dira aux musiciens : " réglez vos pistons au mieux de telle façon que la mélodie ou l'harmonie vous semble agréable... Ensuite on mesurera avec l'accordeur électronique ce que le musicien a fait. Je crois cette méthode seule valable... on pourra définir la justesse... Ce ne sera pas inutile : actuellement tout le monde veut réaliser des instruments justes et personne ne sait sur quelle base il faut le faire ".

L'idée du CANTOR était lancée....

Pour mieux poser le problème, il fut décidé de réunir le premier GAM (13 décembre 1963) autour du thème "gammes-justesse" et d'inviter à cette occasion VAN ESBROECK. Cette réunion fut très stimulante, et, après le bref résumé de l'exposé de VAN ESBROECK on peut lire sur le premier bulletin du GAM :

" Nous signalons que le laboratoire d'acoustique projette la réalisation d'un instrument expérimental permettant de reprendre et de compléter les expériences de VAN ESBROECK".

La question était donc "en l'air". Très rapidement, sous l'impulsion de M. SIESTRUNCK, l'idée se fit qu'un orgue mécanique à tuyaux n'était pas une formule bien adaptée au problème, en raison, tout particulièrement de son accord fixe et de son timbre invariable. Nos projets furent dès lors discutés avec nos spécialistes en électronique MM. SAPALY, MOUTET, DESMARAIS et COTIN. Un cahier de charges fut élaboré petit à petit, des essais sur table réalisés : la construction du CANTOR était commencée. En 1967 elle était suffisamment avancée pour qu'on puisse en parler. Dans un article que j'écrivis en 1967 et paru dans les MISES A JOUR SCIENTIFIQUES (Gauthier Villars Paris 1968 - 3 p. 17-40) on peut en effet lire :

" LE CANTOR. C'est un orgue à trois claviers de 48 notes chacun, correspondant à trois "jeux". Chaque touche actionne un générateur dont on peut régler individuellement la hauteur, l'intensité et les transitoires d'attaque et d'extinction. Le premier jeu correspond à des générateurs de sinusôides; le deuxième à des signaux en dents de scie (série complète des harmoniques); le troisième à des signaux carrés (harmoniques impairs) . Il sera possible d'intercaler un filtre passe bande ou de réjection pour modifier la composition spectrale des jeux. L'instrument est utilisé manuellement, comme les orgues électroniques classiques; mais on peut aussi "jouer" chaque clavier à l'aide d'un programme dessiné, lu par 48 cellules photo-électriques. Cet appareil est en cours d'achèvement. Il permettra de réaliser une étude systématique de la perception des sons musicaux réels, incorporés dans un contexte réglable à volonté. En particulier on pourra reprendre le problème de la perception du temps, de la hauteur, de l'intensité, des intervalles des sons musicaux de façon beaucoup plus efficace qu'on ne l'a fait jusqu'à présent".

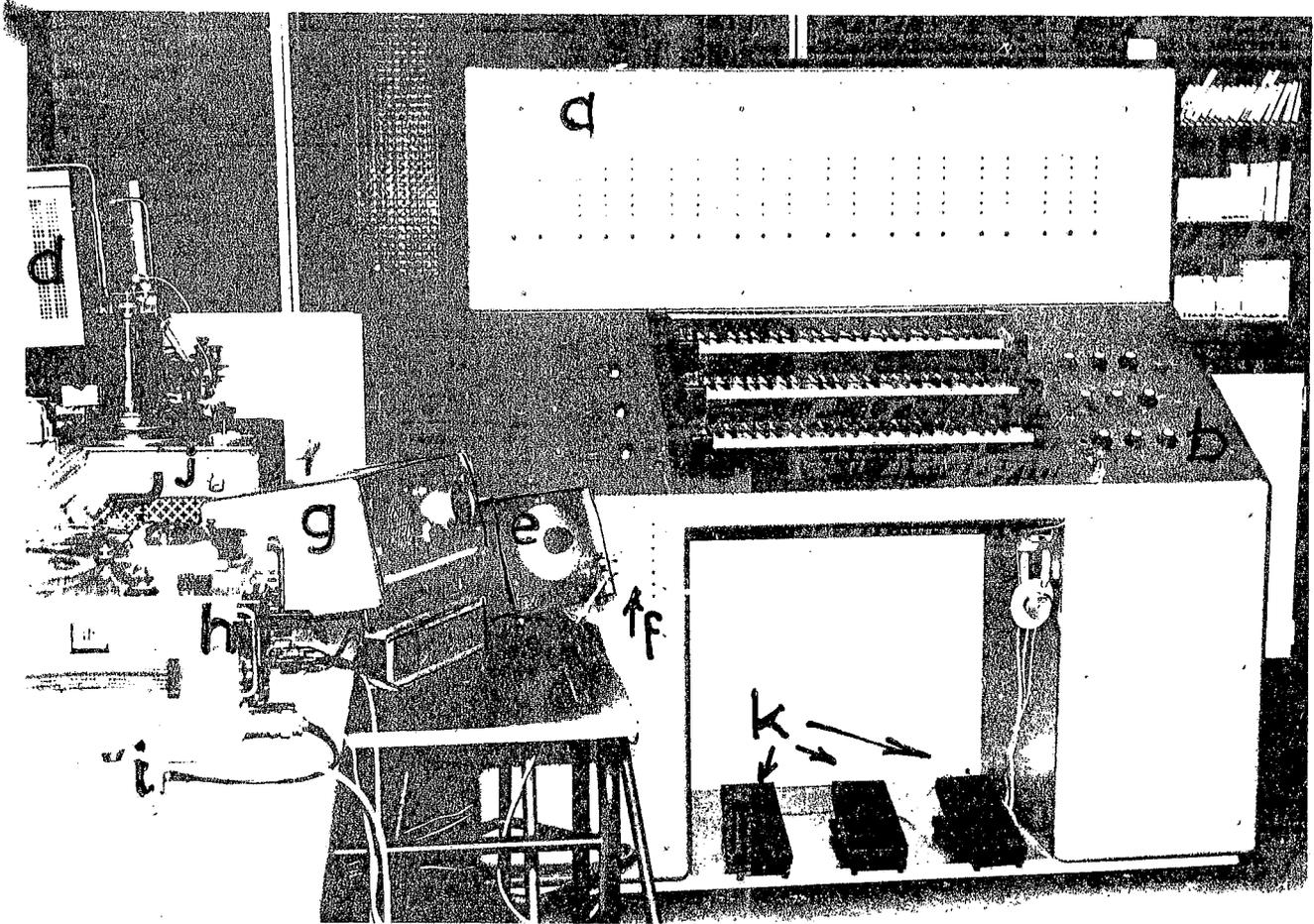
On verra plus loin que c'est bien l'instrument dont nous parlerons aujourd'hui, à notre réunion GAM.

La construction avançait petit à petit. Le 14.12.1969 j'écrivais à M. SAPALY, à l'occasion de l'envoi d'un "complément au cahier de charges" : "Tel qu'il est déjà, le CANTOR dépasse de loin ce que j'osais rêver, en dynamique et en possibilités de modeler la pâte sonore. Deux choses importantes pourtant : il faut penser au vibrato réglable et au filtre à formants "

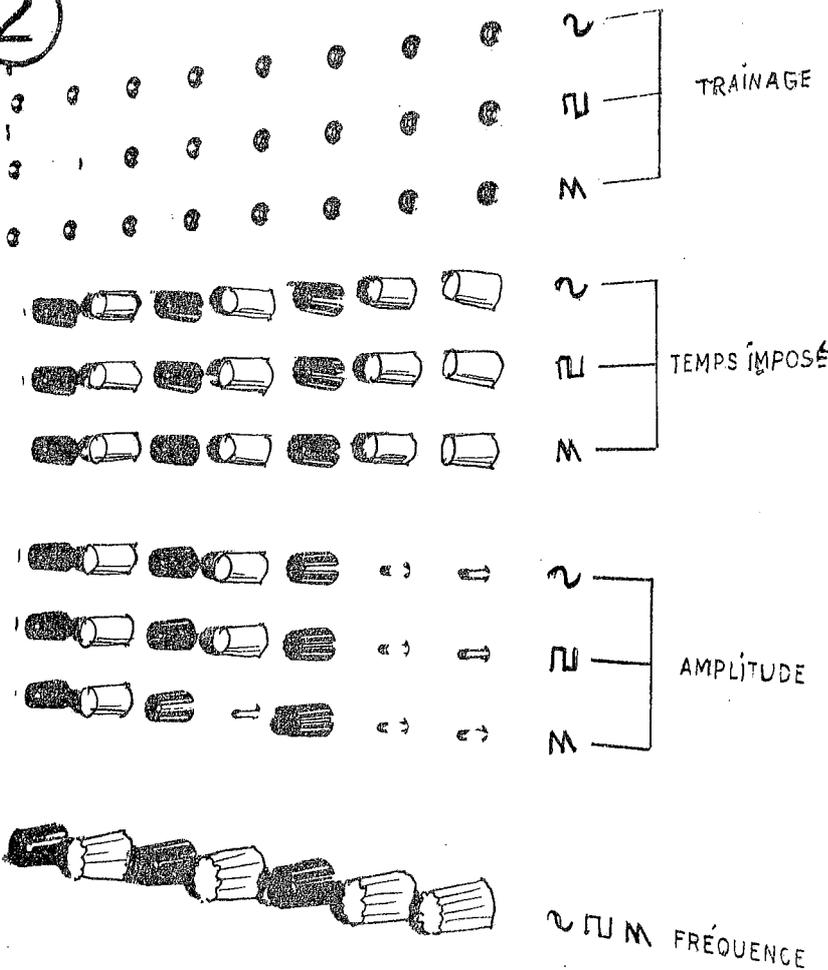
Toutes sortes de difficultés techniques apparurent bien entendu, et d'autres, d'ordre financier. Et puis, le 24 Mai 1971, le CANTOR est tout de même arrivé au laboratoire. Le 1er Juin MM. SAPALY et COTIN vinrent le mettre en route. Dès lors, notre première idée fut de le présenter au GAM, afin que vous appreniez à le connaître et que vous puissiez aussi nous dire vos idées et vos suggestions. Comme l'espace aurait été trop petit

①

Le CANTOR et ses "Périphériques"



②



Le panneau Frontal

Les 10 rangées de 4-8 boutons chacune permettent :

- d'accorder les claviers en réglant la fréquence de chaque note
- d'harmoniser les claviers en réglant :
 - l'intensité relative des notes
 - Les transitoires :
 - d'attaque (temps imposé)
 - d'extinction (trainage)

au laboratoire pour nous y installer tous, autour de l'instrument, j'ai pensé qu'il valait mieux vous présenter l'instrument en audio-visuel. Une brève visite à l'instrument lui-même suffira dès lors.

Or voici ce "monstre délicat"

II - DESCRIPTION

C'est bien un orgue (fig.1).... et vous pouvez vérifier que ses trois claviers ont chacun 48 touches disposées comme celles d'un orgue normal ! En haut, le clavier "sinus" qui sonne la flûte. Au milieu, le clavier de "signaux carrés", qui est sensé simuler la clarinette; en bas le clavier "dents de scie" qui "sent" le violon ou le violoncelle...

C'est un monstre! Mais avec ses 500 kg, sa longueur de 1,60 m, sa largeur de 0,90 m et sa hauteur de 1,80 m, c'est une bien petite machine comparée à un orgue normal à trois claviers de 2 ou 3000 tuyaux....

Le CANTOR a été construit dans un "rack" métallique" qui avait le mérite d'exister dans le commerce....

Regardons-le de face. Au-dessus des claviers, un panneau frontal portant 480 boutons (a). A droite, un pupitre de commande incliné portant également 9 gros boutons de réglage, des commutateurs et des prises de casque (b); à gauche un autre pupitre de commande à 6 boutons et quatre commutateurs (c).

Juste à côté de l'instrument, un compteur électronique Rochard, classique (d). A portée de main la "boîte à vibrato" (e) reliée par un câble au bloc gauche de l'instrument, qui porte d'ailleurs une autre série de 48 boutons pour réglage du vibrato (f).

Sur une table voisine, un accordeur électronique (g), deux magnétophones (h et i), un sonographe (j).

Dans la cavité, sous les claviers, sont trois pédales d'expression (k).

Passons à l'arrière de l'instrument. En enlevant le panneau postérieur on peut voir l'électronique très élaborée : amplis, oscillateurs, câblages de raccordement avec les claviers et les divers boutons disposés sur l'avant de l'instrument. Le nombre de boutons donne une idée de la complexité des câblages.. M. SAPALY nous donne plus loin quelques précisions sur l'électronique en présence.

Bien des problèmes spécifiques venaient de la nécessité de commander les réglages à l'aide de touches de piano; on verra plus loin quelles fonctions il était nécessaire de maîtriser.

Quelles performances peut-on en attendre du point de vue du fonctionnement et du rayonnement acoustique ? C'est ce que nous allons tenter de préciser à présent.

III - FONCTIONNEMENT et RAYONNEMENT ACOUSTIQUE

1°) ACCORDAGE ET HARMONISATION DU CANTOR.

Le CANTOR est un instrument de Science et un instrument de musique. Avant d'utiliser un instrument scientifique, il faut le régler, l'étalonner. Avant d'utiliser un instrument de musique - et c'est le cas de l'orgue classique - il faut commencer par accorder les divers sons d'un clavier selon une certaine échelle, une certaine gamme, et, d'autre part égaliser, harmoniser entre eux les sons d'un même clavier afin qu'ils réalisent une famille homogène, qu'un tel ne soit pas trop intense, tel

...../

autre trop "tardif" ou trop sonore.

Cet accordage et cette égalisation sont réalisés grâce aux boutons du panneau frontal : (voir fig. 2).

la rangée inférieure des gros boutons

permet d'accorder chaque touche à loisir, et ceci avec un champ de liberté d'une quarte environ. Cela signifie que la note "la" par exemple peut être baissée de près d'une tierce mineure et montée d'autant. Elle peut donc descendre plus bas et monter plus haut que ses deux touches voisines, et on accorde dès lors le clavier à la gamme que l'on veut. Pour faciliter la manipulation, chaque fois que l'on appuie sur une touche, une petite lampe de contrôle rouge s'allume indiquant l'emplacement exact du bouton à tourner pour régler cette touche.

Comme c'est un oscillateur unique qui alimente les trois notes homologues sur les trois claviers, ceux-ci sont donc accordés strictement sur la même échelle à l'aide du même bouton.

Lorsque les claviers sont accordés d'une certaine manière, il va falloir les harmoniser.

