

F. JUSTER

petits instruments électroniques de musique

et leur réalisation

• Petites orgues • Flûte, Clarinette, Saxophone • Trombone à coulisse, etc... • Accordéon • Violon, Alto, Violoncelle, Contrebasse • Instruments anciens et exotiques • Instruments à capteur électromagnétique • Instruments aériens (Thérémine) • Schémas divers.

**PETITS INSTRUMENTS
ÉLECTRONIQUES
DE MUSIQUE**

Toute reproduction, même partielle, de cet ouvrage, est interdite. Une copie ou reproduction par quelque procédé que ce soit, photographie, microfilm, bande magnétique, disque ou autre, constitue une contrefaçon passible des peines prévues par la loi du 11 mars 1957 sur la protection des droits d'auteur.

© 1977 - E.T.S.F.

F. JUSTER

PETITS INSTRUMENTS ÉLECTRONIQUES DE MUSIQUE

et leur réalisation

● Petites orgues ● Flûte, Clarinette, Saxophone ● Trombone à coulisse, etc... ● Accordéon ● Violon, Alto, Violoncelle, Contrebasse ● Instruments anciens ou exotiques ● Instruments à capteur électromagnétique ● Instruments aériens (Thérémine)

(2^e édition revue et corrigée)

Diffusion :

AGENCE PARISIENNE DE DISTRIBUTION

2 à 12, rue de Bellevue

75019 P A R I S

PRINCIPAUX OUVRAGES

du même auteur publiés sous nom et sous pseudonymes (PS)

1. Cours pratique de télévision 7 volumes (2° édition).
2. Pratique intégrale de la télévision (2° édition).
3. La TV couleur système SECAM version actuelle (PS).
4. 50 montages pratiques (PS).
5. Montages pratiques à transistors (PS) (3° édition).
6. Radio récepteurs à transistors (avec M. R. Motte).
7. Les circuits imprimés (avec P. Lemeunier).
8. Service TV (avec P. Lemeunier).
9. Radio Mesures (avec Marthe Douriau).
10. Applications spéciales des transistors (PS).
11. Sachez dépanner votre téléviseur.
12. Perfectionnements et améliorations des téléviseurs (PS).
13. Les montages de TV à transistors (PS).
14. Installation des téléviseurs (PS).
15. Montages de technique étrangère (PS).
16. Initiation aux mesures radio et BF (PS).
17. Pratique des téléviseurs à transistors.
18. Antennes de TV (VHF, UHF) et FM (4° édition).
19. Pratique intégrale des amplificateurs BF, HI-FI stéréo à transistors (2° édition).
20. Les tuners modernes FM (épuisé).
21. Amplificateurs. HI-FI stéréo à circuits intégrés (2° édition).
22. Construction des petits transformateurs (avec M. Douriau), etc. etc.
23. Construction des appareils électroniques du débutant (PS).
24. Les premiers appareils de mesure du débutant.
25. Les enceintes acoustiques (PS) avec P. Hemardinquer.
26. Orgues électroniques ultra-modernes.
27. Cours rapide de radioélectronique simplifiée.
28. Les alarmes électroniques.
29. 30 montages électroniques.
30. Cours rapide de TV simplifiée.

Tous (sauf ceux épuisés) en vente à La Librairie Parisienne de la Radio et chez tous les libraires techniques.

TABLE DES MATIÈRES

Introduction	9
Tableau des notes musicales et des fréquences	11
LIVRE I. — GÉNÉRATEURS	
Introduction au livre I	13
CHAPITRE 1. — Générateur universel avec vibrato pour orgues monodiques	14
Oscillateur de vibrato	15
Générateur de notes	15
Présentation	15
Analyse des circuits	16
Mélangeur - amplificateur - formant	16
Valeur des éléments	18
Exemple de construction	20
Platine des capacités	21
Platine des résistances	21
Platine des oscillateurs	22
Platine du mélangeur - amplificateur	23
CHAPITRE 2. — Générateur de signaux rectangulaires avec vibrato	
Introduction	26
L'oscillateur	27
Vibrato	28
Calcul de l'oscillateur	29
Composition	30
Introduction du vibrato	30
Tonalité, timbre, puissance	31
Construction	33
Construction de l'oscillateur de notes	34
Construction du vibrato	34
Détails complémentaires	35
CHAPITRE 3. — Générateur d'orgue monodique très simple	
Le schéma	38
Transformateur	39
Montage du transistor de puissance	40
CHAPITRE 4. — Ensembles multi-monodiques	
Principes	42
Schéma général	43

Vibratos	44
Les contacteurs	44

LIVRE II. — LES INSTRUMENTS A VENT

Introduction	45
--------------------	----

CHAPITRE 1. — Généralités	46
---------------------------------	----

Solutions et palliatifs	47
Emplacement du HP	48
Emplacement des parties du montage	49
Caractéristiques des vrais instruments à vent	50
Flûte normale	50
Petite flûte	51
Flageolet ou pifferari	52
Hautbois	52
Cor anglais	53
Hautbois d'amour.....	53
Basson.....	53
Contrebasson et sarrusophone	54
Clarinette	54
Clarinette-alto	54
Clarinette-basse	54
Saxophone	54

CHAPITRE 2. — Exemples d'instruments à vent : saxophone, cor anglais, clarinette

Saxophone-jouet	55
Choix du générateur	56
Mise au point	58
Version à 13 notes	59
Amplificateur	59
Les clefs	61
Construction	61
Autre choix des condensateurs	62
Autres instruments	63
Les timbres.....	64
Formant pour saxophone	66
Formant pour cor anglais et clarinette	66
Vibrato	67

CHAPITRE 3. — Trombone à coulisse électronique

Introduction	69
Le vrai trombone à coulisse	70
Principe du trombone électronique	71
Dispositif électronique	72
Commandes des notes	73
Variante avec 2 octaves et 3 gammes.....	75

CHAPITRE 4. — Accordéon électronique

Introduction	77
Générateurs	78
Accordéon bimonodique	78

LIVRE III. — INSTRUMENTS A CORDES

CHAPITRE 1. — Instruments à cordes avec générateurs électromagnétiques

Classification	80
Imitation des instruments à archet	80
Générateurs électromagnétiques	82
Le ravanostrom	85
Plus de deux cordes	89
Capteur	89
Montage du capteur	91
Aimants permanents	92
Capteurs à une seule bobine	95
Mise au point	96
Application à divers instruments	97

CHAPITRE 2. — Instruments électroniques à cordes

Rappel des vrais instruments	99
Instruments anciens	100
Instruments électroniques	100
Monocorde	100
Technique générale	101
Schéma du générateur	101
Les notes obtenues	102
Calcul du générateur	103
Contrebasse	106
Calcul des résistances	107
Violoncelle	108
Alto	108
Violon	108
Mode d'attaque	109
Bicordes et multicornes	111
Contacts pour multicorde	111
Formants	112
Possibilités des appareils décrits	113
Amplificateurs et mélanges	114

LIVRE IV. — INSTRUMENTS SPÉCIAUX

CHAPITRE 1. — Thérémine à transistors

Généralités	118
Analyse du schéma	119
Valeur des éléments	120
Construction	120
Mise au point	122

CHAPITRE 2. — Thérémine dansant	
Dispositif adaptable à un thérémine	124
CHAPITRE 3. — Percussions, tambour, bongo, blocs, etc.	
Circuits de percussion	126
Percussion non chromatique	126
Valeur des éléments	127
Préamplificateur	128
Mise au point	130
Construction	131
CHAPITRE 4. — Schémas pratiques	
A. Amplificateur 0,8 à 2 W	132
B. Boîte de timbres	132
C. Générateur à multiples formes de signaux	132
D. Filtre à timbres à 262 000 combinaisons.....	132

INTRODUCTION

Il y a deux sortes d'instruments électroniques de musique : les « petits » et les « grands ». Les petits sont ceux qui imitent des *petits instruments classiques* comme les instruments à cordes, ceux à vent, ceux à percussion, etc. Ces petits instruments électroniques de musique sont en général monodiques (ils ne peuvent donner qu'un seul son à la fois). Dans ce cas, une main peut servir au choix de la note et l'autre à un choix de tonalité, de timbre, de puissance ou de toute autre caractéristique du son comme par exemple, le vibrato ou trémolo.

Les « grands » *instruments classiques* sont l'orgue et le piano avec modèles simplifiés comme l'harmonium et les ancêtres comme le clavecin. Ces instruments peuvent donner toutes leurs notes disponibles à la fois mais pratiquement le maximum des notes serait 10, d'ailleurs jamais atteint (les dix doigts en action) auxquels s'ajouteraient éventuellement des notes obtenues en actionnant des pédales avec les pieds.

Les grandes orgues peuvent posséder un très grand nombre de claviers ce qui les rendent monumentales et aussi, très chères.

Leurs imitations, les orgues électroniques, peuvent atteindre également des complications extrêmes afin d'obtenir un nombre considérable d'effets de toutes sortes (*).

Certains parmi ces instruments complexes, possèdent également des boutons actionnant divers dispositifs d'accords servant d'accompagnement.

Il est évident que les orgues électroniques seront beaucoup plus compliquées que les petits instruments électroniques. Ces derniers sont d'ailleurs, parfaitement valables comme éléments d'orchestre car ils remplacent des instruments classiques de valeur certaine et également monodiques.

Tous ceux qui s'intéressent à la musique, savent que d'une manière générale, les pianos et les orgues, sont considérés comme des instruments de musique *complets* autrement dit, ils peuvent se passer dans un spectacle musical, de tout accompagnement mais ils peuvent aussi devenir des instruments solistes avec accompagnement d'autres instruments en nombre limité ou formant un orchestre.

D'autre part, les « petits » instruments ne donnant qu'une ou deux notes à la fois, sont presque toujours dans l'impossibilité de satisfaire aux exigences d'un spectacle musical sans être accompagnés par d'autres instruments (musique de chambre ou de danse) par des orchestres (concerts) ou des orchestres et des chanteurs (musique lyrique ou religieuse ou populaire).

Ils peuvent aussi, constituer des éléments d'un orchestre et exécuter des soli de temps en temps.

(*) Voir notre ouvrage *Les orgues électroniques ultra-modernes* (chez le même éditeur).

De ce qui précède, on peut conclure que les petits instruments électroniques de musique même à un seul son à la fois, ne sont nullement des jouets d'enfants ou des « gadgets ». Bien conçus et bien mis au point, ces instruments peuvent devenir des sources d'expression musicale de haut niveau artistique utilisables pour des concerts privés ou publics.

Leur grand avantage par rapport aux orgues électroniques est leur simplicité relative qui se traduit, sur le plan de l'amateur, par un prix de revient à la portée de tous, une réalisation simple, une mise au point rapide ne nécessitant pas un laboratoire de mesures et, une stabilité satisfaisante.

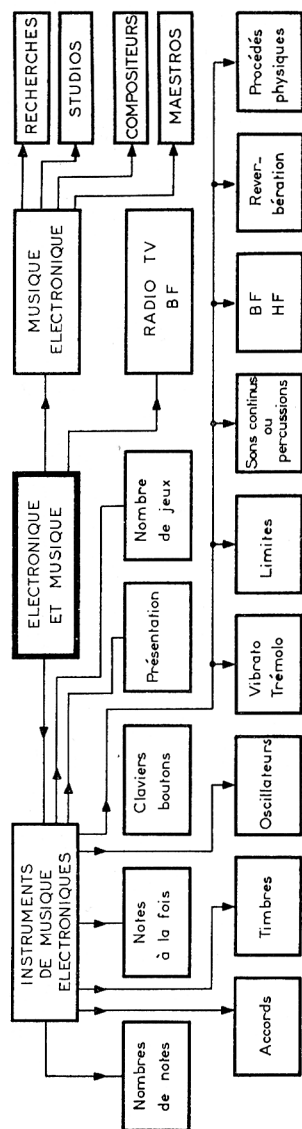
Variantes d'un même instrument

En remarquant que la plupart des instruments *monodiques* sont basés sur le même principe, il est tout naturel de concevoir de nombreuses variantes d'un même instrument particulier en jouant sur une ou plusieurs de ses caractéristiques.

Celles-ci sont principalement les suivantes :

- nombre des jeux (c'est-à-dire d'ensembles de notes du clavier ou de boutons) ;
- forme du jeu des commandes (clavier, boutons, pédales, clefs, doigts glissant sur une corde, marteaux, etc.) ;
- forme du coffret ou meuble inspirée de celle d'un instrument existant (piano, orgue, harmonium, guitare, violon, flûte, accordéon, etc.) ou forme nouvelle ;
- nombre total des notes ;
- jeux de timbres et de tonalité (imitation des instruments classiques ou timbres nouveaux) ;
- méthode d'obtention des signaux de notes (schéma de l'oscillateur adopté, dispositifs diviseurs de fréquence, etc.) ;
- vibrato et trémolo ;
- limites du registre (médium et plus ou moins d'extension vers les basses et les aigües) ;
- nature de sons : continus ou frappés ;
- système d'amplification BF et de reproduction par HP ; divers procédés de sonorisation à 1, 2 ou plusieurs canaux ;
- réverbération et échos par ressorts, tuyau de transmission des sons, magnétophone ;
- procédés non électroniques : électromagnétique, électrostatique, optique, acoustique, pneumatique.

Cette énumération bien qu'abondante n'est nullement complète. On peut aussi distinguer un instrument selon sa destination : musique dite « sérieuse » et musique « de danse ».



A Classification de la MUSICO-ELECTRONIQUE

	Ut — 1 à Si — 1	Ut ₀ à Si ₀	Ut ₁ à Si ₁	Ut ₂ à Si ₂	Ut ₃ à Si ₃	Ut ₄ à Si ₄	Ut ₅ à Si ₅	Ut ₆ à Si ₆	Ut ₇ à Si ₇	Ut ₈ à Si ₈
UT #	16,34 Hz	32,69 Hz	65,39 Hz	130,79 Hz	261,59 Hz	523,19 Hz	1 046,37 Hz	2 092,75 Hz	4 185,50 Hz	8 371,00 Hz
UT #	17,30 Hz	34,62 Hz	69,25 Hz	138,50 Hz	277,02 Hz	554,05 Hz	1 108,10 Hz	2 216,22 Hz	4 432,44 Hz	8 864,88 Hz
RE #	18,34 Hz	36,68 Hz	73,37 Hz	146,78 Hz	293,56 Hz	587,01 Hz	1 174,02 Hz	2 348,05 Hz	4 696,11 Hz	9 392,22 Hz
RE #	19,42 Hz	38,84 Hz	77,70 Hz	155,44 Hz	310,88 Hz	621,66 Hz	1 243,28 Hz	2 486,58 Hz	4 973,18 Hz	9 946,36 Hz
MI #	20,60 Hz	41,20 Hz	82,39 Hz	164,80 Hz	329,60 Hz	659,21 Hz	1 318,42 Hz	2 636,56 Hz	5 273,12 Hz	10 546,24 Hz
FA #	21,81 Hz	43,64 Hz	87,30 Hz	174,61 Hz	349,22 Hz	698,44 Hz	1 396,88 Hz	2 793,76 Hz	5 587,52 Hz	11 175,04 Hz
FA #	23,09 Hz	46,21 Hz	92,45 Hz	184,91 Hz	369,82 Hz	739,64 Hz	1 479,29 Hz	2 958,59 Hz	5 917,18 Hz	11 834,36 Hz
SOL	24,49 Hz	48,98 Hz	97,96 Hz	195,93 Hz	391,86 Hz	783,73 Hz	1 567,46 Hz	3 134,92 Hz	6 269,84 Hz	12 539,68 Hz
SOL #	25,93 Hz	51,87 Hz	103,74 Hz	207,48 Hz	414,97 Hz	829,97 Hz	1 659,94 Hz	3 319,88 Hz	6 639,77 Hz	13 279,54 Hz
LA #	27,50 Hz	55,00 Hz	110,00 Hz	220,00 Hz	440,00 Hz	880,00 Hz	1 760,00 Hz	3 520,00 Hz	7 040,00 Hz	14 080,00 Hz
LA #	29,12 Hz	58,24 Hz	116,49 Hz	232,98 Hz	465,96 Hz	931,92 Hz	1 863,85 Hz	3 727,70 Hz	7 455,40 Hz	14 910,80 Hz
SI	30,87 Hz	61,73 Hz	123,46 Hz	246,94 Hz	493,88 Hz	987,57 Hz	1 975,13 Hz	3 950,27 Hz	7 900,54 Hz	15 801,08 Hz

B Les notes de musique et les fréquences des signaux électriques ou sonores correspondants.

LIVRE I

GÉNÉRATEURS

INTRODUCTION AU LIVRE I

Dans ce livre on traite des générateurs. Ceux-ci sont les éléments principaux des instruments électroniques de musique car ils engendrent les signaux électriques correspondant aux notes de musique à produire.

Les générateurs sont constitués principalement par des oscillateurs et des circuits de sortie des oscillateurs. Les oscillateurs sont réalisés avec des semi-conducteurs, notamment des transistors ou des circuits intégrés. Les circuits de sortie sont des amplificateurs linéaires ou déformants séparant les oscillateurs des dispositifs électroniques montés après les générateurs. Il existe un nombre important de sortes de générateurs, mais dans le domaine de la musico-électronique on s'intéresse surtout aux générateurs stables, simples, économiques, légers, peu encombrants, consommant peu, pouvant fonctionner avec un égal rendement à toutes les fréquences correspondant aux notes musicales exigées et, pouvant fournir ces divers signaux, à l'aide d'un système simple de commutation ou de variation continue de la fréquence des signaux.

Il faut aussi qu'un générateur ait fait ses preuves. Nous avons donc choisi quelques types de générateurs ayant donné satisfaction dans leur emploi comme élément principal d'un instrument monodique.

Tous les générateurs décrits dans ce livre I sont intégralement électroniques.

A la fin de ce livre I on trouvera un chapitre traitant des instruments multi-monodiques. Il s'agit d'instruments à deux ou plusieurs générateurs monodiques permettant à l'exécutant, dans des conditions particulières, de produire une, deux ou plusieurs notes à la fois. Ce sera le cas du violon électronique par exemple ou d'un instrument dans lequel l'exécutant se servira de deux mains et éventuellement de ses pieds en agissant sur des pédales.

GÉNÉRATEUR UNIVERSEL AVEC VIBRATO POUR ORGUES MONODIQUES

Introduction

Proposé par la RCA ce générateur peut couvrir un ou plusieurs intervalles d'octaves mais ne donnera qu'une seule à la fois.

L'appareil se compose de deux parties électroniques dont les schémas sont donnés par les figures 1 et 3.

A la figure 1 on donne le schéma de la partie génératrice de signaux électriques à basse fréquence.

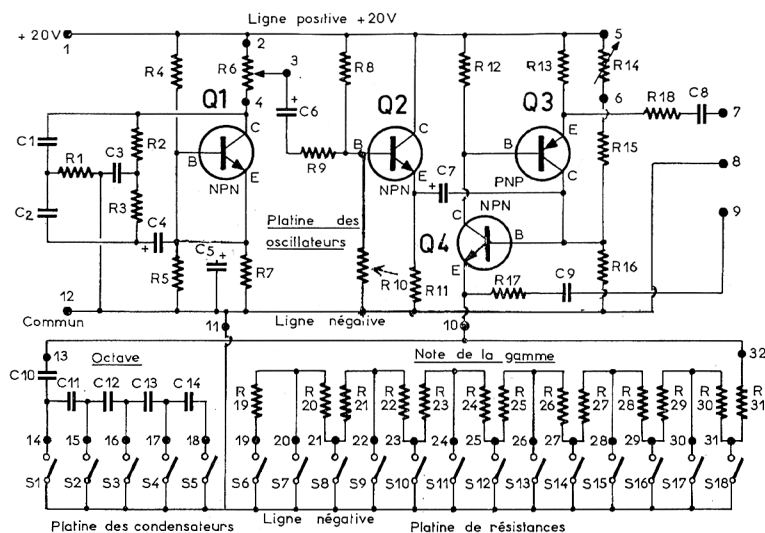


FIG. 1. — Schéma complet des générateurs.

A la figure 3 on a représenté le schéma du mélangeur-amplificateur dont la sortie devra être branchée à un amplificateur suivi d'un haut-parleur qui émettra les sons correspondant aux signaux électriques qui lui seront appliqués.

Oscillateur de vibrato (voir figure 2).

Cet oscillateur précède l'oscillateur produisant les signaux de notes.

Le montage de Q_1 en oscillateur en double T permet la génération d'un signal sur une certaine fréquence f_0 dont la valeur dépend de celles de R_1 , R_2 , R_3 , C_1 , C_2 et C_3 . Ce sera une fréquence *très basse*. Le signal à cette fréquence f_0 est obtenu aux bornes du potentiomètre R_6 monté entre le collecteur de Q_1 et la ligne positive de +20 V par rapport à la ligne négative qui est nommée « commun » dans ce montage. On peut aussi la désigner sous le nom de « masse ». C'est à cette ligne que seront connectés les pôles négatifs des sources d'alimentation.

Générateur de notes

Du curseur de R_6 , point 3, le signal à la fréquence f_0 est transmis par le condensateur C_6 et la résistance R_9 , à la base du transistor Q_2 monté en collecteur commun. En effet, le collecteur est relié directement à la ligne positive +20 V.

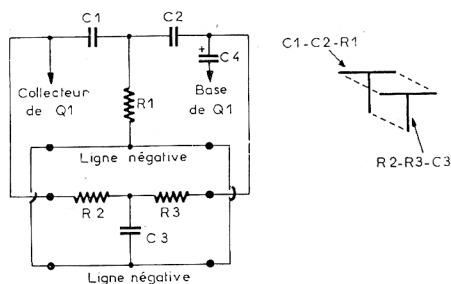


FIG. 2. — Détail de l'oscillateur en double T du vibrato à transistor Q_1 de la figure 1.

Ce transistor sert simplement de coupleur entre la sortie de Q_1 , sur R_6 , et l'entrée du deuxième oscillateur de cet appareil, composé de Q_3 et Q_4 . A noter que dans l'oscillateur Q_3 - Q_4 , il y a un premier couplage entre le collecteur de Q_4 et la base de Q_3 et un deuxième couplage, entre le collecteur de Q_3 et la base de Q_4 .

C'est là le montage d'un multivibrateur.

La fréquence du signal de ce circuit dépend du réseau parallèle RC monté entre l'émetteur du transistor NPN, Q_4 et la masse. Il faut, par conséquent, que l'on modifie RC pour chaque note de la gamme désirée.

Présentation

Pratiquement le problème a été résolu de la manière suivante : on modifie R et C séparément. Les treize valeurs convenablement choisies de R correspondent aux treize notes d'une octave (tons et demi-tons). Il suffira donc de prévoir *treize interrupteurs dont la présentation peut être choisie par l'utilisateur* selon l'instrument à imiter. La plus simple est dans l'emploi de treize poussoirs qui effectuent le contact lorsqu'ils sont pressés et reviennent à leur position de repos, lorsqu'ils

sont lâchés. On obtient ainsi une octave déterminée dont l'emplacement dépend de la valeur de la capacité.

La capacité C montée entre le point 14 et la masse est mise en service par un des interrupteurs S_1 à S_5 , au nombre de cinq. On aura par conséquent cinq fois $13 = 65$ notes en cinq octaves.

Les cinq interrupteurs des capacités seront distincts des treize interrupteurs de résistances.

L'exécutant utilisera ses deux mains, par exemple, la main gauche pour le groupe des interrupteurs S_1 à S_5 pour déterminer l'octave choisie et la main droite pour déterminer la note choisie dans l'octave mise en service.

Ce genre de système de commutation ne nécessite que $13 + 5 = 18$ interrupteurs unipolaires.

Un autre système de commutation est réalisable avec un ensemble de 65 interrupteurs bipolaires, chacun mettant en circuit le condensateur et la résistance qui convient.

Un clavier de cinq octaves convient très bien mais un accessoire de ce genre est assez cher.

D'autres solutions plus simples sont possibles.

Analyse des circuits

Revenons au premier oscillateur de signaux réalisé avec le transistor Q_1 et le filtre en double T, destiné au vibrato.

Le choix des éléments R et C du filtre en double T a été fait pour obtenir un signal sinusoïdal à la fréquence f_0 très basse de 7 Hz environ. Ce signal servira à moduler le signal du deuxième oscillateur produisant ainsi un vibrato.

Avec le réglage R_6 accessible à l'utilisateur (ou « exécutant ») on pourra agir plus ou moins sur le vibrato appliqué à la note en service. En effet lorsque le curseur, point 3, du potentiomètre sera au point 2, l'action du vibrato sera nulle. Elle sera maximum lorsque le curseur de R_6 sera au point 4, collecteur de Q_1 . Remarquons que le réglage de R_6 agit aussi sur la fréquence du signal engendré par le multivibrateur.

Le condensateur C_7 transmet le signal de vibrato au multivibrateur. Lorsque la tension transmise par C_7 fait augmenter le courant de base de Q_4 , la fréquence d'oscillation du signal augmente; lorsque C_7 transmet une tension opposée tendant à diminuer le courant de base de Q_4 , la fréquence du signal diminue. Le vibrato agit comme modulateur de la fréquence déterminée par le circuit RC monté entre les points 10 et la ligne négative.

Mélangeur - amplificateur - formant

Passons maintenant au schéma de la figure 3. Cette partie du montage se raccorde à celle de la figure 1 par les points suivants : 7' à connecter au point 7, 8' au 8, 9' au 9, 1' au 12 (ligne négative).

Cette partie est alimentée sous 12 V donc, sa ligne positive, point 3' est distincte de la ligne positive de +20 V de la première partie du montage.

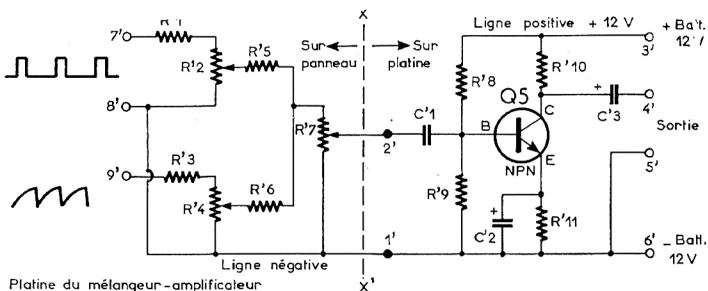


FIG. 3. — Mélange des signaux.

Le montage de la figure 3 est celui d'un mélangeur-amplificateur.

En effet, l'ensemble générateur donne des signaux aux points 7, 8 et 9. *Au point 9, le signal est en dents de scie, celui au point 7 est à impulsions, tandis que le point 8 permet la connexion des lignes négatives, tout comme les points 12 et 11.*

Analysons le schéma du mélangeur. Un signal en dents de scie comme celui de la figure 4 (A) est appliqué par les points 9-9' et R'3 au potentiomètre R'4 qui règle son amplitude. D'autre part, un signal à impulsions comme celui de la figure 4 (B) est transmis par les points 7-7', et la résistance R'1 au potentiomètre R'2 réglant son amplitude.

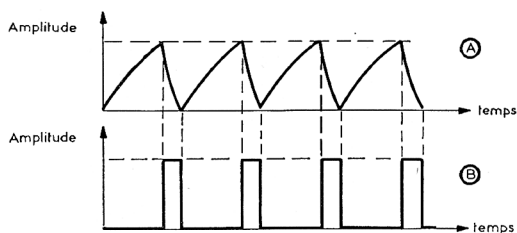


FIG. 4. — Formes des signaux.

Les deux signaux, dosés à volonté par R'2 et R'4 sont transmis par R'5 et R'6 à R'7 qui effectue leur mélange, donnant, selon le dosage, un signal de forme intermédiaire entre ceux en dents de scie et en impulsions.

Lorsque R'2 est avec le curseur, au point 8' le signal à impulsions est nul et seul l'autre signal, en dents de scie, passe par le point 2'. De même, si le curseur de R'4 est au point 8' (ligne négative) seul le signal à impulsions est transmis à R'7.

A la suite de R'7 il y a un condensateur de liaison C'1 qui transmet le signal à la base du transistor amplificateur BF-Q5.

Le signal, tel qu'il a été « formé » par l'exécutant est amplifié par Q5 et disponible à la sortie, points 4' et 5'.

Ce signal doit être appliqué à un amplificateur BF de puissance adapté

aux applications à envisager, c'est-à-dire de puissance comprise entre 0,5 W et plusieurs watts.

Il est peu important que les résistances à tolérance 10 % soient précises. Par contre celles à tolérance de 5 % déterminent la hauteur des sons donc une tolérance de 5 % est un minimum exigible sinon l'instrument émettra des notes fausses. Il en est de même des capacités d'accord C_{11} à C_{14} qui devront être aussi précises que possible. Au besoin, on ajustera leur valeur en mettant des capacités en parallèle. Par exemple, pour la capacité de $0,5 \mu\text{F}$, en supposant que sa valeur réelle soit un peu plus petite que celle requise, on pourra lui monter en parallèle des capacités de faible valeur jusqu'à obtention de l'accord exact sur l'octave désirée.

Les qualités d'un instrument de musique sont nombreuses, mais la plus importante est qu'il soit juste. La meilleure solution, est toutefois de prévoir des résistances ajustables. Par exemple au lieu de 820Ω fixe, prendre $1\,000$ ou $1\,500 \Omega$ ajustable.

Valeur des éléments

TABLEAU I Capacités

Capacités	Valeur	Tension de service (V)	Diélectrique
C_1, C_2	$0,22 \mu\text{F}$	25	papier ou <i>mylar</i>
C_3, C_{10}, C_{11}	$0,5 \mu\text{F}$	25	»
C_4	$50 \mu\text{F}$	25	électrochimique
C_5	$100 \mu\text{F}$	6	»
C_6, C_7	$4 \mu\text{F}$	25	»
C_8, C_9	$0,1 \mu\text{F}$	25	papier ou <i>mylar</i>
C_{12}	$0,25 \mu\text{F}$	25	»
C_{13}	$0,12 \mu\text{F}$ en parallèle sur 5 nF	25	»
C_{14}	56 nF en parallèle sur $6,8 \text{ nF}$	15	»
C'_1	$15 \mu\text{F}$	10	électrochimique
C'_2	$100 \mu\text{F}$	6	»
C'_3	$50 \mu\text{F}$	15	»

Les condensateurs au mylar sont plus stables.

Les transistors à utiliser sont des RCA : $Q_1 = Q_2 = Q_4 = \text{SK 3020}$, $Q_3 = \text{SK 3005}$, $Q_5 = \text{SK 3020}$, ou leurs équivalents RCA, par exemple :

SK 3020 : 2N1594, 2N2922, 2N2923, 2N2934, 2N3241, 2N4286, etc. ;

SK 3005 : 2N481 à 2N486 ; 2N578 à 2N581 ; 2N1343 à 2N1347 ; 2N1782 à 2N1784.

Voici au tableau II les valeurs et autres caractéristiques des résistances.

TABLEAU II

Résistances fixes de 0,5 W, tolérance 10 %

$R_1 = 33 \text{ k}\Omega$ $R_2 = R_3 = 220 \text{ k}\Omega$ $R_4 = R_8 = 330 \text{ k}\Omega$	$R_{28} = R_{29} = 680 \Omega$
$R_5 = R_{18} = 100 \text{ k}\Omega$ $R_7 = 3,3 \text{ k}\Omega$ $R_9 = 27 \text{ k}\Omega$	$R'_1 = R'_5 = R'_6 = R'_9 = 100 \text{ k}\Omega$ $R'_3 = 2,2 \text{ M}\Omega$
$R_{10} = 180 \text{ k}\Omega$ $R_{11} = 1 \text{ k}\Omega$ $R_{12} = 1,5 \text{ k}\Omega$	$R'_8 = 330 \text{ k}\Omega$ $R'_{10} = 12 \text{ k}\Omega$
$R_{13} = 180 \Omega$ $R_{15} = 1,2 \text{ k}\Omega$	$R'_{11} = 3,3 \text{ k}\Omega$
$R_{16} = 470 \Omega$ $R_{17} = 2,2 \text{ M}\Omega$	

TABLEAU III

Résistances fixes de 0,5 W, tolérance 5 %

$R_{19} = R_{20} = 1,1 \text{ k}\Omega$ $R_{23} = R_{24} = 910 \Omega$ $R_{27} = 750 \Omega$ $R_{30} = 620 \Omega$	$R_{21} = R_{22} = 1 \text{ k}\Omega$ $R_{25} = R_{26} = 820 \Omega$ $R_{28} = R_{29} = 680 \Omega$ $R_{31} = 10 \text{ k}\Omega$
---	--

TABLEAU IV

Potentiomètres linéaires

$R_8 = 10 \text{ k}\Omega$	$R'_4 = 250 \text{ k}\Omega$
$R_{14} = 1 \text{ k}\Omega$	$R'_7 = 10 \text{ k}\Omega$
$R'_2 = 5 \text{ k}\Omega$	

Exemple de construction

Voici la réalisation originale proposée par RCA dans son livre « RCA Hoby Circuits Manual ».

La figure 5 montre l'aspect extérieur de l'instrument tel qu'il a été réalisé par la RCA.

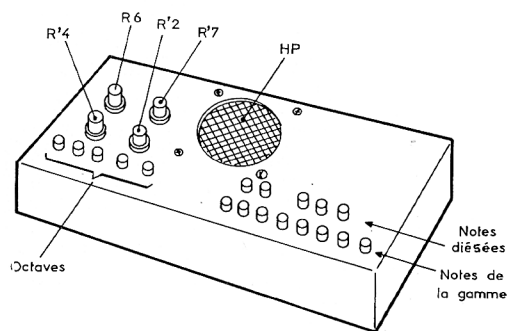


FIG. 5. — *Aspect de l'instrument complet.*

A gauche et en haut sont montés les potentiomètres que l'exécutant aura à manipuler :

R'_7 : puissance.

$R'_1 - R'_2$: dosage de la forme du signal (timbre des sons, en langage musical).

R_6 : réglage du vibrato.

Pratiquement l'exécutant réglera ces boutons avant l'exécution car pendant celle-ci il aura besoin des deux mains pour agir sur les boutons-poussoirs S_1 à S_{18} .

Les boutons d'octaves sont S_1 à S_5 disposés à gauche et en bas.

Le haut-parleur sera disposé devant une ouverture circulaire pratiquée au milieu du couvercle du coffret tandis que les poussoirs S_6 à S_{18} seront disposés à droite et en bas.

Pour réaliser l'ensemble, il est recommandé d'effectuer le montage sur plusieurs platines séparées :

- (a) platine des capacités d'octaves,
- (b) platine des résistances des notes,
- (c) platine des oscillateurs de vibrato et de notes,
- (d) platine de l'amplificateur de la figure 3,
- (e) platine de l'amplificateur de puissance si celui-ci doit être incorporé dans le coffret. L'alimentation pourra également être disposée dans ce coffret.

Platine des capacités

Celle-ci se présente selon la figure 6. La platine isolante est de $7,5 \times 5$ cm environ. On pourra aussi utiliser une platine à trous métallisés ce qui permettra de souder les éléments aux emplacements indiqués, à peu de chose près.

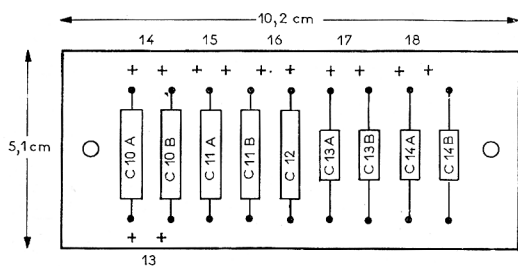


FIG. 6. — *Platine des condensateurs fixes.*

Les trous de fixation sont indiqués à droite et à gauche de la platine. Les croix sont les points de branchement. Ils sont tous en double, réunis entre eux.

Ainsi, les points 14 : celui de gauche, sur la figure 6, sera connecté à C_{10} (constitué par C_{10A} et C_{10B} en parallèle, voir le tableau des condensateurs) et le point 14 de droite sera connecté par un fil simple à l'interrupteur S_1 (voir fig. 1).

Les interrupteurs à poussoir S_1 à S_5 ne seront pas montés sur la platine des condensateurs mais sur le panneau-couvercle de l'instrument (voir fig. 5).

Platine des résistances

Elle est montée selon les indications de la figure 7. En plus des résistances disposées en rangs réguliers, on disposera les deux trous métallisés de fixation et les trous jumeaux réunis, 19 à 32.

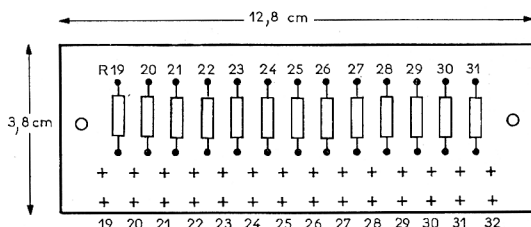


FIG. 7 — *Platine des résistances.*

Ainsi, un des trous 19 sera réuni (voir fig. 1) à R_{19} et l'autre trou 19 (celui du bas) sera relié par fil souple à l'interrupteur S_6 comme on l'indique sur la figure 1. Les interrupteurs à poussoir S_6 à S_{18} seront disposés en rangées de 3 + 5 comme les touches blanches et noires d'un piano.

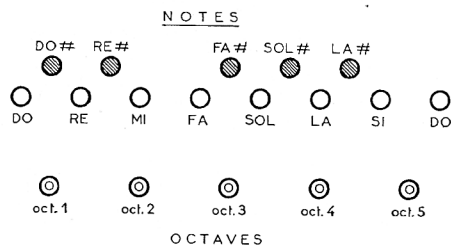


FIG. 8. — Touches (ou boutons) et commutateurs d'octaves.

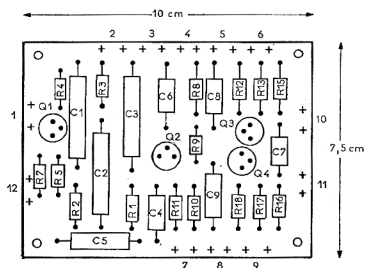
On voit cette disposition sur les figures 5 et 8. Sur cette dernière on a indiqué aussi les notes : poussoirs blancs, notes de la gamme : do à do, poussoirs noirs, notes diées : do dièse (ou ré bémol en gamme tempérée) la dièse (ou si bémol), etc. Remarquer l'alternance des groupes des 2 et 3 poussoirs noirs.

Il est bon de noter aussi que la treizième note, le do, est la même que la première lorsqu'on passe à l'octave supérieure. Cette platine pourrait être modifiée si les résistances sont ajustables.

Platine des oscillateurs

C'est tout le montage de la figure 1 sauf les ensembles des condensateurs C_{10} à C_{14} , des résistances R_{19} à R_3 , des poussoirs correspondants et des potentiomètres R_6 et R_{14} . Ce dernier n'est pas indiqué sur la figure 5 car son emplacement est sur un côté du coffret, son réglage s'effectuant une fois pour toutes.

FIG. 9. — Platine des oscillateurs Q_1 - Q_2 - Q_3 - Q_4 .



La platine des oscillateurs : Q_1 et Q_3 - Q_4 : oscillateur donnant les signaux des notes musicales, est réalisable selon la disposition de la figure 9.

C'est une platine de 10×7,5 cm à trous métallisés ou non, sur laquelle les composants seront disposés comme indiqué.

