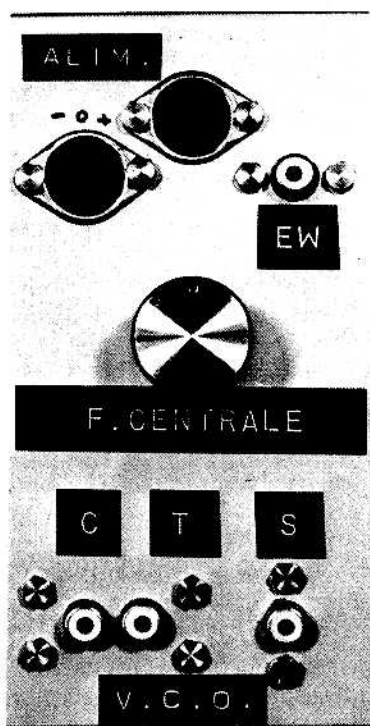


## CHAPITRE IV

### LE V.C.O. (VOLTAGE CONTROLLED OSCILLATOR)

Un oscillateur dont la fréquence est commandée par une tension est la pièce essentielle de tout synthétiseur. En règle générale, ces instruments en comprennent plusieurs, qui permettent d'obtenir simultanément diverses notes.



L'avantage de ce type d'oscillateur, du point de vue de la musique électronique, par rapport aux autres oscillateurs possibles (à fréquence variable par une capacité, ou bien une résistance) réside dans le fait qu'il peut être commandé par une tension quelconque et, en particulier, par celle d'un autre générateur.

On utilisera en général un oscillateur de commande à basse ou très basse fréquence (T.B.F.), pour faire varier rythmiquement la fréquence du V.C.O. Une telle opération s'appelle en électronique « Wobulation », et c'est pourquoi les lecteurs pourront remarquer sur la photographie montrant l'extérieur du V.C.O., que l'entrée de commande est étiquetée EW (Entrée Wobulation).

Pour pouvoir monter tout l'appareil dans un boîtier Teko 4B, nous avons dû coller à l'Araldite le circuit conformateur, en équerre sur le circuit V.C.O.

### Commande de fréquences

Nous verrons plus loin, lors de l'analyse du schéma, que la *largeur* de ce « balayage » en fréquences peut être réglée à volonté par l'utilisateur, car elle est *proportionnelle à l'amplitude du signal de commande* appliqué à l'entrée EW et provenant du générateur T.B.F. de balayage.

De plus, le potentiomètre intitulé « fréquence centrale » détermine la fréquence du V.C.O. en l'absence de signal sur l'entrée EW, ou bien la fréquence centrale autour de laquelle elle variera si l'on applique une tension de commande à EW.

La tension nécessaire sur l'entrée de commande pour faire varier la fréquence de fonctionnement du V.C.O. sur toute l'étendue possible (de 5 Hz à 10 kHz avec  $C_3 = 1 \text{ nF}$ , est de 1 V crête.

Remarquons tout de suite que nous avons veillé à la compatibilité des modules entre eux, puisque nous nous sommes précisément arrangés pour que tous les générateurs sortent une tension d'environ 1 V crête. D'ailleurs une éventuelle surcharge de l'entrée EW par une tension excessive n'aurait aucune conséquence fâcheuse, l'entrée du 741 étant très bien protégée.

### Signaux de sortie

On dispose *simultanément* sur les trois sorties « Cinch » de tensions de forme carrée, triangulaire et sinusoïdale, toutes d'une amplitude d'environ 1 V crête.

— Le **carré** est une forme d'onde qui comporte beaucoup d'harmoniques très élevées, en raison de ses fronts de montée très raides (*photo 1*). Tous ces harmoniques sont de plus exclusivement d'ordre impair (harmoniques n<sup>os</sup> 3, 5, 7...).

Ces caractéristiques font du signal rectangulaire, quand il est reproduit par un haut-parleur, un son agressif et « cuivré » (au sens des cuivres de l'orchestre).