Pour cela on dispose d'abord d'un moyen de réglage individuel autonome de l'intensité pour chaque touche. Pour harmoniser l'intensité des sons d'un clavier, on agit sur l'une des trois rangées de boutons placés au-dessus des gros boutons d'accord. En montant, ce sont successivement le clavier en dents de scie, puis le clavier "signal carré" puis le clavier "sinus". On peut régler l'homogénéité d'intensité relative des touches d'un même clavier à l'aide d'un décibelmètre ou, de préférence, à l'oreille, ce qui tient compte des courbes isotoniques particulières de chacun. Cette opération est assez vite faite. Il suffit de tourner 3 x 48 boutons, dont la "dynamique" est de l'ordre de 50 dB environ. Etant donné la très faible précision de l'oreille pour l'intensité, il est en principe inutile de raffiner ici. Sauf si l'on se propose de comparer l'oreille de divers sujets du point de vue de la perception de l'intensité.

Plus important est le transitoire d'attaque des sons. On peut régler individuellement celui-ci pour chaque note, en durée ou, mieux, en pente et parfaire ainsi l'harmonisation des claviers. On peut simuler plus ou moins par ce moyen des sons instrumentaux variés : attaque brusque, comme celle du piano ou du clavecin; attaque "molle" comme celle d'une flûte etc....

Ce réglage comportant également 3 x 48 boutons est assez long à faire. On peut le réaliser à l'aide d'un oscillographe, si l'on désire beaucoup de précision, ou, plus simplement à l'oreille, si la précision n'est pas requise.

Finalement il reste à égaliser les transitoires d'extinction, le traînage. Ceci est possible grâce aux trois rangées comportant 48 réglages autonomes, tout en haut du panneau frontal. On règle ainsi, successivement, la rangée des dents de scie, celle du signal carré et celle du clavier "sinus".

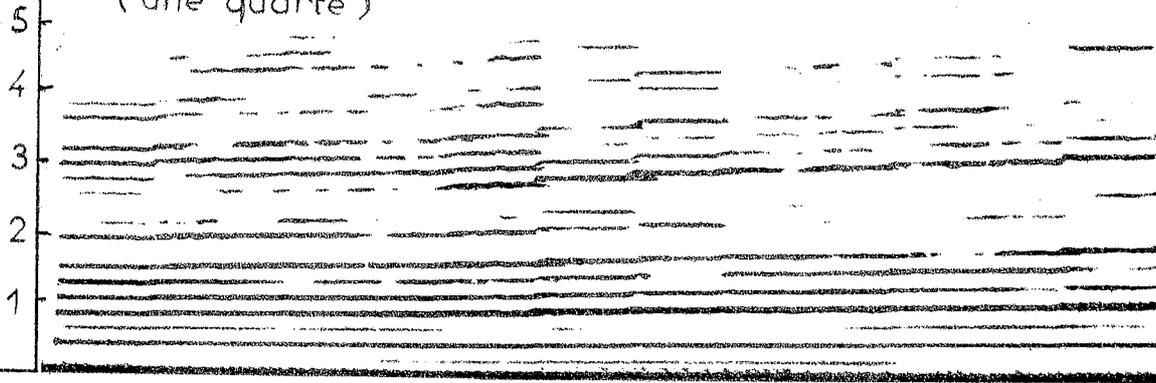
Ce réglage peut de même se faire à l'oscillographe ou à l'oreille, selon ce que l'on désire.

Voici donc le CANTOR accordé et harmonisé. Si l'on en jouait ainsi, ce ne serait jamais qu'un "orgue électronique" dont l'intérêt musical serait vite épuisé. Pour qu'il n'en soit pas ainsi, il faut pouvoir modeler à volonté la pâte sonore de chaque clavier en bloc, et en cours de jeu normal, disposer de champs de liberté. Voilà comment cela se fait !

3

kHz

CHAMP de LIBERTÉ de hauteur d'une note:
(Une quarte)

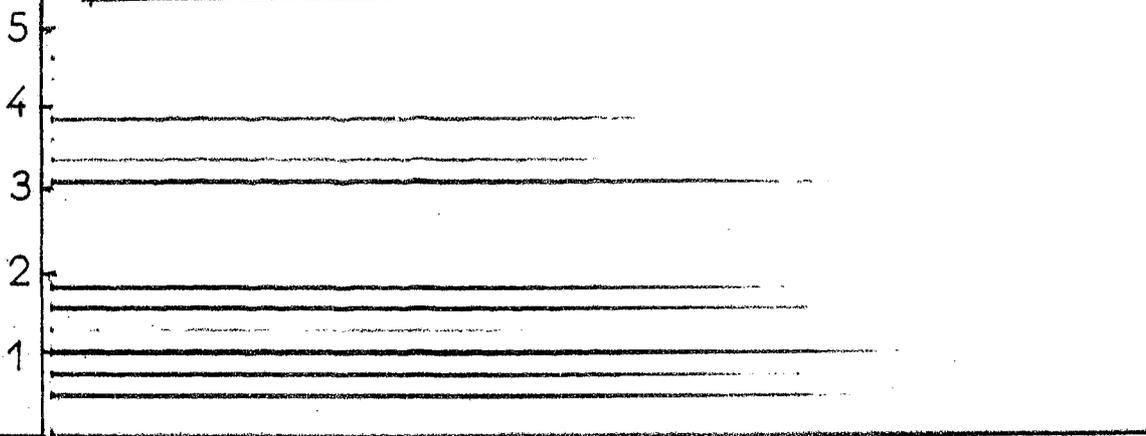


1 seconde

4

kHz

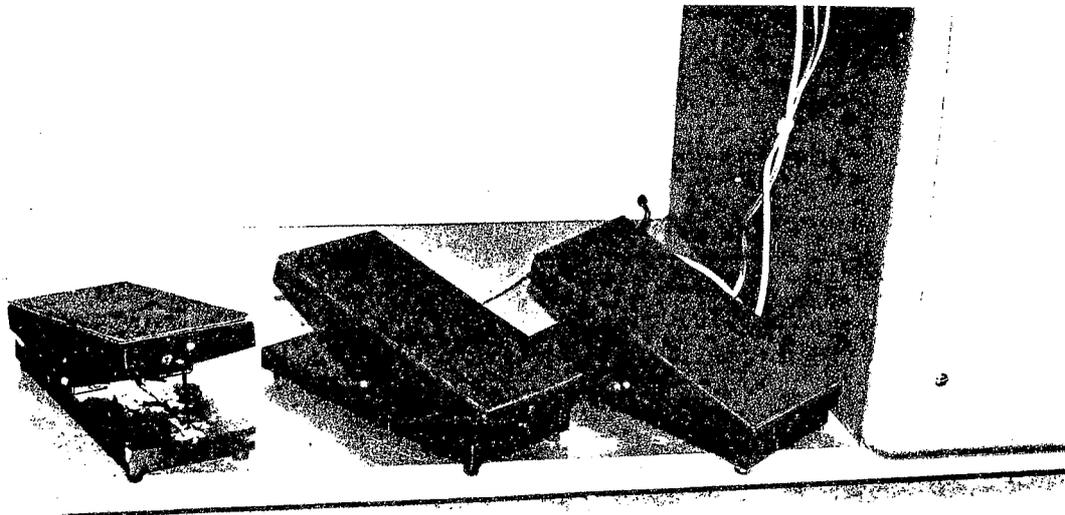
CHAMP de LIBERTÉ DYNAMIQUE ≈ 50 dB



1 seconde

Les pédales expressives

5



2°) LES CHAMPS DE LIBERTE DU CANTOR EN JEU NORMAL.

Rappelons un point important de la doctrine que nous avons élaborée au laboratoire. Un instrument de musique, pour être intéressant, doit présenter des champs de liberté importants, exploitables en cours de jeu, tant du point de vue dynamique, que des transitoires d'attaque et d'extinction que du timbre (tonalité). Plus ces champs de liberté sont larges, plus l'instrument est musicalement intéressant, mais plus il devient difficile à manipuler.... C'est là une règle absolue. Voici quelques indications montrant que les champs de liberté du CANTOR sont très larges.

a) Champ de liberté des hauteurs (fig.3)

Le CANTOR a une étendue de 4 octaves. Chaque note peut être accordée continuellement sur un intervalle d'une quarte environ comme on l'a vu. On ne dispose évidemment que de 12 notes par octave, que l'on peut d'ailleurs augmenter jusqu'à 14 ou 15 en "ramenant" dans l'octave les notes marginales de l'octave considérée. En pratique cela suffit largement, car lorsqu'on parle de "petits intervalles" (musique orientales etc..) il faut bien préciser que le nombre d'échelons utilisés dans ces musiques et en fait toujours inférieur à 12 ... Aux Indes, en Chine, au Vietnam en Iran etc..., on n'utilise effectivement que de 5 à 7 notes par octave - avec des fluctuations autour de celles-ci. Ces fluctuations ne peuvent être réalisées par le CANTOR dans son état actuel. Mais nous avons prévu un "additif" avec un "ruban" du type "onde Martenod" ou "Ondioline" qui permettra alors d'aborder certains problèmes spécifiques (glissando, formulettes mélodiques etc...), dont nous avons beaucoup parlé lors des réunions du GAM sur les musiques extra-européennes, avec TRAN VAN KHE en particulier.... Une autre idée est d'ailleurs à l'étude dont la réalisation permettra de moduler directement, à volonté, la hauteur des sons donnés par le CANTOR et ne pas en faire un instrument à sons fixes. Nous y reviendrons plus tard.

b) Le champ dynamique (fig.4)

On peut régler l'intensité globale d'un clavier de deux manières :

- soit en agissant sur l'un des boutons correspondant à chacun des trois claviers, et situé sur le pupitre de commande de droite (voir fig.9). On peut ainsi obtenir un gain de quelque 50 dB à la sortie des haut-parleurs.

Mais on peut aussi régler ces boutons au maximum et agir sur les pédales (fig.5) (une par clavier). Celles-ci permettent ainsi de passer du pianissimo au fortissimo - gain de 50 dB - pour chaque clavier de façon autonome.... Cette dynamique est suffisante. Si on "force" trop le niveau, de toutes façons, on fait qu'augmenter le bruit de fond

c) Le champ des transitoires d'attaque global de chaque clavier (fig.7)

Sur le pupitre de commande de gauche (fig.6) se trouvent trois boutons (un par clavier), dont chacun peut être mis sur deux positions :

- position "IMPOSE". En enfonçant alors une touche, on obtient automatiquement, pour chaque clavier, le transitoire d'attaque que l'on avait pré-réglé sur le panneau frontal (rapide ou lent, à volonté....)
- position "MANUEL". Dans ce cas, en enfonçant lentement la touche, le niveau du son augmente graduellement; le transitoire d'attaque (sa pente) est alors fonction de la vitesse avec laquelle on enfonce la touche (donc du "toucher"...). Pour simuler le violoncelle, il faut donc se mettre sur "manuel" et...apprendre à jouer de ce clavier - ce qui est difficile ! Ce n'est plus le "toucher" du piano ou du clavecin ou de l'orgue ! C'est le toucher "Cantor"... qui permet des effets très particuliers à cet instrument !

...../

d) Le champ de liberté du transitoire d'extinction. (fig.8)

Sur le pupitre de commande de gauche (fig.6) se trouve encore une autre série de trois boutons (un par clavier), marqués "traînage". Si ce bouton est réglé sur "zéro", l'extinction du son est liée à la remontée de la touche; elle est brutale et apparaît dès que la touche arrive à une certaine position en montant. Mais au fur et à mesure qu'on tourne le bouton de zéro vers 10 on entend le son se prolonger lorsqu'on a abandonné la touche. C'est une sorte de "réverbération", de "trainage", que l'on règle donc à loisir et en bloc pour chaque clavier, de façon autonome. Avec une attaque sèche et un trainage long, on simule plus ou moins le piano ou le clavecin. Avec une attaque molle et une extinction assez rapide, on simule l'orgue etc... On peut régler très largement cette extinction jusqu'à 2 ou 3 secondes... et réaliser des effets intéressants, d'autant plus que les claviers peuvent être réglés avec des traînages différents.

e) Champ de liberté du spectre (tonalité, timbre)

Comme dans une bonne chaîne HI FI, on dispose, sur le pupitre de commande de droite (fig.9) et pour chaque clavier, d'un bouton de réglage "graves" et d'un bouton "aigues" extrêmement efficaces. En tournant l'un et l'autre entre des valeurs de zéro à 10 on peut obtenir une combinatoire spectrale infinie, des sons très "sourds, très "brillants", très clairs etc... (Fig. 10). La "palette spectrales" est donc riche....

En résumé, les sons et la musique rayonnés par le CANTOR sont le résultat de la combinatoire des pré-réglages sur le panneau frontal et des réglages globaux des champs de liberté que nous venons de définir. La combinatoire entre ces divers réglages est infinie, et l'intérêt est de pouvoir agir sur elle en cours de jeu normal, en agissant sur les pédales, et les boutons des pupitres de commande. En cas de besoin on peut demander à un aide de procéder à certaines manipulations prévues et préparées à l'avance : dans ce cas, il faut apprendre à se synchroniser, à jouer ensemble.

Tout cela concerne le CANTOR proprement dit. Mais on dispose encore de "périphériques" variés, qui seront de grande utilité, soit pour enrichir encore les possibilités sonores de l'instrument, soit pour réaliser des recherches systématiques.

IV - LES PERIPHERIQUES DU CANTOR

1°) LE CASQUE D'ECOUTE.