Remarquons, outre les résistances et les condensateurs, les quatre transistors Q_1 à Q_4 .

Ces transistors ont un boîtier cylindrique duquel sortent trois fils. Les sorties de ces trois fils sont disposées comme en (A) et (B) figure 10.

Lorsqu'un transistor triode est vu du côté fils, et ceux-ci étant disposés en triangle isocèle, les observateurs peuvent les désigner sans erreur par les numéros 1, 2 et 3, le 2 étant le sommet du triangle isocèle. Dans ce cas le fil 1 est celui de l'émetteur E, le fil 2 est celui de la base B et le fil 3, celui du collecteur.

De ce fait si Q_1 à Q_4 sont vus avec le boîtier vers l'observateur, le sens de rotation des points 1-2-3 (ou E, B, C) est inversé.

Cela a été représenté sur les figures 10B et 10C. Si les fils sont vers l'observateur, la succession 1-2-3 se fait dans le sens des aiguilles d'une montre. Si l'on voit le transistor avec le boîtier vers l'observateur (fig. 10C) le sens 1-2-3 est le sens trigonométrique.

Cette disposition est pratique. En effet, d'après le schéma théorique de la figure 1, en ce qui concerne Q_1 , le collecteur est relié à C_1 , à R_2 et au point double 4 qui servira de liaison avec le potentiomètre R_6 disposé sur le panneau-couvercle (fig. 5). La base est reliée à R_4 et l'émetteur à R_7 , le condensateur C_8 se trouvant un peu plus loin.

Platine du mélangeur amplificateur

La platine de cette partie, dont le schéma est celui de la figure 3, est de $7,5 \times 5$ cm environ et la disposition des éléments R, C et transistor Q'_1 est indiquée

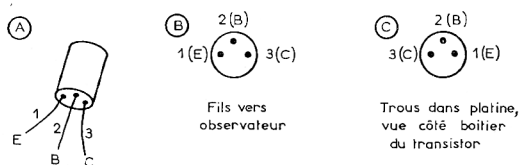


FIG. 10. — Brochage.

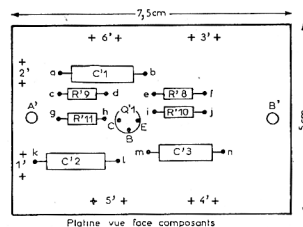


FIG. 11. — Emplacement des composants.

par la figure 11. Le même mode de branchement a été adopté, à l'aide des points doubles $1'$ à $5'$.

Remarquons (voir fig. 3) que sur la platine ne se trouvent que les composants représentés à droite du pointillé XX' , les composants de gauche : R'_1 , R'_2 , R'_3 , R'_4 , R'_5 , R'_6 et R'_7 étant disposés sur le panneau-couvercle de la figure 5.

Le montage des éléments RC et transistor Q'_1 est donc aisé. Pour donner un exemple de travail complet de construction d'une platine, nous avons choisi la platine de la figure 11.

Telle qu'elle est représentée sur cette figure, elle est vue du côté composants. Pour effectuer le câblage il faut considérer la même platine vue sur la face opposée, représentée à la figure 12.

A la figure 13 on a reproduit la figure 11 en notant par les lettres minuscules a à n, les extrémités des composants : deux fils par résistance ou condensateur. Les trois électrodes du transistor sont E, B et C.

Sur la face « connexion » montrée à la figure 13, les composants sont vus par transparence (réelle ou supposée). Les deux figures 12 et 13 sont évidemment symétriques par rapport à un axe horizontal ZZ' que nous avons indiqué sur la figure 13 et la figure 12.

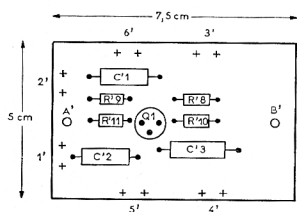


FIG. 12. — Emplacement des composants

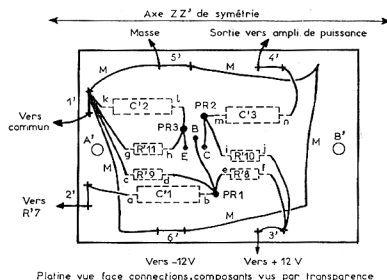


FIG. 13. — Plan de montage.

Les opérations sont les suivantes, en supposant la platine isolante :

- 1° percer des trous pour laisser passer les fils des composants R, C et du transistor ;
- 2° prévoir des bornes pour les points doubles 1' à 6' ;
- 3° percer les trous A' et B' de fixation de la platine ;
- 4° préparer des points-relais PR1, PR2 et PR3 visibles sur la figure 13 ;
- 5° réunir les deux points doubles 1' ... 5' ;
- 6° réunir les points de la ligne négative 1', 5' et 6' par un gros fil nu qui fera le tour de la platine, sans toucher d'autres fils, bien entendu ;
- 7° mettre en place les composants sur la face qui leur est assignée, passer les fils par les trous ;
- 8° commencer le câblage :

C'2 : point k à 1', l à PR3.
R'11 : g à 1', h à PR3.
R'9 : c à 1', d à PR1.
C'1 : a à 2', b à PR1.
C'3 : m à PR2, n à 4'.
R'10 : i à PR2, j à 3'.
R'8 : e à PR1, f à 3'.

Transistor :

B à PR1.
C à PR2.
E à PR3.

Les points 1' à 6' seront connectés aux autres parties de la manière suivante :
1' à la ligne négative des autres parties (« commun ») ;

- 6' connecté au — batterie de 12 V ;
- 5' connecté à l'entrée de l'amplificateur de puissance côté masse ;
- 2' connecté au curseur de R'_7 monté sur le panneau ;
- 3' connecté au + batterie de 12 V ;
- 4' connecté à l'entrée de l'amplificateur de puissance.

Avec ce générateur on réalisera des *petits orgues électroniques monodiques* de toutes importances depuis le modèle jouet jusqu'à l'instrument solo pour concerts. L'emploi d'un clavier genre piano est recommandé pour constituer un orgue monodique solo pouvant servir aussi bien d'instrument associé à un piano que d'instrument d'orchestre.

GÉNÉRATEUR DE SIGNAUX RECTANGULAIRES AVEC VIBRATO

Introduction

Ce montage monodique se caractérise par les parties suivantes :

- 1° un générateur de signaux BF dont les fréquences, sur lesquelles il pourra s'accorder, correspondent aux notes musicales à obtenir ;
- 2° un dispositif manuel actionné par l'exécutant permettant de passer d'une note à l'autre ;
- 3° des circuits auxiliaires comme les suivants : réglage de puissance, réglage de tonalité, etc. ;
- 4° un coffret de forme rappelant l'instrument classique à imiter.

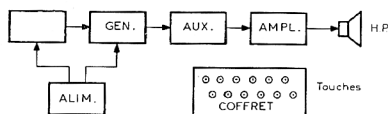


FIG. 1.

Le vibrato facultatif est représenté par le premier rectangle

Voici quelques détails de ces circuits :

L'ensemble des dispositifs est représenté par la figure 1. Il y a évidemment l'alimentation qui sera sur pile ou sur secteur. Le générateur est un multivibrateur comme celui de la figure 2.

L'amplificateur sera, de préférence, associé à l'alimentation et au haut-parleur. Cette partie pourra être montée dans le même coffret que le générateur ou, si elle est importante, séparément, par exemple dans l'enceinte du haut-parleur. Ce procédé permet de prévoir des ensembles différents de ce genre.

Si le tout se trouve dans le coffret de l'instrument de musique, l'amplificateur sera de puissance modérée, par exemple 1 à 2 W. Pour une alimentation sur pile, la puissance ne devra pas dépasser 1 W car pour une puissance supérieure la pile s'userait trop rapidement.

Le vibrato est facultatif. Il se branche à l'entrée E du générateur et peut se

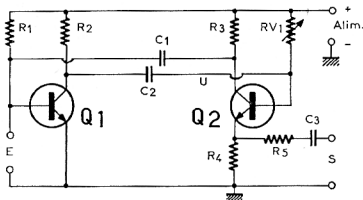


FIG. 2. — Générateur.

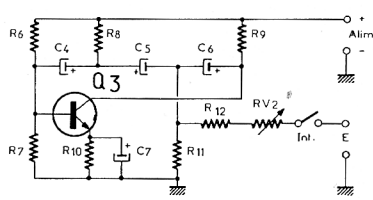


FIG. 3. — Vibrato.

réaliser selon le schéma de la figure 3. Il s'agit d'un oscillateur sinusoïdal à réseau de déphasage RC.

L'oscillateur

Celui-ci est du type multivibrateur astable. Il oscille librement et fournit des signaux rectangulaires dont la fréquence dépend de la valeur de RV_1 montée entre la base de Q_2 et la ligne positive d'alimentation.

Deux possibilités de passage d'une note à une autre sont offertes au réalisateur : variation progressive de fréquence ou variation par bonds, d'un demi-ton, par exemple de do à do dièse, de do dièse à ré, etc.

Si la variation est progressive, on adoptera le montage de la figure 4. La résistance RV_1 est remplacée par une résistance fixe R_{13} en série avec une résistance variable P_1 réalisée avec un potentiomètre.

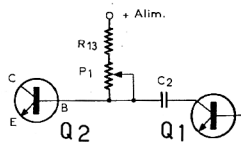


FIG. 4. — Variation continue de fréquence.

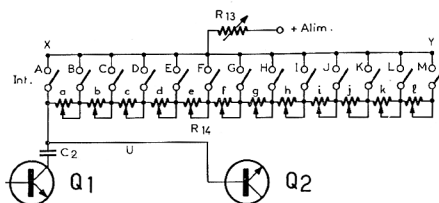


FIG. 5. — Variation par bonds.

Pour une octave complète dans de région du médium (par exemple vers 400 à 1 000 Hz) on adoptera les valeurs suivantes :

$$\begin{aligned} R_1 &= 12 \text{ k}\Omega, & R_2 &= 22 \text{ k}\Omega \\ R_3 &= 22 \text{ k}\Omega, & R_4 &= 100 \Omega \\ R_5 &= 3,9 \text{ k}\Omega, & P_1 &= 200 \text{ k}\Omega \\ C_1 &= C_2 = 10 \text{ nF}, & C_3 &= 0,1 \mu\text{F} \end{aligned}$$

La valeur de R_{13} dépend de la gamme choisie.

Dans le deuxième procédé, le passage d'une note à la suivante s'effectuera à l'aide de touches ou boutons actionnant des interrupteurs. Pour réaliser un orgue on adoptera un clavier à touches. On remplacera, alors RV_1 par une résistance

fixe en série avec 12 ou 13 potentiomètres comme le montre la figure 5 dans laquelle le montage est le même que dans celui de la figure 4 mais dont P_1 est remplacé par 12 potentiomètres R_{14} montés en résistances ajustables et en série, associés à des interrupteurs en même nombre. La ligne XY des communs des interrupteurs est reliée, par l'intermédiaire de R_{13} , au + alimentation. Celle-ci est de 6 à 12 V.

Le fil U est indiqué également sur la figure 2. Il relie la base de Q_2 au condensateur C_2 qui est connecté au collecteur de Q_1 .

Voici comment fonctionne ce dispositif d'accord sur une note déterminée (voir fig. 5).

Lorsqu'on presse le bouton A relié à C_2 , ce condensateur est relié à R_{13} qui est, par conséquent seule entre base de Q_2 et +Alim. Dans ces conditions, on pourra accorder l'appareil avec R_{13} sur la note de fréquence la plus élevée. Soit cette note, par exemple DO. Si on lâche le bouton A et on presse B, la résistance de base de Q_2 sera a + R_{13} .

Comme R_{13} a été accordée précédemment sur DO, la résistance a permettra d'ajouter l'appoint nécessaire pour obtenir la note suivante plus basse SI, à un demi-ton de DO.

De la même manière, on procédera pour obtenir :

LA dièse avec le bouton C et le réglage de la résistance b ; LA avec D et c ; SOL dièse avec E et d, SOL avec F et e, FA dièse avec G et f, FA avec H et g, MI avec I et h, RE dièse avec J et c, RE avec K et j, DO dièse avec L et k et enfin, le DO inférieur d'une octave au DO précédent, avec M et l.

Donc pour treize notes il faut treize résistances variables et, treize interrupteurs.

Si aucun bouton n'est pressé par un doigt de l'exécutant, il y a coupure entre la base de Q_2 et R_{13} donc, le multivibrateur ne fonctionne pas et l'appareil est silencieux.

Le vibrato

Reportons-nous au schéma de la figure 3. Le montage oscillateur RC à déphasage est réalisé en couplant le collecteur de Q_3 à la base de ce même transistor par le réseau $R_9, C_6, C_5, R_8, C_4, R_6$ - R_7 . Ce réseau effectue une inversion de signal pour une certaine fréquence f_t correspondant aux valeurs des éléments du réseau inverseur (ou déphaseur de 180°).

Les signaux de collecteur, après déphasage de 180° sont en phase avec ceux de base d'où oscillation.

Pour une oscillation sur 6 Hz environ, les valeurs des éléments sont :

$$\begin{aligned} R_6 &= 82 \text{ k}\Omega, & R_7 &= 10 \text{ k}\Omega \\ R_8 &= 4,7 \text{ k}\Omega, & R_9 &= 4,7 \text{ k}\Omega \\ R_{10} &= 1 \text{ k}\Omega, & R_{11} &= 4,7 \text{ k}\Omega \end{aligned}$$

$R_{12} = 100 \text{ k}\Omega$, $RV_2 = 100 \text{ k}\Omega$ (potentiomètre monté en résistance variable), INT = interrupteur pour mettre en circuit ou mettre hors-circuit le dispositif de vibrato en séparant les deux montages.

Calcul de l'oscillateur

La fréquence d'oscillation d'un multivibrateur astable comme celui utilisé dans le montage de la figure 2 est donnée par la formule très approximative :

$$f = \frac{1}{0,7 (C_1 R_1 + C_2 R V_1)} \quad (1)$$

en adoptant les notations des schémas des figures 1, 4 et 5.

Dans notre montage $C_1 = 10 \text{ nF}$, $C_2 = 10 \text{ nF}$, $R_1 = 12 \text{ k}\Omega$ et $R V_1$ est variable, ce qui permet de faire varier f et, par conséquent la note musicale émise

La formule (1) peut s'écrire :

$$f = \frac{1}{0,7 \cdot C_1 (R_1 + R V_1)} \quad (2)$$

puisque $C_1 = C_2$. En remplaçant les lettres par les valeurs numériques on obtient :

$$f = \frac{10^5}{0,7 (12 + R V_1)} \text{ Hz} \quad (3)$$

en évaluant $R V_1$ en $\text{k}\Omega$.

Ainsi si $R V_1 = 12 \text{ k}\Omega$, la valeur de f est 5 900 Hz environ. Pour obtenir des fréquences plus basses, il est clair qu'il faudra augmenter $R V_1$ ce qui peut être obtenu avec le dispositif de la figure 4 ou celui de la figure 5.

Soit d'abord le circuit simple de la figure 4 à réglage continu. Soit f_b la fréquence la plus basse désirée. La formule donnant f peut s'écrire :

$$R V_1 = \frac{1/f - 0,7 C_1 R_1}{0,7 C_2} \quad (4)$$

avec les résistances en ohms, les capacités en farads et les fréquences en hertz.

Soit par exemple : $f = 50 \text{ Hz}$ ce qui donne $1/f = 0,02 \text{ s}$ ou $1/f = 2 \cdot 10^{-2} \text{ s}$. En effectuant les calculs on trouve $R V_1 = 2,82 \cdot 10^3 - 12$. Comme $2,82 \cdot 10^3$ est très grand devant 12, (2 820 devant 12) on peut négliger le deuxième terme ce qui donne $R V_1 = 2,8 \text{ M}\Omega$ environ et pour $f = 100 \text{ Hz}$, on aura $R V_1 = 1,4 \text{ M}\Omega$.

En général un instrument de musique monodique simple ne comporte qu'une ou deux octaves situées vers le médium. Dans le cas du montage à treize notes (une octave) si l'on fixe la note la plus élevée à 1 000 Hz, elle sera donnée par le réglage du R_{13} seulement car toutes les résistances R_{14} seront court-circuitées par le commutateur A.

Si l'on fait $f = 1\,000 \text{ Hz}$, $1/f = 10^{-3} \text{ s}$ (1 ms) et, de ce fait, on trouve $R V_1 = 1,414 \cdot 10^5 - 12 \cdot 10^3$ valeur qui peut être simplifiée en ne prenant que le premier terme : $R V_1 = 140 \text{ k}\Omega$ ou $150 \text{ k}\Omega$ en arrondissant.

Composition

Finalement on réalisera un appareil composé des parties suivantes :

1° Un générateur unique de signaux pouvant se régler sur les fréquences désirées ;

2° Un clavier à treize touches permettant d'obtenir treize notes, c'est-à-dire les douze notes d'une gamme plus la note octave donc, en tout douze intervalles d'un demi-ton chacun ;

3° Un générateur de vibrato associé au générateur principal et effectuant une modulation à faible fréquence, de l'ordre de 7 Hz ;

4° Un commutateur permettant de mettre en circuit ou hors-circuit le vibrato.

5° Un amplificateur BF amplifiant tous les sons qu'on voudra bien produire à l'aide des deux générateurs ;

6° Un haut-parleur incorporé ou non dans l'instrument choisi ;

7° Une alimentation sur secteur ;

8° Un coffret pouvant avoir une forme quelconque mais étudiée pour être pratique pour un exécutant ayant l'habitude de jouer d'un instrument conventionnel.

Il sera également possible de prévoir, un dispositif de tonalité perfectionné qui sera nommé réglage des timbres et permettra d'imiter toutes sortes d'instruments alors que le réglage de tonalité normal ne sera qu'une réplique de celui utilisé dans les radio-récepteurs ou électrophones, agissant sur la reproduction plus ou moins favorisée des aiguës.

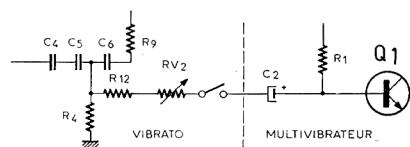


FIG. 6. — Introduction du vibrato dans le multivibrateur.

Introduction du vibrato dans le signal principal

Dans le schéma du vibrato (fig. 3) il y a une sortie E qui sera branchée, en principe, directement sur l'entrée désignée par E sur le schéma du multivibrateur de la figure 2.

Il y a toutefois intérêt à intercaler entre les deux terminaisons, un condensateur qui laissera passer le signal de vibrato mais empêchera tout contact en continu entre la sortie du vibrato et l'entrée sur la base de Q₁ du générateur multivibrateur, électrode qui est positive par rapport à la masse grâce à la résistance R₁ reliée à la ligne positive d'alimentation (+ alimentation). La figure 6 indique le branchement de ce condensateur désigné par C'₂, qui sera un électrochimique de forte valeur, supérieure à 2 μ F lorsque la fréquence du signal à transmettre est de l'ordre de 5 à 8 Hz.

Tonalité, timbre et puissance

Un montage simple de tonalité est celui de la figure 7.

Un dispositif plus évolué est celui de la figure 8 dans lequel le VC de 10 k Ω précède le TC (VC, réglage de gain, TC, réglage de tonalité).

Celui-ci est du type agissant sur les notes aiguës, aussi bien pour les accentuer que pour les atténuer en amplitude ce qui permettra à l'exécutant de faire varier les timbres des sons émis dans une plus grande mesure qu'avec le circuit plus simple de la figure 7.

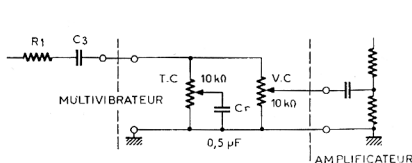


FIG. 7. — Dispositif simple de tonalité.

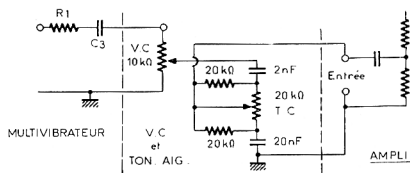


FIG. 8. — Dispositif plus évolué

Ces montages (fig. 7 et 8) sont à réglage progressif réalisé en tournant un bouton.

Dans un instrument de musique, tourner un bouton n'est pas toujours indiqué car l'exécutant désire, en général, que toute modification des caractéristiques des sons émis s'effectue aussi rapidement que possible et avec précision, ce qui ne serait pas le cas en employant un potentiomètre.

Une solution des deux problèmes, rapidité et précision, est dans le remplacement du potentiomètre par un système de boutons-poussoirs. Leur nombre peut être de 2 à 12, plus il y en aura, plus on disposera de tonalités bien définies que l'exécutant saura retrouver en agissant sur le bouton convenable. Une manière expérimentale de procéder est de diviser le potentiomètre TC (fig. 7) en n parties, n étant le nombre de boutons-poussoirs dont on dispose.

Supposons qu'il y ait cinq boutons. Le montage sera alors celui de la figure 9.

La piste résistante de 10 k Ω par exemple est divisée en cinq parties de 2 k Ω chacune. Le système des poussoirs est tel que si l'on presse un bouton, effectuant ainsi un contact, tous les autres se mettent en position « coupé ». Sur le dessin de la figure 9 (B) on montre que le contact est établi avec le bouton 4 ce qui réalise le branchement du condensateur C au point commun de R_4 et R_3 , donc C shunte $2 \times 2\,000 = 4\,000\ \Omega$ et la tonalité sera à moitié agissante. En pressant le bouton 1, on aura le maximum d'atténuation des aiguës car C shuntera la totalité du circuit résistant de $5 \times 2\,000 = 10\,000\ \Omega$. En (A), fig. 9 on montre le TC progressif.

Voici à la figure 10 la modification à effectuer au dispositif de la figure 8. En (A) le montage normal à potentiomètre en (B) le montage modifié à cinq résistances R_1 à R_3 en série de 4 k Ω chacun. Les poussoirs sont dans ce cas au nombre de six, donc $n+1$ s'il y a n résistances.

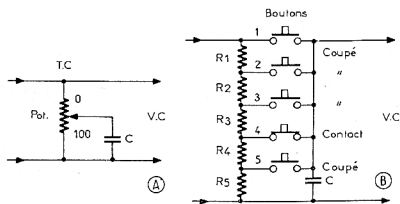


FIG. 9. — TC progressif et TC à poussoirs.

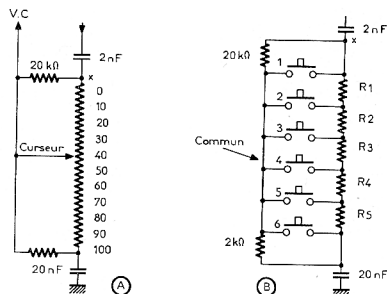


FIG. 10. — TC plus évolué.

Les deux dispositifs des figures 9 B et 10 B, peuvent être améliorés en choisissant pour $R_1, R_2, \dots, R_n$ des valeurs inégales entre elles, correspondant à des timbres déterminés qui apporteront aux sons émis une ressemblance avec ceux d'instruments classiques. Pour déterminer les valeurs des n résistances on procédera de la manière suivante :

1° Réaliser d'abord les montages (A) des figures 9 ou 10, par exemple celui de la figure 9 où le potentiomètre est de 10 kΩ ;

2° Utiliser un potentiomètre linéaire gradué de 0 à 10 par exemple et brancher ce potentiomètre de façon que la graduation 1 indique 1 kΩ entre masse et curseur, la graduation 2, 2 kΩ... et la graduation 10, 10 kΩ.

Supposons que l'on ait trouvé les positions suivantes du curseur du potentiomètre :

graduation	10 :	1 kΩ
graduation	20 :	3 kΩ
graduation	40 :	4 kΩ
graduation	70 :	7 kΩ
graduation	100 :	10 kΩ.

L'examen comparatif des figures 9 A et 9 B permet de voir que l'on aura, en pressant les poussoirs 1 à 5 :

Poussoir 1 : C en shunt sur toutes les résistances.

Poussoir 2 : C en shunt sur $R_2 + R_3 + R_4 + R_5$ donc $R_1 = 1 \text{ kΩ}$.

Poussoir 3 : C en shunt sur $R_3 + R_4 + R_5$ donc $R_1 + R_2 = 3 \text{ kΩ}$ et $R_2 = 2 \text{ kΩ}$.

Poussoir 4 : C en shunt sur $R_4 + R_5$ donc $R_1 + R_2 + R_3 = 4 \text{ kΩ}$ et $R_3 = 1 \text{ kΩ}$.

Poussoir 5 : C en shunt sur R_5 donc $R_1 + R_2 + R_3 + R_4 = 7 \text{ kΩ}$ et de ce fait $R_4 = 3 \text{ kΩ}$.

La valeur de R_5 est alors $10 - 7 = 3 \text{ kΩ}$.

La somme des cinq résistances est $1 + 2 + 1 + 3 + 3 = 10 \text{ kΩ}$.

Pour le montage de la figure 10 on procédera de la même façon avec un potentiomètre linéaire de 20 k Ω et cadran gradué de 0 à 10 ou de 0 à 100.

Ainsi, en comparant les figures 10 A et 10 B, on voit que lorsque le curseur du potentiomètre est à la position 10 par exemple, la résistance de la partie supérieure du potentiomètre est 2 000 Ω . Si cette position est attribuée au bouton 1, on aura, évidemment $R_1 = 2\,000\ \Omega$.

Le bouton 2 étant attribué à une position du curseur à la graduation 30 par exemple, la résistance en circuit sera 6 000 Ω donc, $R_1 + R_2 = 6\,000\ \Omega$ et $R_2 = 6\,000 - 2\,000 = 4\,000$. On continuera ainsi jusqu'à détermination des valeurs de R_3 , R_4 et R_5 . La somme des résistances trouvées sera 20 k Ω .

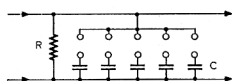


FIG. 11. — TC avec une seule résistance.

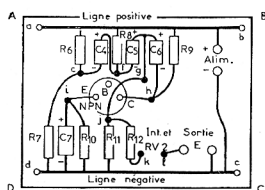


FIG. 13. — Plan de montage.

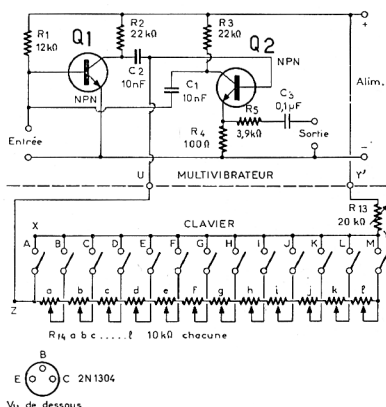


FIG. 12. — Schéma d'ensemble.

D'autres dispositifs de tonalité sont réalisables avec plusieurs capacités et une seule résistance comme le montre la figure 11. Dans ce montage les boutons-poussoirs montés en shunt sur R, ajouteront des capacités C de différentes valeurs, la première à gauche étant très faible ou absente, la dernière, de valeur élevée, pouvant être de 0,1 μF ou plus.

Dans tous les dispositifs à poussoirs proposés (fig. 9, 10 et 11) il faut que, dès qu'un poussoir est en action, tous les autres reviennent à l'état de repos.

Il est évident que les circuits de tonalité auront beaucoup plus d'effets dans des appareils ou instruments électroniques de musique plus importants, aussi bien au point de vue du nombre des octaves (au moins trois) qu'à celui du nombre des notes pouvant être entendues en même temps.

Construction

Une bonne méthode de construction simple, rationnelle et pratique pour un amateur ou même, un professionnel mais qui débute dans ce domaine de l'électronique, est de réaliser chacune des parties de l'instrument, d'une manière séparée.

Chaque partie sera de dimensions relativement réduites ce qui est possible avec des montages à semiconducteurs.

Construction de l'oscillateur de notes

Cet oscillateur à 13 notes sera conforme aux schémas des figures 2 et 5.

Nous donnons le schéma complet de l'ensemble à la figure 12. Les deux transistors 2N2304 RCA sont montés en boîtier TO5. Ce boîtier est entièrement métallique et relié au fil de collecteur tandis que les fils de base et d'émetteur sortent du boîtier par des œillets isolants. Le brochage vu de dessous est indiqué sur le schéma de la figure 12. Le boîtier ne devra pas toucher d'autres points du montage. Ce schéma se divise en deux parties, l'une est le multivibrateur sauf la résistance variable de la base de Q_2 , l'autre est cette résistance, réalisée avec le système à poussoirs A et M, soit treize poussoirs associés à une résistance variable R_{13} de 20 k Ω et douze résistances variables R_{14a} à R_{14e} de 10 k Ω chacune.

La liaison entre les deux parties se fera par deux fils Y' et U.

Le plan explosé de câblage de la partie « multivibrateur » est donné par la figure 13. Celui du clavier ou de tout autre ensemble de contacteurs dépend de celui-ci. On pourra utiliser une platine isolante A B C D de dimensions aussi petites que les composants le permettent, par exemple 80 $\times$ 60 mm ou moins.

Les transistors seront disposés sur la face opposée de la platine de sorte que leurs fils apparaîtront à l'observateur, vus de dessous (fils vers l'observateur). L'émetteur est alors à gauche la base en haut et le collecteur à droite.

On commencera par mettre en place les points-relais, à vis et cosses à souder, P_1 à P_{12} , les six bornes : entrée, sortie et alimentation.

Les points-relais P_1 , P_2 , P_3 et P_7 , P_8 , P_{10} seront à cosses sur les deux faces de la platine. De cette façon les transistors seront montés sur la face « supérieure » et leurs fils soudés aux cosses correspondantes. Monter les transistors lorsque tout le reste du montage est terminé.

Sur la face inférieure (celle représentée sur la figure 14) on soudera le fil de la ligne positive entre les points Y' et la borne + alimentation.

Le câblage étant terminé on le vérifie en le comparant avec le schéma de principe de la figure 12 et le plan de la figure 13.

Construction du vibrato

On se référera au schéma de la figure 3 dans lequel Q_3 est un transistor NPN du type 2N1302 qui a un boîtier TO5 et se branche comme le 2N1304 (voir fig. 12 et 13).

Le montage se fera comme celui du générateur de notes, sur une platine isolante A B C D percée de trous a, b, c, ..., k, e, pour la fixation des cosses-relais. Le transistor sera fixé sur l'autre face sur les cosses e, i et j. On déterminera les dimensions exactes et l'emplacement précis des composants lorsqu'on sera en possession de ceux-ci. Les dimensions des condensateurs sont en effet différentes selon les marques.

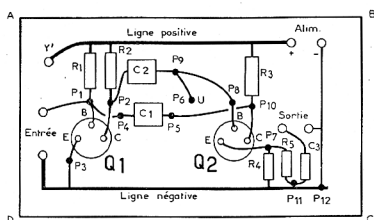


FIG. 14. — Face supérieure.

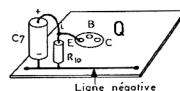


FIG. 15.
Montage « debout »
des composants.

Voici un rappel des valeurs des éléments: $R_6 = 87 \text{ k}\Omega$, $R_7 = 10 \text{ k}\Omega$, $R_8 = 4,7 \text{ k}\Omega$, $R_9 = 4,7 \text{ k}\Omega$, $R_{10} = 1 \text{ k}\Omega$, $R_{11} = 4,7 \text{ k}\Omega$, $R_{12} = 100 \text{ k}\Omega$ toutes de $0,5 \text{ W}$; $C_4 = C_5 = C_6 = 2 \text{ }\mu\text{F}$, $C_7 = 200 \text{ }\mu\text{F}$, $RV_2 = 100 \text{ k}\Omega$. Il est évident que les condensateurs électrochimiques et C_7 en particulier, seront plus encombrants que ceux représentés sur la figure 14. On pourra très bien les monter « debout » c'est-à-dire perpendiculairement à la platine comme on montre sur la figure 15, à titre d'exemple, le montage de C_7 et R_{10} .

Du côté sortie, à partir de R_{12} de $100 \text{ k}\Omega$, on disposera des points k et l pour monter séparément de la platine, sur le coffret, l'interrupteur « avec » ou « sans » vibrato, en série avec RV_2 de $100 \text{ k}\Omega$ qui servira à doser le vibrato. Ce sont évidemment, des organes qui devront être à la portée de l'exécutant.

Deux bornes sont prévues pour la sortie qui sera connectée à l'entrée E du multivibrateur. Deux autres bornes serviront pour le branchement de l'alimentation.

Détails complémentaires

La réalisation matérielle de l'ensemble composé du clavier et des composants associés, en l'espèce, les résistances variables, ne donne lieu à aucune difficulté. Il s'agit de réunir les parties comme l'indique la figure 16.

On voit qu'en tête du montage se trouve le générateur de vibrato dont le schéma a été donné à la figure 3.

Cette partie comporte deux bornes de sortie désignées par E dont une est une connexion de masse. Bien noter que dans tous les montages électroniques composés de plusieurs parties, comme c'est le cas présent, les points de masse doivent être identifiés aux sorties et aux entrées et être réunis comme prescrit. En effet cette réunion ne se fait pas n'importe comment mais selon les indications données à leur sujet.

Ainsi, dans le vibrato (voir fig. 3 et 16), il y a également deux bornes d'alimentation + et -, la borne - étant un point de masse. Il ne suffira pas, en général de réunir la borne de masse de l'alimentation du vibrato à celle de masse du générateur, il faut aussi, relier la borne masse de sortie du vibrato à celle d'entrée de masse du générateur. Ces indications sont importantes et si on ne les suit pas, le montage peut manquer de stabilité.

Le vibrato se branche, par conséquent, par deux points à l'entrée du générateur et par deux autres points à l'alimentation générale de l'instrument électronique.

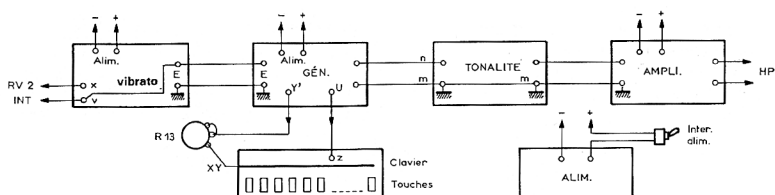


FIG. 16. — Composition de l'instrument.

Remarquons que le vibrato possède deux commandes :

- 1° Interrupteur INT permettant de le mettre en service ou hors service.
- 2° Le potentiomètre RV_2 monté en résistance variable (le curseur relié à une extrémité du potentiomètre) servant à doser l'effet du dispositif.

Il est parfaitement possible d'utiliser un potentiomètre RV_2 combiné avec un interrupteur. Dans ce cas le potentiomètre se branchera de manière à ce que lorsque l'effet est au minimum, l'interruption s'effectuera en tournant à fond le bouton (voir fig. 17).

L'examen des schémas de la figure 3 et de la figure 16 permet de voir que l'ensemble $RV_2 + INT$ se branche en deux points x et v. Le point x correspond au point commun de RV_2 et R_{12} et le point v au point commun de INTER et sortie, c'est-à-dire pratiquement au point de sortie (celui qui n'est pas à la masse).

Il est, en effet, nécessaire que l'ensemble INTER et RV_2 soit accessible et à la portée du musicien. Il sera donc disposé sur le coffret de l'instrument et branché par les points x et y à la platine du vibrato.

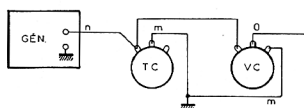


FIG. 17. — RV_2 et interrupteur.

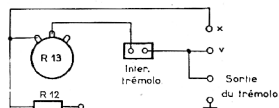


FIG. 18. — Potentiomètres TC et VC.

Passons au générateur de notes musicales. Sur la figure 16, il est situé immédiatement après le vibrato et avant le dispositif de tonalité.

D'autre part, il est évident que le générateur sera, au point de vue de la construction, séparé en deux parties, l'une étant le clavier et l'autre le reste du montage. Le réglage R_{13} (voir schéma fig. 12) doit lui aussi être accessible à l'utilisateur.

Il en résulte que la platine du générateur devra se brancher comme suit :

- 1° Deux bornes E (dont une de masse) à relier à la sortie du vibrato.

2° Deux bornes alimentation + et -, la borne - étant aussi une borne de masse, à relier à l'alimentation.

3° Deux bornes U et Y' à relier comme suit : Y' à la résistance variable R_{13} et celle-ci au point XY du clavier à touches ou boutons à contact A...M et les résistances variables a....l La résistance variable R_{13} qui servira de retouche de l'accord, étant montée entre les points XY et Y' devra être à la portée de l'utilisateur mais il n'aura pas à y toucher pendant l'exécution de son « numéro ». Le point U sera relié au point Z.

4° Deux bornes de sortie « sortie du générateur » à relier aux bornes d'entrée du circuit de tonalité. En choisissant le modèle très simple de la figure 7 qui peut être tout à fait satisfaisant dans le cas d'un instrument monodique comme celui considéré présentement, on voit qu'il comporte en tout deux potentiomètres VC et TC et un condensateur C_T et de ce fait il sera monté directement sur le coffret afin d'être à la portée de l'exécutant car celui-ci en aura besoin pendant l'exécution de son morceau pour régler la puissance avec le VC et la tonalité avec le TC.

Sur la figure 7 les points d'entrée sont n et m de la figure 16. Le point n se trouve à l'extrémité du potentiomètre TC opposée à celle de la masse, le point m étant le point de masse (voir fig. 18).

La sortie du circuit VC-TC est aux points O et m, le point O étant, sur la figure 7, le curseur du VC et le point m, le même que celui d'entrée, point de masse.

On arrive ainsi à l'amplificateur dont l'entrée se branchera aux points de sortie O m du circuit de tonalité et de la sortie au HP.

En ce qui concerne le clavier, le problème qui se pose est celui de son prix.

Un clavier de même qualité que celui d'un piano ou d'un accordéon coûte cher : plusieurs centaines de francs mais donne d'excellents contacts et possède plusieurs octaves, c'est-à-dire 2 ou 3 ou 4 ou 5 fois douze touches. Les autres solutions, plus économiques sont les deux suivantes :

a) Utiliser le clavier d'un piano-jouet, ce dernier, à l'état de neuf et en état de marche ne vaut que 2 ou 3 dizaines de francs chez les commerçants...

b) Monter soi-même un clavier ce qui demande une certaine dextérité et il faut dans ce cas que notre lecteur qui est déjà électronicien et musicien, soit aussi bon menuisier. S'inspirer du clavier d'un piano. La solution la plus pratique est celle du piano-jouet et celle la plus correcte mais onéreuse est d'acheter un clavier avec l'idée de l'utiliser par la suite pour réaliser un instrument plus évolué. Se procurer alors un clavier à 4 ou 5 octaves et notre appareil pourrait comporter au moins deux octaves.

L'alimentation se fera par une pile ménage de 9 V qui pourra alimenter aussi bien le générateur que le vibrato et même l'amplificateur

Comme circuit de tonalité on pourra aussi adopter celui de la figure 4 chapitre 4, livre IV.

Voir aussi, l'amplificateur figure 1, chapitre 4, livre IV.

GÉNÉRATEUR D'ORGUE MONODIQUE TRÈS SIMPLE ET NE NÉCESSITANT PAS D'AMPLIFICATEUR

Le schéma

Ce générateur est évidemment peu puissant et possède peu de possibilités d'expression mais il pourra donner satisfaction à ses utilisateurs.