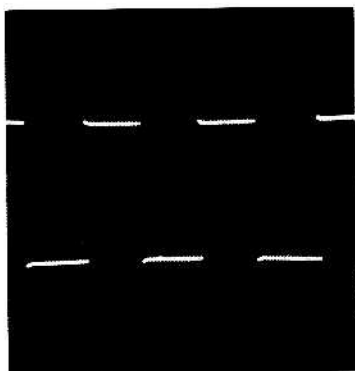


Photo 1. — Signal rectangulaire à la sortie du V.C.O. (500 Hz). Remarquer les fronts de montée très rapides, qui, pour cette raison, apparaissent peu sur l'écran de l'oscilloscope.

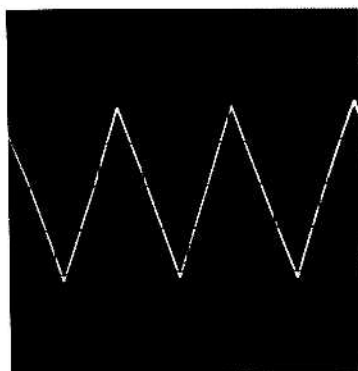


Photo 2. — Signal triangulaire issu du V.C.O. (présent au point C).

— **Le signal triangulaire** n'a pas de fronts de montée raides, mais des points de « rebroussement » où sa pente s'inverse brusquement (*photo 2*).

Le son qu'il produit s'apparentait plutôt à celui d'un « bois », c'est dire qu'il est beaucoup plus doux et agréable, moins « éclatant » que celui du carré.

— **Le signal sinusoïdal**, que l'on peut obtenir de ce V.C.O., est seulement approximativement sinusoïdal, car il est obtenu à partir du triangulaire par un circuit très simple utilisant un transistor à effet de champ, que nous étudierons plus loin.

La *photo 3* montre ce signal pseudosinusoïdal (distorsion de l'ordre de 5 à 10 %). Cette forme un peu imparfaite n'est d'ailleurs pas gênante du tout pour une utilisation dans un synthétiseur destiné à créer des sons musicaux. (Elle le serait seulement pour un générateur destiné à des mesures !)

Le son du signal sinusoïdal est un sifflement assez pur, mais assez « terne » à l'écoute.

C'est à peu près le son que peut produire un tuyau d'orgue droit (sans accessoires et jouant seul) ou bien une flûte.

Remarquons que ce qu'on appelle « harmoniques » est une somme de signaux sinusoïdaux et que l'on pourra utiliser des V.C.O. pour recréer de toutes pièces des suites d'harmoniques à rajouter à un signal à fréquence quelconque.

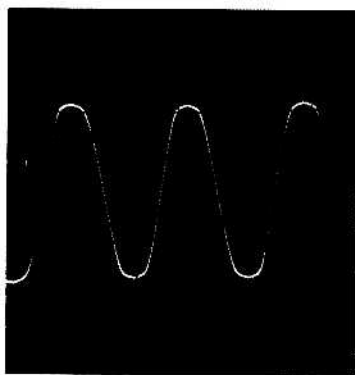


Photo 3. — Signal « sinusoïdal » à la sortie du conformateur (source de  $T_2$ )

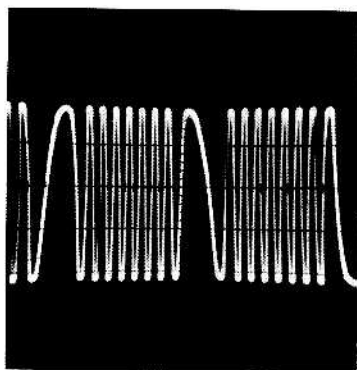


Photo 4. — Signal sinusoïdal 1500 Hz wobbulé par un signal sinusoïdal à 150 Hz.

### Résultats obtenus en modulation de fréquence

Nous appliquons pour cela les signaux de sortie issus d'un V.C.O. à l'entrée d'un autre. La sortie de cet autre donne les résultats suivants :

— Nous avons envoyé sur EW 1 V crête de sinusoïde à 150 Hz, la fréquence centrale du second V.C.O. étant de 1 500 Hz.

Sur la partie sinus, nous avons observé ce que vous pouvez voir sur la photo 4.