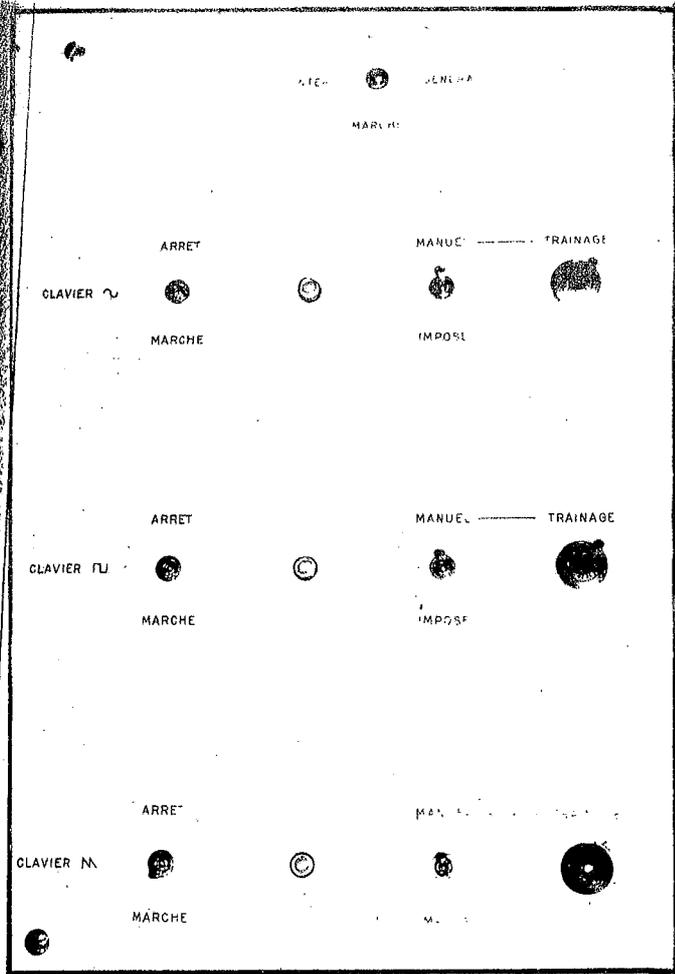
Les expériences d'acoustique avec tests ne sont généralement guère passionnantes pour l'entourage.... D'où l'idée de prévoir un casque permettant de se servir du Cantor, de faire des tests avec sujets sans gêner ou fatiguer les autres personnes. En branchant le casque sur tel ou tel clavier (grâce à un jack, sur le pupitre de commande de droite, ou sur les trois simultanément) on coupe automatiquement les haut-parleurs. Le but désiré est donc atteint.....

2°) LE VIBRATO.

Le vibrato est un problème important en musique et qui a fait l'objet de nombreuses recherches depuis les publications de SEASHORE en particulier (Psychology of Music 1938). On a souvent répété, depuis, les résultats d'expériences faites avec la collaboration de violonistes, de chanteurs etc, en précisant que la fréquence du vibrato variait entre 6 et 8 Hz selon la hauteur des sons etc... C'est là une simplification. Il reste cependant des recherches systématiques à faire sur ce point. En particulier, il faut considérer le vibrato non seulement sous l'as-

...../

6



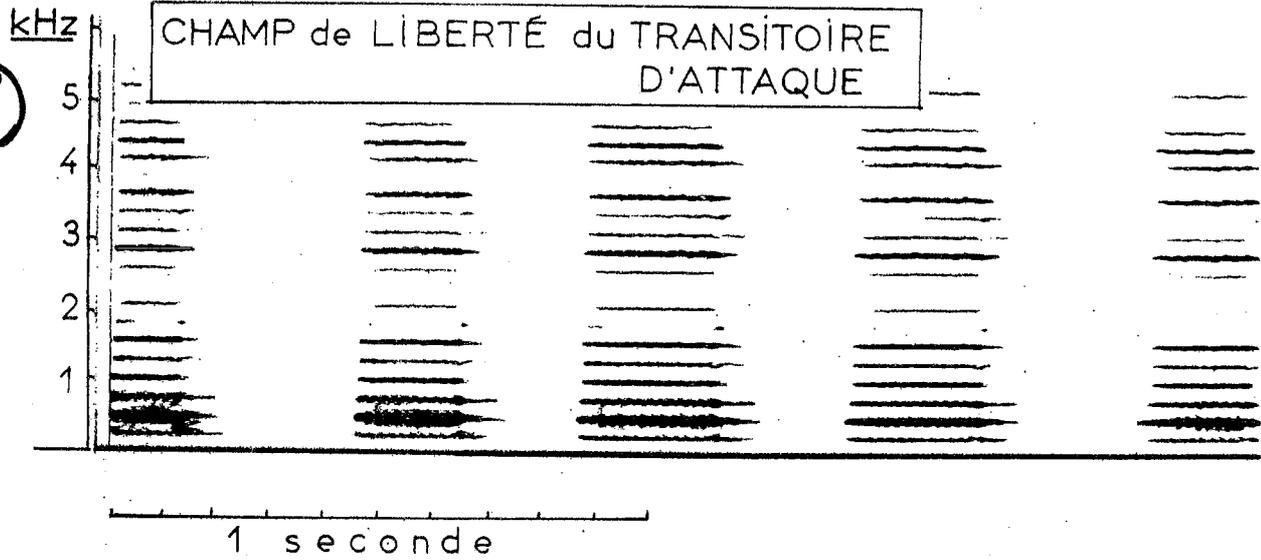
Le PUPITRE de COMMANDE
de gauche

Le transitoire d'attaque est réglé par le bouton "manuel" ou "imposé"

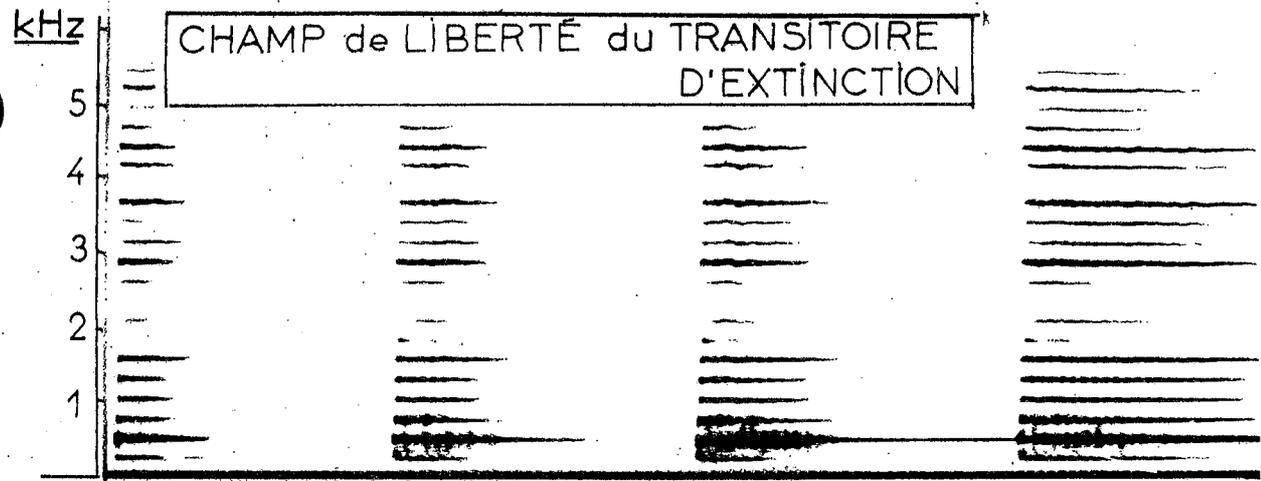
Le transitoire d'extinction est réglé par le bouton "trainage".

Réglages autonomes pour chaque clavier (M PU IN)

7



8

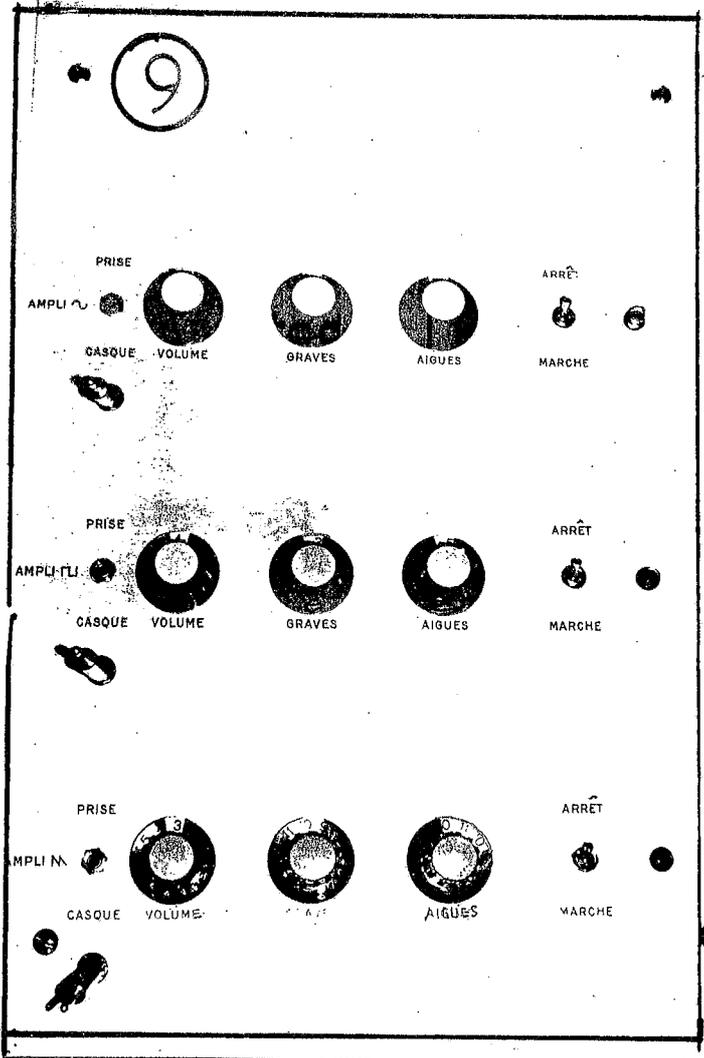


Le PUPITRE de COMMANDE de droite

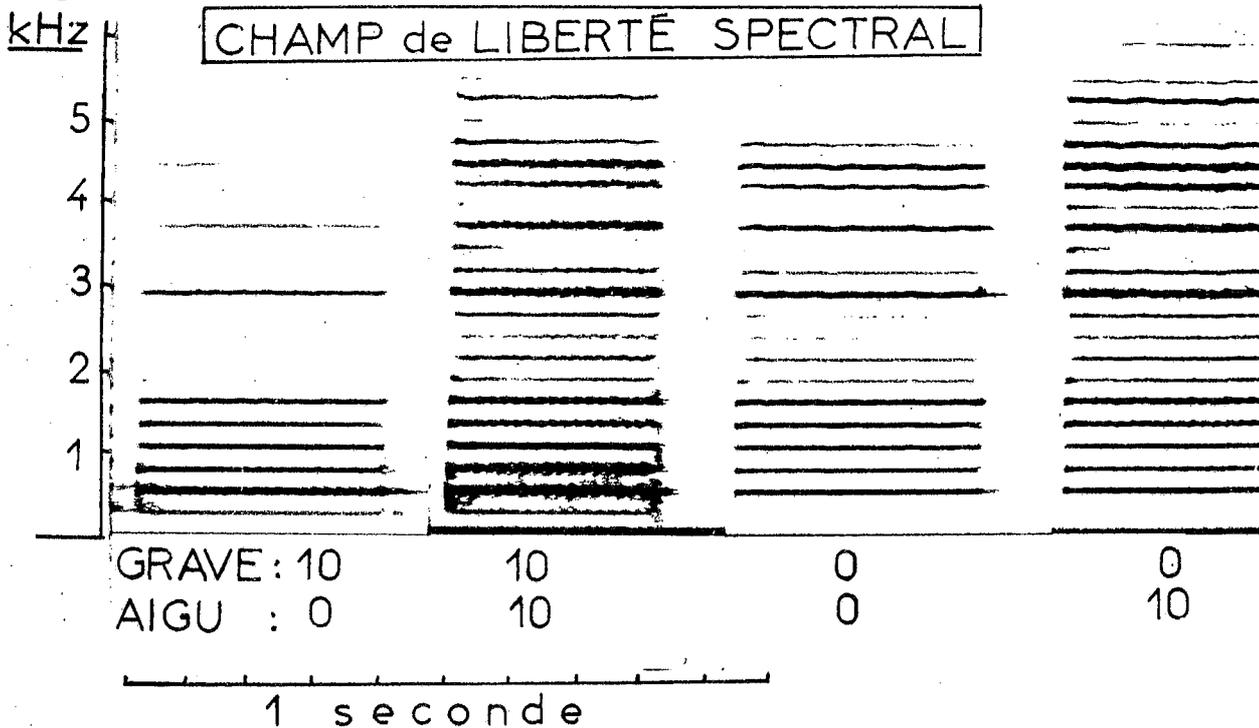
Il permet de régler de façon autonome pour chaque clavier :

- Le volume global
- La tonalité (un bouton pour les graves un autre pour les aigus)

L'efficacité du réglage de tonalité est mise en lumière par le sonagramme ci-dessous.