Voici à la figure 1 le schéma de l'instrument proposé par Louis E. Garner que nous avons modernisé en le munissant d'un transistor PNP plus récent. Primitivement Q était un PNP 2N255 qui est actuellement difficile à trouver. On le remplacera par un TI3027 Texas si on ne trouve pas de 2N255.

Ce montage fonctionne de la manière suivante : l'oscillation est obtenue par couplage entre le collecteur et la base effectué par le primaire du transformateur-oscillateur T. Le collecteur et la base sont rendus négatifs par rapport à l'émetteur relié par R_E au + de la batterie.

La tension de la base est modifiée par l'introduction des résistances R_1 à R_{12} entre cette électrode et le collecteur. La fréquence d'oscillation dépend dans ce montage de la polarisation de la base, donc de la valeur de la résistance qui déterminera cette polarisation par chute de tension.

Cette fréquence dépend aussi des caractéristiques du bobinage de sortie T dont le secondaire transmet le signal engendré au haut-parleur.

On recommande un transformateur de sortie d'amplificateur à transistors avec primaire de $48\ \Omega$ à prise médiane et secondaire correspondant au HP à utiliser, par exemple $2,5\ \Omega$ ou $5\ \Omega$. Un primaire de 35 à $55\ \Omega$ conviendra. On ne peut pas savoir d'avance quelles seront les notes émises et on devra procéder expérimentalement pour déterminer la valeur des douze résistances R_1 à R_{12} qui se situent entre 25 et $350\ \Omega$. Des résistances variables donneront plus de précision.

Il serait dangereux pour la base du transistor d'utiliser une résistance inférieure à $22\ \Omega$ et, on risque de ne plus obtenir une oscillation si la résistance est trop élevée.

Les condensateurs seront de l'ordre de $0,1\ \mu F$ à $2\ \mu F$. Avec un choix convenable de condensateurs on pourra obtenir les octaves de douze notes obtenues avec le clavier à 12 touches.

Pour la puissance on a imaginé la mise en série avec le HP de deux résistances

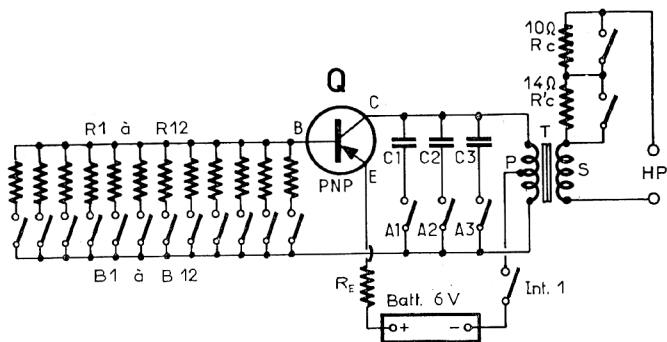


FIG. 1. — Schéma de l'instrument.

R_c et R'_c associés à deux poussoirs E_1 et E_2 . Plus la résistance en circuit sera grande plus la puissance sera diminuée. On prendra $R_c = 10 \Omega$, $R'_c = 14 \Omega$.

La construction de cet oscillateur est aisée, la seule précaution à prendre est de prévoir un dispositif de dissipation de chaleur pour le transistor 2N255 ou son équivalent plus moderne le TI3027, tous deux étant d'ailleurs de présentation analogue.

Ce montage, utilisant un transistor de moyenne puissance comme oscillateur peut être simplifié encore en supprimant deux capacités sur les trois C_1 , C_2 et C_3 et les trois poussoirs A_1 , A_2 et A_3 . De ce fait, on ne pourra plus obtenir que les douze notes dépendant des résistances R_1 à R_{12} . De plus, si l'on se contente d'une seule puissance en HP, on supprimera les résistances R_c et R'_c et les interrupteurs E_1 et E_2 . La puissance choisie sera alors réglée avec une seule résistance déterminée expérimentalement ou par une résistance variable de 10 à 20 Ω .

Indiquons que les valeurs de R_c et R'_c sont du même ordre de grandeur que les impédances des HP, donc de quelques ohms.

Ainsi, avec un HP de 5 Ω , une seule résistance de 5 Ω réduira la puissance d'une manière sensible (de l'ordre de deux fois environ).

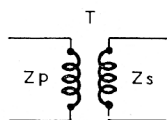
La pile est de 6 V. Son emploi simplifie encore le montage en évitant la réalisation d'une alimentation sur secteur. Si, toutefois, on en possède une, rien ne s'oppose à la brancher à la place de la pile.

Transformateur

En général il sera difficile de trouver dans le commerce, un transformateur correspondant exactement aux données requises, par exemple 48 Ω au primaire et 5 Ω ou secondaire. Il est toutefois possible de réaliser soi-même ce composant en modifiant un transformateur de HP quelconque, même un modèle pour les anciens montages à lampes.

La seule chose à savoir, lorsqu'on a acquis d'occasion ou par récupération un transformateur de ce genre, est l'impédance du secondaire Z_s (voir fig. 2).

Si on ne la connaît pas, on comptera le nombre des spires de l'enroulement secondaire et on en déduira Z_s sachant qu'ordinairement il y a 60 spires environ pour $2,5 \Omega$, donc $60 \cdot \sqrt{2}$ pour 5Ω et $60 \cdot \sqrt{20}$ pour 50Ω ce qui donne 84 spires environ pour 5Ω et 260 spires pour 50Ω .



$$\frac{Z_p}{Z_s} = \left(\frac{n_p}{n_s} \right)^2$$

FIG. 2. — Calcul du rapport de transformation.

On adoptera du fil de 0,6 mm au secondaire et du fil de 0,3 mm au primaire en effectuant des enroulements à spires jointives et couches superposées séparées par du papier paraffiné ou huilé, celui même que l'on récupérera en démontant le transformateur de récupération. Le fil récupéré pourra être également utilisé à condition que son diamètre soit égal ou supérieur à celui prescrit.

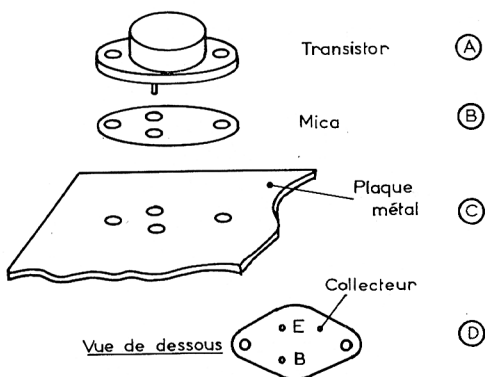
Ne pas oublier la prise médiane sur le primaire du transformateur comme indiqué sur le schéma de la figure 1.

L'emploi d'un transformateur ayant servi dans un montage à lampe est conseillé car le nombre des spires au primaire est très grand ($Z_p = 2\,000$ à $15\,000 \Omega$) et il y aura ainsi de la place pour loger le fil pour les enroulements de 50 et 5Ω .

Montage du transistor de puissance

Le transistor Q_1 , 2N255 ou ses équivalents : TI3027 TEXAS ou encore OC26, OC30, 2N301 RCA, AD149 TELEFUNKEN, doit être monté sur une plaquette métallique dissipatrice de chaleur.

FIG. 3. — Eléments du montage du transistor de puissance.



Soit par exemple le cas de la 2N301 RCA que l'on peut trouver en France. Ce transistor dont l'équivalent exact actuel est le 2N2869 RCA est un transistor PNP.

Le TO3 est indiqué à la figure 3. Tout le transistor (A) est en blindage

métallique, boîtier et embase. Le collecteur est connecté à cet ensemble métal. La base et l'émetteur sont accessibles par deux tiges BE.

Le boîtier et son embase doivent être isolés du radiateur par la feuille de mica (B) munie de trous permettant le passage des vis de fixation. Avec ces vis elle sera serrée entre le boîtier et la plaquette radiatrice. Dans ces conditions celle-ci pourra être mise à la masse.

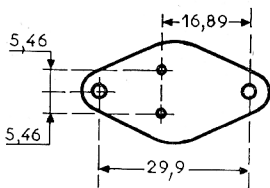


FIG. 4.

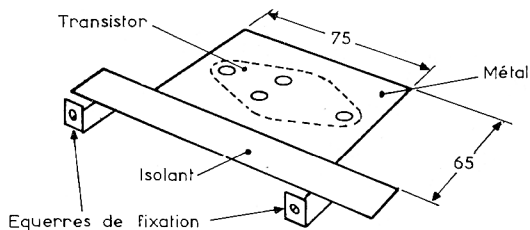


FIG. 5.

Une autre solution, meilleure est de supprimer la feuille de mica et d'isoler de la batterie la plaquette radiatrice, mais dans les deux cas, l'émetteur et la base ne devront pas toucher la plaquette. La figure 3 (D) donne le brochage, le transistor étant vu avec les fils vers l'observateur. Si B et E sont à gauche de l'axe de symétrie, l'émetteur est en haut.

La figure 4 donne les dimensions approximatives en millimètres. Il existe une tolérance dont il faut tenir compte donc n'effectuer le perçage des trous qu'avec le transistor en mains et prendre des mesures sur celui-ci.

On montre à la figure 5, la plaquette métallique avec son montage sur une tige isolante.

Ce montage est recommandé aux débutants.

ENSEMBLES MULTI-MONODIQUES

Principe

Les instruments monodiques, sont, simples et peuvent convenir pour des soli.

En effet, un instrument monodique ne peut donner qu'une seule note à la fois ce qui ne permet au musicien que l'exécution de mélodies, l'accompagnement étant fait par un autre exécutant, en général un pianiste.

Le « monodicien » pourrait faire mieux, ayant une main et les deux pieds libres.

Nous avons donc pensé qu'il serait intéressant de donner quelques idées sur la conception des instruments multi-monodiques.

On comprend aisément de quoi il s'agit : au lieu d'un seul instrument monodique il y en aura plusieurs, indépendants au point de vue de la création des signaux BF, chacun étant commandé par une main ou un pied.

Ainsi, il sera facile d'adjoindre à l'instrument doublement monodique un troisième jeu monodique pouvant être actionné par un clavier à pédales.

L'instrumentiste aura alors la possibilité de jouer trois notes à la fois et il pourra ainsi, dans une certaine mesure, adjoindre à sa mélodie, l'harmonie (c'est-à-dire des accords à deux notes), et bien entendu le rythme, donc exécuter ou même composer une musique plus raffinée. Avec deux pédaliers, il pourra alors jouer quatre notes à la fois.

La composition d'un instrument « multi-monodique » est la suivante : il y aura deux ou trois « jeux ». L'un que nous nommerons jeu « solo », qui s'exécutera généralement avec la main droite et comportant sauf exceptions des notes du médium et des notes aigües.

Le deuxième jeu sera l'accompagnement, à exécuter généralement avec la main gauche. Ce jeu permettra en général la reproduction des sons du médium et des sons graves s'il n'y a pas de troisième jeu.

Si, au contraire, il y a un jeu de pédales, on leur confiera la reproduction des notes graves et même très graves si on le désire.

Le choix de la répartition des notes entre les trois ou quatre jeux est absolument libre, chacun pouvant choisir les notes qui lui paraîtront les plus indiquées pour faire partie du solo, de l'accompagnement et des basses.

Chaque jeu étant indépendant des deux ou trois autres, on pourra donner à chacun, une tonalité différente ce qui soulignera la différence entre leurs timbres et

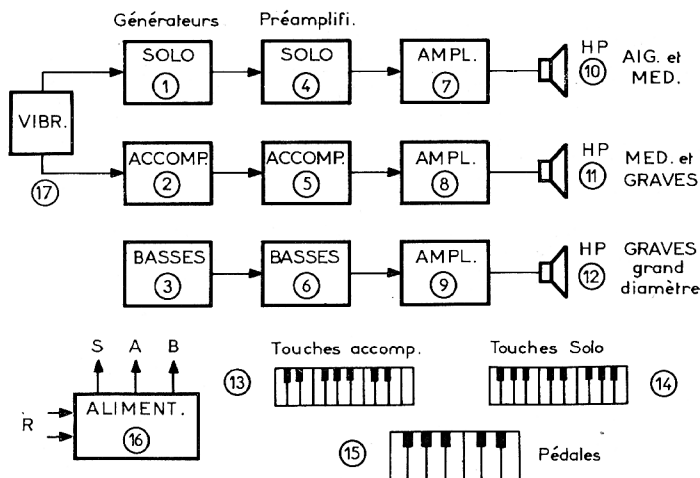


FIG. 1. — Ensemble multi-monodique.

donnera une impression de musique de chambre à deux ou trois instruments différents si on le désire.

Les signaux BF étant obtenus, reste à voir comment ils devront être « traités » entre la sortie des générateurs (il y en aura deux ou plusieurs) et le ou les haut-parleurs.

Il y a plusieurs solutions dont l'une est indiquée à la figure 1 c'est la solution donnant le maximum de possibilités dans le cadre d'un appareil à jeux monodiques limité à trois « voix ».

On voit que cet ensemble comprend dix-sept éléments principaux. De cet ensemble on peut déduire diverses variantes plus simples en ne choisissant que les éléments qui pourront suffire pour constituer un appareil moins compliqué.

Schéma général

Dans le montage de la figure 1, on trouve les générateurs dont le schéma peut être choisi à volonté en se guidant par diverses considérations concernant le matériel dont on dispose, la forme des signaux que l'on désire obtenir, la plus ou moins grande facilité de montage, le capital disponible.

Les parties 4, 5 et 6 sont les préamplificateurs. Ils sont nécessaires pour séparer les générateurs des amplificateurs de sortie (10, 11 et 12) et facilitent l'introduction des filtres de timbre (formants).

On peut toutefois incorporer les préamplificateurs dans les amplificateurs au point de vue du montage pratique. Les amplificateurs peuvent être choisis parmi une infinité de montages et il est parfaitement possible d'utiliser ceux que l'on possède par exemple ceux des récepteurs radio, des téléviseurs, des électro-

phones et bien entendu, ceux d'une chaîne HI-FI stéréo ou mono sans oublier les amplificateurs incorporés dans certains magnétophones.

Ils n'ont nul besoin d'être identiques.

Le problème des haut-parleurs est important.

Si l'on utilise des amplificateurs existants, ceux-ci sont munis de leurs propres haut-parleurs que l'on utilisera, évidemment. Si on réalise des amplificateurs spéciaux, on choisira dans la mesure du possible (à moins qu'on en possède chez soi), des HP convenant à chaque « voix », comme indiqué sur la figure 1. Pour les « solo » et « accompagnement » la plupart des haut-parleurs conviennent, à partir des modèles pas trop petits (par exemple de diamètre supérieur à 13 cm). Pour les pédales des basses, il est recommandé de se procurer un modèle de diamètre aussi grand que possible avec résonance vers les basses, par exemple vers les 30 Hz ou plus bas encore jusqu'à 19 Hz.

Lorsqu'on possède une chaîne HI-FI le problème des HP est généralement résolu mais attention : pour les basses réellement basses (et non l'ensemble de leurs harmoniques !) il faut un *grand HP dans une grande enceinte*.

L'alimentation peut poser des problèmes. Il faut qu'elle soit stable. Un moyen de la rendre stable est de la munir d'un régulateur de tension.

Vibratos

Le vibrato est facile à introduire dans le montage.

On pourra en prévoir un ou deux mais pas pour les pédales qui seront à notes très basses donc proches de celles du vibrato si l'on descend jusqu'à 19 et parfois 16 Hz.

Les contacteurs

Les dernières parties à considérer (13, 14, 15) sont les ensembles des contacteurs ou touches. Leur forme sera dictée par celle des instruments classiques à imiter mais le plus pratique est de présenter les touches du solo et de l'accompagnement sous forme de clavier-piano. Les pédales pourront avoir la même présentation mais, évidemment, en plus grand.

Remarquons que deux formes d'instrument sont à recommander plus particulièrement :

1° pour deux voix, solo et accompagnement, la forme piano et la forme accordéon conviennent aussi bien ;

2° pour trois voix, la forme piano (harmonium ou orgue) convient le mieux mais la forme exacte peut être différente de celle du piano. Le rêve de l'électronicien-musicien est certainement de posséder ou de trouver un vieux piano qui lui permettra d'avoir à sa disposition un clavier réellement sérieux et un meuble parfaitement adapté à l'instrument électronique à réaliser.

Comme réglage des timbres utiliser le schéma figure 2, chapitre 4, livre IV.

LIVRE II

LES INSTRUMENTS A VENT

Introduction au Livre II

Ce livre est consacré aux essais d'imitation des instruments à vent autres que l'orgue, On y trouvera des conseils pratiques pour évoquer les vrais instruments à l'aide de dispositifs mécaniques et électroniques.

Les réalisateurs devront faire preuve d'ingéniosité dans leurs constructions mais ils s'intéresseront plus à créer des instruments nouveaux plutôt que d'imiter servilement ceux existants.

LES INSTRUMENTS "A VENT"

Introduction

Parmi les instruments « à vent » on en comptera quelques-uns ayant des dimensions relativement importantes comme par exemple le trombone à coulisse qui fait 1,17 m, le basse-tuba long de 1 m, l'ophicléide 1,10 m, le saxophone basse 1,15 m, etc.

Quoi qu'il en soit, tous ces instruments peuvent être tenus à la main par l'exécutant assis ou debout.

Pour convertir ces instruments classiques en instruments électroniques il n'y a aucune difficulté théorique. Il suffira de remplacer chaque touche, clef ou ou autre dispositif de commande de la note à jouer par un système de présentation analogue, au point de vue attaque, mais comportant un dispositif contacteur permettant l'emploi d'un ou de plusieurs générateurs électroniques.

En résumé, l'instrument ne servira que d'ensemble de commutation et seule son apparence rappellera celle du vrai instrument.

En pratique on rencontrera les difficultés suivantes :

1° reproduction du corps de l'instrument réel dans des conditions de prix raisonnables ;

2° possibilité de transformer les « clefs » en contacteurs. Un problème particulier se posera pour le trombone à coulisse, problème, d'ailleurs, très intéressant ;

3° recherche d'un timbre rappelant celui de l'instrument original ;

4° possibilité de loger éventuellement, dans le corps de l'instrument, le montage électronique, y compris le haut-parleur et, éventuellement l'alimentation ;

5° recherche d'un mode d'attaque identique à celui de l'instrument réel.

Supposons, le problème résolu, autrement dit que les conditions ci-dessus, sont remplies.

Dans ce cas, on aura réalisé une imitation parfaite de l'instrument réel et on pourra se demander quel intérêt il y a de se donner tant de mal pour obtenir un résultat qui n'apporte rien de nouveau.

Pour cette raison nous laisserons de côté tout conformisme en recherchant plutôt des avantages et des perfectionnements par rapport aux instruments d'origine, et non des imitations sans intérêt artistique.

Solutions et palliatifs

1° *Reproduction physique du corps de l'instrument.* La reproduction exacte ne peut être obtenue que dans des cas particuliers : tels que les suivants :

- (a) on trouve un instrument réel d'occasion ou détérioré ;
- (b) on est fabricant et dans ce cas il est possible de faire fabriquer en série des corps d'instruments ayant la forme voulue ;
- (c) on est super-bricoleur et on se fait un plaisir de reproduire soi-même le corps de l'instrument ;
- (d) on trouve un instrument-jouet qui imite d'une manière satisfaisante l'instrument réel.

La solution (d) est parmi les meilleures et les plus économiques. C'est ainsi que nous avons pu trouver, en fin d'année dans de grands magasins, une série de bons jouets imitant le saxophone, la flûte, la trompette, la clarinette et même l'accordéon. En métal et de très bonne présentation, ces instruments-jouets sont parfois plus petits que les instruments véritables. Ils comportent des clefs démasquant des tiges vibrantes ce qui permet de jouer plusieurs notes à la fois. Leur prix était réduit mais la qualité des sons était médiocre : peu de puissance et accord très approximatif, plutôt faux...

Ils ont toutefois, une présentation excellente et un fonctionnement impeccable des clefs qui, au repos bouchent les trous et en action, les découvrent afin de laisser passer l'air traversant et actionnant l'anche qui se trouve derrière le trou, dans l'instrument.

En ce qui concerne la condition 1 (présentation) on choisira celle à laquelle on peut satisfaire autant que possible.

Rappelons toutefois, que pour un instrument électronique, il n'est absolument pas imposé d'imiter exactement la présentation. Cela se justifie par le fait que des instruments électroniques ou électriques, tels que orgues, harmoniums, guitares, sont de présentation très modifiée par rapport à celle des vrais instruments.

2° *La transformation des clefs* en contacteurs électroniques est toujours possible. Il faut étudier dans chaque cas la conformation des clefs d'origine et rechercher la solution en modifiant certaines de leurs parties.

Nous n'avons rencontré aucune difficulté à ce sujet.

3° *Le timbre original* est difficile à reconstituer. Pour chaque instrument une étude spéciale doit être faite pour déterminer la forme des signaux correspondant aux notes musicales émises et rechercher ensuite le montage électronique permettant d'obtenir le même timbre à l'aide de synthèses ou de filtres « formants ».

En pratique, l'amateur aura recours à des solutions plus simples, économiques et à sa portée telles que les suivantes :

(a) rechercher empiriquement le timbre convenable rappelant celui de l'instrument ;

(b) utiliser un circuit à timbres à très nombreuses possibilités à l'aide duquel il y a beaucoup de chances de trouver celui qui convient approximativement ;

(c) renoncer à reproduire le vrai timbre, tout autre timbre étant aussi bon s'il est agréable et si l'on se contente de réaliser un travail original et utile. Souvent pour créer des *effets comiques*, on pourra donner à un petit instrument électronique, les sons graves et puissants d'un autre instrument très grand !

4° *La possibilité de loger dans le corps de l'instrument* les platines électroniques et le haut-parleur. Cela dépend des dimensions de ce corps.

Quel que soit l'instrument à imiter plus ou moins, l'intérieur de son corps sera entièrement disponible. D'autre part certains instruments offrent un volume important comme par exemple le saxophone-basse (1,18 m), le cor ordinaire, le cor à pistons, le cornet à pistons et surtout le bass-tuba (hauteur 1 m, largeur 65 cm environ).

D'autre part, grâce aux semiconducteurs, et, éventuellement aux CI (circuits intégrés), il est possible de réaliser des montages de petites dimensions.

En général les platines devront être exécutées en longueur plutôt qu'en largeur, étant donné que dans les instruments à souffle humain, par exemple, les volumes sont surtout des tubulures. Parfois le pavillon est de dimensions importantes et il permet, à lui seul, de loger tout le dispositif électronique et même un haut-parleur de bonnes dimensions. En remarquant que par définition, un musico-électronicien doit être non-conformiste donc, rien ne l'empêchera de réaliser le corps de l'instrument avec des tubes de plus grand diamètre et à plus forte ouverture du pavillon que dans l'instrument réel.

Emplacement du haut-parleur

Le problème du haut-parleur est intéressant. Pour bien faire, cet accessoire, très important, de l'ensemble, doit se loger dans l'ouverture du pavillon afin que l'auditeur ait l'impression que les sons proviennent de l'instrument et non d'ailleurs.

Cela est presque indispensable si l'on veut créer un petit orchestre à plusieurs instruments différents et si chaque haut-parleur est fixé sur l'instrument correspondant, l'effet multistéréophonique est obtenu pleinement.

Lorsque l'instrument ne doit donner que des sons aigus ou de médium, un petit haut-parleur peut convenir, par exemple un modèle dont le diamètre est de 5 à 9 cm.

Si les basses doivent être reproduites, le problème est plus difficile à résoudre car si, à la rigueur, un haut-parleur de 13 cm de diamètre peut être utilisé, il lui faudrait une enceinte acoustique pour faire ressortir les notes pas trop basses.

Dans ce cas, on montera le HP dans une enceinte convenable, placée près de l'instrumentiste, c'est à la fois la seule et la meilleure solution de ce problème.

Pour l'alimentation, il n'y a pas de difficultés. Si elle ne peut être logée dans l'instrument elle sera disposée ailleurs et reliée par fils à la platine électronique.

L'enceinte acoustique sera, éventuellement, un excellent emplacement pour l'alimentation.

Ce qui vient d'être dit pour cette dernière est également valable pour la plus grande partie du montage électronique si celui-ci ne peut être disposé dans l'instrument mais il y a une partie qui devra se monter très près des boutons de commande, c'est le générateur de notes et celui de vibrato s'il y en a.

En effet, ces circuits possèdent un grand nombre de connexions allant aux boutons et il serait peu indiqué de les allonger de trop.

5° *Le mode de jouer* de l'instrument électronique doit, en principe, être le même que celui du vrai instrument. En fait, cela n'est intéressant que si l'exécutant est un musicien connaissant bien le vrai instrument. Dans ce cas, il n'aura aucune difficulté à jouer avec virtuosité avec le nouvel instrument.

Une fois l'appareil terminé et essayé on fixera sur le châssis le capot métallique qui ferme le boîtier.

En étudiant le jeu des instruments réels de la famille instruments à souffler humain, considérée présentement, on constate que de nombreuses possibilités de changement de notes sont dues, non pas uniquement aux « clefs » mais aussi à la manière d'attaquer par le souffle.

Comme celui-ci est supprimé, on pourra dans certains cas reconstituer l'effet par un procédé électronique ou y renoncer, ou encore modifier la manière de jouer sans toutefois changer la disposition des « clefs » de notes.

L'exécutant s'habitue rapidement à ce genre de modification, par exemple si l'on augmente le nombre des clefs ou au contraire on le diminue.

Il va de soi que ces généralités étant utiles pour la plupart des instruments à vent et à souffle humain, transposés en instruments électroniques, des petits problèmes se poseront pour chaque instrument particulier mais ces problèmes seront faciles à résoudre.

Emplacement des parties du montage

L'effet spectaculaire doit être prioritaire lors de la conception d'un instrument électronique de musique. Les spectateurs ne doivent pas voir de trop près qu'il y a des accessoires extérieurs. Même les fils de liaison devront être dissimulés et en tout cas de couleur sombre.

Voici quelques cas de disposition des éléments.

Cas 1 : l'ensemble est peu volumineux et on peut loger dans le corps de l'appareil les diverses parties constitutives : générateurs de signaux, formants, amplificateur, haut-parleur et alimentation. Ce cas se produira pour des instruments peu puissants mais ceux-ci sont généralement petits...

Cas 2 : on manque de place pour tout l'ensemble. La priorité sera donnée à l'ensemble générateur, puis au haut-parleur.

Le reste : formants, c'est-à-dire modificateurs de timbre, amplificateur et alimentation, pourra être logé extérieurement.

Indiquons aussi que si l'exécutant, pour plus de vérité du spectacle, doit tenir l'extrémité de l'instrument dans sa bouche, la tension d'alimentation ne

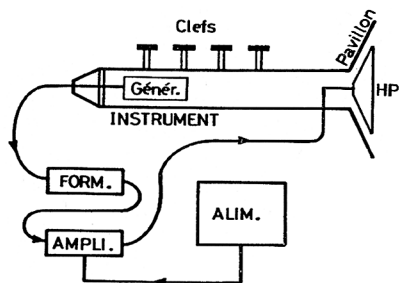


FIG. 1. — Une des dispositions des parties d'un instrument « à vent » électronique.

devra pas dépasser 6 V. La partie en contact avec la bouche sera bien isolée du corps métallique de l'instrument. Elle sera réalisée en matière isolante. Le bois sec est parfaitement admissible comme isolant.

Pour plus de sécurité, on prendra toutes les mesures nécessaires pour éviter tout risque d'électrocution car, par la bouche, la résistance du corps humain est faible.

Ne pas oublier aussi de bien isoler les « boutons » (dits clefs) car dans une salle de spectacle, la température est parfois anormalement élevée.

Tenir compte également de cette température lors de la conception du montage électronique à semiconducteurs.

Caractéristiques des vrais instruments à vent

La flûte normale (fig. 2)

De forme droite la flûte a une longueur de 0,47 m. Elle donne en fondamentale 12 notes et en harmoniques des notes plus hautes, avec les mêmes clefs au nombre de 12. La note la plus basse est DO_3 à 261,59 Hz (celui du violon sur la corde de sol) et la plus haute est le DO_6 à 2 092,75 Hz.

Pour l'imitation, choisir un générateur monodique donnant une octave normalement, et les deux autres octaves par commutation de capacités. Il y aura ainsi trois boutons d'octaves. On pourra aussi prévoir des gammes correspondant aux harmoniques :

- harmonique 2 = octave 2 : DO_3 à DO_4 ;
- harmonique 3 = quinte de la précédente : SOL_3 à SOL_4 ;
- harmonique 4 = octave 3 : DO_4 à DO_5 ;
- harmonique 5 = 5 fois 261,59 à 5 fois 523,19 Hz ce qui donne 1 308 à 2 616 Hz

c'est-à-dire MI_5 à MI_6 approximativement. Nous pensons toutefois que l'on pourra se passer des complications entraînées par les harmoniques ne coïncidant pas avec des octaves (donc supprimer les harmoniques impairs et les harmoniques pairs qui ne sont pas de rang 2 : le son de la flûte normale est *proche* du son sinusoïdal mais nullement identique. Comme formant, une bonne méthode est

de prévoir des filtres passe-bas éliminant les harmoniques dans une certaine mesure. Il faudrait au moins un filtre par octave.

La petite flûte (fig. 3)

Celle-ci est de forme droite mais sa longueur est de 34 cm seulement. Il y en a plusieurs :

La petite flûte en MI bémol (ou RÉ dièse) commençant au MI bémol correspondant à 621,66 Hz et allant jusqu'à environ trois octaves au-dessus (SI bémol 3 727,7 Hz).

La petite flûte commençant avec FA₄ : 698,44 Hz et allant à presque trois octaves au-dessus. Les petites flûtes ont un son « criard » et « perçant ». Des

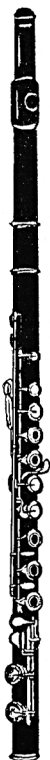


FIG. 2.
Flûte



FIG. 3.
Petite flûte

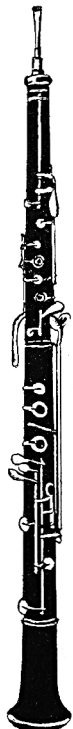


FIG. 4.
Hautbois

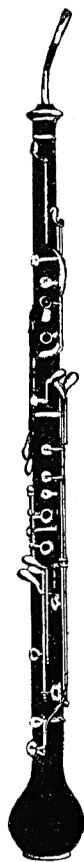


FIG. 5.
Cor anglais

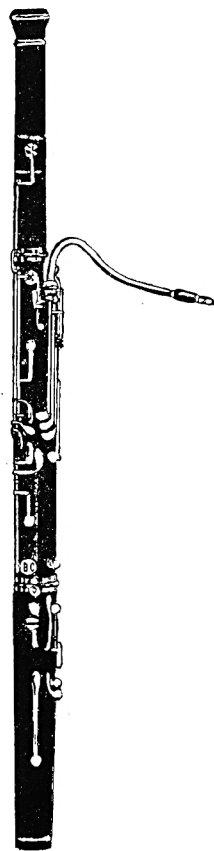


FIG. 6.
Basson

signaux en dents de scie doivent convenir avec, éventuellement des retouches par filtres. Un mélange de signaux sinusoïdaux et de dents de scie peut donner des résultats. L'électronisation de la petite flûte se fera comme celle de la flûte normale.

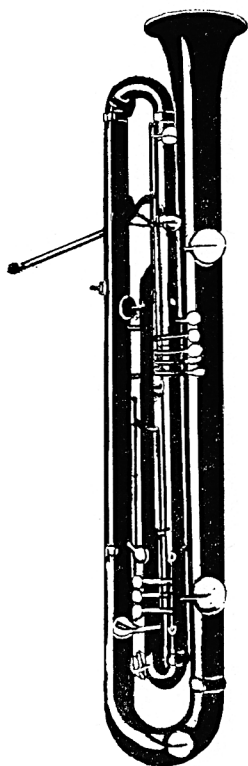


FIG. 7.
Sarrusophone



FIG. 8.
Clarinette



FIG. 9.
Clarinette-alto



FIG. 10.
clarinette-basse

Le flageolet ou pifferari

Ancienne flûte à bec, actuellement démodée donc à considérer comme un instrument « ancien ». Elle fait une octave du DO_6 à 2 092,7 Hz jusqu'au DO_7 (deux fois la fréquence du DO_6). On peut aussi la réaliser électroniquement en deux ou trois octaves comme la flûte ou la laisser avec une seule octave. On la confiera alors à un musicien débutant.

Le hautbois (fig. 4)

Cet instrument droit, long de 0,62 m a une étendue chromatique de 2,5

octaves, du Si_2 (246,94 Hz) jusqu'au MI_5 à 1 318, 42 Hz. Il faut utiliser un procédé analogue à celui de la flûte pour l'adaptation d'un générateur à cet instrument. Le timbre est nasillard : très perçant dans les forte et doux dans les piani.

Cor anglais (fig. 5)

Dit, en Angleterre « cor français », long de 92 cm, droit avec une sorte de boule au bout de sortie opposé à celui de l'embouchure. La note la plus basse est un MI_2 à 164,80 Hz et la plus haute est le LA_4 à 880 Hz. Timbre « triste », « mélancolique ». Dispositif électronique à 12 clefs et commutation sur 3 octaves.

Hautbois d'amour

Instrument ancien long de 72 cm, présenté comme le cor anglais, commence



FIG. 11.
*Saxophone soprano
et alto.*



FIG. 12. — *Saxophone ténor et
basse.*

à SOL dièse (207,48 Hz) et finit à DO dièse (2 216,22 Hz). Son « doux » « voilé » avec grand charme !

Basson (fig. 6)

Haut de 1,32 m, droit avec anche double. Donne trois octaves à partir d'une note très grave : SI bémol à 58,24 Hz jusqu'à trois octaves au-dessus, soit SI bémol à 465, 96 Hz (SI bémol = la dièse).

Dans l'instrument réel on passe aux harmoniques en forçant le souffle. En instrument électronique, utiliser le procédé à commutation. Timbre : en grave « solennel » et « pontifical » ; en médium sonorité « pleine » ; en aigu : maladif, sans éclat ! Trilles difficiles.

Contrebasson et sarrusophone (fig. 7)

Actuellement le premier est peu usité. Il est remplacé par le sarrusophone, à très long tube, replié plusieurs fois. Longueur totale 0,90 m (l'instrument et non le tube). Le sarrusophone est à anche double.

On utilise surtout le « sarrusophone contrebasse » qui commence avec SI_{-1} vers 30,87 Hz et monte de 3 octaves jusqu'à vers 246,94 Hz (SI_2).

Clarinette (fig. 8)

Longueur 0,67 m, forme cylindrique droite, étendue très grande ; depuis le MI_2 à 164,80 Hz jusqu'au SOL_5 à 1 567,46 Hz, donc plus de trois intervalles d'octaves. Doit être réalisé avec les harmoniques 2 (octaves) 3 (quinte), etc. Cette clarinette se nomme « en UT ». Il y a aussi une clarinette en SI bémol, une en LA.

Clarinette-alto ou cor de basset (fig. 9)

Hauteur 0,87 m, commence avec LA à 220 Hz mais ne monte que jusqu'au FA à 698,44 Hz, donc 2,5 intervalles d'octaves environ. Se joue comme la clarinette et se transpose en instrument électronique de la même manière.

Clarinette-basse (même forme) (fig. 10)

Instrument long de 0,92 m à douze notes donnant en fondamentale et harmonique l'étendue suivante : depuis le RE_2 à 146,78 Hz jusqu'au SI bémol (LA dièse) à 465,96 Hz donc trois intervalles d'octaves environ.

Les saxophones (fig. 11 et 12)

Il y en a quatre : soprano long de 0,40 m, alto long de 0,40 m mais à tube recourbé, ténor long de 0,80 m et basse long de 1,15 m (fig. 10 : soprano et alto, fig. 12 : ténor et basse).

Note : les indications des caractéristiques des instruments sont approximatives.

Pour la plupart des instruments à vent, il existe des variantes selon les pays et les genres de musique.

La recherche des timbres convenables sera facilitée à l'aide du montage figure 1, chapitre 4, livre IV.

EXEMPLES D'INSTRUMENTS ÉLECTRONIQUES " A VENT " : SAXOPHONE, COR ANGLAIS, CLARINETTE

Saxophone

Le modèle jouet que nous avons acquis a une longueur de 40 cm environ donc, à peu près la même que celle de l'instrument réel qu'il reproduit particulièrement bien. Il s'agit du *saxophone alto* (voir fig. 1).

Notre exemplaire ne possède que huit boutons d'attaque, ces boutons se nomment *clefs* en langage musical.



FIG. 1. — Aspect du saxophone-jouet.

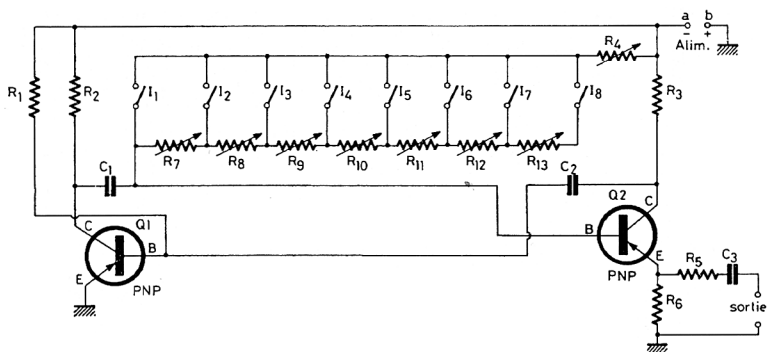


FIG. 2. — Le générateur de notes.

Il est donc tout indiqué de prévoir les huit notes d'un intervalle d'octave (sept + une note octave), par exemple SI bémol, DO, RÉ, MI bémol, FA, SOL, LA, SI bémol mais toutes autres notes pourront être choisies si on le désire.

On objectera que huit notes c'est peu et que l'on ne dispose même pas des douze notes d'une gamme chromatique. La meilleure solution est alors de prévoir au moins douze notes plus une treizième, octave de la première.

Les problèmes à résoudre sont les suivants :

- 1° choix du système générateur,
- 2° réalisation d'un système de commutation,
- 3° circuits auxiliaires éventuels : formants et vibrato,
- 4° amplification, haut-parleur, alimentation.

Choix du générateur

Comme le corps de l'instrument-jouet ne comporte que huit clefs nous nous contenterons, pour une première réalisation, des huit notes d'une octave, par exemple celles indiquées plus haut : de SI bémol à SI bémol.

Le générateur sera celui de la figure 2. Il peut être réalisé avec deux transistors identiques PNP ou NPN. Ceux du schéma sont des PNP fonctionnant avec une alimentation de 9 V seulement.

Il s'agit d'un multivibrateur astable genre ABRAHAM et BLOCH à couplages croisés collecteur à base. La sortie du signal est sur l'émetteur de Q₂ et s'effectue par l'intermédiaire de R₅ et C₃. Il y a huit contacteurs et le système d'accord et de commutation s'adaptera bien à l'instrument considéré.

Chaque note sera accordée avec précision grâce aux résistances variables R₇ à R₁₃ et R₄, donc en tout, huit réglages pour les huit notes. A chaque résistance variable est associé un contacteur à un seul contact, circonstance avantageuse pour notre instrument qui se prêtera bien à la transformation des clefs en contacteurs unipolaires.