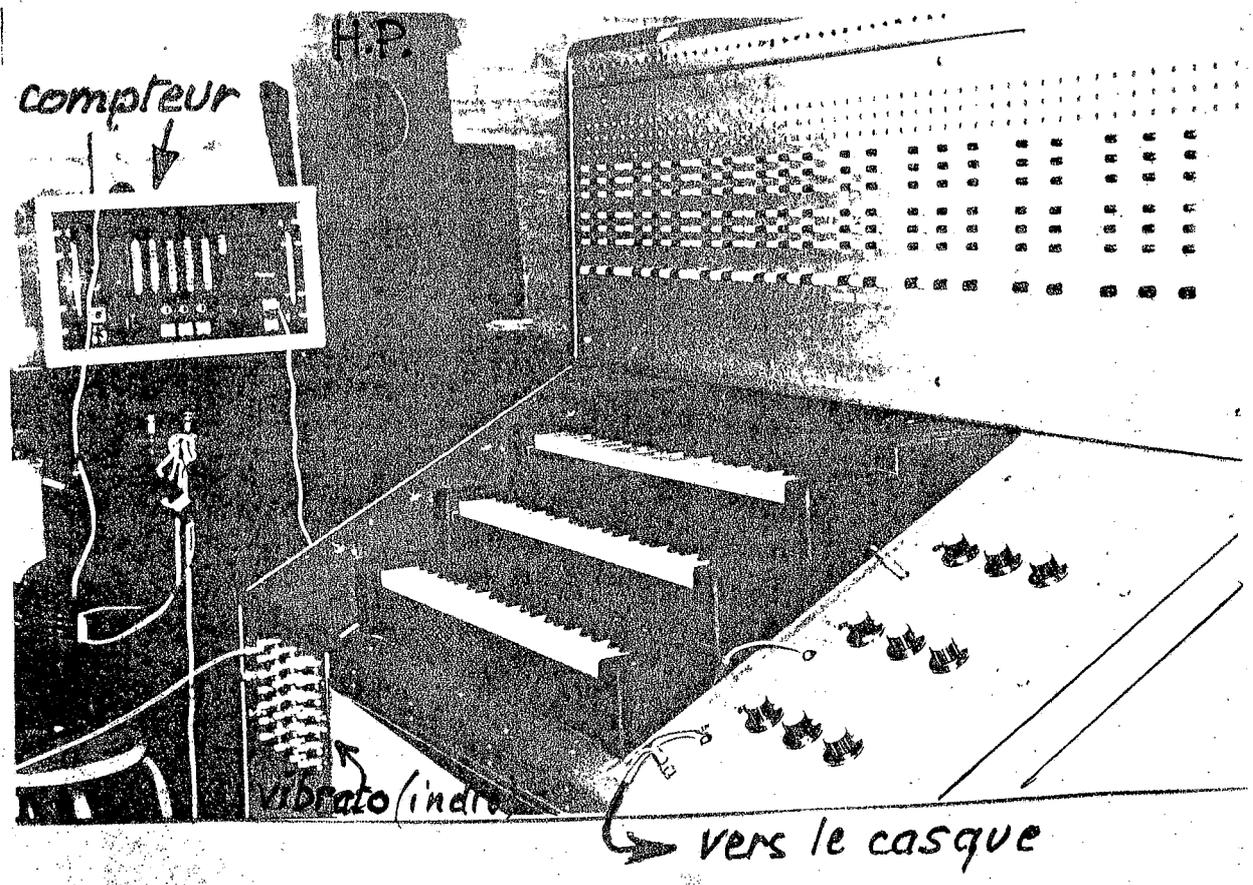


10



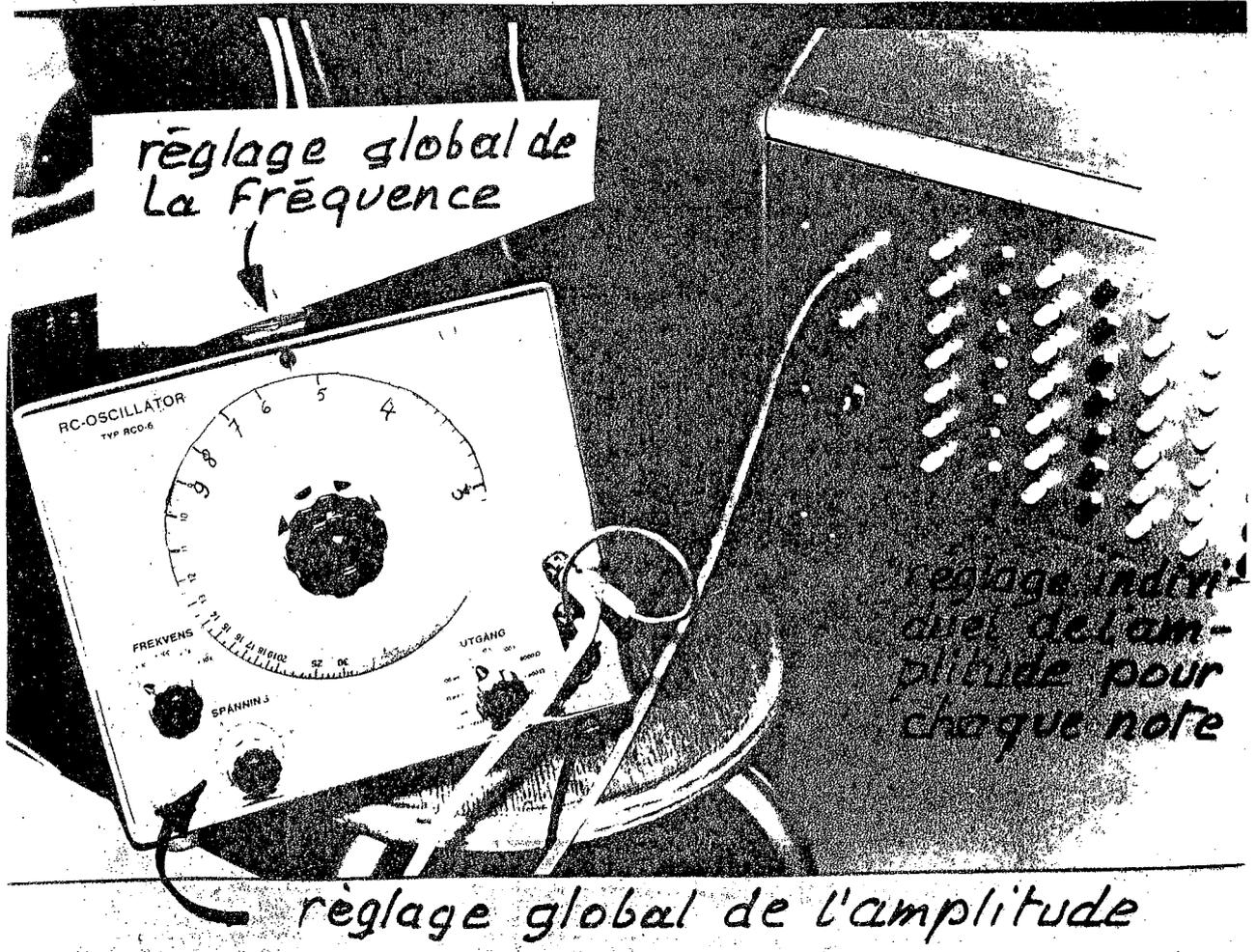
11

LES PÉRIPHÉRIQUES du CANTOR



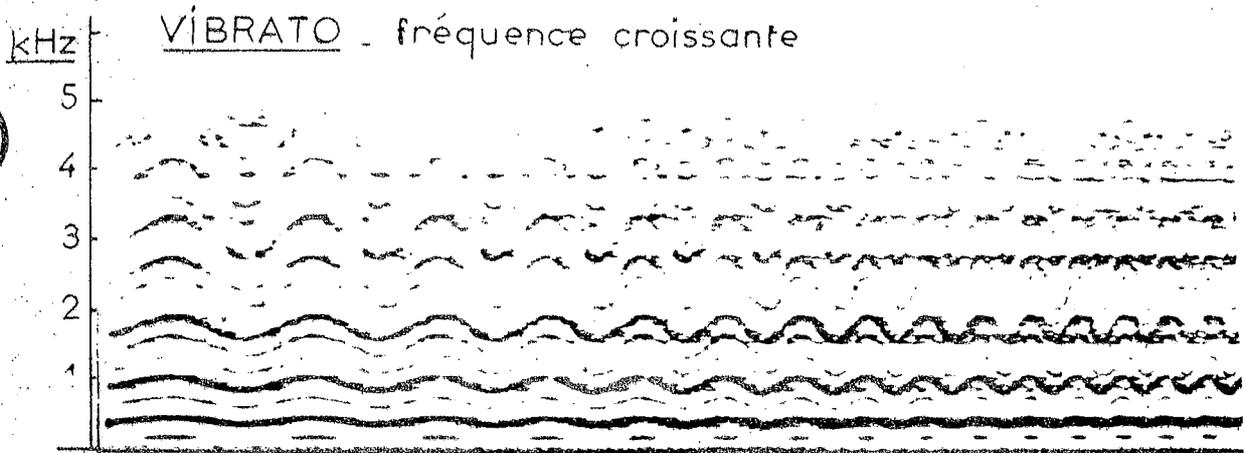
12

Le GÉNÉRATEUR de VIBRATO

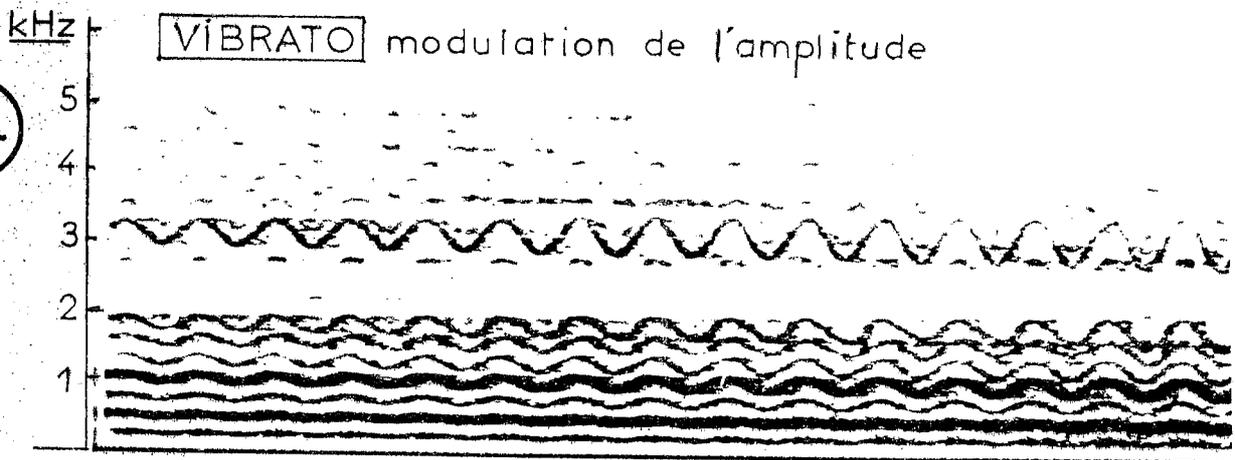


LE VIBRATO et ses variables

13

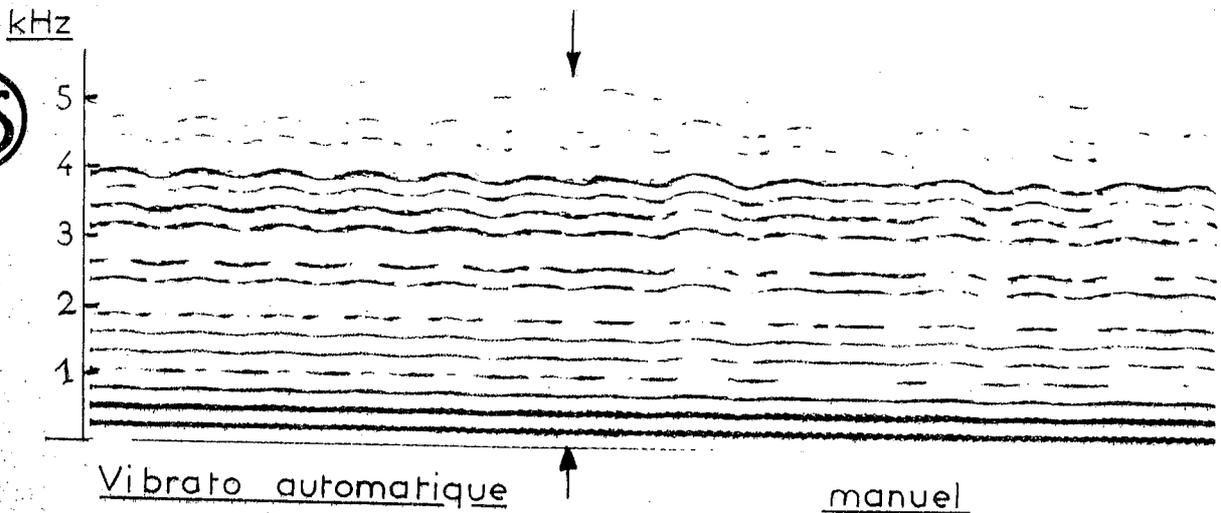


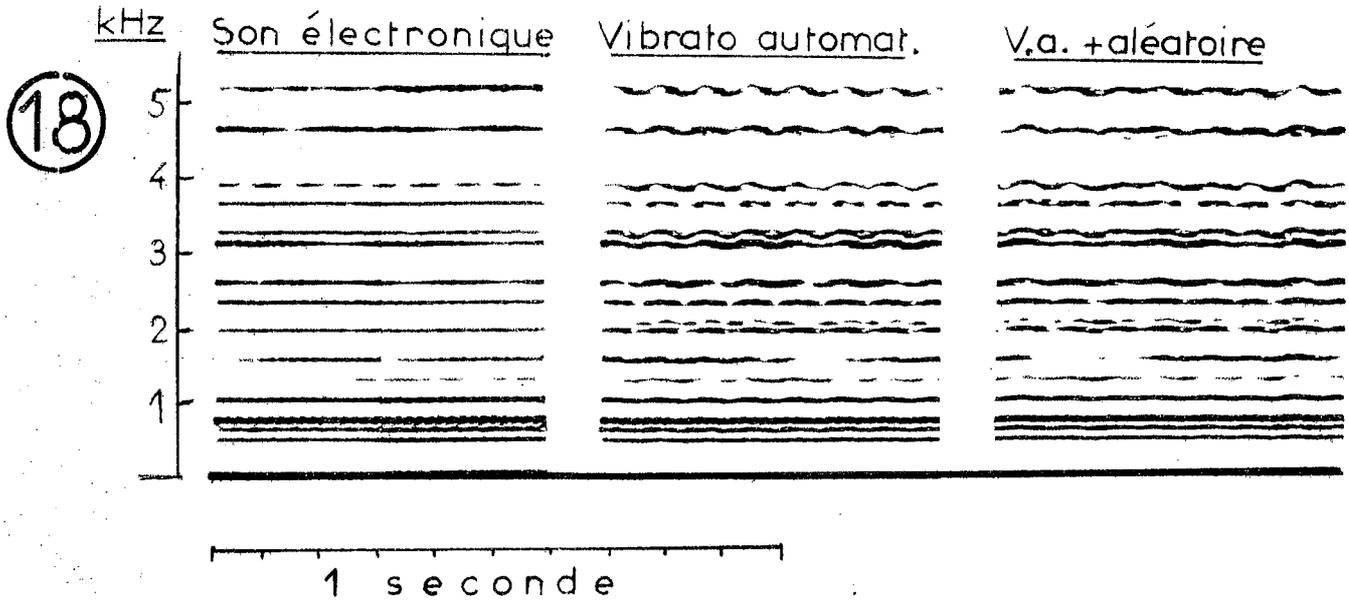
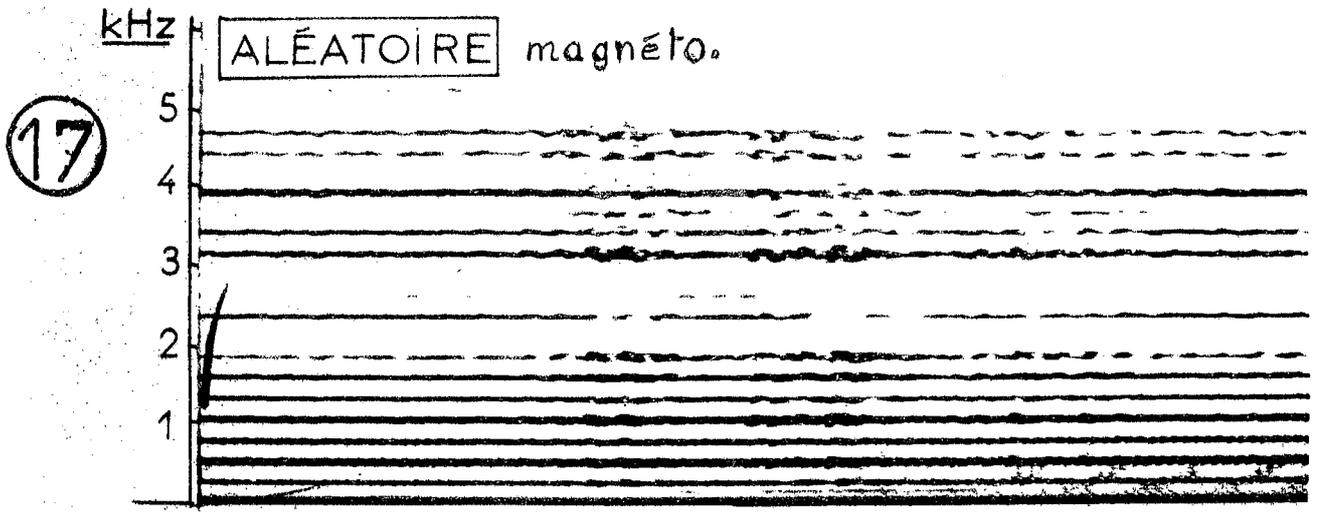
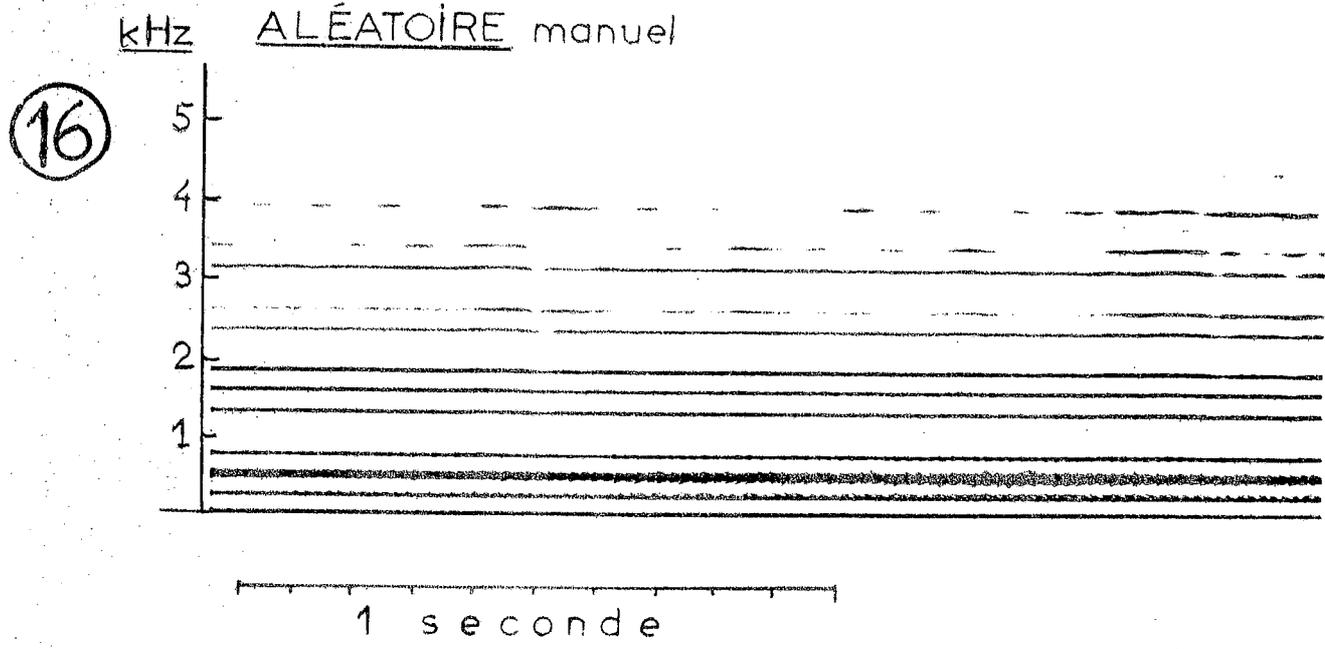
14



1 seconde

15





pect de sa fréquence en fonction de la hauteur des sons, mais aussi en fonction de leur intensité, de l'amplitude du vibrato du contexte musical etc... C'est pour réaliser une telle étude que le cahier des charges du CANTOR portait des conditions définissant les possibilités d'un large champ de liberté en réglage de la fréquence et de l'amplitude en particulier. Le générateur périphérique (Fig.12) permet en fait de faire varier la fréquence du vibrato de 3 à 30 Hz et aussi son amplitude dans de très larges proportions. Mais avant de se servir de ce générateur, il faut d'abord égaliser le vibrato pour les diverses notes des claviers entre elles (un réglage unique pour les trois claviers). A cet effet, sur le panneau inférieur gauche (fig. 11 et 12), se trouve une série de 48 boutons permettant de réaliser sans autres complications cette "harmonisation" de l'amplitude relative du vibrato. A présent, il suffit de manipuler sur le générateur externe deux boutons pour régler à loisir et de façon autonome la fréquence et l'amplitude du vibrato. La fig. 13 montre un vibrato de fréquence croissante; la fig.14, un vibrato de fréquence fixe et d'amplitude croissante. On peut bien entendu réaliser un préréglage fixe, comme sur les orgues électroniques classiques; mais on peut aussi modifier les variables du vibrato en cours de jeu : un "aide" peut se charger facilement de l'opération; il lui suffira d'apprendre à se synchroniser sur le musicien exécutant.

Des expériences sommaires permettent de vérifier que le vibrato est apprécié comme "optimum" dans certaines conditions de contexte, d'intensité, de hauteur etc... L'étude de ces problèmes devient possible, car le vibrato est calibré à volonté : on sait ce qu'on fait. Des tests de longue haleine permettront de mieux connaître le vibrato et ses effets.

3°) LA MODULATION MANUELLE DU VIBRATO.

Un son électronique normal est strictement fixe. Ceci cause l'ennui, comme toute chose totalement prévisible, ce son est dénué d'intérêt auditif. A l'opposé, les sons musicaux réels sont constamment fluctuants. D'abord il y a les variations systématiques comme le vibrato. Mais un vibrato instrumental n'a pas la "belle" régularité d'un vibrato électronique. Mais ce dernier, du fait que lui aussi est totalement prévisible, devient également très vite lassant ! Dans la réalité, le vibrato est toujours soumis à de petites fluctuations volontaires ou aléatoires, que le musicien ne maîtrise pas toujours, mais qui rendent le son "vivant". En effet, ces fluctuations nous apprennent justement que les sons en question sont fabriqués par un être humain et non par une machine. Aussi avons-nous prévu l'introduction d'un certain réglage "manuel" des fluctuations. Dans ce but, on a construit un petit générateur manuel, branché à l'entrée "vibrato" du Cantor. En tournant alternativement à droite et à gauche un petit levier, on produit un aléatoire manuel, qu'on peut modeler à loisir. On peut même faire fonctionner le vibrato automatique et le perturber avec le vibrato manuel ... (fig.15). Bref on est maître de toutes les variables du vibrato.

4°) LA MODULATION ALEATOIRE.

Les sons musicaux normaux comportent toujours des petites fluctuations aléatoires qui échappent au contrôle du musicien. On peut simuler celles-ci à l'aide du générateur de vibrato manuel, qu'on pilote légèrement à droite et à gauche de façon quelconque. On obtient alors des sons légèrement fluctuants intéressants à écouter "naturels"... (fig. 16). Mais on peut aussi tout simplement prendre un enregistrement quelconque sur bande (morceau de musique, discours etc..) et injecter "un peu" du signal sortant du magnétophone lecteur dans l'entrée "vibrato" du Cantor. On a ainsi des sons légèrement perturbés de façon imprévisible (fig.17) qui semblent plus naturels "...

5°) LES BAFFLES :

Ce qui sort d'un haut parleur dépend largement du baffle sur lequel il est monté; en fait le baffle est un "filtre"; en changeant de baffle avec le CANTOR,

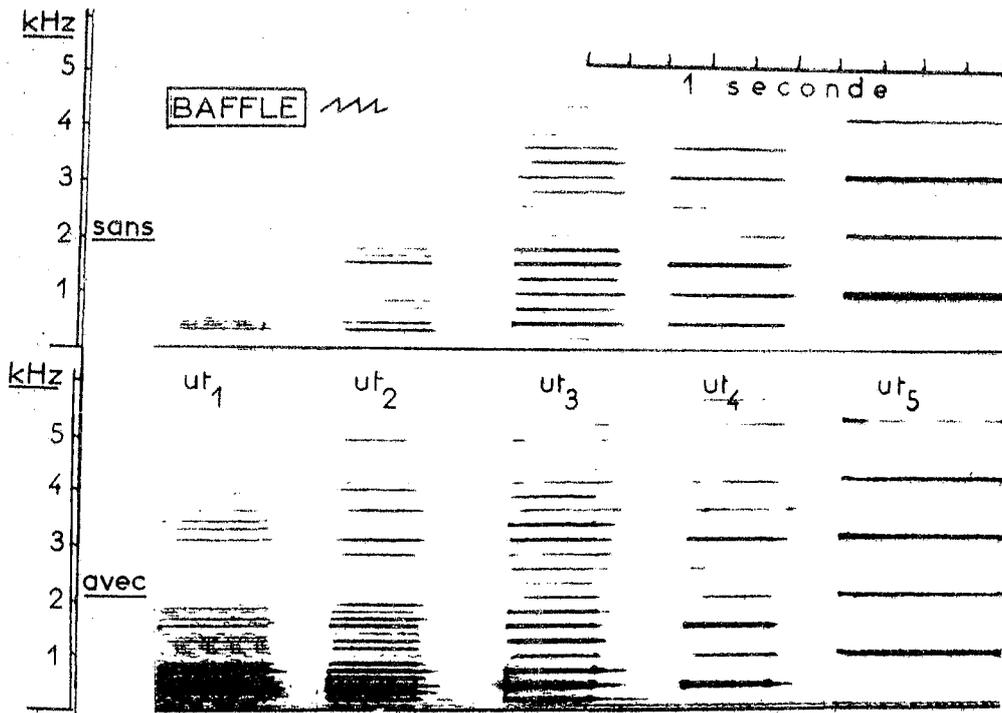
...../

MODULATION DES SPECTRES par :

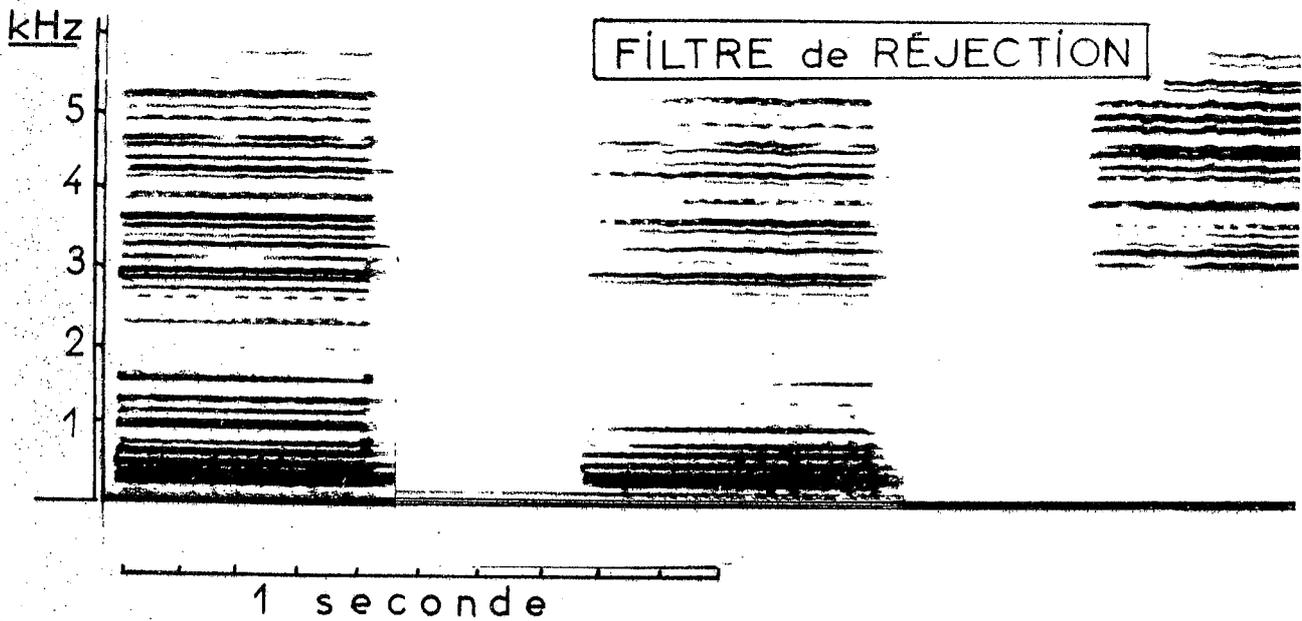
BAFFLES et FILTRES.



19



20



on change la sonorité (fig.19). C'est donc là un moyen supplémentaire d'enrichir sa palette !! Toutes ces fluctuations (vibrato automatique et manuel aléatoire) sont donc désirables et on peut les susciter ici comme on veut.

6°) LES FILTRES.

Entre la sortie du CANTOR et les haut-parleurs, on peut encore brancher des filtres variés : passe bande, réjection (fig.2D) qui coupent des bandes réglables des spectres, filtres à formants etc... qui tous changent le spectre des sons donc le timbre. Les essais que nous avons faits sont tout à fait démonstratifs de ce point de vue, et l'on dispose donc d'une variable supplémentaire pour modeler les "être sonores" engendrés par le CANTOR....

7°) LES PERIPHERIQUES DE MESURE.

Le CANTOR est associé à un bon oscillographe (TEKTRONIX) qui permet de faire tous réglages et vérifications techniques. Un compteur électronique (fig.11) permet de mesurer avec toute la précision requise la fréquence des notes. On peut donc, soit accorder l'instrument à l'aide d'un tableau de fréquence sur une gamme donnée, soit relever les fréquences lorsque le clavier a été accordé à l'oreille par un sujet de test. On peut d'ailleurs utiliser dans le même but l'accordeur électronique (Fig 1;g) que nous avons au laboratoire, et qui permet par exemple de faire des relevés d'accord en précisant, en savarts ou cents les écarts de la gamme en cause par rapport à la gamme tempérée etc...

En résumé, tel qu'il est, le CANTOR va nous permettre de réaliser toute une série de recherches dont nous avons d'ores et déjà dressé un programme provisoire.