La note la plus basse est obtenue lorsque la totalité de la chaîne des résis-

tances R_7 à R_{13} et R_4 sera en service. A noter que dans tous les montages oscillateurs à résistances et capacités, la fréquence est donnée par une expression de la forme :

$$f = \frac{a}{RC} \quad (1)$$

et il est clair que f varie en sens inverse de R ou de C ou des deux à la fois.

On aura donc le SI bémol le plus grave en actionnant I_8 . En effet dans ce cas la résistance totale en circuit sera $R_4 + R_{13} + R_{12} + \dots + R_8 + R_7$, disposée entre le point a de l'alimentation et le condensateur C_1 relié au collecteur de Q_1 . A remarquer que cette chaîne de résistances polarise la base de Q_2 .

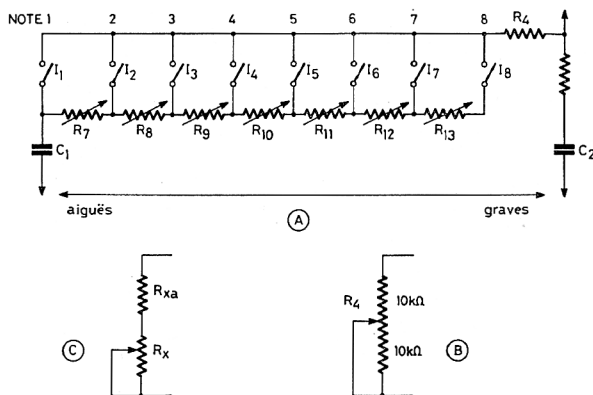


FIG. 3. — Les contacteurs.

La note suivante, plus haute d'un ton sera DO dans la gamme de SI bémol majeur. On l'obtiendra en agissant sur le contacteur I_7 qui éliminera de la chaîne résistante, par court-circuit, la résistance R_{13} . En continuant ainsi, on parviendra à la note la plus haute, SI bémol, octave supérieure de la première note SI bémol. Ce SI bémol aigu sera obtenu en actionnant I_1 , le huitième commutateur. Il ne restera, alors, en circuit que R_4 entre le point a d'une part et C_1 et la base de Q_2 , d'autre part.

Les autres éléments R et C du montage sont : les capacités de couplage C_1 et C_2 , la capacité de sortie C_3 , les résistances de collecteurs R_2 et R_3 , celles de bases, Q_1 et la chaîne $R_7 \dots R_3 - R_4$ pour la base de Q_2 , R_6 polarisation de l'émetteur de Q_2 et R_5 séparatrice de sortie évitant l'influence du branchement de cette sortie au montage suivant.

Les valeurs des éléments et leur nomenclature sont données ci-après : $R_1 = 12 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 22 \text{ k}\Omega$, $R_3 = 22 \text{ k}\Omega$, $R_4 = 20 \text{ k}\Omega$ ajustable, $R_5 = 3,9 \text{ k}\Omega$, $R_6 = 1 \text{ k}\Omega$, R_7 à $R_{13} = 10 \text{ k}\Omega$ ajustable ; $C_1 = C_2 = 10 \text{ nF}$, $C_3 = 0,1 \text{ }\mu\text{F}$. Toutes résistances de 0,5 W.

Les transistors PNP peuvent être des OC71 ou des types plus modernes comme les AC122, AC125, 2N1305, etc.

Le même montage est réalisable avec des transistors NPN comme par exemple les 2N1304.

Dans le cas de l'emploi de transistors NPN, le schéma de la figure 2 sera modifié de la manière suivante :

1° orienter les flèches des émetteurs E vers l'extérieur pour indiquer qu'il s'agit de transistors NPN ;

2° permuter les signes de l'alimentation : a sera le + et b sera le - et la masse.

Mise au point

En supposant que l'oscillateur-générateur du type multivibrateur est monté et que les commutateurs I_1 à I_8 sont en place, la mise au point consiste dans l'accord sur les 8 notes prévues à l'aide du réglage des résistances ajustables R_7 à R_{13} et R_4 .

Il faut commencer par la note la plus aiguë que nous désignerons par NOTE 1, la note suivante étant la note 2 et ainsi de suite jusqu'à la note 8 qui sera l'octave inférieure de la note 1 (voir fig. 3 A). On a vu plus haut que la note 8 est obtenue avec la totalité des résistances en circuit et la note 1, la plus aiguë avec R_4 seule en circuit donc lorsque I_1 est en position « contact ». Dans ce cas, la note 1 sera accordée en agissant sur R_4 de 20 k Ω . Il faut que cet accord soit obtenu avec un réglage de R_4 correspondant à une position du curseur vers le milieu de la piste résistante c'est-à-dire lorsque la résistance en service de R_4 est de 10 000 Ω environ, très approximativement (voir fig. 3).

L'accord étant obtenu dans les conditions indiquées, lâcher I_1 et actionner I_2 . Il y aura alors en circuit $R_4 + R_7$. Comme R_4 a été réglée, on ne doit plus régler que R_7 pour obtenir la note 2, au-dessous de la note 1.

Continuer ainsi, en ne touchant plus aux résistances réglées précédemment.

Finalement, en agissant sur I_8 , on introduira en circuit toutes les résistances et on ne réglera que R_{13} sans toucher aux autres.

Si l'on constate que pour la gamme choisie, on ne peut régler les accords, il faudra modifier les valeurs de C_1 et C_2 qui étaient fixées à 10 nF.

Deux cas sont à considérer.

Cas 1 : les réglages conduisent à des valeurs plus grandes que 10 k Ω pour R_7 à R_{13} . Cela prouve (voir la formule 1) que les R ou les capacités sont de trop faible valeur donc, augmenter C_1 et C_2 , par exemple en prenant 12 nF au lieu de 10, ou plus si nécessaire.

Cas 2 : on ne peut pas obtenir, dès le réglage de la note 2, l'accord désiré même en court-circuitant I_2 . Dans ce cas il faut diminuer C_1 et C_2 en prenant, par exemple 8 nF ou moins.

Voici encore une bonne « recette » basée sur la formule 1 : l'appareil ayant été réglé sur une certaine gamme, on désire passer à la gamme octave inférieure : doubler les valeurs de C_1 et C_2 ; on désire la gamme supérieure (notes plus aiguës) : diviser par 2 les valeurs de C_1 et C_2 .

Pratiquement, le plus simple c'est de réaliser un accord sur une gamme quelconque et retoucher ensuite les valeurs de C_1 et C_2 selon la formule 1 comme expliqué plus haut.

Lorsqu'exceptionnellement une des résistances ajustables R_x s'avère de trop faible valeur, on pourra monter, en série avec celle-ci, une résistance fixe R_{xa} d'appoint (voir fig. 3 C).

L'accord doit être effectué avec une précision suffisante pour que les notes obtenues soient « justes » au sens musical de ce terme. A cet effet après avoir fixé la gamme à obtenir de l'instrument, on effectuera les accords en procédant par comparaison avec les sons d'un autre instrument bien accordé, par exemple un piano. Un diapason donnant le LA à 440 Hz sera un excellent dispositif de comparaisons pour le réglage à l'oreille.

Version à 13 notes

Pour débiter, le générateur était à huit notes différentes constituant une octave diatonique plus la note octave supérieure. On a choisi les notes suivantes correspondant aux fréquences de 465,96 Hz à 931,82 Hz, en huit notes ou treize notes si l'on prévoit les demi-tons. Voici à la figure 4 le schéma d'un générateur à treize notes et avec le dispositif de commutation pour passer l'octave suivante. On voit qu'il y a maintenant treize clefs (ou boutons, ou touches) et treize résistances ajustables permettant l'accord sur les notes choisies.

Le passage à l'octave inférieure (notes plus basses et f moitié) est obtenu grâce aux interrupteurs I_A et I_B conjugués mettant en parallèle sur C_1 et C_2 , les condensateurs de même valeur C'_1 et C'_2 , donc, en tout quatre condensateurs égaux. Sur le schéma on a indiqué la progression de la hauteur des sons : les notes les plus aiguës sont obtenues en actionnant I_1 et les plus graves en actionnant I_{13} .

Rappelons les valeurs des éléments. Celles qui sont les mêmes que dans la version à huit notes sont : $R_1 = 12 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 22 \text{ k}\Omega$, $R_3 = 22 \text{ k}\Omega$, $R_4 = 20 \text{ k}\Omega$ ajustable, $R_5 = 3,2 \text{ k}\Omega$, $R_6 = 1 \text{ k}\Omega$, $C_1 = C_2 = 10 \text{ nF}$, $C_3 = 0,1 \text{ }\mu\text{F}$.

Les valeurs modifiées des éléments sont R_7 à R_{18} résistances ajustables de $5 \text{ k}\Omega$, $C'_1 = C'_2 = 10 \text{ nF}$. L'accord exact sur l'octave inférieure devra être obtenu en choisissant convenablement C'_1 et C'_2 , de valeurs proches ou égales de celles indiquées. Pratiquement si les notes obtenues sont plus graves que celles requises, les condensateurs sont de trop forte valeur. Les remplacer par de plus faibles, par exemple 9 ou 8 nF et ajouter ensuite des petites capacités jusqu'à obtention des accords exacts.

Comme transistors, rien de changé : Comme PNP selon le schéma : OC 71, AC 121, AC 125, 2N 1305. Comme NPN : 2N 1304.

Amplificateur

Tout amplificateur BF genre amplificateur d'électrophone de puissance modérée peut convenir. Une puissance de 1 W par exemple peut être obtenue avec un circuit intégré. Cette puissance correspondra à peu près à celle fournie par un instrument réel de ce genre mais rien ne s'oppose à ce que l'on choisisse une puissance différente, de 0,5 à 4 W.

Avec 0,5 W seulement, l'alimentation sera, sous 9 V, de l'ordre de 100 mA donc encore possible avec des piles.

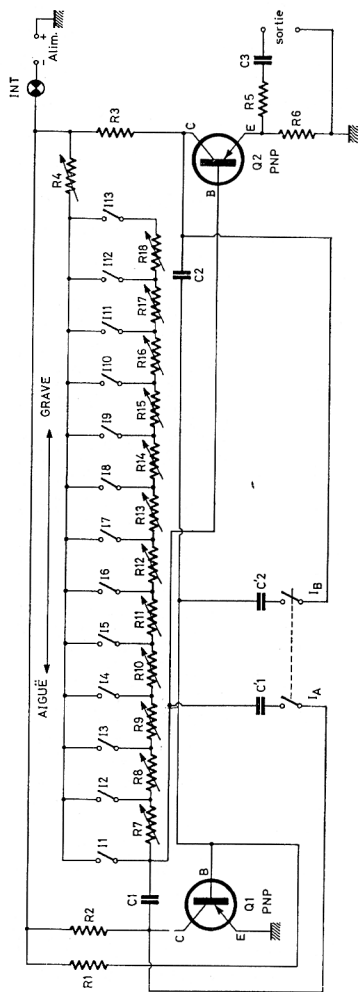


FIG. — 4.
Générateur
à 13 notes.

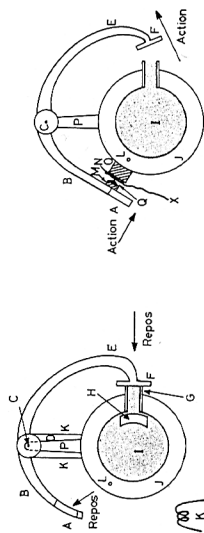


FIG. 5.
Aspects de la clef de saxophone.

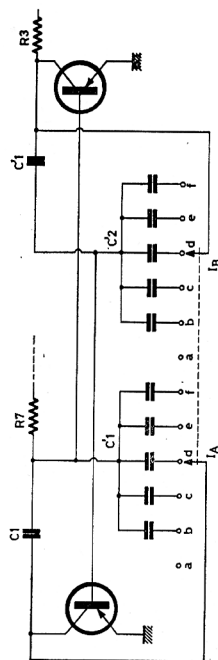


FIG. 7. — Commutation par condensateurs.

Entre la sortie du générateur et l'entrée de l'amplificateur on montera un réglage de volume et éventuellement, un réglage de tonalité (voir figure 1, chapitre 4 livre IV).

Les clefs de l'instrument

La figure 1 donne la photographie de l'instrument-jouet. La forme de ce jouet reproduit très bien celle de l'instrument réel. On distingue huit clefs permettant, au repos, de boucher tous les trous et en position action, de découvrir les trous derrière lesquels, se trouvent, à l'intérieur de l'instrument, les anches accordées sur les notes attribuées à chaque clef.

A la figure 5 on a représenté la clef vue de profil, le tube étant alors vu en coupe transversale.

Voici le détail de la clef. C'est une sorte de levier courbe ABEF pivotant sur un axe C. Une pièce P maintient le levier et l'axe sur le tube JL dont I est l'air intérieur. Un ressort K fait avec un fil d'acier, agit de manière à ce qu'en position repos (celle de la figure 5), la partie F de la clef, bouche le petit tube G, prolongeant le trou situé juste au-dessus de l'anche H.

Lorsqu'on appuie avec un doigt sur l'extrémité A, la clef tourne autour de l'axe C de sorte que A se rapproche du point L du tube de l'instrument tandis que l'extrémité F s'éloigne de F et, de ce fait, le trou est débouché et le son peut se produire dans l'instrument-jouet.

Dans l'instrument-jouet normal, si l'exécutant souffle dans l'embouchure, l'air passe par le trou découvert et la lame de l'anche vibre à sa fréquence d'accord.

Dans le cas présent, il faut réaliser, avec cette clef pivotante, un système de commutation.

En se reportant au schéma de la figure 4 on voit que le système de commutation se composera de treize interrupteurs.

Il faut qu'ils soient en position « contact » lorsque le musicien « actionne » la clef et en position « coupé » lorsque le musicien n'agit pas sur la clef considérée.

De ce fait, la solution du problème est donnée par la figure 6 sur laquelle on a reproduit la même coupe transversale mais avec la clef en position « action ». La partie F ne nous intéresse pas pour le moment. Par contre, la partie A servira à réaliser le contact requis.

A cet effet, il faudra prévoir deux pièces isolantes M et O et deux pièces métalliques Q et N qui seront reliées au générateur comme suit : en supposant qu'il s'agisse de la clef I_3 par exemple, la pièce Q sera reliée à la ligne commune des contacteurs et la pièce N au point commun des résistances R_8 et R_9 .

La réalisation de clefs est aisée et il n'est nullement obligatoire de respecter scrupuleusement leur forme, l'essentiel est qu'elles remplissent leur mission. Si le corps de l'instrument est en plastique, le système de commutation reste le même.

Construction

Il y a deux parties à réaliser pratiquement, le corps de l'instrument et le

montage électronique avec ses accessoires, l'amplificateur, le haut-parleur et l'alimentation.

Le saxophone-jouet est difficile à modifier. Pour introduire un montage électronique à l'intérieur, il faudrait scier son corps métallique, dans le sens de sa longueur, ce qui est peu commode mais non impossible.

Une autre solution est de reproduire, approximativement ce corps mais en modifiant un peu les dimensions de façon à ce qu'il y ait une plus grande place à l'intérieur du tube pour y loger l'oscillateur et éventuellement l'amplificateur et le haut-parleur.

Dans le modèle jouet, le tube a un diamètre extérieur de 25 mm du côté de l'embouchure et un pavillon de 80 mm de diamètre du côté de la sortie (voir photo figure 1). C'est la partie repliée vers l'avant, contenant le pavillon qui pourrait être agrandie pour y loger les parties électroniques et le haut-parleur.

A noter que le saxophone-alto mentionné est parmi les plus petits. Il existe aussi, un modèle de saxophone, de très grandes dimensions, nommé saxophone-basse, dont la longueur totale est de 115 cm et, aussi le saxophone-ténor, de 80 cm de longueur. Dans ces modèles reproduits approximativement selon leurs dimensions réelles, il sera plus facile de loger les parties électroniques. Une excellente solution serait de réaliser un montage permettant d'obtenir plusieurs octaves afin de pouvoir imiter toute la série existante de saxophones.

Outre les trois mentionnés, il en existe également un plus petit nommé saxophone-soprano, haut de 40 cm comme le saxophone-alto mais avec tube droit (non replié) et dont la forme est proche de celle de la clarinette.

Voici, à la figure 7, la modification du système de commutation I_A - I_B , pour obtenir un nombre plus grand d'intervalles d'octaves. La mise au point de cette variante est toutefois délicate.

Au lieu de deux positions, on pourrait en prévoir six avec des condensateurs C_1 et C'_1 , C_2 et C'_2 de valeurs croissantes. On commencera alors avec une octave plus haute que dans le montage précédent en prenant $C_1 = C_2 = 2,5$ nF. Ensuite : $C'_1 = C'_2 = 2,5$ nF pour la position b de I_A - I_B , donnant l'octave inférieure. Pour l'octave inférieure suivante, il faudra 7,5 nF pour obtenir $7,5 + 2,5 = 10$ nF, donc l'octave prévue primitivement. En position c on aura $C'_1 = C'_2 = 20 - 2,5 = 17,5$ nF, puis, en position d, $C'_1 = C'_2 = 40 - 2,5 = 37,5$ nF ; en position e, $C'_1 = C'_2 = 80 - 2,5 = 77,5$ nF et, en position f, $C'_1 = C'_2 = 157,5$ nF. Le réalisateur aura toute liberté de choisir les gammes qui l'intéressent et leur nombre.

La seule difficulté est d'ajuster correctement les capacités C'_1 et C'_2 pour obtenir des notes octaves justes. Il va de soi que si l'on désire obtenir des notes très basses, il faudrait prévoir un haut-parleur de gros diamètre, dans une enceinte convenable.

Autre choix des condensateurs d'accord

Les condensateurs C'_1 et C'_2 pourront être également déterminés d'une manière différente permettant de trouver les valeurs requises plus facilement.

En se reportant au schéma de la figure 7 (ou, même, à celui de la figure 4)

on voit que C_1 et C_2 restent en permanence en circuit tandis que C'_1 et C'_2 sont des condensateurs d'appoint. En disposant C_1 et C_2 dans le circuit de commutation, dans les positions a, et en les enlevant de leur emplacement primitif, on aura alors, à déterminer les capacités en progression géométrique de raison 2, autrement dit, si C est la valeur commune de C_1 et C_2 en position a, 2C sera la valeur en position b, 4C en position c, 8C en position d, etc.

Sur la figure 8 on a indiqué les limites extrêmes de toutes les sortes de saxophones. Il y en a cinq comme il sera indiqué plus loin.

La note la plus grave est le LA-1 à 27,50 Hz, pour le saxophone-basse. La plus aiguë est le SOL bémol = fa dièse, à 2 958,59 Hz dont le LA haut le plus proche est le LA-6 à la fréquence de 3 520 Hz. Cela donne, en tout, sept intervalles d'octave : LA-1 à LA0, LA0 à LA1, LA1 à LA2, LA2 à LA3, LA3 à LA4, LA4 à LA5 et LA5 à LA6. Une bonne idée est de procéder comme dans les vrais instruments, en en réalisant quatre ou cinq différents, chacun à deux intervalles d'octave comme par exemple indiqué ci-après :

saxophone 1 : LA-1 à LA1,
saxophone 2 : LA0 à LA2,
saxophone 3 : LA1 à LA3,
saxophone 4 : LA2 à LA4,
saxophone 5 : LA4 à LA6,

ou tout autre combinaison, les 5 instruments pouvant alors figurer dans un orchestre « électronique » d'amateurs.

Les connaisseurs musiciens savent toutefois, qu'il existe plusieurs variantes de saxophones dont certaines, utilisent des clefs musicales en sol mais avec transposition. Quoi qu'il en soit la détermination des gammes requises ne dépend que des valeurs des capacités.

Autres instruments « à vent »

Tout ce qui vient d'être proposé pour le saxophone est également valable pour les instruments tels que flûte, clarinette, sarrusophone, basson, contrebasson, haut-bois, cor anglais, flageolet.

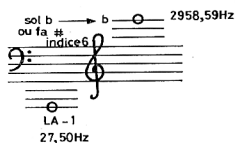


FIG. 8.
Notes des saxophones.

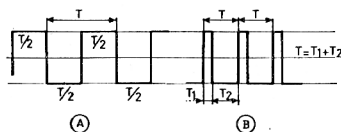


FIG. 9. — Formes de signaux.

Le même dispositif électronique reste valable et un instrument ne diffère d'un autre que par sa présentation et le timbre des sons produits.

On pourra également réaliser les instruments « à vent » de la famille des cuivres et à pistons ou clefs tels que les suivants : cornet à pistons, trombone à pistons, ophicléide, tuba ou bass-tuba, saxhorn, etc., en transformant les pistons ou clefs en interrupteurs.

Un seul instrument à cuivre fait exception, il s'agit du trombone à coulisse qui se joue en fermant ou en ouvrant plus ou moins la coulisse d'une manière continue. Pour cet instrument, le dispositif électronique devra être progressif et non à variations par bonds d'une note à la suivante. Ce problème peut être résolu avec une résistance variable dont le curseur sera commandé par le système à coulisse de l'instrument.

Voir à ce sujet le chapitre 3 de ce livre.

Les timbres

Dans un instrument monodique, les timbres des instruments à imiter, ne peuvent être créés par synthèse comme cela est possible dans un instrument polyphonique, mais assez aisément par des filtres spéciaux nommés formants.

Les formants utilisés pour les orgues électroniques sont adaptables à un instrument monodique à condition que le signal du son primitif à modifier ait la même forme que celui de l'orgue pour lequel le formant a été étudié.

Dans la plupart des orgues électroniques, les signaux de sons sont rectangulaires ou en dents de scie.

Le générateur de la figure 4 donne des signaux BF de formes rectangulaires. Il faut donc, trouver, des formants prévus pour cette forme.

La figure 9 montre la forme rectangulaire à alternances égales en (A). On peut aussi obtenir une forme rectangulaire à alternances inégales comme celle représentée en (B) de la figure 9.

Cette dernière forme est facile à obtenir en modifiant le montage de la figure 4 comme suit : au lieu de prendre $C_1 = C_2$, $C'_1 = C'_2$, on donnera aux $C_1C'_1$ et $C_2C'_2$ des valeurs inégales dans un rapport n de l'ordre de 10 à 20 fois.

Le signal (B) est facile à transformer en signal en dents de scie au moyen d'un étage « de charge et décharge », bien connu, à transistor et condensateur, comme ceux de la figure 10 (Montage intégrateur).

Pour conserver les fréquences déterminées avec le montage à $C_1 = C_2$ il faudra que la somme $C_1 + C_2$ soit, approximativement égale à la valeur précédente de cette somme. Exemple, dans un certain choix on a pris $C_1 = C_2 = 10$ nF donc $2C_1 = 20$ nF. Dans la version, à signaux (B) figure 9, on prendra, par exemple $C_1 = 18$ nF et $C_2 = 2$ nF. Même règle pour les condensateurs C'_1 et C'_2 . Soit encore le schéma de la figure 9 (B) qui indique un transistor NPN. Dans ce montage, le transistor doit être, au repos, à l'état bloqué. Cela est facile à obtenir en donnant à R_1 une valeur faible par rapport à celle de R_2 et dans ce cas, la base sera proche de zéro volt et Q_3 bloqué.

Appliquons alors, un signal à impulsions positives comme celui de la figure 9 (B).

Pendant la période partielle T_1 , l'impulsion, transmise par C_1 rend la base de Q_3 positive, Q_3 devient conducteur et C_2 , préalablement chargé à travers R_3 , se décharge dans le transistor. De ce fait, la tension aux bornes de C_2 diminue rapidement ce qui constitue, pour la tension de sortie de Q_3 , l'alternance négative. Dès que la période partielle T_1 est terminée, la tension de la base devient à nouveau très faible, le transistor se bloque et C_2 se charge à travers

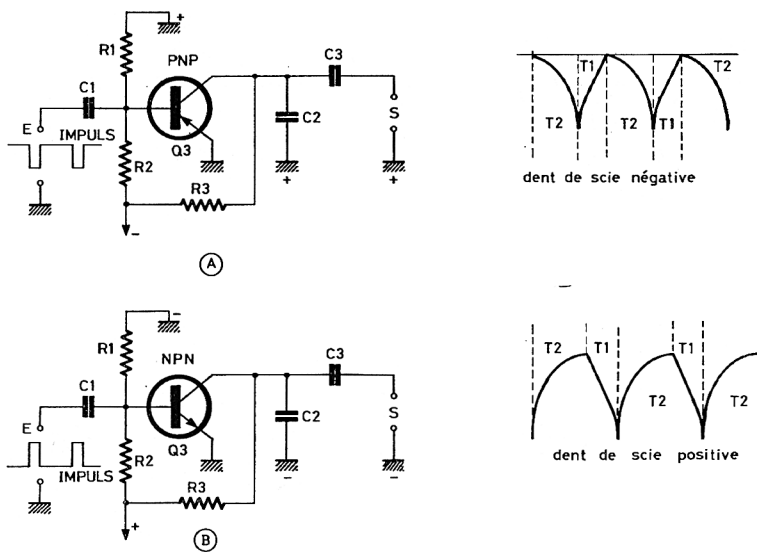


FIG. 10. — Signaux obtenus avec PNP et NPN.

Q_3 . Il est clair, alors, que la tension aux bornes de C_2 augmente ce qui constitue la branche montante de la dent de scie, se produiront pendant le temps T_2 , période partielle la plus longue.

Les phénomènes sont analogues avec le montage (A) de la figure 10 dans lequel Q_3 est un PNP. Le signal à appliquer est à impulsions négatives. Lors de ces impulsions, la base de Q_3 devient plus négative et Q_3 devient conducteur, C_2 se décharge dans le transistor et la tension aux bornes du condensateur diminue en devenant moins négative par rapport à la masse, donc, c'est une tension croissante constituant la période partielle la plus courte.

Lorsque cette période est terminée, la base de Q_3 devient moins négative et le transistor se bloque. Dès lors, C_2 se charge pendant T_2 secondes à travers R_3 et la tension aux bornes de ce condensateur augmente de façon à ce que le collecteur de Q_3 devienne plus négatif par rapport à la masse qui est au + alimentation. De ce fait on obtient à la sortie, l'alternance la plus longue et descendante de la tension en dent de scie. On pourra utiliser pour Q_3 le même transistor que celui adopté pour Q_1 et Q_2 .

Les valeurs des éléments des schémas (A) et (B) de la figure 10 sont : $C_1 = 0,1 \mu F$, C_2 à déterminer expérimentalement entre $0,1 \mu F$ et plus, $C_3 = C_2$, $R_1 = 3 k\Omega$, $R_2 = 100 k\Omega$, $R_3 = 22 k\Omega$, alimentation de 9 V comme celle du multivibrateur. La valeur de R_1 sera mieux déterminée en montant d'abord une résistance variable de $40 k\Omega$.

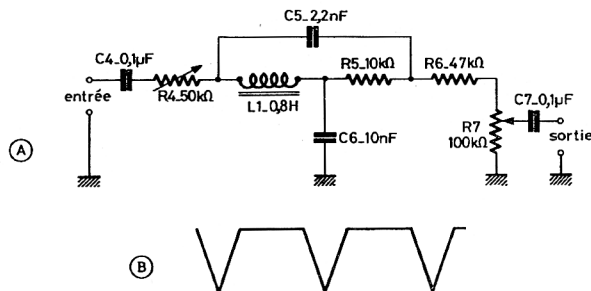


FIG. 11. — *Formant pour saxophone.*

Formant pour saxophone

Un exemple de formant convenant au cas présent, est donné à la figure 11 (A). Il convient lorsque le signal d'entrée est en dents de scie comme ceux de la figure 10 positive ou négative indifféremment. Comme il y a des condensateurs isolateurs C_3 aux sorties des montages de la figure 10, le condensateur C_4 sera supprimé. Avec ce formant le signal de sortie, transmis par C_7 a la forme requise pour le son-saxophone. Cette forme est proche de celle de la figure 11 (B). C'est une sorte de dent de scie très déformée dont la branche la plus longue en durée, a un début rectiligne « horizontal » avant de commencer à tomber.

Formants pour cor anglais et clarinette

Voici à la figure 12 un schéma de formant pour transformer un signal en dents de scie, en signal convenant à un « cor anglais ».

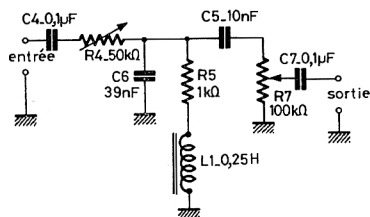


FIG. 12. — *Formant pour cor anglais.*

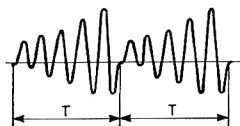


FIG. 13. — *Signal de clarinette.*

La clarinette exige une forme plus compliquée, proche de celle d'une dent de scie mais à laquelle est superposé une sorte de vibrato dont la fréquence est plus élevée que celle du signal de plusieurs fois, par exemple de cinq fois. Il faudrait obtenir un signal comme celui de la figure 12. Un tel signal peut être synthétisé en partant d'un signal en dents de scie comme ceux de sortie du montage figure 10, appliqués à un mélangeur linéaire (non déformateur) à deux entrées. L'un recevra le signal en dents de scie à la fréquence f et l'autre, le signal sinusoïdal, à la fréquence $f_1 = nf$, avec n de l'ordre de 5 comme on le voit sur la figure 13. Il ne sera

pas nécessaire de faire varier f_1 pour chaque note mais, au moins à chaque octave de sorte qu'un générateur de signaux sinusoïdaux à fréquences fixes, sera commuté en même temps que les octaves de sons produits. Pour ceux qui débutent, il suffira de se contenter du montage de la figure 4, avec une seule octave de 13 notes ou même de 8 notes.

Si l'on ne tient pas à la forme précise de l'instrument, un petit clavier genre piano conviendra bien et les sons obtenus seront aussi corrects que ceux obtenus avec une forme rappelant l'instrument imité. Seul l'effet spectaculaire serait modifié.

Vibrato

Le montage de la figure 4 avec ou sans les dispositifs complémentaires décrits plus haut, peut être muni d'un vibrato assez simple et très efficace.

Le schéma de ce vibrato est donné à la figure 14 sur laquelle on a indiqué également les valeurs des éléments. La nomenclature $C_1 C_2 \dots R_1 R_2 \dots$ est distincte de celle des autres schémas.

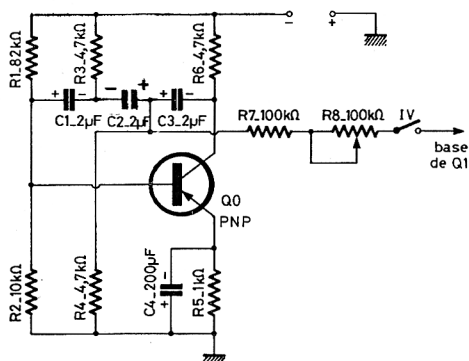


FIG. 14. — Vibrato.

Ce vibrato est réalisé avec un oscillateur à déphasage donnant des signaux sinusoïdaux à une fréquence très basse, de l'ordre de 7 Hz avec les valeurs indiquées de C_1 , C_2 , C_3 et R_1 , R_2 et R_4 . Cet oscillateur fournit les signaux aux bornes de R_4 . Le signal à TBF (très basse fréquence) est transmis par R_7 et R_8 à l'interrupteur IV dont une extrémité est reliée à la base de Q_1 du montage de la figure 4.

Grâce à l'interrupteur IV on a la possibilité de se servir du vibrato ou de le débrancher tout en le laissant sous tension. Ce vibrato peut être transposé en NPN en utilisant un transistor à peu près équivalent.

Le PNP d'origine Q_0 était un OC75, transistor plus puissant que ceux préconisés pour Q_1 et Q_2 . Un équivalent plus moderne, PNP du OC75 est le AC126 ou encore AC122, AC125, AC131, ASY58, etc.

En NPN on pourra utiliser le AC127 ou BC107, BC108, etc. Ce genre de vibrato est intéressant par son mode de montage car son fonctionnement est indépendant de l'accord de l'oscillateur de notes musicales, le multivibrateur Q_1 - Q_2 .

De plus ce vibrato est en réalité un trémolo-vibrato car il modifie aussi bien, au rythme de la TBF à 7 Hz, l'amplitude (trémolo) que la fréquence (vibrato) du signal de note.

Grâce au potentiomètre R_8 il sera possible à l'amplificateur de modifier l'effet vibrato-trémolo. On peut aussi combiner le réglage R_8 de 100 k Ω avec l'interrupteur IV et cela de la manière suivante : on utilisera un potentiomètre à interrupteur, à courbe linéaire et on effectuera le branchement de ce potentiomètre de façon que lorsque le curseur est du côté de R_7 , donc $R_8 = 100$ k Ω à ce moment, l'interrupteur agisse. Il est clair que le minimum d'effet est obtenu lorsque R_8 est au maximum de résistance en circuit.

Note

Tous les composants R, C, L des montages formants peuvent être modifiés par l'interrupteur selon son goût, soit expérimentalement, soit en tenant compte des indications d'un oscilloscope.

Des infinités de timbres peuvent être obtenus.

Il est également intéressant de remplacer des composants R fixes par de résistances variables avec cadran ou bouton gradué.

TROMBONE ÉLECTRONIQUE A COULISSE

Introduction

Le trombone à coulisse est un instrument à vent et l'énergie nécessaire à son fonctionnement est fournie par le souffle humain. Le réglage de la hauteur du son est effectué en modifiant la longueur du tuyau acoustique réalisé avec la coulisse. *La variation de la fréquence du son est continue.*

Dans la version électronique de cet instrument, il sera forcément nécessaire de conserver certaines caractéristiques importantes afin de justifier sa désignation de trombone à coulisse... électronique.

Cinq caractéristiques peuvent être considérées comme importantes :

- 1° forme et dimensions de l'instrument ;
- 2° étendue de la gamme des sons reproduits ;
- 3° mode de jeu ;
- 4° timbre des sons ;
- 5° mode de variation de la hauteur du son.

Parmi ces cinq caractéristiques, le choix dépendra des possibilités offertes par l'électronique, la mécanique et aussi le degré des difficultés que le constructeur amateur aura à vaincre pour réaliser cet instrument dans des conditions raisonnables.

Nous avons retenu, pour le projet de cet instrument, les caractéristiques suivantes :

1° forme et dimensions proches de celles du vrai instrument ce qui suffira à justifier le terme « trombone à coulisse ».

Le mécanisme à coulisse sera conservé étant donné qu'il est d'un effet spectaculaire incontestable et caractérise l'instrument.

2° La gamme des sons sera à peu près la même mais obtenue d'une manière différente car dans l'instrument réel c'est le souffle humain qui détermine en partie les notes émises.

3° Le mode de jeu sera conservé, l'exécutant passera d'une note à l'autre par le mouvement de translation du système à coulisse.

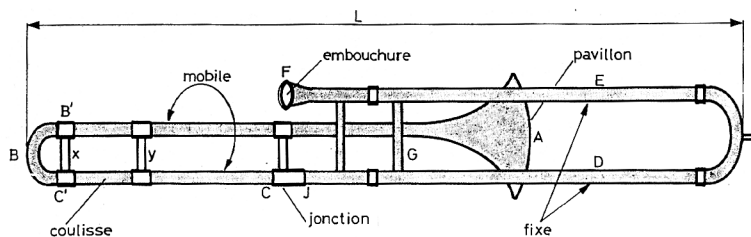


FIG. 1. — Composition du trombone à coulisse.

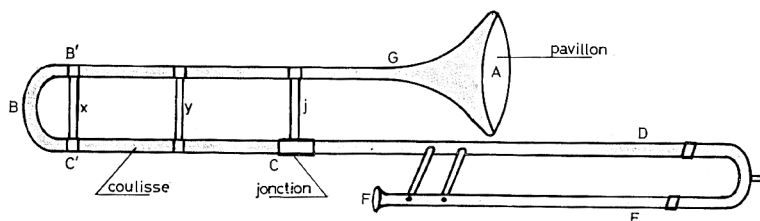


FIG. 2. — Autre aspect du trombone à coulisse.

4° Le timbre des sons ne sera respecté que très approximativement mais en contrepartie, l'utilisateur aura la possibilité de choisir entre plusieurs timbres.

Rechercher également le timbre convenable en montant entre le sortie du générateur (fig. 3) et celle de l'amplificateur, le dispositif de la figure 4, chapitre 4, livre IV.

5° Le mode de variation des sons sera continu, autrement dit, on passera, par exemple d'un LA à un LA dièse progressivement.

Ceci fixé, voici d'abord quelques indications sur le trombone à coulisse authentique.

Le vrai trombone à coulisse

On l'a représenté schématiquement aux figures 1 et 2. On remarquera le pavillon A dont le diamètre de l'ouverture est de 20 cm environ, embouchure F, le tube replié EDC, le point de jonction des deux tubes C, le tube replié CBG se terminant par le pavillon.

La partie solidaire du pavillon A, composée du tube CBG est, évidemment mobile tandis que la partie solidaire de l'embouchure FEDC, est fixe.

Ce sont par conséquent, les tubes DC et CC' qui coulisent, leur point de jonction étant C.

De ce fait, l'exécutant, en tenant à la main la pièce transversale x ou y, peut allonger ou raccourcir la longueur totale du tube comprise entre l'embouchure F et le pavillon A.

La longueur totale L de l'instrument est de 117 cm environ lorsqu'il est en position de maximum de longueur de la tubulure AF. Elle diminue de quelques dizaines de centimètres lorsque l'instrument est au minimum de longueur totale.

Sur la figure 2 il est visible que les tubulures fixe et mobile forment des plans différents.

Pour plus de détails, le meilleur moyen est d'examiner de près un instrument de ce genre, chez un commerçant spécialisé ou lors d'un concert, auprès d'un instrumentiste.

Remarquons toutefois que dans la version électronique, seul l'aspect général sera suivi, les détails de présentation n'ayant pas d'importance dans ce cas.

Ainsi, la valeur de l'allongement sera déterminée en fonction des résultats à obtenir et pourra être très différente de celle du vrai instrument. Le pavillon pourra être de plus fort diamètre pour y loger un haut-parleur plus grand.

Principe du trombone électronique

En consultant les ouvrages spécialisés, nous avons constaté que les étendues de leurs sons sont variées et dépendant de leur type : trombone alto, trombone ténor et trombone basse.

Il faudra donc choisir entre ces trois types.

Pour le type alto (le plus aigu) la note la plus haute est le RÉ dièse à $f = 621,66$ Hz (ou mi bémol). La note la plus basse est à trois intervalles d'octaves plus bas.

Pour le type ténor, la note la plus haute est le LA dièse à $f = 465,98$ Hz et la note la plus basse à 3 intervalles d'octaves plus bas.

Pour le type basse, la note la plus haute est LA à $f = 440$ Hz et la plus basse, trois octaves plus bas.

Pour ces trois types l'étendue totale serait, approximativement, du LA_0 à 55 Hz au RÉ dièse indice 6 à 621,66 Hz, ce qui représente 3,5 intervalles d'octaves. Nous choisirons, à titre d'exemple, le type « basse », avec les notes comprises entre le LA_0 à 55 Hz et le LA_3 à 440 Hz, donc trois intervalles d'octaves.