V - LE PROGRAMME DE RECHERCHES

Quelques expériences préliminaires nous ont montré déjà à quel point le CANTOR sera précieux pour faire des recherches sur les gammes, sur l'accordage des instruments, sur les problèmes de perception de la hauteur, du vibrato etc. Nous allons désormais pouvoir systématiser ces recherches et les points suivants feront très certainement l'objet de prochaines réunions du GAM :

- Problèmes de perception de la hauteur

On reprendra en particulier les points soulevés par VAN ESBROECK à savoir les variables de la sensation de hauteur : intensité, timbre, affinités de voisinage mélodique et harmonique, battements, attraction, tolérance, équivoque, consonance et dissonance, justesse des instruments, problème des gammes européennes et extra-européennes etc....

- Le problème du vibrato,

avec ses variables (amplitude, fréquence, contexte musical etc...)

- Théorie de la musicalité des sons :

qu'est-ce qu'un beau son, un son intéressant, en mélodie et en harmonie ?

- Le CANTOR comme périphérique d'ordinateur

permettra éventuellement des analyses du style de jeu, de l'improvisation etc...)

...../

- Le CANTOR comme instrument de musique -

il faudra une grande patience pour apprendre à en jouer... comme c'est le cas pour tous les instruments élaborés. Les figures 21-22-23 montrent l'allure générale des 3 claviers pour un certain réglage !

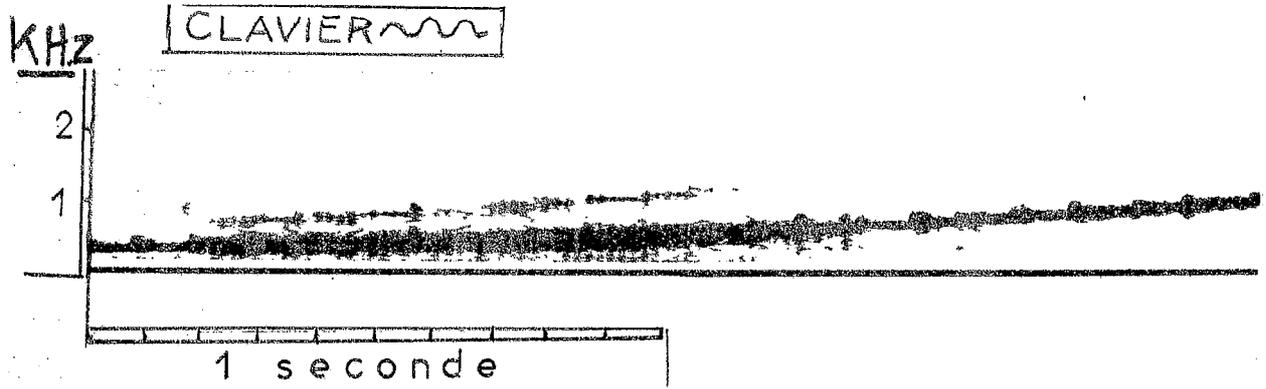
On peut d'ores et déjà faire des études sur bien des points. Par exemple sur celui des techniques d'accordage par battements. Deux sons à la tierce, à la quinte, à l'octave, battent sur leurs harmoniques communs (fig.24). Pour la tierce, les battements se feront respectivement entre harmoniques 5 et 4; pour la quinte entre 3 et 2; pour l'octave entre 1 et 2. Au CANTOR ces battements sont faciles à entendre et à régler ! La figure 25 montre des battements serrés d'abord et qui se ralentissent lorsqu'on approche de la quinte juste (où ils disparaissent!) Pour la tierce on voit et entend bien de même le phénomène (fig.26).

Certaines études devront attendre la réalisation d'autres périphériques; en particulier :

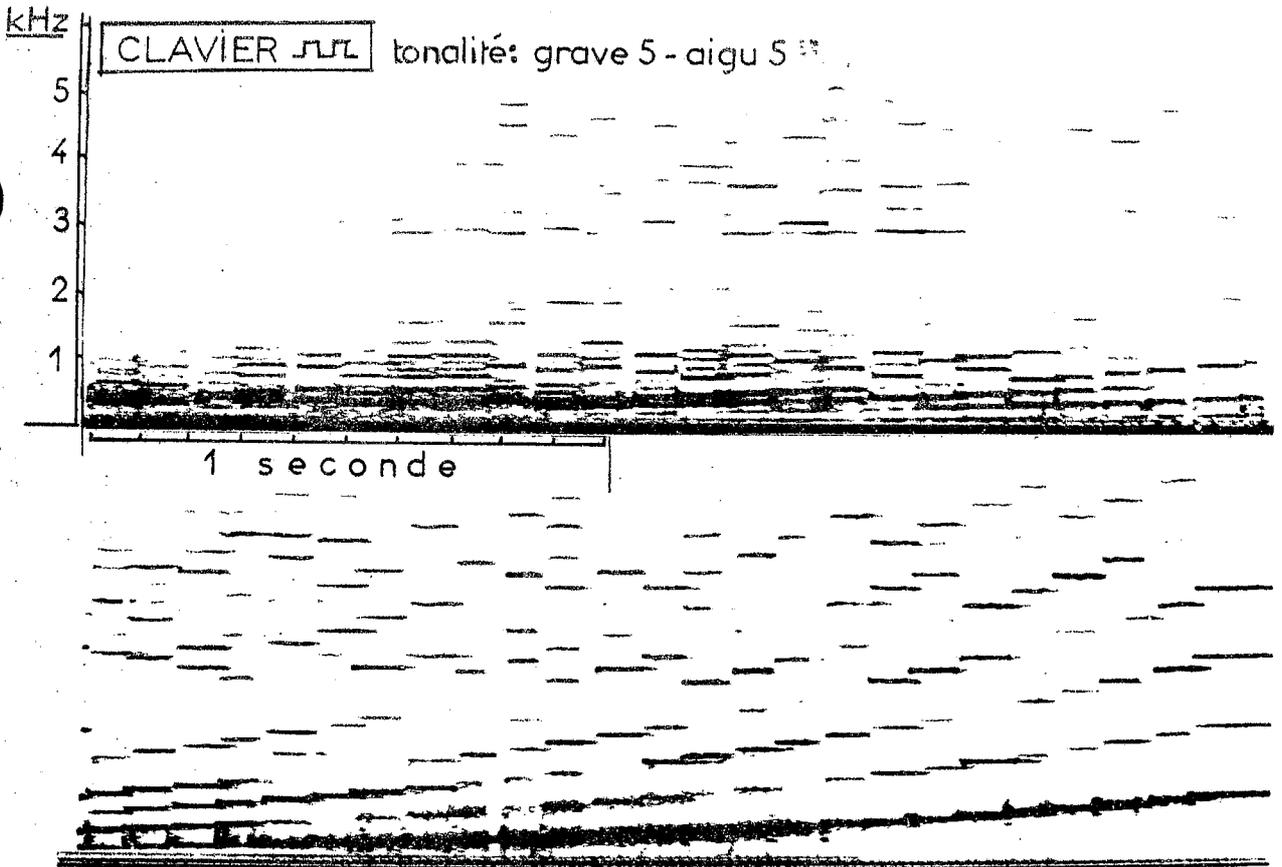
- 1°) Un lecteur optique de partition. Ce sera un lecteur en tous points identique à celui de l'ICOPHONE, comportant 48 photodiodes. Au lieu de jouer l'instrument manuellement sur les claviers, on dessinera la partition à l'encre spéciale sur mylar transparent avec un pinceau, et le CANTOR jouera directement la partition. Cette partition sera très similaire à la partition classique avec la différence que la durée des notes ne sera pas précisée par des symboles (noires, rondes, croches etc..) mais par des traits dont la longueur déterminera la durée de la note. Ce sera en quelque sorte une "partition authentique". Ce lecteur permettra accessoirement de faire des tests d'audition particulièrement intéressants, sur le pouvoir séparateur temporel des sujets, musiciens surtout, par exemple : en effet, il sera possible de passer la partition à des vitesses de défilement variées sans modifier la hauteur des sons. On baissera cette vitesse jusqu'au point où le sujet sera capable d'écrire en dictée musicale l'ensemble des notes portées sur la partition etc....
- 2°) Un inscripteur automatique de la partition jouée réellement par un musicien sur les claviers. Il est prévu de disposer sur les petites lampes de contrôle du haut du panneau frontal, des fibres optiques dont les autres extrémités regroupées convenablement, inscriront directement ce qui est joué sur une émulsion photographique; d'où possibilité d'étude du style de jeu des musiciens etc...
- 3°) Un "ruban mélodique", similaire à celui qui est utilisé sur les Ondes Martenot ou l'Ondioline, et qui permettra des effets de glissando et autres.
- 4°) Un dispositif de pilotage de l'amplitude et de la fréquence du vibrato automatique par les genoux du musicien.
- 5°) Un "registre" multiplicateur électronique permettant à volonté de baisser ou de monter les claviers d'une octave. Le CANTOR couvrira alors 6 octaves au lieu de 4, ce qui en enrichira les possibilités.
- 6°) Des dispositifs pour faire des enregistrements en re-recording permettant de créer des oeuvres musicales complexes, comme si plusieurs Cantors jouaient simultanément.

Nous avons pensé déjà à d'autres "perfectionnements". Mais il ne faut pas se leurrer : le CANTOR est un instrument nouveau qui demandera de la part des usagers un long apprentissage, même s'ils sont pianistes ou clavecinistes ou organistes. Si le musicien ne se donne pas la peine de réapprendre patiemment une technique très complexe et difficile - en raison de l'étendue des champs de liberté - il ne