Cela comprend par conséquent $(3 \times 12) + 1 = 37$ notes avec 36 intervalles de demi-tons.

Un allongement de la tubulure de N centimètres donnera approximativement, un intervalle l de $N/36$ entre deux notes consécutives. Si $N = 36$ cm, l sera de 1 cm.

Le maximum de N est déterminé par la course du bras, ce qui représente au maximum 60 cm.

Si l'on prend $N = 54$ cm, il vient $l = 54/36 = 1,5$ cm ce qui est une bonne valeur pour jouer commodément de cet instrument électronique original.

Au point de vue de la construction du corps de l'instrument, la caractéristique la plus importante pour établir son projet est la valeur N de l'allongement obtenu à l'aide de la coulisse. Des valeurs plus faibles seront admissibles.

L'embouchure, ne servira à rien et reposera, par exemple, sur l'épaule de l'exécutant pour évoquer le jeu avec le vrai instrument.

Reste à déterminer le dispositif électronique à adopter.

En premier lieu, il faut trouver un générateur donnant 37 notes d'une manière

certaine. Il faudra ensuite, déterminer l'amplification nécessaire pour l'obtention d'une puissance comparable à celle fournie par le vrai trombone à coulisse.

On déterminera aussi, le circuit de timbre (voir plus haut).

Dispositif électronique

Beaucoup de types de générateurs peuvent convenir : à multivibrateur, à oscillateur RC, LC, à battement, à transistor unijonction (UJT).

C'est ce dernier type de générateur qui nous a paru le plus indiqué dans le présent montage car il a fait ses preuves pour fonctionner sans défaillance sur un étendue de 36 demi-tons (37 notes).

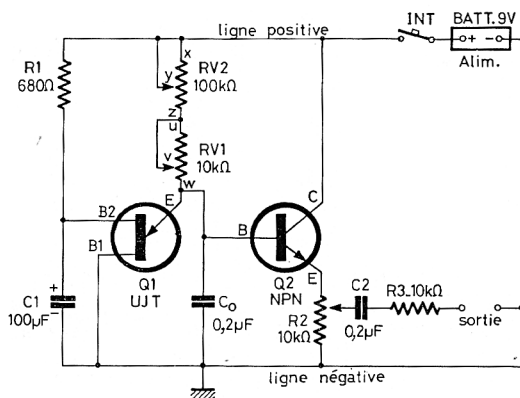


FIG. 3. — Générateur à transistor unijonction.

Un excellent schéma est celui de la figure 3. Comme oscillateur on a adopté Q_1 , un UJT de la marque General Electric type 2N2646 et comme amplificateur-adaptateur d'impédance, Q_2 , un transistor bipolaire NPN type BC208B. Ces deux semiconducteurs sont en vente chez la plupart des commerçants de composants électroniques.

On remarquera, les trois électrodes de l'UJT : l'émetteur E et les deux bases B_1 et B_2 .

La base B_1 est reliée directement à la ligne négative de masse tandis que la base B_2 est reliée à la ligne positive par l'intermédiaire de R_1 de 680 Ω . Elle est découplée vers la masse par C_1 , un électrochimique de 100 μ F 10 V service, la tension d'alimentation de cette partie (fig. 3) étant de 9 V seulement, soit par exemple, deux piles de 4,5 V en série. L'émetteur E utilise un circuit RC pour obtenir l'oscillation sur la fréquence f désirée.

La valeur de f est donnée par la formule approximative

$$f = \frac{a}{RC} \quad (1)$$

avec f en hertz, R en mégohms et C en microfarads, le coefficient a étant proche de 1.

Dans cette formule C est C_0 de $0,22 \mu\text{F}$ et R est $RV_1 + RV_2$.

Soit par exemple à déterminer la valeur de R lorsque C et f sont données. La formule (1) peut s'écrire :

$$R = \frac{a}{Cf}$$

Elle donne, avec $f = 55 \text{ Hz}$, $C = 0,2 \mu\text{F}$ et $a = 1$:

$$R = \frac{1}{11} \text{ M}\Omega = 91 \text{ k}\Omega \text{ environ.}$$

Si, maintenant, $f = 440 \text{ Hz}$, soit huit fois la valeur précédente, afin d'obtenir une étendue de 3 intervalles d'octaves, la valeur de R sera huit fois plus faible ce qui donnera $R = 91/8 = 11,4 \text{ k}\Omega$.

Il est donc facile de voir que RV_1 sera une résistance ajustable de l'ordre de $10 \text{ k}\Omega$ et RV_2 une résistance variable, commandée par le jeu de l'exécutant, ayant comme valeur $100 \text{ k}\Omega$ approximativement, sa valeur exacte étant déterminée expérimentalement.

Restera à voir comment réaliser pratiquement RV_2 . Pour RV_1 il n'y a aucun problème à résoudre, on utilisera un potentiomètre ajustable de $10 \text{ k}\Omega$.

Terminons toutefois l'analyse du schéma de la figure 3. Le signal engendré par l'oscillateur UJT, Q_1 est disponible sur l'émetteur de ce semiconducteur. Il est transmis par liaison directe sur la base B de Q_2 . Cela permet la transmission parfaite des signaux à toutes les fréquences et également la polarisation positive de cette base.

Le transistor Q_2 est monté en collecteur commun ce qui se reconnaît par la liaison du collecteur C, directement à la ligne positive d'alimentation et la sortie sur l'émetteur.

Grâce à ce montage, l'impédance de sortie est faible, de l'ordre de la valeur de $P_2 = 10 \text{ k}\Omega$, potentiomètre logarithmique au carbone. Le transistor Q_2 a aussi la fonction de séparateur entre la sortie et l'émetteur de l'UJT, donc tout branchement à la sortie d'un autre dispositif, n'aura pas d'influence sur le fonctionnement de l'UJT.

En continu, l'émetteur de Q_2 est séparé de la sortie par le condensateur C_2 de $0,2 \mu\text{F}$ qui, grâce à sa valeur élevée, transmettra bien les signaux BF au dispositif suivant.

Celui-ci sera l'amplificateur mais si l'on désire un dispositif de variation des timbres des sons émis, on intercalera celui-ci entre la sortie du générateur (points de « sortie » figure 3) et l'amplificateur que l'on aura choisi.

Voici les valeurs des éléments : $R_1 > 680 \Omega$, $R_2 = 10 \text{ k}\Omega$ potentiomètre, $R_3 = 10 \text{ k}\Omega$, $C_0 = 0,2 \mu\text{F}$, $C_1 = 100 \mu\text{F}$ 10 V , $C_2 = 0,2 \mu\text{F}$, batterie 9 V , interrupteur facultatif ; RV_1 $10 \text{ k}\Omega$ ajustable, RV_2 voir texte plus loin, potentiomètre de $100 \text{ k}\Omega$ de forme spéciale.

Commande des notes

Il s'agit de déterminer les caractéristiques d'un dispositif mécanique per-

mettant de faire varier la résistance d'un potentiomètre de 100 k Ω , entre zéro et le maximum, en agissant sur le système à coulisse de l'instrument.

La mécanique offre de nombreux moyens de transformation d'un mouvement rectiligne de l'ordre de 50 cm, en un mouvement circulaire ou rectiligne d'amplitude donnée. On dispose actuellement de potentiomètres à rotation de 300° environ et de potentiomètres à mouvement rectiligne dont la course est de quelques centimètres (4 à 7 cm environ).

En choisissant un potentiomètre de 100 k Ω , il faudrait qu'il se règle du minimum au maximum lorsque l'exécutant effectue le mouvement rectiligne avec la coulisse du trombone.

Voici à la figure 4 une solution avec potentiomètre rotatif.

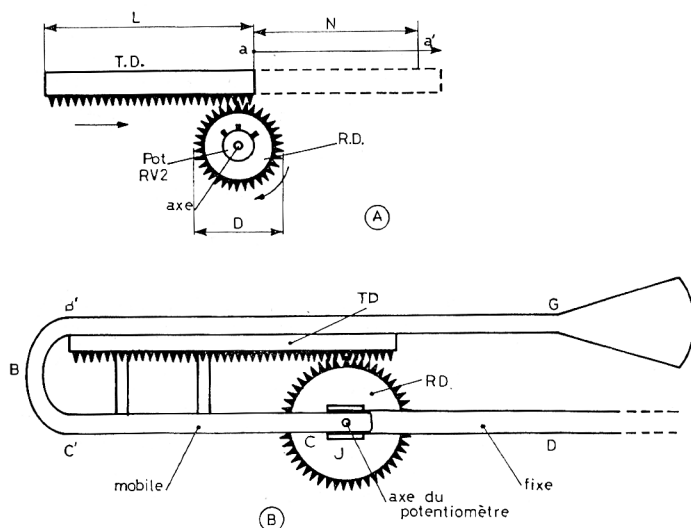


FIG. 4.

En (A) on voit que le potentiomètre RV₂ de 100 k Ω , avec ses trois points de branchement x, y, z (x relié à y) et son axe. Sur ce dernier est montée une roue dentée RD tournant solidairement de l'axe. Son diamètre est D, les dimensions du potentiomètre n'ayant ici aucune importance dans le calcul.

Cette roue dentée pourra tourner lorsqu'elle est commandée par le mouvement rectiligne de la tige dentée TD. Il va de soi que les deux séries de dents doivent s'adapter entre elles. De cette façon lorsque TD glisse vers la droite, la roue tourne dans le sens des aiguilles d'une montre. Ce dispositif peut être réalisé avec des pièces de jeu de construction mécanique.

Soit $N < L$ la course de TD. Il faut que RD tourne de l'angle en degrés correspondant à la variation totale de sa résistance. Soit 300° ce nombre de degrés. Pour éviter des chocs en fin de course, on n'admettra qu'une rotation de 270° donc 90 k Ω de variation.

Si D est le diamètre de la roue, sa longueur de circonférence est πD . Cette longueur est valable pour 360° donc pour 270° , la rotation d'un point de la circonférence de RD sera donné par :

$$B = \frac{270}{360} \pi D = 0,75 \cdot 3,14 D$$

Il faut donc que $B = N$.

Prenons $N = 40$ cm (au lieu du maximum admissible de 55 à 60 cm indiqué plus haut). On aura alors :

$$N = B = 3,14 D \cdot 0,75 = 40 \text{ cm}$$

ce qui donne :

$$D = \frac{40}{3,14 \cdot 0,75} = 17 \text{ cm}$$

Si on ne trouve pas de roue dentée de 17 cm ce qui sera généralement le cas, on adoptera celle dont le diamètre D sera le plus proche de cette valeur.

Soit par exemple $D = 20$ cm. On déterminera alors N en fonction de cette valeur de D .

On a trouvé plus haut $N = 0,75 \cdot 3,14 D$. En remplaçant D par sa valeur, 20 cm, on trouve $N = 47$ cm, valeur de la course de TD admissible.

La tige TD sera un peu plus longue que N .

En examinant le dessin de l'instrument (fig. 1 et 2) et en décidant que TD soit mobile, on voit que l'on devra rendre cette tige dentée solidaire de la partie mobile $C'C$ et l'axe du potentiomètre fixe, de la partie fixe CD . Pratiquement si le tube $C'C$ entre dans le tube CD , on fixera la tige dentée sur la partie $B'G$ solidaire de $C'C$ et le potentiomètre sur la jonction fixe J comme nous le montrons à la figure 4 (B).

Le potentiomètre de 100 k Ω devra être de très bonne qualité, par exemple à piste moulée et du type linéaire. Il devra être très progressif afin d'obtenir des notes justes. La course de la partie mobile du trombone sera limitée par des butées robustes pour éviter de détériorer le potentiomètre (*).

Au cas où l'on désirerait la même course avec des notes moins serrées, il suffira de réduire le nombre des intervalles d'octave, de 3 à 2 et même à un seul intervalle (13 notes).

Le potentiomètre RV_2 sera alors de moindre valeur, par exemple de 50 k Ω ou 30 k Ω .

Variante avec 2 octaves et 3 gammes

Un moyen d'obtenir un vaste étendue de sons est de procéder par commutation de la capacité C_0 qui a été fixée primitivement 0,2 μF .

(*) Il existe des potentiomètres professionnels ayant une rotation de plusieurs fois 360° . Ils conviendront très bien au dispositif de la figure 4 et donneront à l'instrument beaucoup plus de précision.

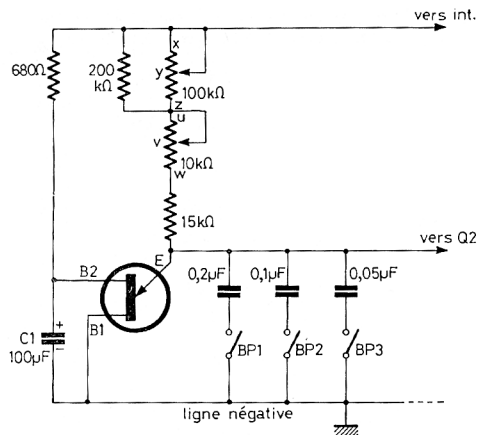


FIG. 5. — Variante du montage fig. 3.

On a vu que si l'on part de LA indice 0 à $f = 55$ Hz et si $C_0 = 0,2 \mu\text{F}$, la valeur de $R = RV_1 + RV_2$ réglées convenablement sera $R = 91 \text{ k}\Omega$. Si maintenant, on choisit comme note la plus haute le LA indice 2, à $f = 4 \cdot 55 = 220$ Hz on aura, d'après la formule $f = 1/(RC)$, $R = 91/4 = 22,75 \text{ k}\Omega$ que nous arrondirons à $22 \text{ k}\Omega$. Il faut donc que R varie entre $22 \text{ k}\Omega$ et $91 \text{ k}\Omega$ soit, une variation de $91 - 22 = 69 \text{ k}\Omega$. Comme cette valeur est difficile à trouver, on prendra encore un potentiomètre de $100 \text{ k}\Omega$ mais il sera shunté entre les points x et z (voir fig. 3) par une résistance fixe de $200 \text{ k}\Omega$.

D'autre part RV_1 se composera d'une résistance variable de $10 \text{ k}\Omega$ en série avec une résistance fixe de $15 \text{ k}\Omega$, avec réglage vers $22 \text{ k}\Omega$ de cet ensemble série.

Pour obtenir l'octave haute suivante, soit du LA indice 1 ($f = 110$ Hz) au LA indice 3 ($f = 440$ Hz) on devra prendre $C_0 = 0,1 \mu\text{F}$ au lieu de $0,2 \mu\text{F}$. Enfin une autre commutation de C_0 avec $0,05 \mu\text{F}$, donnera la gamme comprise entre LA indice 2 ($f = 220$ Hz) ou LA indice 4 ($f = 880$ Hz).

Des notes plus hautes ne conviennent pas à un trombone à coulisse mais on pourra en prévoir si on le désire.

Le montage de la figure 3 deviendra alors celui de la figure 5.

ACCORDÉON ÉLECTRONIQUE MONODIQUE

Introduction

L'instrument véritable est polyphonique. Les versions électroniques que nous allons proposer sont monodiques afin de réaliser des instruments simples.

Présentation de l'instrument monodique

La figure 1 donne une idée d'un coffret ayant une forme proche de l'accordéon. Ce coffret est vu de face en (A) et de profil en (B). Il n'y a pas de spécification précise au sujet des dimensions. Nous proposons toutefois $a \geq 45$ cm, $b \geq 30$ cm, $d \geq 20$ cm, c de l'ordre de 10 cm ce qui laisse $f \geq 25$ cm.

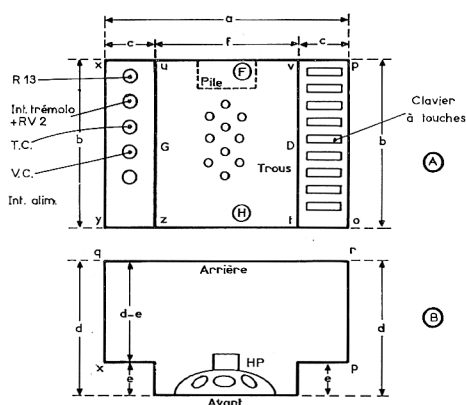


FIG. 1. — Une présentation d'accordéon électronique monodique.

Le haut-parleur sera disposé derrière le panneau $u v t z$. La hauteur e sera celle déterminée par le haut-parleur du type rond ou ovale, pouvant être petit ou grand selon les possibilités et les désirs de l'utilisateur. Un HP de qualité sera indiqué si l'on désire, par la suite, l'utiliser dans un instrument plus évolué.

Sur la figure 1, la partie (A) est vue de face, le coffret étant disposé avec la partie avant vers l'observateur. Lorsque celui-ci le tiendra devant soi, le point

(H) sera en haut, le point (F) en bas et le clavier sera à la portée de la main droite tandis que les boutons de réglage seront à la portée de la main gauche.

En supposant que le panneau représenté en (B) soit celui du bas du coffret lorsque celui-ci est tenu par l'utilisateur, c'est sur ce panneau que l'on fixera les platines de l'amplificateur, du générateur et du trémolo-vibrato.

La pile sera disposée à côté du haut-parleur vers le bas du panneau.

Toute autre présentation est permise.

Générateurs

Tous les générateurs décrits dans le livre I peuvent être utilisés. Plus particulièrement pour les débutants, nous conseillons celui décrit au chapitre 3 du livre I. Avec celui-ci il n'y aura ni vibrato, ni réglage de tonalité. Le VC sera à commutateur à deux positions.

Si l'on adopte le générateur du chapitre 1 du livre I, on pourra réaliser un accordéon plus perfectionné.

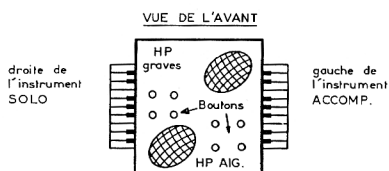


FIG. 2. — Accordéon électronique.

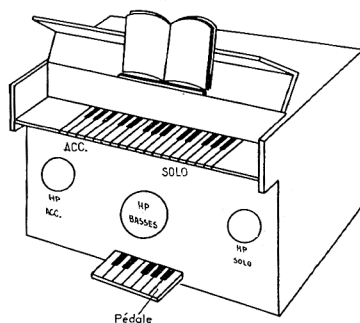


FIG. 3. — Présentation comme orgue.

Accordéon bi-monodique

Tout comme dans l'instrument réel, on pourra réaliser un accordéon à deux jeux de notes. La présentation sera par exemple celle de la figure 2. Rien ne s'oppose, toutefois, à ce que l'instrument soit présenté comme un orgue ou harmonium. La figure 3 donne un exemple de présentation. Celle-ci à l'avantage de permettre, grâce au volume important du meuble, de laisser de la place pour tous les appareillages électroniques et mécaniques.

Les pédales peuvent être associées à un deuxième ou un troisième jeu monodique.

Voir au sujet des instruments monodiques à plusieurs jeux le chapitre 4 du livre I.

Pour accordéon à deux voix, voir le circuit de timbres figure 2, chapitre 4, livre IV.

LIVRE III

INSTRUMENTS A CORDES

Introduction au Livre III

Deux méthodes sont exposées dans ce livre pour imiter les instruments à cordes modernes, anciens et exotiques.

- 1. Par capteur électromagnétique comme cela se fait pour la guitare ;*
- 2. Par générateurs électroniques permettant la simulation des vrais instruments sans, toutefois, rechercher une reproduction absolument conforme.*

INSTRUMENTS A CORDES AVEC GÉNÉRATEURS ÉLECTROMAGNÉTIQUES

Classification

De nombreux instruments de musique à cordes sont utilisés par les diverses catégories de musiciens. On pourra distinguer d'abord les instruments de la *famille du violon* qui sont en nombre modéré : le violon, l'alto, le violoncelle, la contrebasse, pour ne citer que les instruments d'orchestre classique. A ces instruments peuvent s'ajouter quelques autres du même genre choisis parmi deux catégories : celle des *instruments anciens* et celle des *instruments exotiques*, certains instruments anciens étant également exotiques.

Tous ces instruments cités sont, en principe, à archet mais on peut aussi s'en servir en pinçant les cordes comme on le fait pour la guitare.

Une autre famille est celle des instruments genre guitare pour lesquels, outre celle-ci, on trouve la guitare hawaïenne, la mandoline, le banjo, la balalaïka russe, la cobza roumaine, la cithare, la harpe.

Vient ensuite une troisième famille d'instruments à cordes qu'il serait très grave d'oublier car elle comprend le piano, l'instrument complet par excellence car avec un piano tout musicien peut tirer plus de satisfactions, dans l'ensemble, que de n'importe quel autre instrument.

Au piano on associera : le pianoforte, le cembalo et bien entendu le clavecin. Tous ces instruments sont transposables en instruments électroniques.

Imitation des instruments à archet

Dans un vrai violon, la main gauche effectue l'accord sur la note désirée tandis que la main droite fournit l'énergie motrice qui crée les vibrations sonores, par l'intermédiaire de l'archet.

S'il s'agit d'un instrument électronique que l'on voudrait baptiser « violon électronique » par exemple, on voit immédiatement que l'imitation conforme est difficile sinon impossible.

En effet, commençons par le jeu, dit aussi « doigter ou doigté » c'est-à-dire la manière de jouer de l'instrument.

La main gauche suffira pour créer les sons et la main droite ne servira à rien, à première vue.

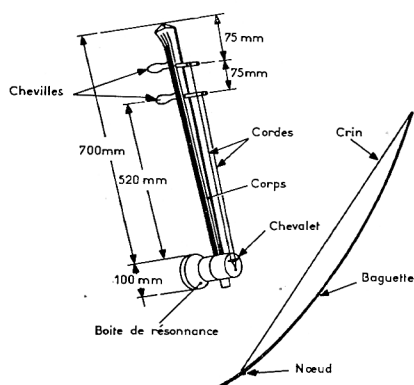


FIG. 1. — Le RAVANOSTRON, premier instrument à cordes chinois ancien.

En réalité, on pourra l'utiliser mais d'une manière différente de celle adoptée avec le violon et l'archet classiques.

Tout ce qui a été dit pour le violon est valable également pour toute la famille des « cordes » dont les sons sont produits par un archet. Dans celle-ci, outre les quatre instruments modernes « européens » utilisés actuellement, il existe une multitude d'autres instruments à cordes et archet, certains intéressants par le timbre des sons émis, d'autres ne présentant qu'un intérêt de curiosité par leur constitution primitive, leur caractère exotique, leur ancienneté.

En cas d'imitation « électronique » on s'intéressera, en général à la forme de ces instruments bien qu'il soit un peu paradoxal de vouloir constituer un ensemble d'instruments « anciens » avec des procédés électroniques !

Citons quelques instruments à cordes et archet autres que les quatre instruments mentionnés plus haut.

Les Chinois ont imaginé le *violon chinois* nommé RAVANOSTRON dont la figure 1 montre l'aspect approximatif. On donne l'aspect de l'archet à droite sur la même figure.

Celui-ci reste constamment *prisonnier* entre les deux cordes. Celles-ci sont accordées en quinte donc, on ne peut obtenir que deux notes ce qui est vraiment simple et il ne doit pas être difficile d'imiter électroniquement, le *ravanostron*, ancêtre des instruments à cordes et archet.

Citons aussi la *viole d'amour* (voir fig. 2) de formule analogue à celle du violoncelle, haute de 760 mm. Elle possède sept notes accordées sur ré, fa dièse, la, ré, fa dièse, la, ré. Ce qui caractérise cet instrument est la présence de sept *autres cordes* disposées au-dessous des premières et qui vibreront par résonance lorsque les premières vibreront. Cela donne un son étrange, apprécié plus particulièrement en musique de chambre. Une imitation de cet instrument est concevable. Revenons aux instruments actuels à archet.

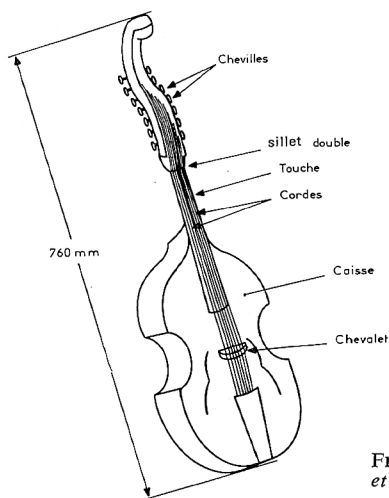


FIG. 2. — *Le viole d'amour à sept cordes actives et sept cordes vibrant par résonance. Les différentes pièces sont analogues à celles d'un violon.*

Nous allons rechercher des solutions de compromis, dont le seul mérite sera d'apporter certains avantages par rapport aux instruments classiques, tout en les évoquant d'une certaine manière, soit par le timbre obtenu, par la présentation ou par le doigter.

Remarquons toutefois que dans le cas de la contrebasse par exemple, l'« électronicien musical » a la partie belle.

En effet, nul n'est besoin de réaliser un instrument énorme pour obtenir des notes basses. Un appareil des dimensions d'un violon donnera les basses aussi bien que les aiguës. Un instrument de grandes dimensions ne serait intéressant que pour imiter la présentation de la contrebasse.

Il en est de même pour le « violoncelle » et l'alto « électronique ».

Générateurs électromagnétiques

Tout instrument dont les sons sont obtenus par la vibration d'un organe mécanique tel que : corde tige, lame, masse vibrante (cloche, verre) peut devenir « électronique » selon la méthode bien connue utilisée pour la guitare c'est-à-dire en captant les vibrations à l'aide d'un transducteur adéquat. Lorsque l'élément vibrant est en fer ou en acier, le transducteur sera du type électromagnétique comme celui des guitares.

Des transducteurs de ce genre sont vendus dans le commerce sous le nom de capteurs, pick-up ou même « microphone » (terme impropre), pour guitare dite « électrique ».

Pour d'autres instruments que la guitare, des capteurs analogues mais adaptés au point de vue forme et dimensions à ces instruments sont relativement faciles

à fabriquer soi-même. Un capteur électromagnétique comportera un seul aimant ou plusieurs. Il y aura par exemple autant d'électro-aimants que l'instrument a de cordes. Les noyaux de ces électro-aimants seront aimantés en permanence ou par l'aimant unique auquel ils seront « collés » (voir fig. 3).

Actuellement, il existe des petits aimants cylindriques de toutes petites dimensions parfaitement adaptables aux capteurs de ce genre (fig. 3 A).

Lorsque l'instrument comporte certaines cordes qui ne sont pas en acier, comme c'est le cas du violon et de ses associés, il faudra remplacer les cordes en boyau par des cordes métalliques. Il y aura évidemment une modification de timbre mais, comme on l'a dit plus haut, il ne faut pas exiger une imitation parfaite. Pour le violon, des cordes de guitare conviendront. Les avantages de l'emploi des capteurs électromagnétiques sont considérables. L'instrument électronique peut être simplifié par rapport à l'instrument véritable. Il n'est plus nécessaire de prévoir une caisse de résonance. Pratiquement on imite d'assez loin le vrai instrument, ce qui compte c'est de lui donner une forme telle qu'il puisse être utilisé, par l'exécutant, comme le vrai instrument car il est évident que le musicien voudra profiter des études effectuées pendant de longues années pour apprendre à jouer de son instrument. Le bâti de l'instrument électronique sera rigide afin que l'on puisse tendre les cordes sans qu'il fléchisse.

L'instrument réalisé avec le capteur électromagnétique sera complet, en tant que générateur de signaux BF. Il suffira de brancher la sortie « électrique » du capteur à un amplificateur BF pour obtenir une audition dont on pourra faire varier la puissance moyenne à l'aide d'un potentiomètre. Avec ce procédé simple, les sons obtenus ressembleront à ceux du vrai instrument mais ils ne seront pas identiques à ces derniers car le vrai instrument avec sa caisse de résonance, crée des sons secondaires, harmoniques et non harmoniques, plus faibles que le son fondamental et qui donnent à l'audition un timbre particulier permettant de reconnaître facilement l'instrument considéré. Par contre, grâce aux dispositifs électroniques et électriques tels que filtres actifs, et filtres passifs on pourra obtenir un nombre très grand de timbres d'un même instrument et le choix se fera instantanément en tournant un bouton à plusieurs positions ou en agissant sur des pédales (voir fig. 4).

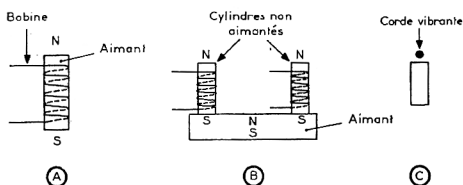


FIG. 3. — Capteur électromagnétique.

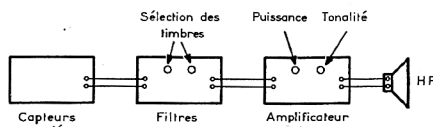


FIG. 4. — Instrument de musique.

Ces applications sont, évidemment, un peu simplistes au point de vue strictement électronique car cette dernière n'intervient que pour l'amplification et, éventuellement pour la modification du timbre des sons et l'usage veut que l'on ne désigne pas ces appareils comme électroniques mais comme électriques ou électromagnétiques.

En pratique tout cela a bien peu d'importance, ce qui compte c'est le résultat obtenu et celui-ci peut être excellent.

Bâtis ou corps

En ce qui concerne la guitare, nous aurons peu de difficultés à l'imiter car on trouve dans le commerce des modèles excellents avec leur capteur et à des prix abordables.

Les modèles les plus perfectionnés possèdent plusieurs capteurs permettant de traduire les vibrations des cordes se produisant en plusieurs endroits. Ce perfectionnement permet d'obtenir des sons plus « riches » car les cordes vibrent de manières différentes aux divers points de vibration. Revenons toutefois aux instruments à cordes et à archet. Commençons par les plus simples ce qui sera une excellente méthode d'initiation à cette technique en apparence simple mais en réalité très délicate comme tout ce qui touche à une alliance entre une science et un art.

On a vu à la figure 1 la forme du ravanoston, *un instrument bicolore*.

En raison de la simplicité de sa forme et de son originalité spectaculaire, il sera facile de l'imiter. Le corps sera en bois très rigide, par exemple en chêne. Il aura une longueur totale de 700 mm, une largeur de 40 mm par exemple et une épaisseur de 40 mm. Des arrondis et même des sculptures pourront améliorer la présentation de l'instrument. Les cordes seront tendues entre deux points fixes situés au-delà du chevalet et des deux chevilles dont la fonction sera de tendre les cordes jusqu'à obtention des sons désirés.

Comme cordes, des MI de violon en acier ou des cordes de guitare, conviendront très bien.

Les chevilles seront fixées dans des trous pratiqués dans le corps à sa partie supérieure et disposées à 75 et 150 mm de l'extrémité supérieure. Les cordes seront disposées comme suit : l'une à 15 mm de distance du corps, l'autre à 20 mm de la première donc à 35 mm du corps de l'instrument. De ce fait, une cheville sera plus longue que l'autre.

La caisse de résonance peut être l'objet de toute réalisation originale aussi osée que l'on voudra. On réalisera, par exemple, une boîte cylindrique de 200 mm environ de hauteur et de 70 à 100 mm de diamètre. Un des « fonds » sera en peau tendue par des cerceaux et l'autre, celui sur lequel sera fixé le chevalet, sera en matériau rigide : métal, bois, plastique, etc.

La boîte de résonance sera fixée très solidement sur le corps en bois, par des vis et écrous. Le corps traversera la boîte vers son milieu comme on le voit sur la figure 1.

Si l'on veut que les crins de l'archet soient disposés *entre les deux cordes*, il faudra que ceux-ci puissent se détacher de la baguette à une de ses extrémités.

L'archet aura une baguette qui, tendue, sera arquée comme on le voit sur la figure 1. On n'oubliera pas d'enduire les crins, de colophane. La longueur de l'archet sera de 700 à 800 mm.

On pourra se procurer les crins de cheval chez un commerçant d'instruments de musique. On demandera des crins de rechange pour un archet de violon par exemple.

Technical drawing of a mechanical part with dimensions and labels:

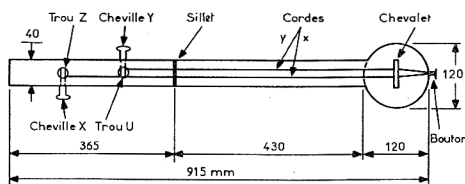
- Overall length: 915mm (pièce A)
- Dimensions from left to right:
 - 120
 - 125
 - 126
 - 365
 - 430
 - 390
 - 40
 - 60
 - 60
 - 120
- Labels:
 - Partie gauche
 - Partie médiane
 - Partie droite
 - Pièce D
 - Chevalet
 - sillet
 - A
 - a
 - b
 - C
- Vertical dimensions on the right:
 - 40
 - 40
 - 240

Le ravanostron électromagnétique moderne

On aura réalisé ainsi une sorte de violon à deux cordes, de forme originale mais se jouant de la même manière ce qui sera agréable aux violonistes, guitaristes et mandolinistes.

Voir, pour les timbres, les schémas 2 et 4, chapitre 4, livre IV.

L'ensemble comprend une pièce en bois très solide (A) longue de 915 mm à section carrée de 40×40 mm sur toute sa longueur sauf la partie de droite, de 120 mm de longueur qui est circulaire, vue de haut, comme le montre la figure 6 sur laquelle on a reproduit la plupart des cotes de la figure précédente.



85

La partie de gauche de la pièce (A) doit être évidée afin de pouvoir fixer les chevilles sur lesquelles s'enrouleront les cordes x et y. Cette partie évidée sera, en quelque sorte, une boîte que l'on pourra constituer par la réunion de plusieurs pièces de bois effectuée par vis ou clous ou colle. Un autre moyen de réaliser cette partie montrée à la figure 7, est de percer deux trous z et h de grand diamètre sur les faces perpendiculaires à celles des trous des chevilles. En (A) on montre pièce considérée longue de 365 mm comme indiqué sur la figure précédente. Cette pièce est vue, en (A), avec les trous Z et U en haut et les trous X et Y des chevilles vers l'observateur. La cheville Y servira d'attache à la corde y et la cheville X, à la corde x.

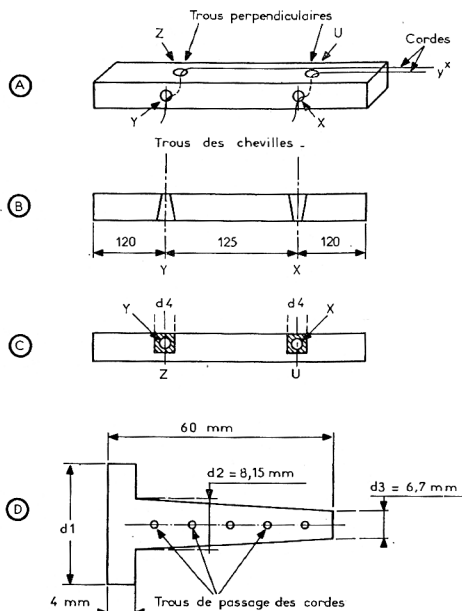


FIG. 7. — Détail des chevilles.

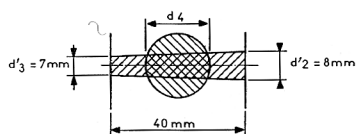


FIG. 8. — Dimension des chevilles.

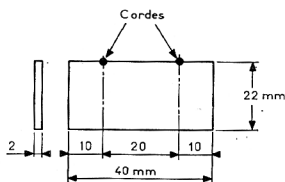


FIG. 9.

En (B) on montre les trous tronconiques nécessaires pour l'immobilisation des chevilles. En (C) on montre de profil, les grands trous Z et U perpendiculaires aux trous X et Y et les rencontrant vers l'axe de la pièce.

De cette façon, lorsque les chevilles, représentées en (D) figure 7, seront en place, les petits trous de passage des cordes de 1 mm de diamètre, seront accessibles par les grands trous Z ou U.

Voici des dimensions pouvant convenir à la réalisation de la pièce de la figure 7 qui, en réalité, n'est qu'un prolongement de la tige A de $365 + 430 + 120 = 915$ mm.

Diamètre des trous cylindriques Z et U, $d_4 = 20$ mm.

Diamètres des trous tronconiques destinés à recevoir les chevilles (voir fig. 8) : $d'_3 = 7$ mm, $d'_2 = 8$ mm.

Diamètres des chevilles : $d_3 = 7,6 \text{ mm}$, $d_2 = 8,15 \text{ mm}$.

Pour percer les trous pour les chevilles on commencera par percer des trous cylindriques de 7 mm et on obtiendra les trous tronconiques en limant convenablement les trous cylindriques vers une extrémité.

Il est évident que l'on pourra ainsi, se procurer des chevilles pour violon et percer des trous de dimensions correspondantes, égales ou différentes de celles indiquées.

Le sillet (voir fig. 5, 6 et 9) aura une longueur de 40 mm et une hauteur de 22 mm, donc 2 mm de plus que la dimension b de la pièce B (voir fig. 5) qui servira de touche. A la figure 10 on donne les dimensions de cette pièce B qui sera fixée au-dessus de la pièce A par des vis, clous ou colle. L'extrémité b sera haute de 20 mm et l'extrémité d, de 61,5 mm. La longueur a est de 390 mm.

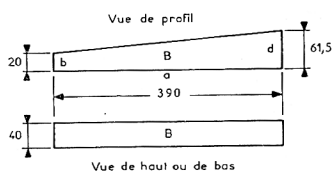


FIG. 10. — Pièce B.

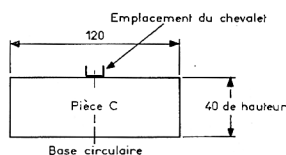


FIG. 11. — Pièce C.

La pièce C sera un cylindre (voir fig. 5, 6 et 11) dont la base aura un diamètre de 120 mm et la hauteur sera de 40 mm. Elle sera fixée sur la pièce A. Sur C on fixera le chevalet (voir fig. 12) haut de 20 mm et long de 40 mm qui supportera les deux cordes. L'épaisseur du chevalet sera de 2 mm environ. Il sera disposé au milieu du cercle de 60 mm de diamètre et tiendra par la pression des deux cordes. Un petit bouton F servira d'attache des extrémités des cordes.

Au-dessous de la partie circulaire de (A) se fixera le cylindre D de 120 mm de diamètre et de 240 mm de hauteur ou autre valeur au choix du réalisateur (voir fig. 13).

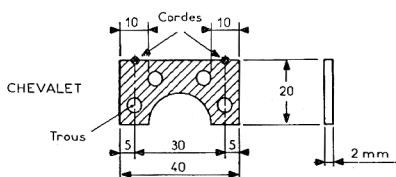


FIG. 12. — Chevalet.

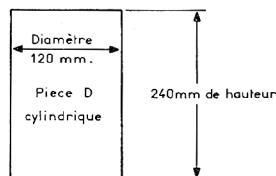


FIG. 13. — Pièce D.

La partie C de l'instrument pourra servir de boîte de résonance et la partie D, de coffret pour l'amplificateur. Si l'on désire cette possibilité, la partie D sera tout simplement une boîte métallique dont le couvercle sera orienté vers le bas afin de pouvoir introduire le montage amplificateur. Toute boîte métallique « alimentaire » pourra convenir, par exemple une boîte de lait, conserves, biscuits, etc. Sa forme et ses dimensions pourront être différentes de celles indiquées plus haut.

La partie C sera également une boîte en métal ou en bois mais très solide afin de ne pas s'affaisser sous la pression des cordes.

Finalement, la boîte de résonance sera la partie C et le coffret d'amplificateur, la partie D. Ces deux boîtes ne communiqueront pas.

A l'extrémité inférieure de D on pourra fixer le haut-parleur, le couvercle de cette boîte servant de « baffle ». Dans ce cas, il sera percé d'un trou dont le diamètre sera inférieur de 2 cm environ à celui du haut-parleur afin de permettre la fixation de ce reproducteur.

La protection de la membrane sera assurée par une toile métallique comme on le voit sur la figure 14.

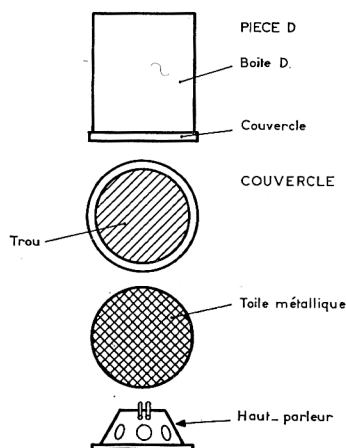


FIG. 14. — Montage du haut-parleur.

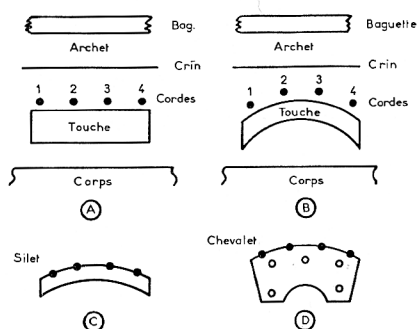


FIG. 15. — Emplacement des cordes.

Les dimensions de ces éléments dépendent de ceux de la boîte, du couvercle et du haut-parleur.

A noter que la partie D (fig. 13) peut avoir n'importe quelles formes et dimensions pourvu que le montage électronique de l'instrument et le haut-parleur puissent être logés. Si la boîte a une forme à section carrée au lieu de circulaire, ce HP pourrait aussi être disposé sur une des quatre faces latérales, par exemple sur celle orientée vers le haut de l'instrument.

Les valeurs données des dimensions ne sont nullement critiques. On peut les modifier si on le désire, pourvu que l'on réalise un instrument pouvant être utilisé comme un de ceux de la famille du violon.

Indiquons que le doigter dépend de la distance entre le silet et le chevalet, autrement dit de la longueur des cordes. Si cette distance est celle adoptée pour le violon par exemple, les écartements entre les points de pression des doigts correspondant aux cordes seront identiques à celles du violon. Cette distance est de 325 mm environ pour ce dernier. Elle est de plus en plus grande pour l'alto, le violoncelle et la contrebasse.

Sur notre instrument la distance silette-chevalet est de 490 mm donc analogue à celle d'une contrebasse.

Rien ne s'oppose à ce que le réalisateur la modifie en diminuant la longueur de la partie médiane de la pièce A (côtée à 430 mm) et celle de la pièce B (côtée à 390 mm) de la même longueur.

Comme on vient de le voir, il a fallu modifier la forme primitive de l'instrument bicorde afin de l'adapter à un dispositif capteur électromagnétique.

Remarquons que le bicorde est en réalité un instrument genre violon, réduit à deux cordes.

Plus de deux cordes

En ajoutant au bicorde deux autres cordes on pourra réaliser un violon (ou violoncelle ou alto ou contrebasse) en modifiant, en conséquence, la forme du corps de l'instrument, la distance entre le silette et le chevalet et en donnant à la touche (partie située au-dessus des cordes, voir figure 2) une forme à section courbe afin que l'archet ne puisse pas toucher plus d'une ou deux cordes à la fois (voir fig. 15).

Ainsi, en (A) on peut voir aisément que le crin de l'archet ne peut toucher, seules, que les cordes extrêmes 1 et 4. S'il en touche deux, il touchera également les cordes restantes disposées entre les cordes extrêmes.

Cette disposition de la touche, à face supérieure plane, ne peut convenir que pour un instrument à archet mais à une ou deux cordes au maximum.

La touche représentée en (B) figure 15 convient aux instruments à archet et à plus de deux cordes. En effet, le crin de l'archet ne pourra toucher qu'une ou deux cordes à la fois et en aucun cas trois ou quatre si celles-ci sont disposées dans des plans différents c'est-à-dire selon les génératrices d'un cylindre ou d'un cône, la surface supérieure de la touche ayant justement cette forme cylindrique ou conique.

En (D) on montre la forme du silette et en (E), figure 15, celle du chevalet, ces formes étant nécessaires lorsque la touche est à section courbe.

Hormis ces dispositions, la partie électrique est la même pour tous les instruments de la famille des « cordes » avec archet. Le capteur aura en principe, autant d'éléments qu'il y a de cordes mais même cela n'est pas obligatoire. La forme du capteur dépendra aussi de celle de la section de la touche adoptée pour l'instrument à réaliser.

Commençons par les capteurs nécessaires aux instruments à cordes.

Capteur

A la figure 16 on indique l'essentiel de ce qu'il faut savoir sur les capteurs électromagnétiques pour instruments de musique.

En (A) est symbolisée leur constitution. Soit un cylindre aimanté, entouré d'une bobine de fil dont les extrémités sont ab. Si la corde vibre dans le voisinage de l'un des pôles (N ou S indifféremment), il y a modification, à la fréquence de vibration, du champ magnétique dans lequel se trouve la bobine et, par conséquent, induction dans celle-ci, d'un signal électrique à la même fréquence. Ce signal a une forme proche de la sinusoïde.

Le transducteur inverse est le HP magnétique, l'écouteur téléphonique, le PU graveur, etc.

Des transducteurs analogues sont les PU magnétiques et dans une moindre mesure, les têtes de magnétophone en position lecture et de nombreux capteurs de vibration industriels. Pratiquement, le cylindre aimanté doit être disposé dans un support de bobine comme celui indiqué en (B) dont on voit en (C) une des flasques.

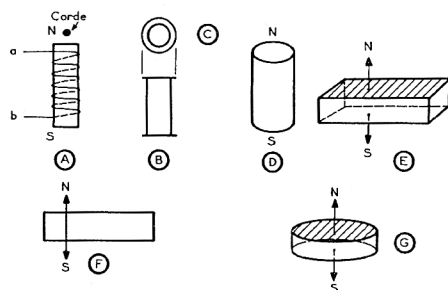


FIG. 16. — Principe et composition des capteurs électromagnétiques.

Le fil émaillé utilisé est généralement de 0,08 à 0,12 mm de diamètre, que l'on bobine aussi régulièrement que possible, en couches à spires jointives. Le nombre des spires est de quelques centaines, mais cela n'est pas une règle absolue.

Ce nombre dépend évidemment, de l'adaptation du capteur à l'entrée de l'amplificateur. Si cette entrée est à basse impédance, il faudra peu de spires en gros fil.

Si l'adaptation est correcte, le maximum de puissance sera transféré du capteur à l'entrée de l'amplificateur. L'impédance de l'entrée de l'amplificateur est en général connue approximativement à une certaine fréquence, par exemple à 400 Hz mais on pourra souvent la considérer comme constante dans toute la gamme BF de l'instrument.

L'impédance du capteur est assez complexe car il y a, dans le bobinage, une composante L importante et deux composantes indésirables C et R : la capacité répartie et la résistance du fil.

En BF on pourra négliger, en première approximation, la capacité et la résistance. Dans ce cas on aura $Z = X_L = 2\pi fL$. L'impédance Z étant alors égale à la réactance selfique X_L , c'est-à-dire au produit de $2\pi f$ par le coefficient L de self-induction, avec f en hertz et L en henrys.

La valeur de f est connue, c'est celle de la note sur laquelle vibre la corde associée au capteur.

Celle de L peut être mesurée ou calculée.

Soit une entrée de 1 000 Ω à la fréquence de 400 Hz. Il faut, autant que possible que l'on ait $X_L = 1\,000\ \Omega$ également. On a dans ce cas :

$$6,28 \cdot 400 L = 1\,000.$$

ce qui donne :

$$L = \frac{1\,000}{6,28 \cdot 400} \text{ henrys}$$

et, par conséquent $L = 2,5/6,28 = 0,4 \text{ H}$ ou 400 mH. Dans un espace aussi petit que celui du mandrin (B) de la figure 16 il sera difficile de loger une bobine de 400 mH même en fil fin et malgré l'augmentation de L due au noyau de l'aimant et on sera obligé de diminuer L et amoindrir la qualité de l'adaptation. Aux fréquences élevées, L sera plus faible, par exemple si $X_1 = 1\,000 \, \Omega$ et $f = 4\,000 \text{ Hz}$, on trouve $L = 40 \text{ mH}$ (dix fois moins, évidemment).

On sait, en tout cas que plus f est basse, plus L sera grande.

N'oublions pas non plus qu'un même capteur devra servir pour toute une gamme de notes sur lesquelles vibrera la corde qui lui sera associée.

Les dimensions des pièces (A) et (B) de la figure 16 sont : diamètre de l'aimant : 2 à 6 mm, longueur : 8 à 20 mm ; diamètre de la joue (C) : 10 mm maximum.

En (D) de la figure 16 on a représenté un cylindre en fer ou en acier, non aimanté à l'état naturel. Ce cylindre servira de noyau à la bobine (B), (C) et son aimantation lui sera transmise à partir d'un aimant (F), aimanté comme l'indique la figure : une face sera le nord et l'autre le sud. Sur cet aimant seront disposés les tubes (D), de 1 à 7 selon l'instrument et l'aimantation de l'aimant se transmettra à ces cylindres.

La sensibilité du capteur sera alors légèrement inférieure à celle des capteurs à aimants comme (A).

En (E) on montre un aimant dont la face dessinée en hachuré, est par exemple le pôle N, la face opposée étant le pôle S. En (G) on montre un aimant-disque.

La distance d , entre l'extrémité supérieure de l'aimant et la corde doit être un compromis entre les conditions suivantes :

1° d doit être aussi petite que possible pour obtenir le maximum de tension aux points de terminaison de la bobine ;

2° elle doit être, toutefois suffisante pour éviter que la corde, en métal magnétique (acier) soit trop fortement attirée par la surface polaire de l'aimant et s'y coller ;

3° la distance d doit, également être suffisante pour éviter une distorsion de la forme du signal.

Pratiquement, d sera déterminée expérimentalement, sa valeur étant de l'ordre de grandeur du millimètre, par exemple 2 ou 3 mm.

Montage du capteur

Soit le cas d'un capteur à quatre éléments c'est-à-dire pour quatre cordes. Deux types sont à considérer, le capteur pour cordes dans le même plan (fig. 15 (A) et 17 (A)) et les capteurs pour cordes dans des plans différents (fig. 15 (B) et 17 (B)).

Dans les deux cas, la surface supérieure de la touche devra se présenter

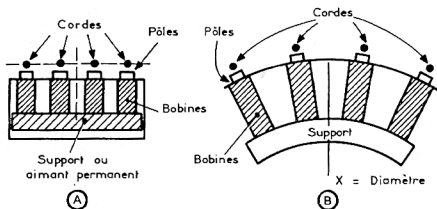


FIG. 17. — Orientation des capteurs électromagnétiques.

comme une surface sans aspérités ni accidents donc, les électro-aimants devront être noyés dans la masse de la touche. Le montage est plus facile dans le cas (A) et un peu plus délicat dans le cas (B) correspondant à une touche à section courbe.

S'il s'agit du bicorde décrit précédemment, le capteur n'aura que deux éléments qui seront disposés comme en (A) figure 17.

Les dimensions des éléments sont fonction de celles de la pièce B du corps de l'instrument.

Cette pièce a été représentée à la figure 10 et ses dimensions sont : $b = 20$ mm, $a = 390$ mm et $d = 61,5$ mm.

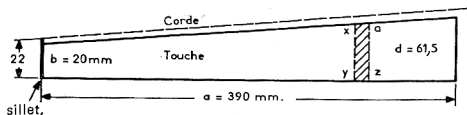


FIG. 18. — Profil de la touche.

Nous reproduisons le profil de la touche à la figure 18 avec ses dimensions a , b , d et le sillet haut de 22 mm. La corde est, donc de 2 mm au-dessus de la touche.

Le capteur devra être disposé près de l'extrémité d , de façon qu'il soit noyé dans la masse de cette pièce B et qu'il se trouve au-delà de la limite de l'action des doigts de la main gauche du musicien.

Pratiquement, on percera deux trous (ou plusieurs, s'il y a plus de deux cordes) comme on l'a indiqué par une zone hachurée et chaque élément du capteur sera disposé dans le trou situé juste au-dessus d'une corde.

Plus simplement, on pourra placer le capteur au-delà de la pièce B, avant le chevalet entre l'extrémité d et la zone de frottement de l'archet. On pourra aussi raccourcir la touche du côté du chevalet.

Aimants permanents

Voici quelques indications sur les dimensions des aimants permanents que l'on peut trouver soit dans le commerce soit chez des fabricants.

Noter également que des aimants pour fermeture des portes sont vendus dans les grands magasins, uniprix, bazars, etc.

Voici en (A), (B) et (C) figure 19 un aimant en forme de U noyé dans une pièce isolante, servant normalement de fermeture de portes d'armoires en bois de cuisine ou autres.

En (B) on voit les extrémités N (nord) et S (sud) de l'aimant. Avec deux cordes on pourra utiliser cet aimant comme élément d'aimantation de deux petits cylindres en fer ou acier qui seront entourés des spires de la bobine. S'il y a plus de deux cordes, chaque pôle servira pour la moitié des cordes.

En (D) et (E) on montre un aimant circulaire plat en forme de jeton. Le nord apparaît sur une face et le sud sur l'autre. Cet aimant est fabriqué par la R.T.C. Le diamètre est de 28 mm et la hauteur de 7 mm environ (voir plus loin les dimensions exactes).

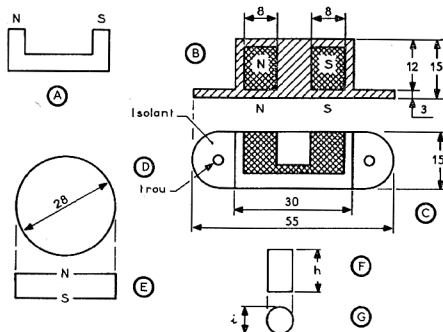


FIG. 19. — Aimants de formes diverses.

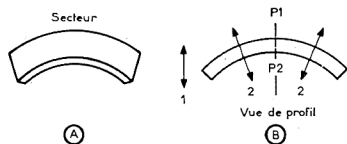


FIG. 20. — Aimant secteur.

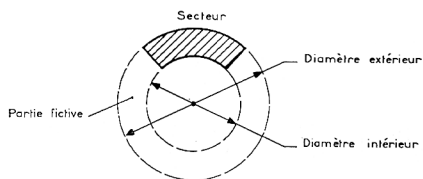


FIG. 21. — Aimant secteur.

En utilisant cet aimant comme base pour plusieurs pièces comme (D) de la figure 16, tous les pôles supérieurs seront nord ou sud, selon la face choisie.

En (F) figure 19 on donne la forme cylindrique de petits aimants ferroxydure de la R.T.C. également. Il en existe de nombreux modèles de hauteurs et diamètres différents. Avec ceux-ci, on pourra disposer les bobines directement autour de chacun. (RTC = LA RADIANTECHNIQUE).

Voici au tableau I les dimensions des bâtonnets de la série FXD :

TABLEAU I — Aimants cylindriques

Appellation commerciale	Diamètre ext. (mm)	Dimension inter. (mm)	Hauteur (mm)	Poids approx.
5/15	$5 \pm 0,3$		$15 \pm 0,5$	1,4
5/30	$5 \pm 0,2$		$30 \pm 0,6$	2,8
5/40	$5 \pm 0,2$		$40 \pm 0,8$	3,8
6/40	$6 \pm 0,3$		$40 \pm 0,6$	5,5
12/3,2/10	$12 \pm 0,5$	$3,2 \pm 0,5$	$10 \pm 0,5$	4,9
12/3,2/12	$12 \pm 0,5$	$3,2 \pm 0,5$	$32 \pm 0,5$	5,9

Les deux derniers sont à trous intérieurs ce qui sera intéressant par leur fixation à l'aide d'une vis en fer ou en métal non magnétique si nécessaire. Ces deux types ont une hauteur de 12 ou 10 mm, un diamètre extérieur de 12 mm et un diamètre intérieur de $3,2 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$. L'aimantation est dans le sens de la dimension soulignée.

Voici d'autres aimants : par exemple ceux en forme de parallélépipède de dimensions diverses parmi lesquelles il sera facile de trouver celles qui s'adaptent le mieux à l'application choisie. Le tableau II donne les caractéristiques de ces blocs aimantés.

TABLEAU II

Aimants à faces rectangulaires

Appellation commerciale	Longueur (mm)	Largeur (mm)	Hauteur (mm)
$4 \times 4 \times 3,330$	$4 \pm 0,05$	$4 \pm 0,02$	$3 (\pm 0 - 0,1)$
$12 \times 8 \times 7,330 \text{ BP}$	$12 (+0,1 - 0,5)$	$8 \pm 0,3$	$7 (+0,3 - 0)$
$12 \times 11 \times 7,330$	$12 (+0,1 - 0,5)$	$11 \pm 0,6$	$7 \pm 0,2$
$13 \times 10 \times 5,330 \text{ BP}$	$13 \pm 0,3$	$10 \pm 0,3$	$5 \pm 0,4$
$17 \times 10 \times 5,330 \text{ BP}$	$17 \pm 0,4$	$10 \pm 0,3$	$5 \pm 0,4$
$20 \times 10 \times 5,330 \text{ BP}$	$20 \pm 0,5$	$10 \pm 0,3$	$5 \pm 0,4$
$25 \times 11 \times 6,330 \text{ BP}$	$25 \pm 0,5$	$11 (\pm 0,1 - 0,5)$	$6 \pm 0,5$
$40 \times 21 \times 10,330 \text{ BP}$	40 ± 1	$21 \pm 0,5$	$10 \pm 0,5$

L'interprétation des données numériques de ce tableau est très aisée. Soit par exemple le cas de l'aimant à faces rectangulaires dont l'appellation commerciale est $12 \times 11 \times 7,330$. Sa longueur est de 12 mm avec la tolérance supérieure de $+0,1 \text{ mm}$ ce qui donne un maximum de longueur de $12,1 \text{ mm}$ et une tolérance inférieure de $-0,5 \text{ mm}$, ce qui donne une longueur de $12 - 0,5 = 11,5 \text{ mm}$, au minimum.

La largeur est comprise entre 11,6 mm et 10,4 mm, la tolérance étant de $\pm 0,6 \text{ mm}$. La hauteur sera comprise entre 7,2 et 6,8 mm. On pourra aussi se procurer des *disques* comme celui de la figure 16 G. Il y en a dont l'appellation commerciale est $12 \times 6 - 330$ dont le diamètre est de $11,9 \pm 0,3 \text{ mm}$ et la hauteur de $6 \pm 0,4 \text{ mm}$.

Lorsque la touche de l'instrument doit avoir une section courbe (voir par exemple les figures 15 B et 17 B) il peut être intéressant de disposer d'un aimant en forme de secteur comme celui de la figure 20 A. On pourra l'associer à des « transmetteurs d'aimantation » en fer non aimanté comme expliqué précédemment, les bobines entourant ces pièces.

En A de la figure 20 on donne l'aspect général et en B on indique les deux possibilités de choix de la direction de l'aimantation. Dans les deux cas, un pôle

apparaît sur la face externe et le pôle opposé sur la face interne ce qui convient parfaitement pour la réalisation des capteurs électro-magnétiques. Voici au tableau III quelques dimensions des secteurs aimantés.

TABLEAU III

Aimants-secteurs

Appellation commerciale	Diam. ext. (mm)	Diam. int. (mm)	Long. (mm)	Angle (degrés)	Aiman- tation
58 × 40,6 × 19,8/90-P-330 K	≥ 58	40,6	40,8	90	1
58 × 40,6 × 49/90-P-330 K	≥ 58	40,6	41	90	1
58 × 40,4 × 20/120-R-330 K	≥ 58	40,4	20	120	2
71 × 57,4 × 25/120-R-330 K	≥ 71	57,4	25	120	2

Les diamètres sont, évidemment ceux qui se mesureraient sur une pièce circulaire obtenue en complétant celle existante (voir fig. 21). Le modèle ayant une largeur de 25 mm et un angle de 120° avec aimantation 2 (donc, une aimantation radiale) peut convenir dans différentes applications.

En se reportant à la figure 17 B on voit que le capteur utiliserait le secteur aimanté à la place du support et des tiges non aimantées comme noyaux de bobines. Le diamètre du secteur S (fig. 17) sera évidemment plus grand que le diamètre extérieur du secteur.

Comme on peut le constater, l'utilisateur aura le choix entre de nombreuses possibilités de réalisation de capteurs électro-magnétiques pour tous les instruments tels que ceux à cordes, avec ou sans archet et même ceux à cordes frappées comme le piano.

Capteurs à une seule bobine

Le principe de ce capteur est donné à la figure 22.

Il comprend les parties suivantes : un aimant permanent G en forme de bloc à faces rectangulaires (voir tableau II) dans lequel sont « plantées » des tiges A, B, C, D, E au-dessus desquelles se trouveront les cordes vibrantes.

Le bobinage « BOB » à extrémités H et I est unique et enroulé autour de l'aimant permanent.

Voici comment fonctionne ce capteur. Lorsque l'une des cordes, par exemple la corde 2 vibre devant la tige B, la variation du courant sera appliquée à l'amplificateur.

De même, la vibration d'une autre corde produira le même effet, à la fréquence qui lui est propre et dans la même bobine G.

Grâce à l'existence d'une seule bobine tous les signaux induits seront mélan-

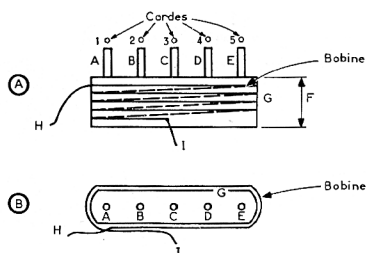


FIG. 22. — Capteur à une seule bobine.

gés automatiquement tandis que dans les capteurs à plusieurs bobines, il faut connecter celles-ci en série ou en parallèle ou en série-parallèle.

En B de la figure 22 on montre le capteur, vu de haut, avec les extrémités supérieures des tiges.

Le nombre des spires est de quelques centaines. Il peut être égal à n fois celui d'une bobine individuelle, par exemple, avec cinq cordes, 5 fois 300 à 800 spires.

On effectuera le bobinage sur l'aimant, en intercalant deux ou trois couches de ruban adhésif. Des joues peuvent être montées. Le fil sera, enduit d'une matière collante : gomme-laque, araldite, etc. Ce capteur est plus simple mais on ne pourra pas régler séparément, la puissance de chacun des signaux correspondant à une corde.

Mise au point d'un capteur

Après avoir déterminé la forme et le mode de réalisation du capteur, on l'essayera avec un amplificateur, par exemple celui dont on dispose.

Le plus répandu des amplificateurs disponibles est celui d'un appareil radio ou celui d'un électrophone.

La mise au point s'effectuera de façon à ce que le capteur donne le maximum de puissance et la forme de courbe, la plus régulière.

En disposant les cordes à 1 ou 2 mm de distance des pièces polaires du capteur on devra obtenir des sons en pinçant les cordes ou en utilisant l'archet.

La puissance des sons des n cordes devra être à peu près la même. Pour effectuer « l'égalisation » des puissances, on enlèvera des spires aux bobines qui donnent des sons trop forts ou bien on en ajoutera aux bobines donnant des sons trop faibles.

Préalablement, l'adaptation devra être faite pour chaque bobine en modifiant le nombre de spires ou en modifiant l'impédance d'entrée de l'amplificateur.

Si l'amplificateur est imposé, réaliser des bobines à prises et rechercher le nombre des spires qui donne le plus de puissance.

Un autre facteur influant sur la puissance est la distance entre la corde et la pièce polaire. Un compromis, doit être atteint, une distance trop faible risquant de provoquer le « collage » de la corde sur l'aimant.

Si après toutes les opérations de mise au point la puissance est toujours faible, intercaler un préamplificateur de tension entre le capteur et l'amplificateur. Des montages pour microphone ou pour PU piezo conviennent.

Application à divers instruments

On a exposé, à propos d'un instrument simplifié, le bicorde, les méthodes générales de réalisation des instruments à cordes et à archet, cette méthode s'étendant également aux instruments à cordes pincées (genre guitare) à cordes frappées (piano), etc.

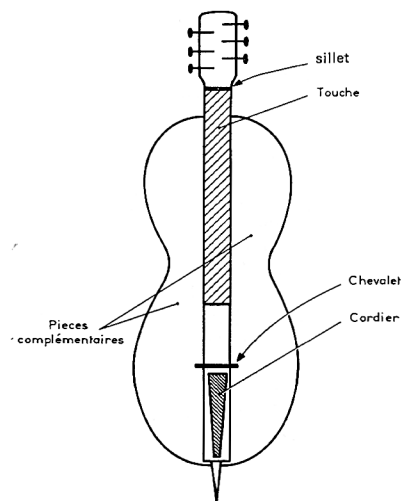


FIG. 23. — *Bicorde électronique.*

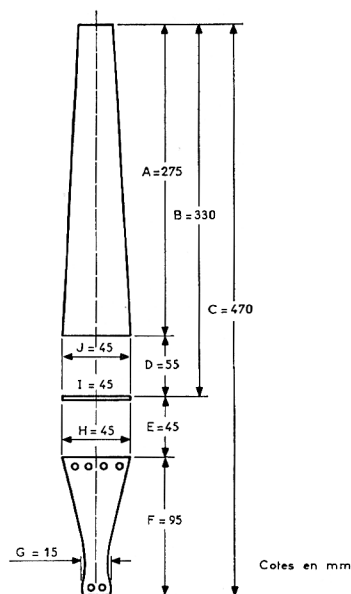


FIG. 24. — *Dimension du bicorde.*

La forme de chaque instrument peut être approchée aisément en partant du corps « élémentaire » du bicorde et en lui ajoutant de part et d'autre des pièces de formes rappelant celles des instruments.

Ainsi, à la figure 23, on montre le corps droit avec le sillet, la touche, le chevalet et éventuellement le cordier et de part et d'autre, les deux pièces donnant la forme désirée à l'instrument.

Se souvenir que la distance entre sillet et chevalet détermine l'instrument équivalent à celui à imiter.

En ce qui concerne le « doigter » il dépend de la distance entre les points d'appui des doigts de la main gauche sur les cordes, c'est donc la distance entre sillet et chevalet qui compte.

A la figure 24 on donne les dimensions des éléments essentiels d'un violon réel ou d'un violon électronique. La distance importante est $B = 330$ mm.

A la figure 25 on indique, pour le violon également, les quatre cordes correspondant aux notes SOL 2, RÉ 3, LA 3 et MI 4 avec les fréquences correspondantes.

Ces notes sont obtenues avec les cordes laissées à leur longueur utile maximum, donc sans être « raccourcies » par l'appui des doigts de la main gauche.

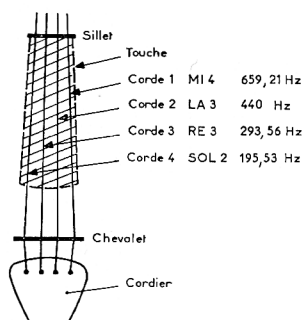


FIG. 25. — Les quatre cordes du violon, les notes et les fréquences.

Les timbres peuvent être sélectionnés à l'aide du montage de la figure 2 ou celui de la figure 4, chapitre 4, livre IV.

INSTRUMENTS ÉLECTRONIQUES A CORDES

Rappel des vrais instruments

L'adaptation à la génération électronique des sons est plus difficile que dans les instruments à capteur électromagnétique. Rappelons quelques caractéristiques des vrais instruments à cordes.

Citons d'abord le monocorde. Pour les amateurs d'instruments originaux folkloriques exotiques ou anciens, signalons le Guzla, instrument de musique national des peuples *dalmates ou illyriens*. Pour nous il présente l'intérêt d'avoir à peu près la forme d'un violon mais ne possédant qu'une seule corde.

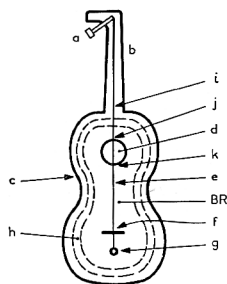


FIG. 1. — *Le guzla.*

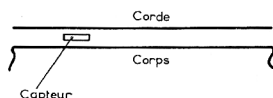


FIG. 2. — *Position du capteur électromagnétique.*

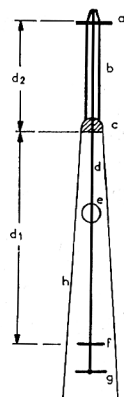


FIG. 3.
Monocorde à archet.

La forme approximative du Guzla est donnée par la figure 1 on le nomme aussi *violin à une corde*. Il possède un corps composé d'une boîte de résonance BR, d'un col b se terminant par le dispositif de tension a, de la corde unique e, celle-ci, passant au-dessus du trou d, est soutenue par le chevalet f et est fixée à son extrémité inférieure au bouton g. La boîte de résonance est décorée de motifs nationaux dalmates ou illyriens.

Le contour c de l'instrument est proche de celui du violon mais la largeur par rapport à la longueur semble un peu supérieure à celle d'un violon. On pourra jouer de cet instrument de toutes les manières permises avec une seule corde de violon : avec archet, en pinçant la corde. Dans la version électromagnétique, un capteur de guitare conviendra parfaitement. On le disposera dans la partie comprise entre les points i et j (sous la corde) ou encore entre k et e, donc toujours au-dessus de la région d'attaque par les doigts ou l'archet (voir fig. 2).

L'accord se fera sur une note quelconque, par exemple le LA 440 Hz, en espérant qu'aucun illyrien ou dalmate ne vienne protester contre ce choix.

Il va de soi que la boîte de résonance pourra être remplacée par une planche « pleine » ayant à peu près le même profil mais d'épaisseur quelconque pourvu que la rigidité soit bonne.

Les *Banjos* sont de deux types, le *banjo-mandoline* et le *banjo américain*. Leurs boîtes de résonance sont circulaires. Ils seront traités comme les guitares pour leur « électromagnétisation ». Le nombre des cordes est cinq à neuf. L'Ukulele sera également traité comme la guitare et il en sera de même de la Mandoline.

Instruments à cordes anciens

La plupart peuvent être transformés en instruments à générateur électromagnétique. Citons les suivants : le Robec (xiii^e) la Monocorde à archet (xiii^e) l'Archicistre (xvii^e) le Vielle à archet (xviii^e) la Guitare Lyre (xix^e) la Viole d'Amour (xviii^e) la Pochette (xvii^e) la Cistre (xviii^e) le Violon à sabot (xix^e) la Harpe celtique (ix^e) le Luth (xvi^e) la Harpe portative (xvii^e) l'Epinette portative (xviii^e) la Cithare (ou Teorbe d'Italie) (xvi^e) et bien entendu le Clavecin et bien d'autres.

Le *monocorde à archet* nous intéressera grâce à sa simplicité. Sa forme est indiqué à la figure 3 : a = réglage de la tension de la corde d, c = sillet, e = orifice, h = corps triangulaire formant boîte de résonance, f = chevalet, g = fixation de la corde.

Pour ceux qui jouent de la guitare ou du violon, la distance entre sillet et chevalet sera celle existant sur leur instrument afin que le doigter soit le même.

Instruments électroniques « à cordes »

Ces instruments seront munis de générateurs électroniques et on s'efforcera d'utiliser les cordes comme organes de contact afin que l'exécutant puisse se servir du doigter appris sur un instrument conventionnel.

Monocorde

Pour la forme on pourra s'inspirer de celle de n'importe quel instrument à cordes, par exemple le violon, la guitare, le (ou la) guzla, et bien entendu, le monocorde à archet (voir fig. 1 et 3) mais toute autre forme est permise.

Une forme simple, réalisable rapidement et avec une bonne ressemblance avec l'instrument classique correspondant est celle du Monocorde à archet de la figure 3.

Donnons-lui des dimensions telles que son doigter soit, par exemple, celui du violon. Dans ces conditions la distance d_1 entre le sillet c et le chevalet f sera de 330 mm, autrement dit, la longueur de la partie vibrante de la corde aura cette valeur.

La longueur d_2 déterminera l'étendue de l'ensemble des notes pouvant être jouées. Dans le violon véritable on a $d_2 = 270$ mm ce qui permet de jouer, en passant de la première position aux suivantes, sur une seule corde, plus de deux intervalles d'octave c'est-à-dire 25 notes distantes entre elles d'un demi-ton. Finalement, nous décidons de donner à l'instrument la forme « triangulaire » du monocorde à archet mais de l'adapter au point de vue des dimensions, à celles du violon.

Le premier modèle sera le plus simple. Il n'aura qu'une seule corde et ne permettra de jouer qu'une seule octave c'est-à-dire 12 notes plus une 13^e, note octave de la première.

Technique générale

Les problèmes à résoudre sont les suivants :

- 1° choix du générateur ;
- 2° forme de l'instrument ;
- 3° mode d'attaque pour combiner le doigter du violon avec le dispositif de commutation requis par l'emploi du générateur de signaux ;
- 4° timbre des sons obtenus.

Commençons par la partie électronique fondamentale, le générateur de signaux BF.

De nombreux générateurs sont proposés dans cet ouvrage, dans le Livre I.

Notre attention a été attirée par le générateur décrit dans le numéro de janvier 1970 du Haut-Parleur : Réalisation d'une contrebasse électronique, article inspiré d'un montage décrit dans **Electronics-Illustrated**.

Ce montage peut être modifié pour répondre aux conditions énumérées plus haut mais, il va de soi, que tout autre générateur conviendra aussi bien, après un travail expérimental de mise au point, d'ailleurs sans difficultés.

Schéma du générateur

Ce schéma est donné par la figure 4 et ne diffère en rien du schéma original.

Il s'agit d'un oscillateur à transistor Q_1 , NPN, à double T (R_1 - R_2 - C_3 et C_1 - C_2 - $R_{12} + R_{13} \dots + R_{25}$) suivi de deux voies amplificatrices à transistors Q_2 et Q_3 . Ces deux voies donnent des tonalités ou timbres différents que l'on pourra choisir à l'aide des commutateurs I_1 , I_2 , pouvant être indépendants ou conjugués ou encore remplacés par des poussoirs (voir fig. 5). Le VC est R_{11} et la sortie devra être branchée à un amplificateur genre électrophone (piézo) ou radio ou son TV ou, bien entendu, si l'on en dispose, une chaîne haute fidélité.

Voici les valeurs des éléments de ce montage : alimentation pile de 9 V ; $R_1 = R_2 = 100 \text{ k}\Omega$ 5 %, $R_3 = 47 \text{ k}\Omega$, $R_4 = R_6 = R_9 = 6,8 \text{ k}\Omega$, $R_5 = 5,6 \text{ k}\Omega$,

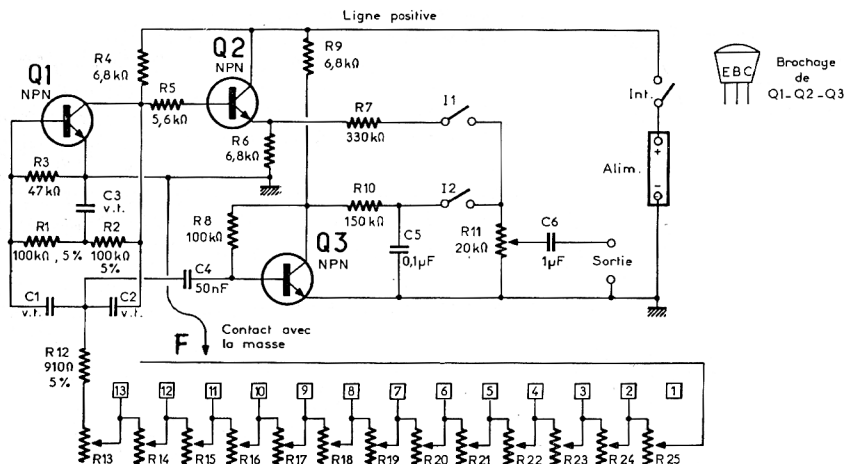


FIG. 4. — Oscillateur et amplificateur.

$R_7 = 330 \text{ k}\Omega$, $R_8 = 100 \text{ k}\Omega$, $R_{10} = 150 \text{ k}\Omega$, $R_{11} = 20 \text{ k}\Omega$ potentiomètre linéaire au carbone, $R_{12} = 910 \text{ }\Omega$ 5 %. R_{13} à R_{24} : potentiomètres linéaires ajustables pour le réglage de l'accord sur chaque note ; toutes les résistances seront de 0,5 W. Tolérance $\pm 10 \text{ } \%$ sauf pour R_1 , R_2 et R_{12} .

Capacités : $C_1 = C_2 = C_4 = 50 \text{ nF}$; $C_3 = C_5 = 0,1 \text{ }\mu\text{F}$, $C_6 = 1 \text{ }\mu\text{F}$, tous au mylar ou céramique plat en vue de leur stabilité, mais C_6 pourrait être au papier. La tension de service est 50 V minimum et pour C_6 , 200 V ou plus, car on ignore le genre d'amplificateur auquel le montage sera connecté. Une valeur de 0,1 à $1 \text{ }\mu\text{F}$ peut convenir pour C_6 si la résistance d'entrée de l'amplificateur est élevée.

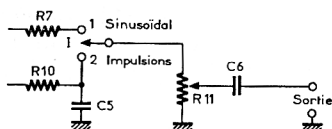


FIG. 5. — Obtention de deux formes de signaux.

Comme transistors on recommande, pour les trois, le type MPS 6514 de MOTOROLA dont le brochage est donné à la figure 4. Un repère indique le fil du collecteur.

Les notes obtenues

Indiquons d'abord le mode de contact adopté pour obtenir la note désirée. Sur le schéma de la figure 4 on a représenté 13 points de contact permettant d'obtenir les notes dans le sens croissant de la hauteur : note 1 la plus grave, note 13 (octave de la note 1) la plus aiguë.

Ainsi, par exemple, si la note 1 est un DO, la note 2 sera un DO dièse, la note 3 un RÉ, etc.

Pour le moment on ne fera aucune supposition sur les notes choisies. L'obtention d'une note se base sur la mise à la masse du point de contact ou touchette, correspondant, représenté sur le schéma comme un petit carré, le 1 n'étant pas connecté.

Le contact avec la masse se fera à l'aide de la corde métallique reliée au curseur de R_{25} et *non mise à la masse au repos*. Elle ne sera à la masse que lorsque la pièce F servant de contact avec la masse, appuiera sur la corde pour la mettre en contact avec le point convenable.

Dans le montage original de Electronics Illustrated, la pièce F est une fiche banane reliée par un fil souple à la masse du générateur (voir fig. 6).

Ce dispositif peut être modifié pour obtenir une attaque de l'instrument analogue à celle effectuée avec les doigts de la main gauche et contact effectué par la main droite, comme on le montrera plus loin.

Le système de commutation des notes est basé sur une chaîne des résistances ajustables R_{13} à R_{25} en série dont on court-circuitera une partie d'autant plus grande que la note désirée devra être *aiguë*.