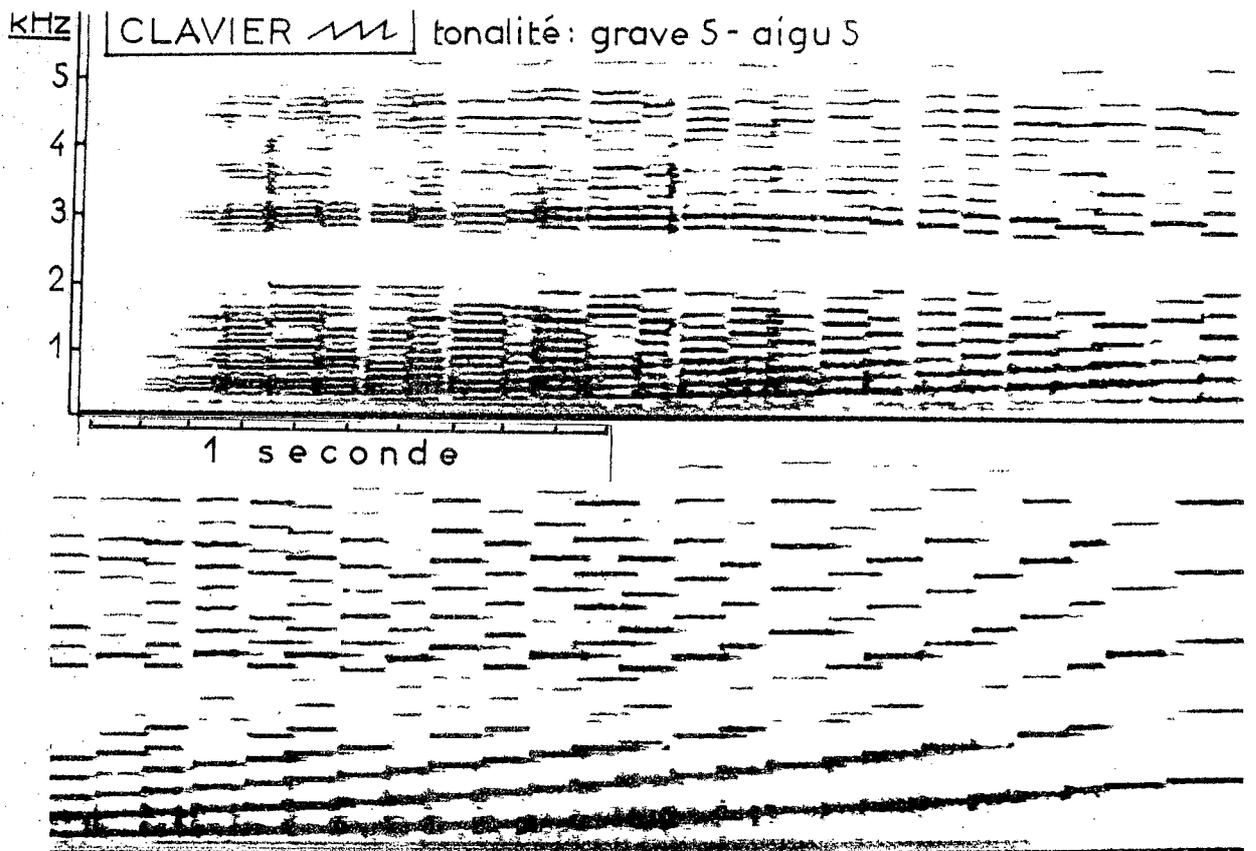
21



22

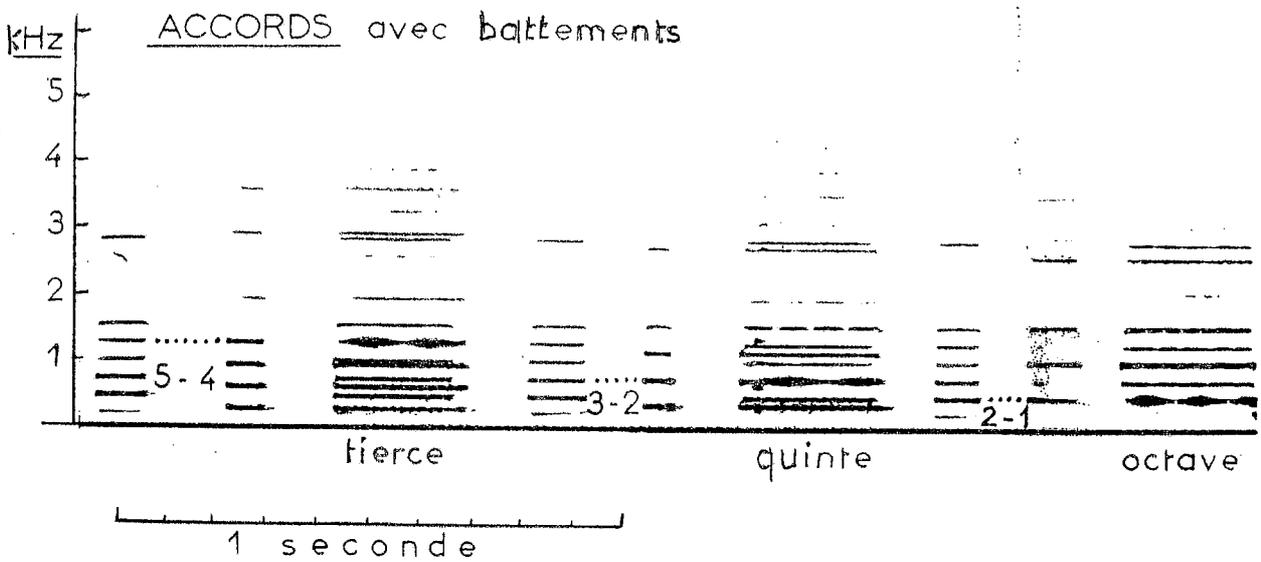


23



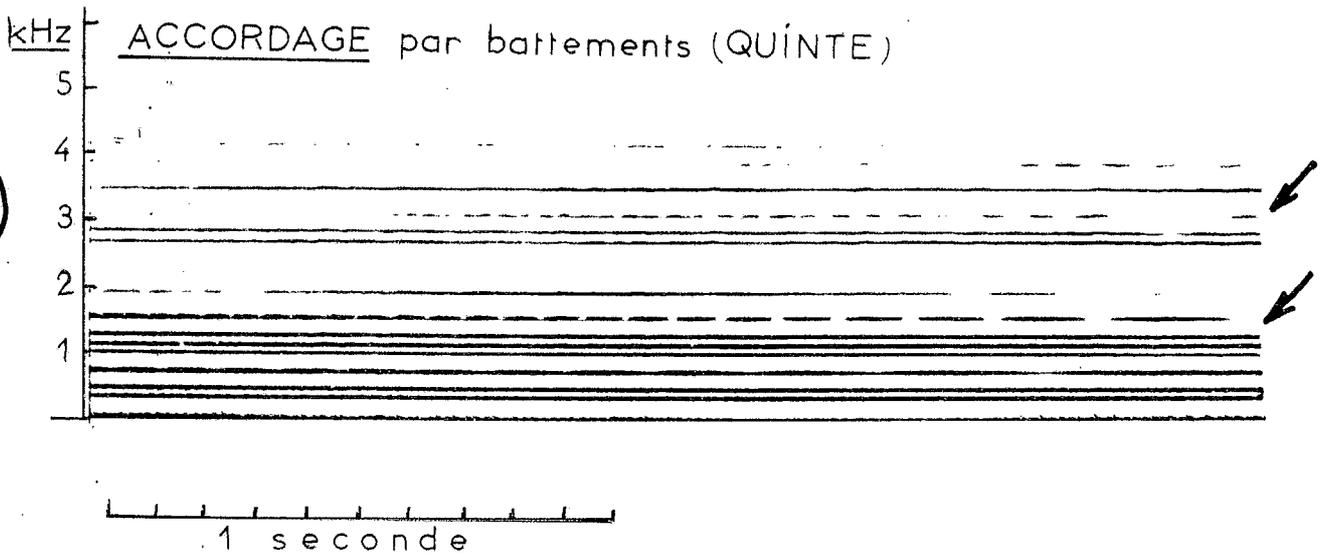
BATTEMENTS sur les harmoniques communs

24

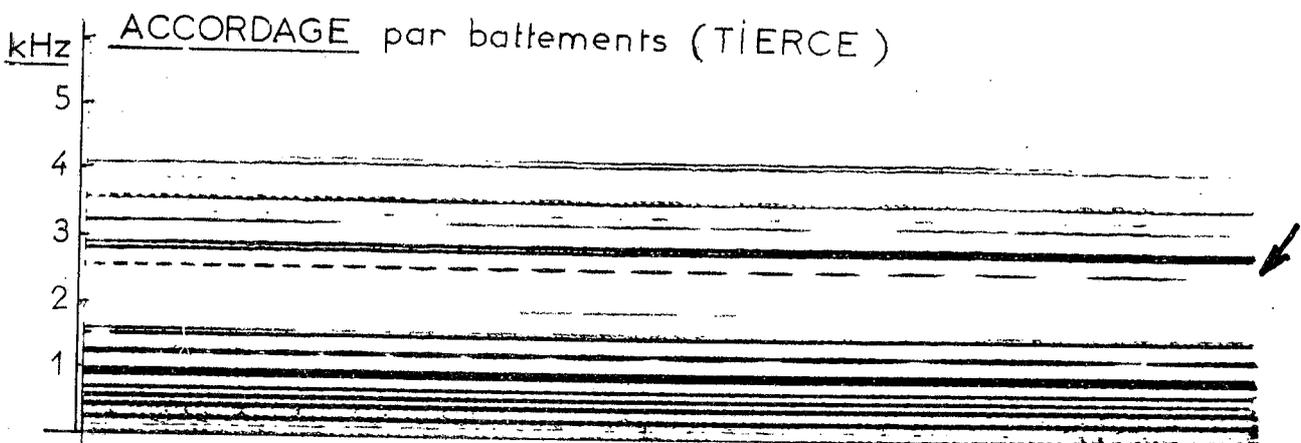


ACCORDAGE graduel par battements

25



26



tirera du CANTOR que quelques effets vite lassants, comme c'est le cas pour les orgues électroniques usuels : il ne sera qu'une sorte d'harmonium... Rien n'empêche d'ailleurs de considérer le CANTOR comme un instrument d'accompagnement d'autres instruments, traditionnels ou non. L'art consistera à préparer le CANTOR en pré-réglant le panneau frontal, puis de s'en servir avec art, quitte à se faire secourir par des aides pour régler les "périphériques". Nous pensons d'ailleurs à une possibilité de préparer à l'avance de véritables "programmes" de ces réglages, à la manière de ce que l'on peut réaliser sur certains orgues, où les registrations sont préparées à l'avance et réalisées automatiquement en temps voulu. Tout cela est devenu possible grâce à l'électronique moderne : il suffit que nos spécialistes aient le temps et l'argent nécessaire pour le faire.... Comme on le voit, ce ne sont pas les idées qui manquent, et nous savons à l'avance que le CANTOR répondra à notre attente.

V - CONCLUSIONS

Nous avons tenté de décrire avec précision notre orgue expérimental, le CANTOR, tel qu'il est actuellement, avec ses périphériques. Nous avons fait un peu de prospective et annoncé quelques points de notre programme. Nous savons déjà que cet instrument est d'un intérêt considérable du point de vue de l'acoustique musicale et de la recherche sur la psycho-physiologie perceptive. Nous savons de même que, moyennant apprentissage, le CANTOR représente un instrument de musique intéressant qui nous permettra accessoirement d'expérimenter dans le domaine de la musique, ne serait-ce que pour perfectionner la doctrine que nous avons mise sur pied depuis 10 ans. Nous sommes persuadés que ce sera un outil précieux pour l'acquisition des données indispensables à ceux qui feront demain de la musique avec des ordinateurs. Longtemps attendu, enfin arrivé, nous savons qu'il ne décevra notre attente à aucun point de vue, et nous aurons l'occasion d'y revenir plus d'une fois au cours de ces prochaines années.....

E. LEIPP

21 Juin 1971

PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT ET PERFORMANCES

DU CANTORI - CAHIER DES CHARGESI.1. INTRODUCTION

- Notre but, en établissant le cahier des charges du "CANTOR" a été de construire un appareil permettant l'étude des phénomènes sonores et plus particulièrement musicaux quant à leur structure physique et à la physiologie de leur perception par l'oreille et le cerveau.

C'est la raison pour laquelle nous avons prévu un grand nombre de paramètres réglables de façons différentes : hauteur, intensité, timbre, attaque et amortissement, c'est-à-dire : fréquence, amplitude, richesse en harmoniques, processus des phénomènes transitoires.

Que l'on puisse "jouer" de cet instrument nous a paru indispensable dans la mesure où cela permettait, sur le plan de la psycho-physiologie, non seulement de comparer entre elles des notes isolées de structures différentes mais encore de juger de l'effet de ces différences à partir d'une composition de référence.

- Il convient d'insister sur le fait que nous n'avons pas voulu construire un "instrument de musique" puisqu'il existe une contradiction fondamentale entre les "imperfections" qui font l'intérêt esthétique d'un tel instrument et la "précision" ou encore la reproductibilité qui sont le propre de tout "instrument de mesure".

Cela ne veut pas dire pour autant qu'il faut abandonner l'idée de réaliser un instrument de musique électronique doué de qualités esthétiques mais simplement que l'électronicien devra abandonner le point de vue de la métrologie pour laisser à l'exécutant la disposition d'un nombre suffisant de paramètres qui permettront à celui-ci d'exprimer sa sensibilité.

I.2. LES CLAVIERS.

- L'appareil comporte trois claviers couvrant chacun quatre octaves de UT 1 à UT 5 :
 - * le clavier supérieur commande des générateurs de signaux sinusoïdaux, c'est-à-dire produit des sons purs.
 - * le clavier intermédiaire commande des générateurs de signaux carrés, c'est-à-dire produit des sons comportant le fondamental et les harmoniques de rang impair.
 - * le clavier inférieur commande des générateurs de signaux en dents de scie, c'est-à-dire produit des sons comportant le fondamental et les harmoniques de rang pair et impair.
- Chaque clavier, comportant 49 touches, possède sa chaîne d'écoute propre : mélangeur à 49 entrées, chaîne d'amplification, haut-parleur et casque. Les trois claviers sont ainsi utilisables séparément ou simultanément.
- Un mélangeur supplémentaire à trois entrées permet l'écoute sur casque des trois claviers séparément ou simultanément.//

I.3. LES GENERATEURS DE SIGNAUX.

- Les touches de même rang de chaque clavier fournissent la même note mais avec des timbres différents.

Il est donc nécessaire que les trois types de signaux pour une même note soient élaborés à partir du même oscillateur : chaque générateur fournissant les trois types de signaux a donc pour élément de base le même oscillateur sinusoïdal. On est ainsi assuré que les touches de même rang sur les trois claviers fournissent automatiquement la même hauteur de note mais avec des timbres différents.

- Les 49 oscillateurs sinusoïdaux sont totalement indépendants les uns des autres en fréquence et en phase.

Chaque oscillateur est réglable en fréquence de manière que les plages de fréquence de deux oscillateurs consécutifs se recouvrent largement : on pourra ainsi effectuer une étude systématique des différentes gammes.

- Afin de pouvoir étudier les phénomènes de vibrato, tous les oscillateurs sont modulables en fréquence par un même signal de commande extérieur.

La fréquence de modulation est donc la même pour tous les oscillateurs mais la profondeur de modulation est ajustable séparément pour chacun des oscillateurs.

Le signal de modulation extérieur peut être quelconque : périodique de forme quelconque si l'on ne s'intéresse qu'aux caractéristiques physiques du phénomène de vibrato - aléatoire ou périodique additionné d'aléatoire si l'on veut aborder le côté esthétique du phénomène.

I.4. LES MODES D'ACTION DES TOUCHES.

- Nous avons prévu deux modes d'action possibles appelés "imposé" et "manuel" selon que l'on désire exclure l'influence de l'exécutant sur les processus d'attaque et d'amortissement ou bien lui laisser une certaine action sur ces paramètres.
- En ce qui concerne le fonctionnement en "imposé",
 - * les temps de montée et de descente d'une note sont indépendants de la vitesse d'enfoncement de la touche correspondante
 - * ils sont réglables individuellement pour chaque note et sont parfaitement reproductibles, d'où la possibilité d'effectuer une étude chiffrée des phénomènes de perception en régime transitoire.
- Dans le fonctionnement en "manuel"
 - * le temps de montée d'une note dépend de la vitesse d'enfoncement de la touche correspondante.
 - * le temps de descente ou "trainage" peut être réglé individuellement pour chaque touche et commandé globalement pour un même clavier.
- Ces divers types d'action des touches devraient permettre d'aborder l'étude des régimes transitoires acoustiques bien que l'appareil ne donne pas accès à tous les paramètres.

I.5. LES CHAINES D'ECOUTE.

- Comme nous l'avons dit, chaque clavier possède sa chaîne d'écoute qui comprend :
 - * un mélangeur à 49 entrées
 - * un préamplificateur avec correcteur de graves et d'aigues
 - * un amplificateur de puissance avec commande de gain manuelle
 - * une sortie haut-parleur et une sortie casque.
- Une commande supplémentaire de gain, actionnée par pédale, est intercalée entre le préamplificateur et l'amplificateur. Elle permet de faire varier l'intensité sonore, pour le clavier considéré entre zéro et une valeur maximale déterminée par la commande manuelle de gain
- Nous avons prévu en outre la possibilité d'insérer un système de filtres supplémentaire entre le préamplificateur et l'amplificateur.

Il serait ainsi possible avec un certain nombre de filtres passe-bande montés en parallèle d'effectuer une étude expérimentale systématique du timbre.

II - REALISATION.

II.1. LES GENERATEURS DE SIGNAUX.

- Le générateur de signaux correspondant à une note donnée, c'est-à-dire aux trois touches correspondantes de même rang, constitue un ensemble câblé sur un seul circuit imprimé (fig.1).
- Il comprend un oscillateur sinusoïdal dont on peut ajuster manuellement la fréquence et qui est muni d'une entrée "modulation de fréquence" par un signal extérieur.

Par l'intermédiaire d'un amplificateur écrêteur, le signal de l'oscillateur attaque deux bascules de Schmitt en parallèle :

La sortie de l'une fournit directement le signal carré; la sortie de l'autre attaque un dérivateur qui, à partir du signal carré, fournit un signal en dents de scie.

On obtient ainsi les trois types de signal qui sont automatiquement à la même fréquence quel que soit le réglage manuel de fréquence de l'oscillateur sinusoïdal ou le signal de modulation en fréquence qui pilote cet oscillateur.

- Les signaux ainsi obtenus passent dans des atténuateurs qui permettent de régler individuellement l'intensité de chaque signal.
- L'oscillateur sinusoïdal et les circuits de mise en forme sont en fonctionnement permanent - ceci pour éviter les glissements de fréquence à la mise en marche et à l'arrêt.

Chacun des signaux doit donc être envoyé à l'entrée d'une porte normalement fermée et qui sera ouverte à l'appel de la touche correspondante.

II.2. LE CIRCUIT DE COMMANDE D'UNE TOUCHE.

II.2.1. Principe adopté

Examinons le circuit de commande relatif à une touche et à un type de signal donné (fig.2).

- Un signal de type donné entre dans le mélangeur du clavier correspondant par l'intermédiaire de deux portes montées en parallèle. Ces portes sont des transistors à effet de champ qui bloquent le signal d'entrée si leur "gate" est portée à un potentiel négatif suffisant et qui laissent passer le signal si leur "gate" n'est plus au potentiel négatif de blocage.
- Il suffit évidemment que l'une des portes soit ouverte pour que le signal provenant du générateur passe dans la chaîne d'écoute. L'une des portes correspondra au fonctionnement en "manuel", l'autre au fonctionnement en "imposé", celle qui n'est pas utilisée devant être obligatoirement fermée.

II.2.2. Fonctionnement en manuel

- La "gate" de la porte correspondante est reliée au pôle négatif d'une alimentation par l'intermédiaire d'un circuit résistif dont l'un des éléments est une photorésistance.

Lorsque la photorésistance est dans l'obscurité, sa résistance est grande et a une valeur telle que la commande de la porte est à un potentiel suffisamment négatif pour que cette porte soit bloquée.

Si l'on éclaire la photorésistance en démasquant une source lumineuse par l'intermédiaire de la touche, la résistance de la photorésistance devient faible; la commande de la porte n'a plus la valeur négative de blocage et la porte s'ouvre progressivement, laissant passer le signal vers la chaîne d'amplification.

- La vitesse d'ouverture de la porte, c'est-à-dire le temps de montée du signal, dépend donc de la vitesse d'enfoncement de la touche.
- La vitesse de fermeture de la touche, c'est-à-dire le temps de descente du signal, dépend en outre des caractéristiques de l'alimentation et du circuit de résistances :
 - * en agissant sur la tension de l'alimentation commune à tous les circuits de commande du clavier considéré, on peut jouer globalement sur le "trainage" de toutes les notes de ce clavier.
 - * en agissant, pour chaque circuit, sur la valeur d'un élément résistif, on peut agir sur le trainage des notes les unes par rapport aux autres.
- Tout ceci en supposant que la porte relative au fonctionnement en "imposé" soit fermée, ce qui est le cas comme nous le verrons plus loin.

II.2.3. Fonctionnement en "imposé"

- La gate de la porte correspondante est reliée au pôle négatif d'une alimentation par l'intermédiaire d'un circuit à constante de temps RC et d'un interrupteur.

Lorsque l'interrupteur est fermé, la commande de porte est au potentiel négatif de blocage et la porte est fermée.

Si l'on ouvre l'interrupteur, la commande de porte revient à une tension nulle avec une vitesse qui dépend uniquement de la constante de temps RC, d'où un temps de montée du signal dépendant de RC.

Si l'on referme l'interrupteur, la commande de porte revient au potentiel de blocage avec une vitesse qui dépend de la même constante de temps RC.

- On peut donc agir sur les temps de montée et de descente du signal en faisant varier l'élément R de la constante de temps.
- Tout ceci en supposant que la porte relative au fonctionnement en "manuel" soit fermée, ce qui est le cas comme nous allons le voir.

II.2.4. Inversion "manuel" - "imposé"

- L'ouverture et la fermeture de l'interrupteur en "imposé" sont commandées par la touche qui commande également le fonctionnement en "manuel".

On doit donc avoir un système inverseur tel que si l'on veut fonctionner en "manuel" la porte de fonctionnement en "imposé" soit toujours fermée - et vice-versa, puisque c'est la même touche qui sert dans les deux cas.

- Pour réaliser l'inversion, on monte en parallèle sur l'interrupteur en "imposé" une photorésistance auxiliaire que l'on peut éclairer ou non.

Lorsque les deux sources lumineuses sont allumées, la photorésistance en parallèle sur l'interrupteur a une résistance faible : la commande de la porte "imposé" est au potentiel négatif de blocage quelle que soit la position de l'interrupteur "imposé" et la touche unique n'agit alors que sur la commande "manuel".

- Lorsque les deux sources lumineuses sont éteintes, la porte "manuel" est toujours fermée; la photorésistance en parallèle sur l'interrupteur "imposé" a une valeur élevée telle que la porte en "imposé" est fermée si l'interrupteur est fermé, ouverte si l'interrupteur est ouvert et la touche unique n'agit alors que sur la commande "imposé".

II.2.5. Montage d'une touche (fig.3)

- L'extrémité d'une touche commande à la fois l'éclairement de la photorésistance de fonctionnement en "manuel" et l'interrupteur de fonctionnement en "imposé".
- Le contact disponible de l'interrupteur est utilisé pour allumer un voyant qui permet d'identifier la touche sollicitée sur le panneau de contrôle des générateurs.

II.3. UTILISATION POSSIBLE D'UN LECTEUR OPTIQUE.

- En position "manuel", on peut remplacer les photorésistances d'un clavier par des photodiodes du type de celles qui équipent le lecteur optique de l'Icophone II.
- On peut donc commander les notes de l'un des claviers par une partition dessinée dans le plan temps-fréquence et lue par le lecteur optique de l'Icophone II,

ce lecteur ayant une vitesse de défilement qui peut être programmée avec une grande précision et une parfaite reproductibilité.

- On pourrait ainsi entreprendre l'étude de l'influence de la durée et du rythme en musique sur des bases expérimentales précises, le lecteur optique permettant de supprimer les variations accidentelles plus ou moins conscientes du jeu de l'exécutant.

III - CONCLUSION

L'appareil que nous présentons offre un grand nombre de possibilités mais présente aussi des imperfections et des lacunes dont nous sommes parfaitement conscients.

Sur le plan de la conception, nous savons et la séance de présentation au G.A.M. l'a immédiatement confirmé, que l'appareil ne permet pas à l'expérimentateur de maîtriser tous les paramètres importants.

Sur le plan de la réalisation, nous savons que l'appareil date déjà du point de vue technologique, car nos travaux sur les problèmes de synthèse et de reconnaissance de la parole nous ont obligé d'interrompre et de reprendre ce travail à de nombreuses reprises.

Il s'avère en effet que, dans le domaine de l'électronique, si la conception n'aboutit pas à une réalisation dans un délai de quelques mois, le produit est pratiquement périmé dès sa sortie.

Ceci étant précisé, nous espérons que la présentation et l'utilisation du CANTOR susciteront des critiques constructives qui aboutiront à l'établissement d'un cahier des charges serront de beaucoup plus près les préoccupations actuelles des spécialistes de l'acoustique musicale.

Nous nous permettons d'insister, une fois de plus, sur la distinction qu'il sera indispensable de faire entre les caractéristiques d'un appareil destiné à la recherche sur les propriétés physiques et psychophysologiques des sons musicaux et les qualités esthétiques d'un instrument de musique.

Juillet 1971

J. SAPALY

SCHEMA D'UN GENERATEUR DE SIGNAUX ω, π, N

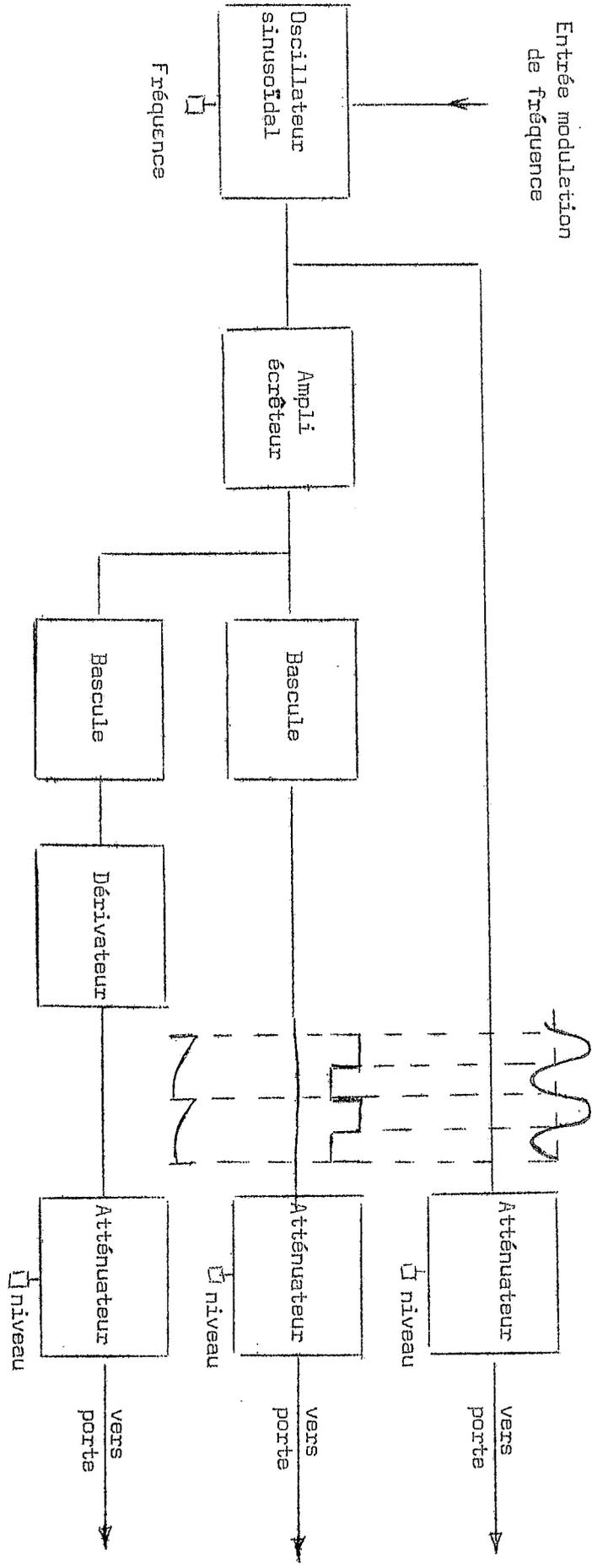


Figure 1

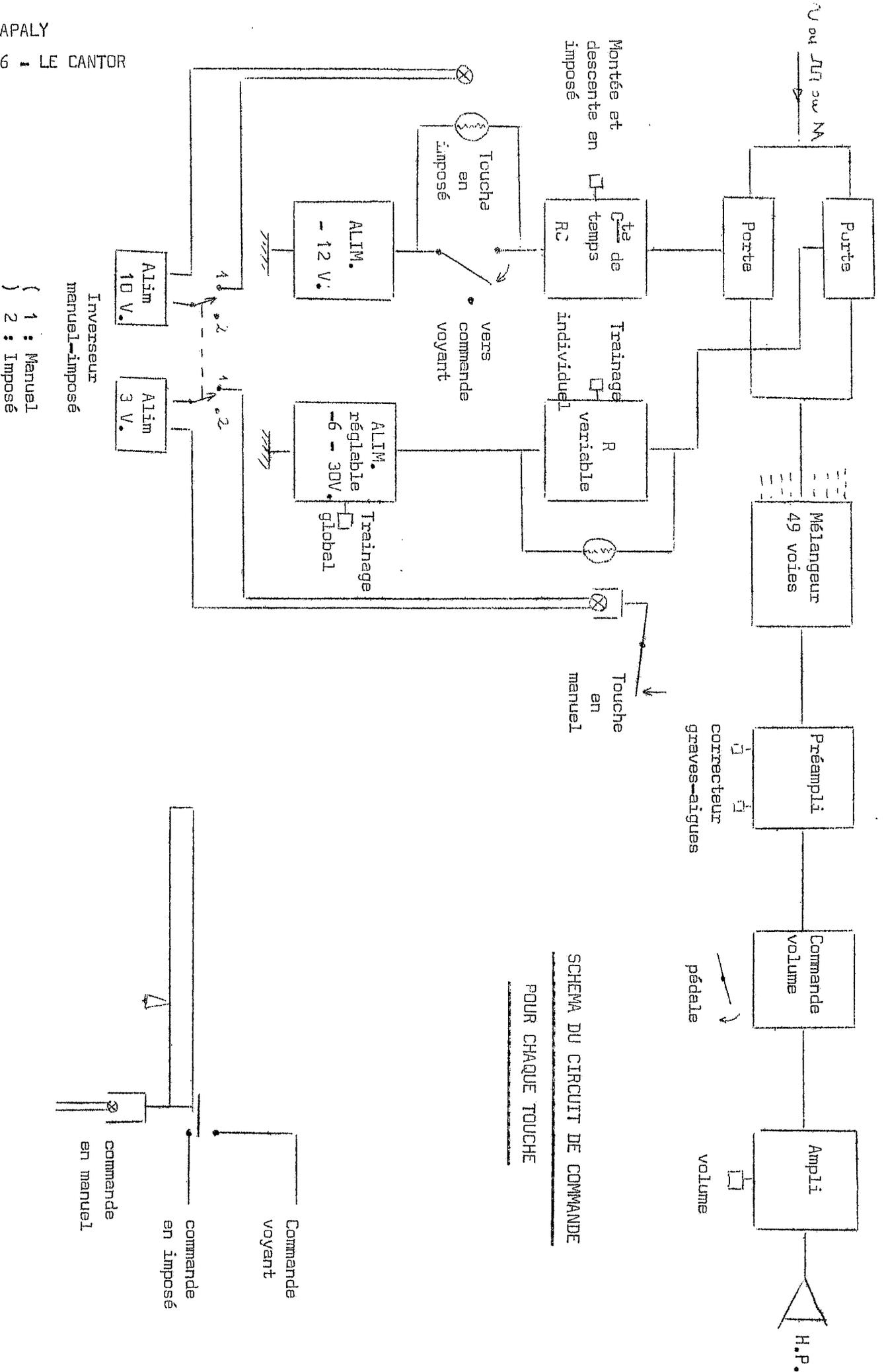


Figure 2

**SCHEMA DU CIRCUIT DE COMMANDE
POUR CHAQUE TOUCHE**

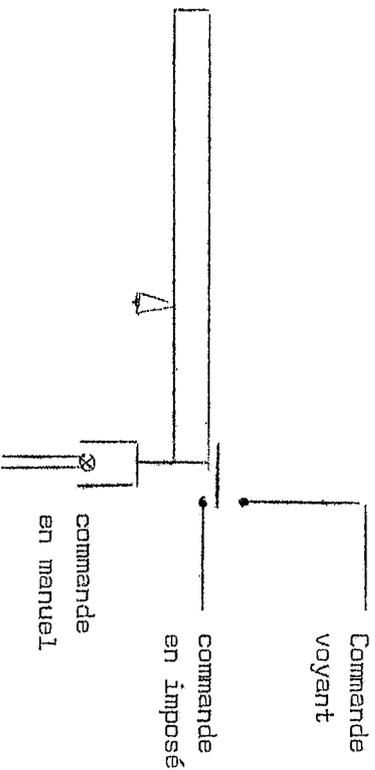


Figure 3