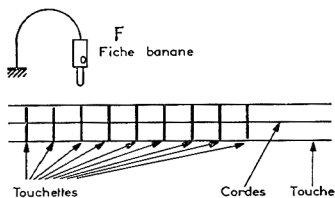


FIG. 6.
Attaque par fiche banane.

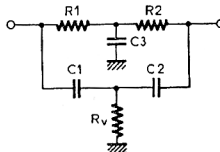


FIG. 7. — Le double T.

A vide, c'est-à-dire en n'appuyant sur aucun point de contact (ou sur le 1 qui n'est connecté à rien), toutes les résistances seront en circuit ce qui donne la note la plus grave. La mise à la masse du point 2 donnera la note d'un demi-ton au-dessus et ainsi de suite.

Lorsqu'on agira sur le contact mettant le point 13 à la masse, le circuit ne comprendra, en service, que R_{13} qui donnera la note octave supérieure de la note 1.

Calcul du générateur

Pour le générateur en double T on dispose de formules de calcul de la fréquence en fonction des six éléments R et C qui le composent. Il y a deux formules, dont l'une valable lorsque $C_1 = C_2 = C_3/2$ et $R_1 = R_2 = 2(R_{12} + R_{13} + \dots R_{25})$. La figure 7 montre le double T séparé du montage du générateur où $R_v = R_{12} + R_{13} + \dots R_{25}$.

La formule générale est :

$$f = \frac{1}{2 \pi \sqrt{R_1 R_v C_1 C_3}} \text{ hertz}$$

avec les R en ohms et les C en farads.

Dans le cas présent $C_3 = 2 C_1 = 2 C_2$ et, de ce fait, la formule peut s'écrire :

$$f = \frac{1}{2 \pi C_1 \sqrt{R_1 R_v} \cdot 2} \quad (1)$$

avec $R_v = R_{12} + R_{13} + \dots + R_{25}$.

Dans le montage original on donne $R_{12} = 910 \Omega$, R_{13} à $R_{21} =$ résistances ajustables de 1 k Ω et R_{22} à $R_{25} =$ résistances ajustables de 5 Ω .

Ces valeurs des résistances pourront convenir pour n'importe quelle gamme de fréquences. Celles des capacités : $C_1 = C_2 = 50$ nF et $C_3 = 100$ nF = 0,1 μ F conviennent par la gamme DO1 à DO2 ($f = 65,39$ et 130,79 Hz respectivement).

L'instrument considéré était en effet intitulé « *contrebasse électronique* » ce qui justifie le choix de notes aussi basses.

Il est donc possible avec ces valeurs et en utilisant des résistances ajustables, d'accorder l'appareil monocorde *quels que soient sa forme et son nom*, sur 65,39 à 130,79 Hz.

Que faut-il faire pour obtenir d'autres fréquences ? Il suffira de modifier en conséquence les valeurs des trois condensateurs sans toucher à celles des résistances.

La forme de l'expression (1) donnant la relation entre f et C montre que ces deux grandeurs sont inversement proportionnelles donc :

(A) pour passer de la gamme f_1 à $2f_1$ à la gamme $2f_1$ à $4f_1$, toutes deux d'une étendue d'une octave, il suffira de prendre C_1 et C_3 deux fois plus faibles. Dans le cas de notre montage on devra prendre $C = 25$ nF (au lieu de 50 nF) pour obtenir la gamme DO2 à DO3 (130,79 Hz à 261,59 Hz).

(B) pour passer à une gamme commençant avec une autre note, par exemple le SOL1 à $f = 97,96$ Hz, arrondi à 98 Hz, il faudra d'abord faire le rapport :

$$\frac{98}{65,4} = 1,5 \text{ environ}$$

donc les capacités seront *divisées* par 1,5 pour la gamme SOL1 à SOL2, ensuite, les valeurs trouvées seront divisées par 2 pour la gamme SOL2 à SOL3 et ainsi de suite. On est maintenant en mesure de déterminer les valeurs des capacités pour un violon, par exemple pour la corde de SOL. Avec celle-ci, le SOL le plus grave (corde entière « à vide ») on aura le SOL2 à $f = 195,93$ Hz.

Les valeurs des capacités sont alors calculées comme suit :

Pour DO2 à vide, $C = 25$ nF donc pour SOL2, la valeur de C sera $25/1,5 = 18,7$ nF, ce qui donne $C_1 = C_2 = 18,7$ nF, $C_3 = 37,4$ nF.

En pratique il sera important que le rapport C_3/C_1 soit de 2 mais les valeurs

Pour le calcul d'autres gammes, on partira toutefois, des valeurs précises trouvées, quitte à arrondir ensuite les valeurs calculées.

$$R_v = R_{12} + R_{13} = 910 + R_{13}$$

ce qui donne $R_{13} = 3\,950 - 910 = 3\,040\ \Omega$. Pour régler R_{13} à la valeur correcte il faudra donc utiliser une résistance ajustable de $5\text{ k}\Omega$ qui se réglera aisément vers $3\,040\ \Omega$.

Pour la note correspondant au point de contact 12, le SI2, à $f = 246,94$ et sachant que deux notes consécutives séparées par un demi-ton ont des fréquences dans le rapport 1,06 approximativement, la valeur de R_v pour le SI2 sera celle pour le DO3 multipliée par le carré de 1.06 soit 1.1236, on a alors :

$$R_v = 3\,950 \cdot 1,1236 = 4\,450 \text{ } \Omega \text{ environ}$$

et comme R_v pour cette note est composé de R_{12} , R_{13} et R_{14} il vient :

$$R_{14} = 4\,450 - 3\,040 - 910 \text{ ou } R_{14} = 500 \, \Omega$$

et un ajustable de 1 k Ω conviendra.

En effectuant les calculs on verra que l'on pourra prendre des ajustables $R_{2,2}$ à $R_{2,5}$ de $5\text{ k}\Omega$ et des ajustables $R_{1,4}$ à $R_{1,1}$ de $1\text{ k}\Omega$.

Remarquons que si un ajustable a une résistance inférieure à celle sur laquelle il devra se régler, on pourra lui ajouter une résistance fixe en série.

Exemple : il faut régler un ajustable à $1\,200\,\Omega$ et le composant dont on dispose n'est que de $1\,000\,\Omega$. On le montera en série avec une résistance fixe de $500\,\Omega$.

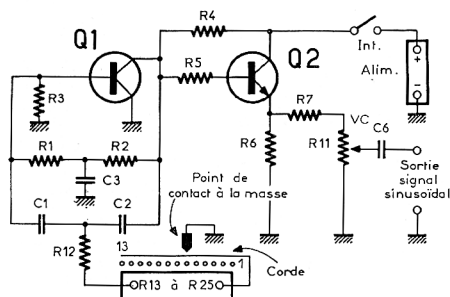


FIG. 8. — Montage avec une seule voie de sortie donnant 12 demi-tons.

Toutes ces valeurs des ajustables sont valables pour n'importe quelle gamme adoptée, car les notes choisies dépendent des capacités fixes C_1 , C_2 et C_3 comme on vient de le voir. Voici pour terminer, à la figure 8, le schéma du même montage, avec une seule voie de sortie donnant des signaux sinusoïdaux dans un intervalle de 12 demi-tons.

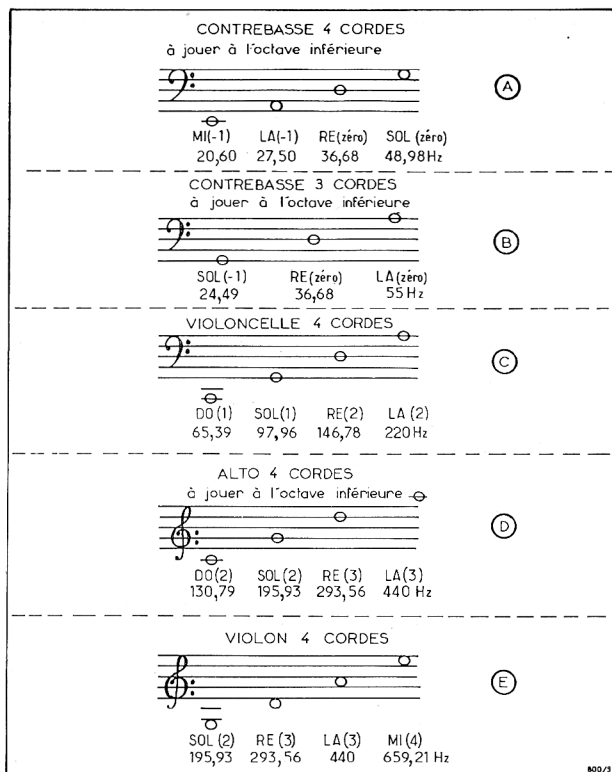


FIG. 9. — *Etendues des notes.*

Données sur les vrais instruments. Contrebasse

Hauteur totale de l'instrument réel 2 m environ. Distance entre le sillet et le chevalet 137 cm environ. Longueur de la touche : 90 cm environ. Archet long de 60 cm. Quatre cordes donnant, à vide, des notes entre lesquelles l'intervalle est d'une quarte et non d'une quinte comme pour le violon.

Les notes sont indiquées à la figure 9 A avec les fréquences correspondantes. Il existe aussi des contrebasses à trois cordes qui donnent les notes indiquées à la figure 9 B. Ecrites en clef de fa, on doit jouer ces notes une octave au-dessous. Elles sont écartées d'une quinte donc le doigter est le même que celui du violon ce qui intéressera les violonistes désirant jouer de cet instrument.

Si l'on choisit la corde donnant à vide le sol (-1) à 24,49 Hz, on adoptera le générateur de la figure 4. Les valeurs de C_1 , C_2 et C_3 sont données par la formule pratique et approximative suivante :

$$C_1 = C_2 = C_3/2 = 3\,000/f$$

avec C en nanofarads et f en hertz.

Comme les instruments réels : contrebasse, violoncelle, alto et violon ont quatre cordes, il faudra, pour le monocorde choisir une des quatre cordes. Ainsi pour le violon le choix se fera entre les cordes qui donnent à vide :

le SOL2 à $f = 195,93$ Hz
 le RÉ3 à $f = 293,56$ Hz
 le LA3 à $f = 440$ Hz
 ou le MI4 à $f = 659,21$ Hz

Ces quatre notes sont séparées par des quintes majeures et de ce fait le rapport de deux fréquences consécutives est de 1,5 approximativement. Ainsi $440/293,56 = 1,5$, $293,56/195,93 = 1,5$, $659,21/440 = 1,5$. Ce rapport est conforme avec les lois de l'acoustique et celles de la musique.

Exemple : choix de la corde de RE3 : il faut diviser les valeurs des condensateurs valables pour le DO2 par 1,5 pour obtenir le SOL2 puis encore par 1,5 pour obtenir le RE3, donc on pourra diviser directement par $1,5 \cdot 1,5 = 2,25$ ce qui donne, pour RE3 : $C_1 = C_2 = 25/2,25 = 11,1$ nF et $C_3 = 22,2$ nF valeurs que l'on arrondira à 11 nF et 22 nF.

Pour obtenir les notes de la corde de LA3 il faudra diviser 25 nF par $1,5^3 = 3,375$ ce qui donne : $C_1 = C_2 = 25/3,375 = 7,4$ nF et $C_3 = 14,8$ nF ou en arrondissant, 7,5 et 15 nF.

Pour le Mi 4, on divisera par $1,5^4 = 5,0265$ que nous arrondirons à 5 ce qui donne $C_1 = C_2 = 25/5 = 5$ nF et $C_3 = 10$ nF.

Calcul des résistances

Ce calcul se basera sur le fait que si toutes les valeurs du montage du double T sont constantes sauf la résistance $R_v = R_{12} + R_{13} + \dots + R_{25}$, cette résistance est inversement proportionnelle au carré de la fréquence.

En effet, si l'on part de la formule générale donnant f pour un double T, si les composants C_1 , C_3 et R_1 sont fixes et seuls varient f et R_v , en divisant membre par membre les deux relations on obtient :

$$\frac{f}{f'} = \sqrt{\frac{R_v'}{R_v}}$$

Connaissant f , f' et R_v il est donc possible de calculer R_v' pour n'importe quelle fréquence.

La formule générale donne, pour la note DO2 ($f = 130,8$ Hz) avec $C_1 = 25$ nF, $C_2 = 50$ nF, $R_1 = 100$ k Ω , la valeur suivante pour R_v : $R_v = 15\,800$ Ω .

En examinant la composition de R_v pour la note la plus basse, sur le schéma de la figure 4, on voit que toute la chaîne des résistances $R_{12} + R_{13} + \dots + R_{25}$ doit être égale à 15 800 Ω . Déterminons aussi la valeur de R_v pour la note la plus élevée de la gamme, c'est-à-dire le DO3 à $f = 216,6$ Hz.

Il est clair que si la fréquence double, la valeur de R_v sera quatre fois plus petite ce qui donne :

$$\text{Pour } f = 216,6 \text{ Hz, } R_v = 15\,800/4 = 3\,950 \text{ } \Omega.$$

Pour le sol (−1) à 24,49 Hz on trouve :

$$\begin{aligned}C_1 &= C_2 = 122 \text{ nF} \\C_3 &= 244 \text{ nF}.\end{aligned}$$

Violoncelle

Moins grave que la contrebasse, le violoncelle est long de 120 cm. La distance entre le sillet et le chevalet est de 50 cm environ et la longueur de la touche est de 42 cm environ. La hauteur de 120 cm est calculée pour le corps + la pointe inférieure qui réhausse cet instrument. L'archet est long de 72 cm. Les quatre notes sont indiquées à la figure 9 C. Si l'on choisit la corde donnant le DO1 à $f = 65,39$ Hz, la formule donne $C_1 = 46$ nF, $C_2 = 46$ nF et $C_3 = 92$ nF approximativement.

Alto

Cet instrument est long de 66 cm, et son archet est long de 74 cm. La distance entre sillet et chevalet est de 33 cm environ et la longueur de la touche est de 25,7 cm environ.

L'alto (dit « viole » dans certaines langues étrangères) groupe quatre cordes dont les notes à vide sont distantes entre elles d'une quinte. Elles sont, de plus, une quinte au-dessous de celles du violon donc DO, SOL, RÉ, LA. Les notes sont indiquées à la figure 9 D. La note la plus basse étant le DO 2 à $f = 130,79$ Hz, la formule donne $C_1 = C_2 = 3\,000/130,79 = 23$ nF et $C_3 = 46$ nF.

Violon

Les quatre notes sont SOL2 (195,93 Hz), RÉ3 (293,56 Hz) LA3 (440 Hz) et MI4 (659,21 Hz).

En adoptant la note SOL2 à 195,93 Hz on trouve à l'aide de la formule $C_1 = C_2 = 15,3$ nF et $C_3 = 30,6$ nF environ. Rappelons que pour une seule corde, les valeurs de C_1 et C_2 peuvent être arrondies et on se « rattrapera » avec les réglages des résistances ajustables.

Il faut toutefois que C_3 soit égal à 2 C_1 et 2 C_2 , à 5 % près et que C_1 et C_2 soient égales à 5 % près, aussi.

Tableau des valeurs de C_1

Nous allons donner ci-après un tableau permettant de trouver la valeur approximative de $C_1 = C_2 = C_3/2$ pour toutes les notes des instruments à cordes de la figure 9. Le calcul est basé sur la formule approximative $C_1 = 3\,000/f$ avec f en hertz et C_1 en nanofarads.

Ce tableau permet de choisir d'autres cordes pour le monocorde parmi celles de chaque instrument.

D'autre part, en cas de réalisation d'instruments monocordes différents,

pour un petit orchestre d'amateurs, un violon pourrait, par exemple, utiliser la corde de SOL 2, un autre la corde de RÉ 2, etc.

On utilisera également ce tableau pour réaliser des instruments à deux, trois ou quatre cordes.

Remarquons qu'un instrument à cinq cordes pourrait remplacer le violon et l'alto, car ces deux instruments ont trois cordes communes et une, différente.

Tableaux des valeurs de $C_1 = C_2 = C_3/2$

Note	Fréquence (Hz)	C_1 (nF)	Instrument
MI (-1)	20,60	146	Contrebasse 4 cordes
LA (-1)	27,50	109	
RÉ (0)	36,68	82	
SOL (0)	48,98	61	
SOL (-1)	24,49	122	Contrebasse 3 cordes
RÉ (0)	36,68	82	
LA (0)	55,00	54,5	
DO (1)	65,39	46	Violoncelle
SOL (1)	97,96	30,8	
RÉ (2)	146,78	20,5	
LA (2)	220,00	13,6	
DO (2)	130,79	23	Alto
SOL (2)	195,93	15,3	
RÉ (3)	293,96	10,2	
LA (3)	440,00	6,8	Violon
SOL (2)	195,93	15,3	
RÉ (3)	293,96	10,2	
LA (3)	440,00	6,8	
MI (4)	659,21	4,57	

Mode d'attaque des instruments « à cordes »

Revenons au schéma de la figure 4. La corde n'étant branchée à rien, aucun son ne sera produit tant que la pièce de contact F, qui est à la masse, ne sera posée sur la corde, laquelle fera contact avec une des touchettes.

Comme nous l'avons dit, ce mode d'attaque n'est guère élégant ni spectaculaire (voir aussi la fig. 6).

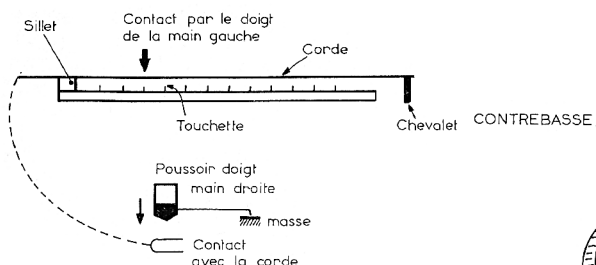


FIG. 10. — *Contacts par poussoir actionné par la main droite.*

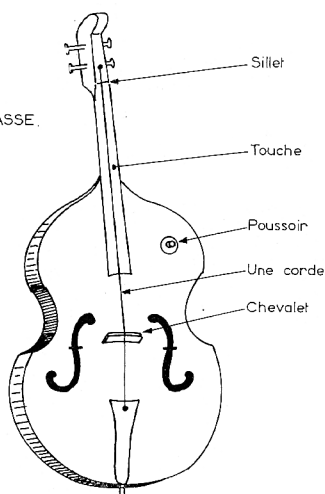


FIG. 11. — *Emplacement du poussoir.* ►

Comme la main droite reste disponible, nous avons pensé qu'elle pouvait très bien servir pour la commande de boutons poussoirs. Avec un bouton poussoir, le problème se résoud facilement. Ce bouton servira simplement de mise à la masse de la corde comme nous le montrons à la figure 10. Lorsque l'exécutant joue avec la main gauche en faisant toucher la corde à la touchette convenable, le son ne peut se produire que si la main droite effectue le contact de la corde avec la masse. Le poussoir peut être disposé sur l'instrument ou être tenu à la main droite par l'exécutant.

Voici à la figure 11 une disposition rationnelle de ce poussoir sur un monocorde (violin, alto, violoncelle ou contrebasse). Le dessin de cette figure représente une contrebasse ayant sa vraie forme, avec une seule corde indiquée et avec le poussoir mettant cette corde en contact avec la masse.

Il va de soi que cette présentation conforme est remplaçable par une autre, simplifiée.

Grâce aux montages à transistors, le volume des appareils électroniques (générateur, formant, amplificateur) sont faibles et de ce fait, il doit être possible, avec des corps d'instruments en forme de caisse, d'y loger ces appareils et même le haut-parleur individuel.

En effet, pour un violon un petit haut-parleur de 9×12 cm ovale, suffira tandis que dans une caisse de « contrebasse », il sera facile de loger un grand haut-parleur, même de 30 cm de diamètre.

Les haut-parleurs seront placés au-dessous du chevalet et on prévoira un grand nombre d'orifices pour laisser passer les sons.

Les touchettes seront assorties au générateur comme on l'a expliqué précédemment.

La corde de contact avec les touchettes, n'a rien de commun avec une vraie corde vibrante. Elle ne doit vibrer en aucun cas et sa tension sera telle que les contacts réalisés avec les doigts de la main gauche, puissent s'effectuer correctement et sans provoquer d'autres contacts avec les touchettes qui suivent vers le chevalet.

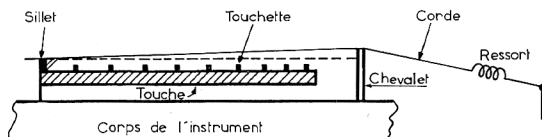


FIG. 12. — La touche et les touchettes.

Ce résultat sera obtenu avec une tension modérée de la corde et une disposition telle qu'au repos, la distance entre la corde et les touchettes augmente dans le sens sillet-chevalet. La figure 12 montre cette disposition.

La corde doit être métallique, bien entendu.

Instruments à deux ou plusieurs cordes

L'amateur qui aura réussi à mener à bien la réalisation d'un monocorde, éventuellement en plusieurs versions pour constituer un orchestre parfaitement valable, voudra certainement, au bout d'une certaine période d'entraînement, pousser plus loin ses travaux en réalisant des multicordes, depuis deux cordes, jusqu'à quatre et même plus. Cela n'aurait rien d'extravagant, car il existe des instruments anciens ou (et) exotiques, à plus de quatre cordes, sans oublier la guitare qui en a six.

Avec cinq cordes il sera possible de réaliser un violon-alto ou un alto-violoncelle, etc.

Avec sept cordes, à accords de quinte en quinte, on pourrait partir du MI 4 à $f = 659,21$ Hz pour aboutir à SI 0 à 61,73 Hz en passant par LA 3 à 440 Hz, RÉ 3 à 293,96 Hz, SOL 2 à 195,93 Hz, DO 2 à 130,79 Hz, LA 1 à 87,3 Hz. Cela donnerait à vide, la bande de fréquence de 61,73 Hz à 659,21 Hz, et avec les notes supplémentaires, obtenues avec le générateur, jusqu'à 1 318,42 Hz, il faudra bien entendu, autant de générateurs et de formants qu'il y aura de cordes, mais l'amplificateur, le haut-parleur et l'alimentation seront uniques.

A noter toutefois que s'il est relativement facile d'apprendre à jouer d'un monocorde, il est plus difficile de jouer d'un multicorde et seuls les instrumentistes confirmés, ayant travaillé plusieurs heures par jour pendant des années, pourront s'adapter rapidement à un multicorde.

Voici quelques indications sur la partie mécanique « d'un multicorde ».

Les contacts pour un multicorde

A la figure 13 on indique en A l'emplacement des touchettes dans un monocorde.

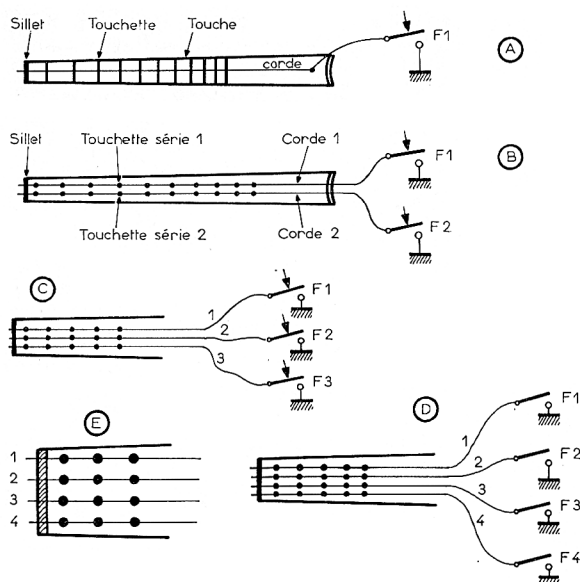


FIG. 13. — Du monocorde au tetracorde.

En B, les touchettes d'un bicorde font partie de deux séries, une par corde. Chaque corde est disposée au-dessus de sa série de touchettes.

En C et D, les touchettes sont groupées en 3 ou 4 séries.

En E on montre d'une manière agrandie les touchettes encastrées dans la touche. Elles peuvent être circulaires ou carrées et aussi larges que possibles, pourvu qu'elles ne se touchent pas entre elles.

Chaque série se prolongera, électriquement, par un faisceau de 12 fils de notes, allant au générateur correspondant. Chaque corde sera mise à la masse par un poussoir séparé. Toutes les masses sont communes, autrement dit celles de P1, P2, P3 sont réunies ensemble.

Les formants

Nous allons aborder la question des timbres des sons produits par ces instruments monocordes ou multicordes.

Le générateur utilisé dans les instruments mentionnés contient un oscillateur à résistances-capacités du type double T (voir fig. 4).

Ce schéma reste toujours valable à condition de donner aux capacités C_1 , C_2 et C_3 les valeurs calculées à l'aide de la formule pratique donnée plus haut ou relevées sur le tableau. Dans ce schéma dont nous reproduisons une partie à la figure 14, le signal sinusoïdal est transmis par Q_2 et R_7 à I_1 . Le signal de relaxation est transmis par Q_3 et R_{10} à I_2 . Si I_1 est fermé et I_2 ouvert, seul le signal sinusoïdal parvient à la sortie.

Si I_2 est ouvert (coupure) et I_1 fermé (contact), le signal non sinusoïdal parvient à la sortie.

Si les deux interrupteurs établissent le contact, il y a mélange des deux signaux.

Ce dispositif formant est excellent pour imiter des sons d'instruments à cordes.

La valeur de C_1 : $0,1 \mu F$ est valable pour les notes graves. Pour d'autres notes on pourrait diminuer cette valeur en recherchant expérimentalement la capacité qui convient le mieux. Pour des notes très graves, C_1 pourrait être augmentée.

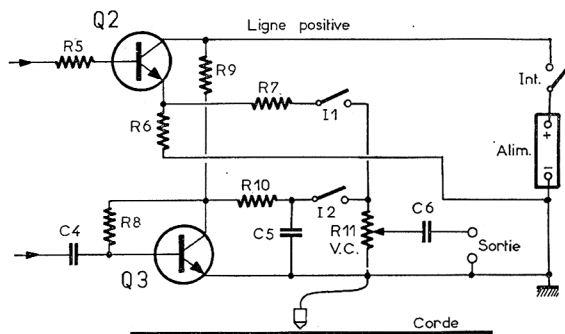


FIG. 14.
Sorties des signaux : sinusoïdal
et à impulsions.

En tout cas on reconnaît dans le réseau $R_{10} - C_5$ un circuit intégrateur, excellent pour le présent montage. Il transforme les impulsions en dents de scie. On pourrait aussi loger ce mélange des deux signaux en réalisant un petit montage comme celui de la figure 15. Ce montage contient deux potentiomètres P_s et P_i , mais comme le signal doit être plutôt sinusoïdal, P_s pourrait être supprimé en ne permettant que l'atténuation de l'autre signal à l'aide de P_i .

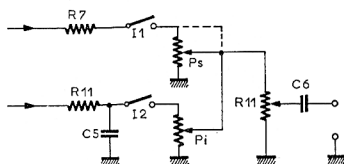


FIG. 15.
Mélange des signaux.

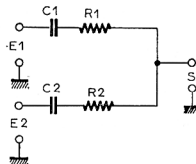


FIG. 16.
Mélangeur.

Le pointillé indique la connexion à faire si P_s est supprimé. Les potentiomètres P_s et P_i seront de $20 \text{ k}\Omega$ comme R_{11} .

Possibilités des appareils décrits

Le monocorde et les multicordes peuvent bénéficier du mode de jouer de instrumentistes des vrais instruments. Leur timbre peut être approché avec un bon dosage entre le signal sinusoïdal et le signal non sinusoïdal.

Remarquons aussi qu'avec le montage de la figure 15 à deux potentiomètres, on pourrait donner la prédominance au signal à impulsions intégrées fourni par le curseur de Pi et disposer ainsi d'un signal comme ceux des orgues et des instruments à vent.

Dans ce cas, des instruments du type « à vent » seront réalisables avec le générateur décrit. Leur présentation pourra alors être différente, avec clavier, par exemple.

Pour les instruments « à vent » il est toutefois préférable de partir d'un générateur donnant directement des signaux en dents de scie comme, par exemple un générateur utilisant un transistor unijonction. Avec ce type de générateur, on obtiendra aisément plusieurs intervalles d'octaves (voir fig. 3, chap. 3, livre II).

Il convient toutefois de mettre en garde nos lecteurs débutants contre les appareillages trop compliqués. En partant d'un instrument simple, monocorde ou bicolore, on est tenté de lui ajouter de nombreux dispositifs et finalement, on aura dépensé des sommes importantes que l'on aurait pu consacrer à la réalisation d'un orgue polyphonique. Revenons aux instruments décrits. L'attaque de la corde par les interrupteurs F (voir fig. 4 et 13) à l'aide de la main droite, permettra aussi bien de produire des notes liées (LEGATO) que des notes brisées ou percutées (staccato) selon le mode d'attaque de ces interrupteurs.

Amplificateurs et mélangeurs

Les signaux obtenus aux sorties des générateurs doivent être appliqués à un amplificateur d'excellente qualité, mais n'ayant aucune particularité, donc tout amplificateur phonographique (sans circuit correcteur) et tout amplificateur de radiorécepteur ou de son TV, peut convenir.

Dans un multicolore, un mélange des signaux sortant de chaque générateur devra être effectué ce qui est facile à réaliser pratiquement, en montant soi-même un appareil de ce genre ou en choisissant un des nombreux montages de mélangeurs décrits dans nos revues telles que : Le Haut-Parleur, Electronique pratique, Radio Plans.

Voici quelques dispositifs mélangeurs réalisables avec ou sans étages amplificateurs.

A la figure 16 on donne le schéma d'un mélangeur n'utilisant que des résistances et des capacités.

On n'a représenté que deux entrées, mais il est facile de généraliser ce schéma pour plusieurs entrées.

Les sources de signaux sont branchées aux entrées E_1 et E_2 . Les condensateurs C_1 et C_2 servent surtout à isoler les appareils, en continu, et pourraient être supprimés si aucune tension continue n'est fournie par les sources. Il en est ainsi de sources constituées par les générateurs décrits (fig. 14 et 15).

Les résistances R_1 et R_2 doivent être égales et leur mission est de séparer les sources d'entrée. En général R_1 et R_2 sont de valeur élevée en vue d'obtenir une bonne séparation ; on prend souvent plusieurs dizaines de kilohms, par exemple 50 k Ω .

A la sortie S se trouve l'entrée de l'amplificateur commun. Soit R_0 la résistance d'entrée de cet amplificateur. Il est évident que le mélangeur sera un atténuateur pour chacun des signaux appliqués à ses entrées.

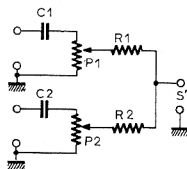


FIG. 17. — Atténuateurs séparés.

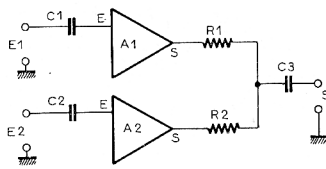


FIG. 18. — Emploi de circuits intégrés.

Cette atténuation est égale à $(R_0 + R_1)/R_0$. Ainsi $R_0 = 100 \text{ k}\Omega$ et R_1 (ou R_2) = $100 \text{ k}\Omega$, on aura une atténuation de 2, autrement dit la tension de sortie sera 2 fois plus faible que celle d'entrée.

Cet atténuateur convient lorsque chacune des tensions d'entrée possède un réglage d'amplitude, ce qui est le cas du montage décrit.

Dans d'autres cas, il y aura lieu de prévoir des atténuateurs sur chaque voie du montage comme le montre la figure 17. Les valeurs de P_1 et P_2 sont du même ordre de grandeur que celles de R_1 et R_2 et ces potentiomètres introduisent également des atténuations. Un mélangeur à amplificateur s'obtient en montant entre la sortie S du montage de la figure 16 ou de la figure 17, un amplificateur linéaire à gain modéré. Cet amplificateur compensera l'atténuation produite par le mélangeur. Il va de soi que si l'amplificateur branché à la sortie fournit un gain de tension suffisant, il ne sera pas nécessaire de prévoir un pré-amplificateur. Un autre montage de mélangeur, effectuant le mieux la séparation des sources des signaux E_1, E_2, E_3 , comprend des amplificateurs distincts disposés à chacune des entrées.

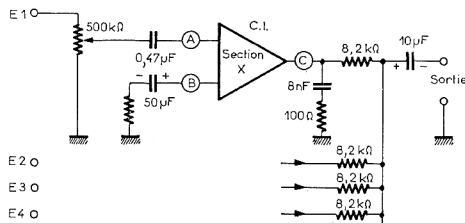


FIG. 19. — Emploi du CA 3052 RCA.

Ce montage est indiqué à la figure 18. Comme amplificateur on utilisera des transistors bipolaires normaux ou des circuits intégrés, de préférence ceux à deux, trois ou quatre amplificateurs incorporés comme par exemple le circuit intégré CA 3052 de la RCA contenant quatre préamplificateurs identiques.

Le schéma simplifié de ce mélangeur est donné à la figure 19.

Le CI 3052 possède quatre sections, 1, 2, 3 et 4. Chacune a les points de branchement A, B et C suivants (tableau ci-dessous).

De plus, le point 15 sera branché au + alimentation et le point 5 à la masse

et au — alimentation. Celle-ci sera de 12 V, mais avec 9 V on obtient encore de bons résultats.

Le gain de chaque section est de 20 dB. Il est donc possible de brancher à la sortie un amplificateur à gain de tension modéré.

Section	A	B	C
1	4	3	1
2	8	7	6
3	9	10	11
4	13	14	16

LIVRE IV

INSTRUMENTS SPECIAUX

Introduction au Livre IV

Trois chapitres sont inclus dans la quatrième partie de cet ouvrage.

Les deux premiers traitent de la modernisation complète d'un instrument célèbre, le Thérémine, actuellement réalisable avec des transistors. Cet instrument est commandé sans contact, par capacité.

Il peut aussi donner lieu à la transposition de la danse en sons musicaux.

Le troisième chapitre décrit un instrument à percussion imitant les BONGOS, les BLOCS, les TAMBOURS, etc. qui fera le bonheur des amateurs de danse...

C'est ainsi que dans ce Livre IV les instruments électroniques anciens rejoindront les instruments les plus modernes.

CHAPITRE PREMIER

THÉRÉMINE A TRANSISTORS

Généralités

Un « Thérémine », à transistors, à été imaginé par Steve Daniels et publié dans Electronics Hobbyist de 1972. Son schéma de principe est donné par la figure 1.

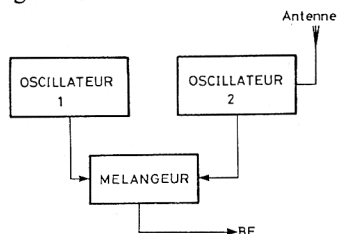


FIG. 1. — Principe des instruments THÉRÉMINE à deux oscillateurs.

En premier lieu, examinons le schéma de la figure 2 sur lequel on a représenté tous les éléments du système générateur, jusqu'à la sortie BF qui devra être branchée à l'entrée d'un amplificateur BF normal, au choix de l'utilisateur, par

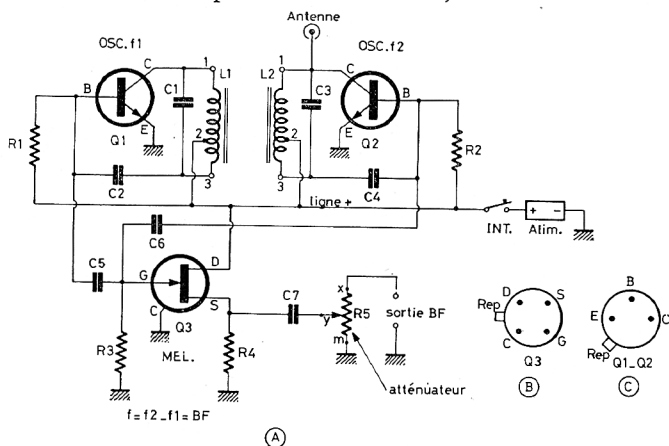


FIG. 2. — Schéma théorique du Thérémine à transistors.

exemple un amplificateur de radio, son TV, électrophone ou magnétophone. En raison de l'absence de la partie BF, la consommation de l'appareil est faible et une pile de 9 V peut l'alimenter sans usure rapide.

On utilise trois transistors. Q_1 et Q_2 sont montés en oscillateurs haute fréquence, de manière identique.

Il s'agit d'un montage à battement. Les deux oscillateurs seront accordés sur la même fréquence de l'ordre de 540 kHz, ce qui tombe dans la gamme des PO (540 kHz correspond à 555 m environ). Lorsque les deux oscillateurs sont exactement sur la même fréquence, le signal de battement est, à la fréquence :

$$f = f_1 - f_2 = 0$$

autrement dit il n'y a aucun signal.

Si f_1 augmente (ou f_2 diminue) la différence ne sera pas nulle et le signal sera à fréquence de plus en plus élevée, par exemple si $f_1 = 540$ kHz (fixe) et $f_2 = 530$ kHz ; la fréquence de battement f sera de 10 kHz.

Pour réaliser un instrument genre Thérémine, il faudra faire varier f_1 ou f_2 à l'aide de l'approche de la main de l'exécutant sur un élément influençant l'un des oscillateurs.

Dans les appareils de ce genre on relie une sorte d'*antenne* au point chaud (point opposé à celui de masse ou de + alimentation) et c'est de cette antenne que l'on approche plus ou moins, la main pour modifier f .

Sur le schéma on agit sur l'oscillateur à transistors Q_2 dont nous désignons la fréquence par f_2 , donc f_1 , fréquence de l'oscillateur à transistor Q_1 restera fixe.

Analyse du schéma

Les deux oscillateurs étant identiques, analysons le schéma de l'oscillateur représenté à gauche du schéma, à transistor Q_1 . Le transistor est un NPN bipolaire du type 2N706 de la marque Motorola. Il est monté avec émetteur à la masse. L'oscillation est obtenue grâce au montage à couplage inverse entre collecteur relié à l'extrémité 1 de la bobine L_1 avec la base, reliée, par l'intermédiaire de C_2 , à l'extrémité 3 de L_1 . Le point 2, convenablement choisi, pour qu'il y ait oscillation, est relié à la ligne positive.

De ce fait, le collecteur est à la tension de cette ligne, c'est-à-dire 9 V par rapport à la masse.

La base est à une tension positive réduite grâce à R_1 reliée également à la ligne positive.

Comme capacité d'accord de L_1 , on a disposé C_1 en parallèle sur cette bobine.

On a indiqué plus haut que Q_2 est monté comme Q_1 . La prise d'antenne est au point 1 de L_2 et au collecteur de Q_2 .

Les deux signaux, aux fréquences, f_1 fixe et f_2 variable par l'approche de la main, sont transmises par C_4 et C_5 à l'électrode d'entrée du transistor à effet de champ, Q_3 du type HEP 801 Motorola.

Ce FET est du type canal N, donc assimilable pour les polarités des tensions qui lui sont appliquées à un NPN. Le canal N se reconnaît par la *flèche* de l'électrode d'entrée nommée *gate*, *grille* ou *porte* (G), orientée vers l'*intérieur*.

Ce transistor effectue le mélange des signaux et on trouve sur l'électrode de sortie D (drain), le signal à la fréquence $f = f_1 - f_2$ qui pourra varier de zéro jusqu'à une valeur assez élevée mais que l'on limitera à quelque milliers de hertz pour rester dans la gamme des sons.

L'électrode commune du FET Q_3 , est la source S, mise à la masse par l'intermédiaire de R_4 . La « masse » est reliée au négatif de la pile d'alimentation. Un interrupteur est disposé entre le + alimentation et la ligne positive d'alimentation.

Valeur des éléments

Les valeurs des résistances et des condensateurs fixes sont : $C_1 = C_3 = 270$ pF céramique à disque ; $C_2 = C_4 = 300$ pF céramique à disque ; $C_5 = C_6 = 100$ pF céramique à disque ; C_7 = électrochimique de $10 \mu\text{F}$, 15 V service ; $R_1 = R_2 = 100 \text{ k}\Omega$, $R_3 = 3,9 \text{ M}\Omega$, $R_4 = 5,6 \text{ k}\Omega$, $R_5 = 10 \text{ M}\Omega$ (potentiomètre spécial comme on l'expliquera plus loin). Toutes les résistances sont de 0,5 W. A ce matériel on ajoutera les bobines, une borne de sortie J_1 et une d'antenne J_2 .

Les branchements des transistors sont indiqués aux figures 2 (B) et 2 (C). Les boîtiers sont vus avec les fils orientés vers l'observateur. A noter que le FET possède quatre fils, dont celui marqué C (*case en anglais* = boîtier en français) correspond au boîtier métallique qui le blinde.

L'interrupteur peut être d'un type quelconque. Il doit être indépendant du potentiomètre R_5 .

Ce dernier est le réglage de puissance des sons de cet instrument de musique. Il sera actionné par une pédale ou par la main disponible de l'exécutant (voir figure 5).

Construction

En raison de l'emploi de semiconducteurs et de bobines HF, donc petites et légères, le montage des éléments de la figure 2 peut s'effectuer sur une platine

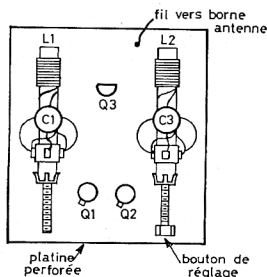


FIG. 3. — Disposition des composants sur une platine isolante.

de petites dimensions comme celle de la figure 3 par exemple, sur laquelle on a représenté les emplacements rationnels des composants les plus importants : les trois transistors, les deux bobines et les capacités d'accord C_1 et C_3 .

Comme ces derniers sont fixes, une des bobines devra être à coefficient de self-induction L , ajustable. On a représenté L_2 comme étant réglable par déplacement d'un noyau de ferrite à l'aide d'une vis sur laquelle on pourra fixer un bouton quelconque, d'ailleurs non indispensable.

On a également indiqué l'emplacement du point du branchement de l'antenne.

Il sera commode d'utiliser une plaquette isolante perforée, avec métallisation des trous, ce qui facilitera le montage et la soudure des connexions aux composants.

Voici à la figure 4, un plan de connexions dans lequel les dimensions réelles ne sont pas respectées. Il permet de se rendre compte d'une manière précise des connexions à effectuer entre composants.

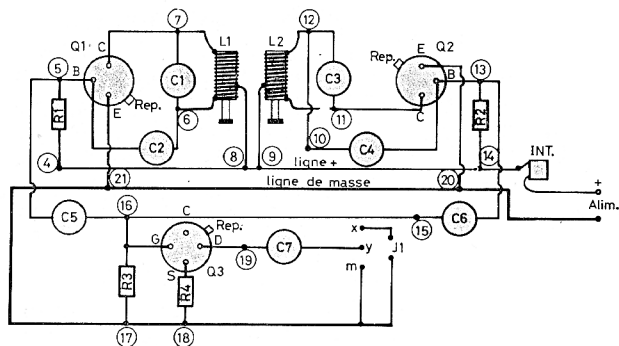


FIG. 4. — Plan des connexions.

Le fil inférieur de L_2 doit être relié au point 11 de C_3 .

La construction sera aisée en se basant sur la figure 3 qui donne l'emplacement des principaux composants et la figure 4 qui donne tous les branchements.

Sur la plaque perforée on prévoira 22 points de jonction de plusieurs fils. En particulier, ceux des transistors seront reliés à leurs points de jonction en leur laissant une longueur pouvant dépasser 10 mm et même leur longueur totale. Souder d'abord les autres fils aux points de jonction et ensuite ceux des transistors. Prévoir une ligne de masse entre deux ou plusieurs points et une ligne positive (ligne +) à relier à l'interrupteur INT.

Ne jamais souder un fil quelconque sur le fil d'un transistor mais au point de jonction uniquement. Les trois points x, y et m sont ceux du potentiomètre monté sur pédale. La connexion se fera avec un fil blindé à deux conducteurs intérieurs, la gaine de blindage étant au point m, un fil en x et un fil en y.

Comme bobines L_1 et L_2 identiques, se procurer deux bobines d'accord pour PO de radio récepteur, comportant des noyaux de ferrite.

Comme la capacité d'accord est de 270 pF à laquelle nous ajouterons encore 30 pF de capacités parasites, la bobine L_1 ou L_2 aura un coefficient de self-induction L donné par la formule de Thomson, avec $f = 540$ kHz, $C = 300$ pF.

La formule sera écrite sous la forme :

$$L = \frac{1}{4\pi^2 f^2 C}$$

avec L en henrys, C en farads et f en hertz. On trouve 285 μ H environ.

On ne donne pas l'emplacement de la prise point 2, des bobines. Elle doit

être plus près du point 3 que du point 1. On pourra essayer une prise à $1/3$ du nombre total des spires.

Le mieux est, toutefois, de prévoir plusieurs prises, par exemple à $n/6$, $n/5$, $n/4$ et $n/3$, n étant le nombre total de spires de la bobine.

Un autre moyen de réaliser les bobines est de prévoir des bobines à air et des ajustables pour C_1 et C_3 .

Dans ce cas on pourra monter soi-même ces bobines selon les indications suivantes.

Bobine de $285 \mu\text{H}$. Tube de 10 mm de diamètre et long de 30 mm au minimum. Bobiner 135 spires sur une longueur de 20 mm. Cela est réalisable en spires jointives de fil émaillé de 0,15 mm de diamètre. Bobiner à partir du point 1, 22 spires, pour la prise à $1/6$, puis 5 spires pour la prise à $1/4$, 11 spires pour la prise à $1/3$.

La capacité d'accord sera constituée par un ajustable de 50 pF environ pouvant se régler à partir de 10 pF, en parallèle sur un condensateur fixe de 250 pF ou une valeur voisine.

Mise au point

Pour commencer on ne réalisera qu'une seule bobine par exemple L_1 montée comme indiqué sur le schéma, l'autre oscillateur pouvant ne pas être câblé ou du moins, sans bobine *ni transistor*.

Essayer une des prises par exemple celle à $1/3$ à partir du point 1.

Si le montage oscille, on pourra le vérifier à l'aide d'un radiorécepteur en fonctionnement sur PO vers le minimum de fréquence (ou maximum de longueur d'onde) c'est-à-dire vers 540 kHz. Approcher autant que possible L_2 de la bobine PO du récepteur. Rechercher avec le condensateur variable du récepteur, la fréquence d'oscillation de $Q_1 - L_1$ qui se reconnaîtra par un sifflement dans le haut-parleur.

Si la coïncidence des accords est différente de 540 kHz régler l'ajustable de C_1 (ou la ferrite de L_1) jusqu'à accord sur cette fréquence.

En général il y a oscillation avec la prise à $1/3$. Essayer ensuite les spires à $1/4$ et les autres jusqu'à celle pour laquelle il n'y a plus d'oscillation. Adopter alors, la prise précédente. Souvent on constatera qu'il faut peu de spires du côté base (point 1) de L_1 .

La bobine L_1 étant au point, réaliser la bobine L_2 de la même manière mais avec la seule prise qui s'est avérée convenable.

Les deux bobines seront disposées comme le montre la figure 3 donc, à une distance, d'axe en axe, de 5,5 cm environ, la plaquette étant de $8,7 \times 11,4$ cm environ.

Remarquons que les deux bobines sont couplées par les capacités C_5 et C_6 , au mélangeur Q_3 .

Après avoir réalisé des bobines L_1 et L_2 accordés approximativement sur 540 kHz (ou toute autre fréquence voisine, entre 540 et 500 kHz) mais la même pour les deux, brancher la sortie BF du montage de la figure 2 à un amplificateur BF suivi de son haut-parleur.

Sans aucune antenne sur L_2 , régler un des oscillateurs pour que le son entendu au HP soit de fréquence aussi basse que possible, même nulle, donc pas de son à la limite.

Brancher l'antenne qui sera, par exemple, une tige métallique de quelques décimètres de longueur ou un brin télescopique de récupération pris sur une antenne intérieure quelconque, radio, auto-radio, TV, FM.

Le son sera nul en l'absence de l'approche de la main. Si tel n'était pas le cas régler à nouveau un des circuits accordés L_1, C_1 ou L_2, C_3 .

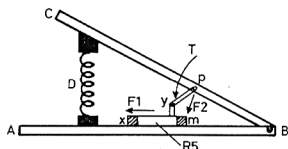


FIG. 5. — Réalisation d'une pédale pour le réglage de R_5 .

Rapprocher la main de l'antenne. Le son sera d'abord grave car f_2 la fréquence de l'oscillateur Q_2 aura diminué, la capacité apportée par la main s'ajoutant à C_3 . Plus la main sera proche de l'antenne, plus le son sera aigu.

Remarquons que la pédale pour R_5 n'est pas indispensable, l'exécutant pouvant agir sur ce potentiomètre avec sa main disponible.

Voici toutefois un moyen de réaliser aisément une pédale, selon la disposition de la figure 5 avec deux plaques en métal vues de profil AB de 160 mm, CB de 160 mm égal et larges de 100 mm environ. Ces deux plaques seront réunies par une charnière B. Le ressort D sera, au repos, à sa plus grande longueur de façon à ce que AC soit maximum. Le potentiomètre R_5 sera fixé sur la partie fixe. Ce sera un potentiomètre rectiligne, modèle qui se trouve partout actuellement.

Une tige T est fixée entre un point P de la partie mobile CB et le curseur y du potentiomètre dont le branchement en x et m devra être respecté. De cette façon lorsque la partie mobile s'abaissera, la tige T pivotant en P et en y, aura tendance à pousser le curseur y vers x ce qui correspondra à une augmentation du signal de sortie. Par contre si la partie mobile est lachée, le ressort mettra P au maximum de sa hauteur, et la tige T tirera le curseur vers le point m. Il y aura alors le signal minimum et même, un signal nul car C_7 sera alors à la masse.

Pour ne pas détériorer le potentiomètre, bien déterminer son emplacement et prévoir des butées limitant le pivotement de CB autour de l'axe B afin que le curseur y ne soit pas poussé ou tiré au-delà des limites permises.

Pour la présentation on pourra s'inspirer des pédales de machines à coudre. Dans ces accessoires, les deux pièces, fixe et mobile sont réalisées comme une boîte et un couvercle. De cette façon l'intérieur de la pédale est protégé à tous les points de vue.

La pédale peut aussi être remplacée par un levier à main.

LE THÉRÉMINE DANSANT

Dispositif adaptable à un Thérémine

Un Thérémine peut être utilisé pour transformer les pas d'un danseur ou d'une danseuse, en musique électronique.

Cette application, à la fois électronique, dansante et musicale est particulièrement intéressante et spectaculaire, bien qu'au point de vue musical pur elle ne soit pas très concluante.

L'instrument de Masson est schématisé à la figure 1. On peut voir qu'un thérémine peut se brancher à quatre autres dispositifs :

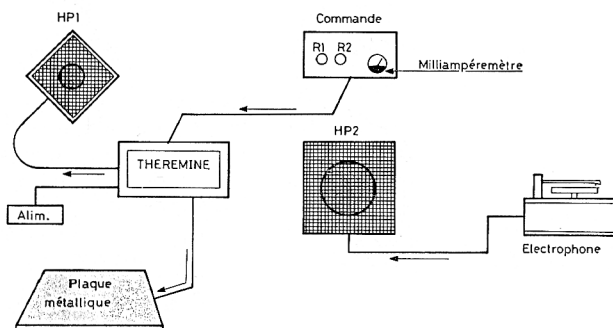


FIG. 1. — Disposition des éléments.

- 1° à l'alimentation, secteur ou autre ;
- 2° au haut-parleur qui reproduira les sons que ce « Thérémine » engendrera... ;
- 3° au dispositif de commande *manuelle* qui agira sur le VC et sur le réglage ajustable de note musicale. La puissance de son moyenne sera indiquée par un milliampèremètre ;
- 4° une plaque métallique de grandes dimensions encastrée sous le revêtement de sol qui remplacera « l'antenne » de note musicale d'un « Thérémine » normal.

C'est dans cette partie que réside la solution. En effet, une danseuse effectuera son numéro sur cette plaque mais elle sera toutefois isolée électriquement de celle-ci par le tapis ou le parquet ou le linoléum. Tout « sol » synthétique ou autre conviendra très bien.

On a, évidemment, compris le fonctionnement de ce spectacle. La danseuse en se mouvant fera varier la capacité dépendant de cette plaque métallique ce qui agira sur la fréquence de la note musicale émise par le Thérémine.

Heureusement ce n'est pas tout. Une danseuse n'exécute sa danse que sur une musique appropriée. Cette musique sera fournie par l'ensemble absolument classique représenté à droite sur la figure 1. Il se compose d'une source de signaux réellement musicaux qui fera reproduire dans le haut-parleur désigné par HPZ, la musique de danse correspondant à la chorégraphie de la danseuse.

La danse sera donc rythmée selon la musique d'accompagnement (en réalité, une musique de commande de la danse) et de ce fait, les sons émis par le Thérémine seront eux aussi, rythmés de la même manière.

Bien entendu, rien ne prouve que cette association donnera quelque chose d'harmonieux mais, en tout cas, cela peut être intéressant pour les chercheurs de spectacles originaux et les fervents de musique contemporaine électronique.

L'auteur C.P. Mason suggère encore d'autres dispositifs pouvant augmenter l'intérêt du spectacle.

Une des suggestions est un accompagnement lumineux et coloré du spectacle.

Pratiquement, on pourra commander la lumière « psychédélique » soit par la source de HP1 soit par celle de HP2. On adoptera, évidemment, un procédé moderne.

Un opérateur, invisible du public, agira sur le panneau de commande en réglant la hauteur des sons de HP1 leur puissance et aussi, la puissance de la musique de HP2. Remarquons qu'à l'époque actuelle, grâce à un magnétophone, on pourra enregistrer une musique convenant spécialement au numéro de danse choisi. Des bruits spéciaux pourront également accompagner le spectacle. Le magnétophone pourra aussi être utilisé pour enregistrer les commandes du spectacle.

Au point de vue pratique, indiquons que la réalisation de la plaque métallique peut être, dans une installation d'amateur, très simple en disposant sous le revêtement amovible du sol, des feuilles d'aluminium.

Quoi qu'il en soit, la reconversion d'un Thérémine, en un ensemble comme celui que nous venons de proposer, est facile à effectuer et mérite d'être entreprise même à titre d'essai expérimental fertile en découvertes d'art nouveau.

Ce montage très ancien a été décrit dans *Radio Craft* de 1936.

NOTIONS SUR LES PERCUSSIONS

PERCUSSIONS, TAMBOUR, BONGO, BLOCS, etc...

Circuits de percussion

Il existe deux sortes principales de circuits de percussion :

a) Percussion chromatique permettant d'imiter toutes les notes d'un piano et autres instruments polyphoniques.

b) Percussion non chromatique. Il s'agit d'imiter des instruments comme le tambour, la grosse caisse, le tam-tam, cymbales et autres qui ne donnent qu'une seule note mais qui est répétée rythmiquement.

Il faut alors, disposer d'un générateur d'une seule note dont la fréquence soit celle de l'instrument à imiter et d'un dispositif de répétition.

Ce dernier peut être un simple bouton à actionner à la main (ou avec une pédale) ou un dispositif électronique.

Nous allons donner des indications précises sur la composition du montage à percussion non chromatique. Ce montage est indépendant et peut être incorporé ou associé à d'autres instruments électroniques.

Percussion non chromatique

Voici à la figure 1 un schéma permettant de réaliser quatre instruments différents : tambour, grosse caisse, bongo et « blocks ».

Remarquons que le schéma est le même mais les valeurs de certains éléments sont particulières pour chaque instrument comme on le verra sur la liste des valeurs.

Analysons d'abord le schéma de la figure 1, inspiré de celui de *Charles Muller* paru dans *Electronics World*.

Comme transistor NPN on pourra adopter le 2N1605 RCA.

L'examen du schéma de la figure 1 permet de voir immédiatement qu'il s'agit essentiellement d'un oscillateur en double T. Le T supérieur sur le schéma se compose de $R_7 = R_8$ et C_3 et le T restant inférieur de $C_4 = C_5$ et de $R_9 + R_{10}$.

Pour la fréquence déterminée par les valeurs de ces éléments, il y a oscillation.

La fréquence est donnée par la formule approximative suivante :

$$f = \frac{a}{2\pi \sqrt{R_a R_b C_a C_b}}$$

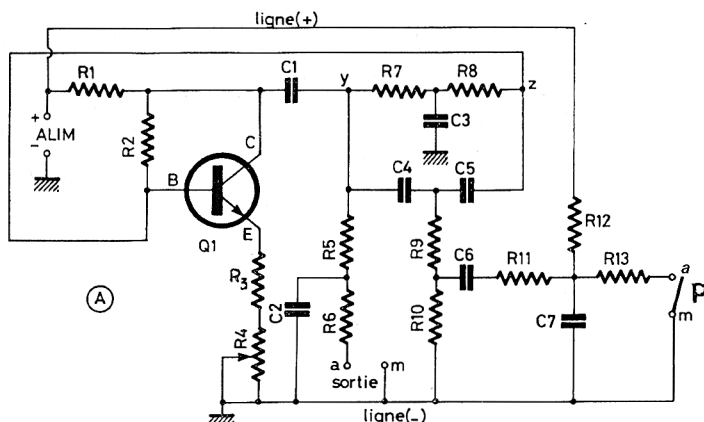


FIG. 1. — Appareil engendrant des percussions.

avec a proche de 1 et $R_a = R_7 = R_8$, $R_b = R_9 + R_{10}$, $C_a = C_4 = C_5$ et $C_b = C_3$ et on voit que plus les valeurs des éléments R et C sont grandes plus la fréquence est basse.

Le transistor Q_1 est polarisé à l'émetteur par R_3 fixe + R_4 variable. Cette dernière résistance servira à trouver le point limite d'oscillation continue (c'est-à-dire permanente) du système en double T ce qui est justement l'essentiel du fonctionnement de cet instrument.

En effet, au repos, celui-ci ne doit émettre aucun son donc son oscillateur ne doit pas fonctionner. Il se mettra à fonctionner sous l'influence d'un choc électrique comme on le verra plus loin et s'arrêtera de lui-même au bout d'un temps très court.

La sortie de l'oscillateur est aux points a et m , le dernier étant le point de masse et de ligne négative d'alimentation. Indiquons que cette dernière est de 18 V, obtenue par un procédé quelconque correct, par exemple deux piles de 9 V en série ou 4 piles de 4,5 V, etc. Un exemple d'alimentation est donné par la figure 2.

En réalité, il y aura quatre sorties de ce genre étant donné qu'il est question de quatre montages comme celui de la figure 1.

Ces sorties seront alors :

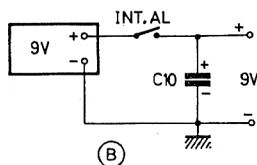


FIG. 2. — Alimentation.

- Montage 1 : a et m
- Montage 2 : b et m
- Montage 3 : c et m
- Montage 4 : d et m .

La réunion de ces quatre sorties vers l'entrée d'un étage simple amplificateur à un seul transistor (voir fig. 3) se fera de la manière indiquée par la figure 4. On voit que les quatre sorties devront être connectées directement à l'entrée x_m de l'amplificateur dont la sortie sera reliée à un amplificateur de puissance suffisante et excellent aux aiguës et aux basses.

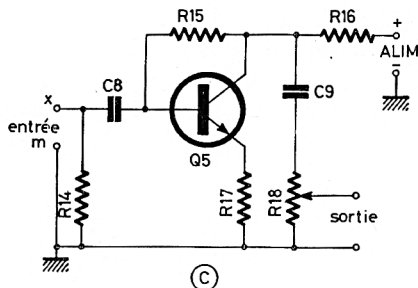


FIG. 3. — Amplificateur à un seul transistor.

Une autre partie essentielle de cet instrument électronique de musique est le circuit $R_9 - R_{10} - C_6 - R_{11} - R_{12} - R_{13} - C_7$ associée au poussoir P.

Normalement, P doit être au repos, en position « coupé », c'est-à-dire en langage d'électronicien, en circuit *ouvert* comme le montre le schéma de la figure 1.

Lorsqu'on presse le bouton, il y a contact (le circuit est alors *fermé*). Tant que le circuit est coupé, le condensateur C_7 se charge à travers R_{12} qui est reliée à la ligne positive d'alimentation et de ce fait le point commun de C_7 et des trois résistances devient plus positif.

Dès que P est abaissé (circuit fermé) C_7 se décharge dans R_{13} et dans les autres résistances, mais R_{13} de $2\,700\ \Omega$ est très petite par rapport aux autres et de ce fait on peut évaluer la constante de temps $T_d = RC$ comme égale à $C_7 R_{13}$. Le condensateur vaut $0,1\ \mu F$ dans les quatre versions tandis que R_{13} est de $2\,700\ \Omega$. On a alors :

$$T_d = 270\ \mu s.$$

La charge de C_7 se fait par $R_{12} = 1\ M\Omega$ dans trois versions et $0,56\ M\Omega$ dans l'une des versions. Avec $1\ M\Omega$ la constante de temps est alors :

$$T_c = 0,1\ s.$$

Le rythme du « batteur » est de l'ordre de grandeur de T_c , donc on peut compter sur une charge à 86 % environ si celle-ci dure $2\ T_c = 0,2\ s$ et de 0,3 % si elle dure $T_c = 0,1\ s$.

Dès que P est abaissé, il y a décharge et celle-ci est très rapide car $T_1 = 270\ \mu s$ valeur très petite par rapport à T_c . La décharge rapide est assimilable à une impulsion négative transmise par C_6 au double T. Elle provoque une oscillation du système mais dès que le bouton P est lâché, C_7 se charge à nouveau et l'oscillation cesse.

Les sons, à la fréquence f du double T seront donc des sons percutés de forme analogue à celles des instruments à imiter.

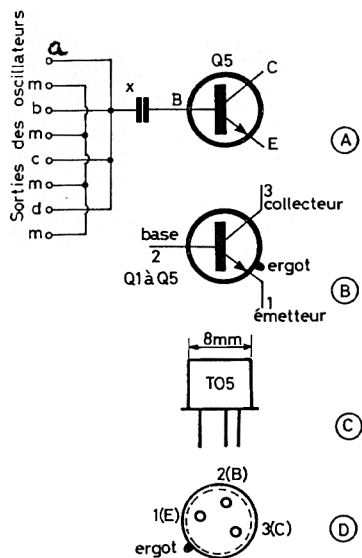


FIG. 4. — Brochage du transistor.

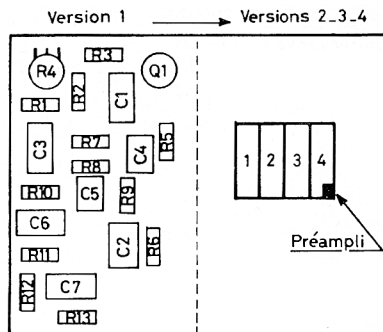


FIG. 5. — Emplacement des organes.

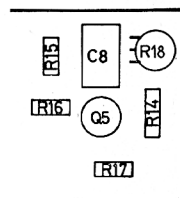


FIG. 6.
Emplacement,
version 4.

Valeur des éléments

Le tableau I ci-après donne les valeurs des éléments qui sont différents dans ces quatre versions.

TABLEAU I (k Ω et μ F)

Version	1	2	3	4
R ₅	22	82	82	330
R ₆	10	82	82	zéro
R ₉	2,7	6,8	6,8	6,8
R ₁₁	82	22	27	zéro
R ₁₂	1 000	560	1 000	1 000
R ₁₃	2,7	2,7	2,7	6,8
C ₁	0,1	0,047	0,047	0,047
C ₂	0,1	0,01	0,01	pas de capacité
C ₃	0,1	0,047	0,033	0,01
C ₄	0,1	0,027	0,015	0,0033
C ₅	0,1	0,027	0,015	0,0033
C ₇	0,1	0,1	0,01	0,1

Les éléments ayant la même valeur dans les quatre versions sont $R_1 = 68 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 1,2 \text{ M}\Omega$, $R_3 = 100 \text{ }\Omega$, $R_4 = 5 \text{ k}\Omega$ (potentiomètre), $R_7 = R_8 = 56 \text{ k}\Omega$, $R_{10} = 2,2 \text{ k}\Omega$, $C_6 = 15 \text{ nF}$, $Q_1 = 2N1605 \text{ RCA}$.

Lorsqu'une résistance est marquée zéro sur ce tableau elle est remplacée par une connexion. Un condensateur absent n'est remplacé par rien.

Ainsi, dans la version 4, il n'y a pas de R_6 et R_{11} donc le point de sortie est directement à l'extrémité de R_5 et C_6 est relié directement à R_{13} , R_{12} et C_7 . De même, dans cette version C_2 est supprimé, donc aucune capacité ne sera branchée entre R_5 et la ligne de masse.

Le préamplificateur Q_2

Ce montage très simple permet la transmission à l'amplificateur de puissance, des signaux engendrés par les instruments à percussion. Le schéma de la figure 3 comprend l'entrée x_m , R_{14} la résistance dans laquelle se mélangent, s'il y a lieu, les signaux, et C_8 qui transmet les signaux à la base de Q_5 . Ce transistor est un NPN, 2N1605. On ajustera la valeur de la résistance R_{17} pour la meilleure qualité musicale en essayant le préamplificateur avec de la musique ou des paroles à la place des percussions.

Voici les valeurs des éléments : $R_{14} = 4,7 \text{ k}\Omega$, $R_{15} = 1,2 \text{ M}\Omega$, $R_{16} = 22 \text{ k}\Omega$, $R_{17} = 100 \text{ }\Omega$, $R_{18} = 500 \text{ k}\Omega$, $C_8 = C_9 = 0,1 \text{ }\mu\text{F}$, $C_{10} = 100 \text{ }\mu\text{F}$, 25 V électrochimique (sur l'alimentation fig. 2).

Le brochage du 2N1605 NPN est donné par la figure 4. Le boîtier est du type TO5 indiqué en C de la figure 4 et le branchement des fils en D. Lorsque les fils sont vers l'observateur, la base étant vers le haut, l'émetteur sera à gauche et le collecteur à droite. L'ergot-repère est entre le fil du collecteur et celui de l'émetteur.

Mise au point

Vérifier d'abord le matériel avant de le monter. L'appareil étant terminé, vérifier que le schéma a été respecté et que l'on a branché correctement les éléments, en particulier les transistors et les condensateurs. Les condensateurs électrochimiques sont polarisés donc respecter le branchement indiqué des fils + et -.

Essayer d'abord une des quatre versions.

Placer R_4 et R_{18} en positions moyennes. Brancher la sortie du préamplificateur à un amplificateur BF donnant bien les basses et les aiguës. Agir sur les deux boutons de tonalité de l'amplificateur pour le maximum de basses et d'aiguës si ces boutons existent.

Si R_4 est en position de maximum de résistance en circuit, il n'y a pas de son. Diminuer la résistance de R_4 jusqu'à ce qu'un son permanent soit entendu, grâce à l'oscillateur en double T.

Retoucher ensuite R_4 et agir sur le poussoir P pour obtenir les percussions désirées donc *bruit* lorsqu'on agit sur P et silence lorsque ce bouton est au repos.

Construction

Sur une seule platine isolante on pourra monter les quatre oscillateurs et même le préamplificateur unique.

Une bonne méthode de travail est de se procurer une platine perforée. Dans ce cas, les éléments seront sur une face et les connexions sur l'autre face. Voici à la figure 5 le plan des emplacements des composants sur le quart de gauche de la platine. Les quarts 2 et 3 sont montés comme le premier quart. La version 4 montée sur le dernier quart de la platine, donc à droite, ne comportant pas les éléments R_6 , R_{11} et C_2 , laissera de la place pour le montage des composants du préamplificateur à transistor Q_5 , donc dans le coin de droite et en bas, comme on le montre à la figure 6. A la figure 7 on donne l'aspect du coffret dans lequel seront montées la platine et la pile s'il s'agit d'un appareil autonome. Sur le panneau avant de ce coffret apparaissent les quatre poussoirs P que nous désignerons par P_1 , P_2 , P_3 et P_4 , le potentiomètre général de volume du son R_{18} et l'interrupteur général marche-arrêt « INTER-AL ».

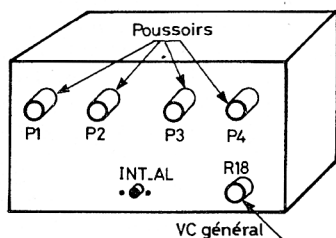


FIG. 7. — Aspect en coffret.

La platine sera placée derrière le panneau avant. Les réglages R_4 seront effectués une fois pour toutes mais pourront être retouchés par l'arrière du coffret si nécessaire.

Le coffret dans la réalisation de Ch. Muller a les dimensions suivantes : $13,5 \times 8 \times 5,5$ cm environ.

SCHÉMAS PRATIQUES

Voici quelques schémas pouvant être utiles pour compléter ou améliorer les petits instruments électroniques de musique.

Schéma A. Amplificateur universel 0,8 à 2 W (voir fig. 1)

Les valeurs des éléments sont indiquées sur le schéma. Le transistor, la diode zener et la thermistance sont de la marque Siemens. Ne pas oublier les dispositifs radiateurs pour les transistors de puissance. Ces « clips » sont livrés avec les AC 187 K et AC 188 K. Le haut-parleur sera de 2 W 4 Ω , de bonne qualité autant que possible. Résistances de 0,5 W 5 %. Potentiomètres R_6 et R_9 au carbone.

Caractéristiques

Tension d'alimentation	9 V	6 V
Consommation à puissance zéro	17 mA	12 mA
Consommation à puissance maximum	350 mA	200 mA
Puissance maximum	2 W	0,8 W
Impédance de charge	4 Ω	4 Ω
Tension d'entrée nominale	15 mV	9 mV
Impédance d'entrée	9 k Ω	
Gain de puissance	74 dB	70 dB
Gain de tension	45 dB	45 dB
Rapport signal/scuffle	80 dB	80 dB

Schéma B. Boîte de timbres (voir fig. 2)

Convient pour suivre un générateur et précéder un amplificateur BF (entrée GEN. SOLO). S'il y a deux instrumentistes, celui d'accompagnement se branchera en 12 et celui de solo en 11.

Toutes sortes de combinaisons des commutateurs permettent de trouver le timbre désiré pour imiter celui d'un instrument.

Schéma C. Générateur à multiples formes de signaux (voir fig. 3)

Le générateur de la figure 3 donne des signaux de 100 à 1 000 HZ en réglant R_8 par potentiomètre ou touches et résistances ajustables. Utiliser des transistors

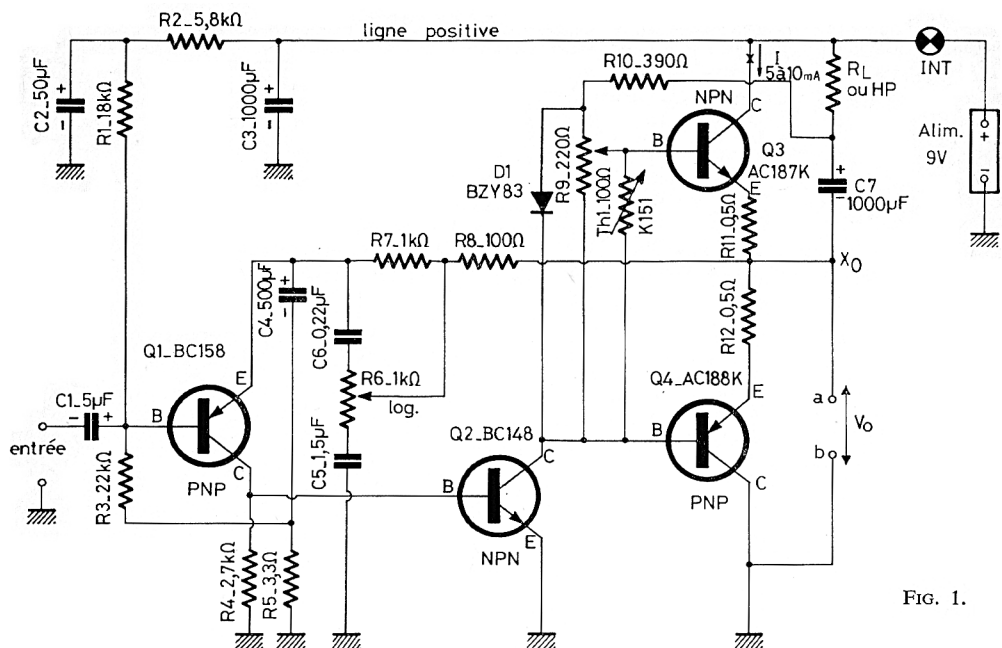


FIG. 1.

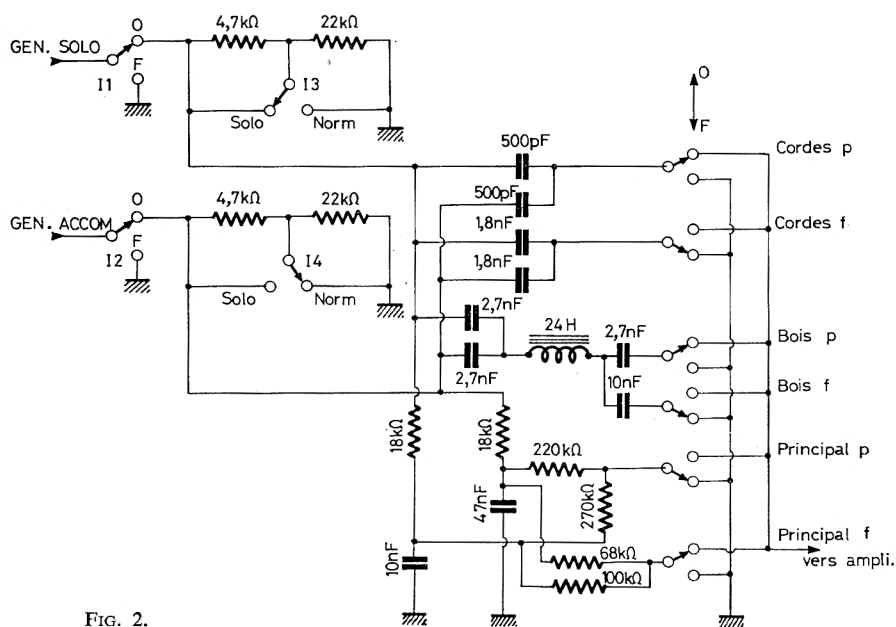


FIG. 2.

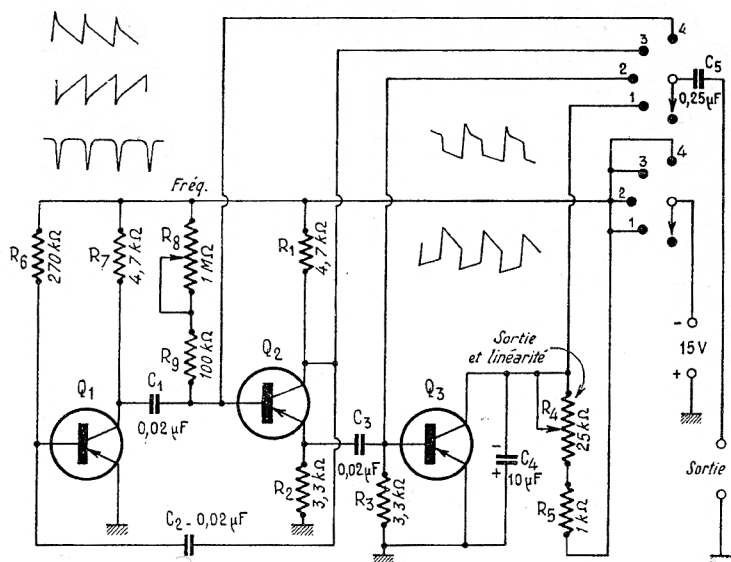


FIG. 3.

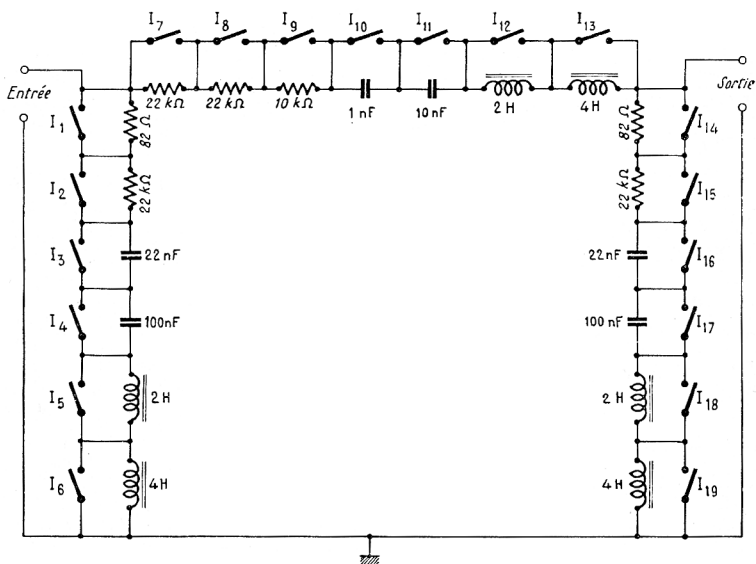


FIG. 4.

PNP 2N190, 2N107, 2N188 ($Q_1 = Q_2 = Q_3$). Le gain se règle avec R_4 qui fait varier aussi le timbre.

Les formes des tensions sont choisies avec le commutateur relié à C_5 . L'autre commutateur coupe l'alimentation en position zéro. Ce montage a été proposé par Radio Electronics. Il peut servir pour des essais expérimentaux.

Schéma D. Filtre à timbres à 262 000 combinaisons (voir fig. 4)

Le principe de ce filtre en π est de procéder par élimination d'un composant L, C ou R se trouvant dans les bras shunt ou série. Ainsi, si l'on veut réaliser un filtre avec 4 H et 2 H dans les bras shunt et 10 nF dans le bras série, il suffira de court-circuiter tous les composants sauf ceux désirés.

L'amateur pourra modifier les valeurs indiquées. Il pourra aussi supprimer certains éléments ou les remplacer par d'autres.

Imprimerie Marcel BON
70000 VESOUL
D. L. 2^e trimestre 1977
N^o éditeur: 175
N^o imprimeur 2169

ESF