Nous avons une modulation en fréquence de la seconde sinusoïde par la première, comme il est expliqué à la figure 1. Le changement de fréquence de la sinusoïde par rapport à la fréquence centrale est maximal pendant les crêtes du signal de commande.

Le son obtenu est un hullement continu, dont on peut varier à l'infini les caractéristiques en faisant varier la fréquence centrale, ainsi que l'amplitude, la fréquence et même la forme du signal de wobbulation.

En effet, si par exemple, on emploie pour la wobbulation un signal rectangulaire, la variation de fréquence n'est plus progressive, mais brusque, et la fréquence reste ensuite fixe.

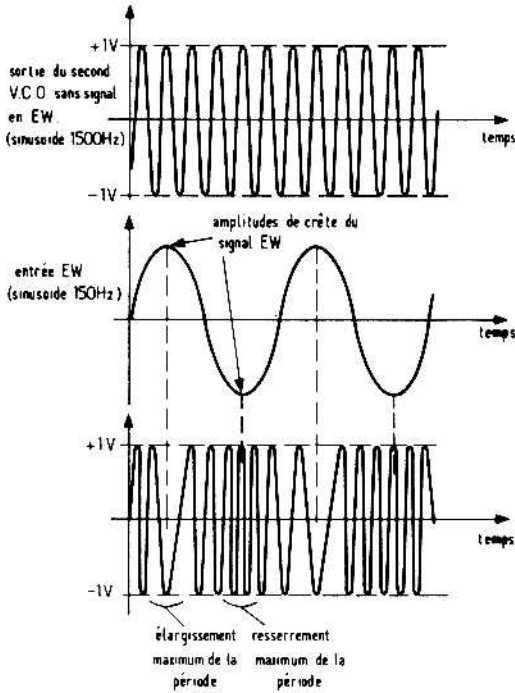


Fig. 1. — Modulation en fréquence du second signal sinusoïdal par le premier.

On n'obtient plus alors un hululement, mais une suite de deux notes (du genre pin — pon, etc. !), qui peut se prêter à de nombreuses utilisations.



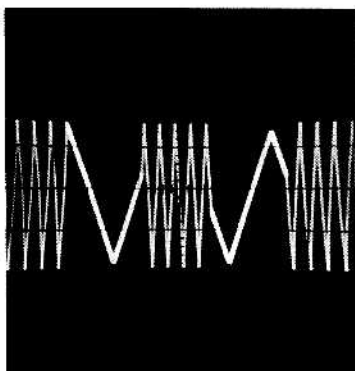
Photo 5. — Signal rectangulaire 1500 Hz wobbulé par un signal rectangulaire à 150 Hz.

— D'une façon analogue, nous avons modulé en fréquence un signal rectangulaire par un autre de fréquence plus basse (le résultat est visible sur la *photo 3*).

Le son résultant de cette « cuisine » est assez particulier, essayez plutôt la manipulation...

— Toujours suivant la même méthode, voici un signal triangulaire modulé par un rectangulaire.

On se rend parfaitement compte sur la *photo 6*, du changement brusque de fréquence triangulaire que subit le V.C.O. sous l'action du signal rectangulaire appliqué à l'entrée EW.



*Photo 6. — Signal triangulaire à 1500 Hz wobulé par un signal rectangulaire à 150 Hz.*

### **Fonctionnement et schéma du V.C.O. (fig. 2)**

Partant du point A, nous trouvons successivement trois amplificateurs opérationnels, tous du type 741.

Le premier (IC<sub>2</sub>), soumis à la commutation opérée par le transistor à effet de champ T<sub>1</sub>, peut imposer à l'entrée du second une tension constante dépendant de la tension continue présente en A, mais dont le signe (+ ou - par rapport à la masse) dépend de l'état de T<sub>1</sub> (conducteur ou bloqué).

Le second (IC<sub>3</sub>) est monté en intégrateur. C'est-à-dire que, initialement à zéro, et C<sub>3</sub> déchargé, si l'on applique à son entrée (B) une tension constante, sa tension de sortie évolue selon une rampe (montante ou descendante selon le signe de la tension d'entrée).

On appelle ce fonctionnement « en intégrateur », car une rampe est l'intégrale (mathématique) d'une constante.

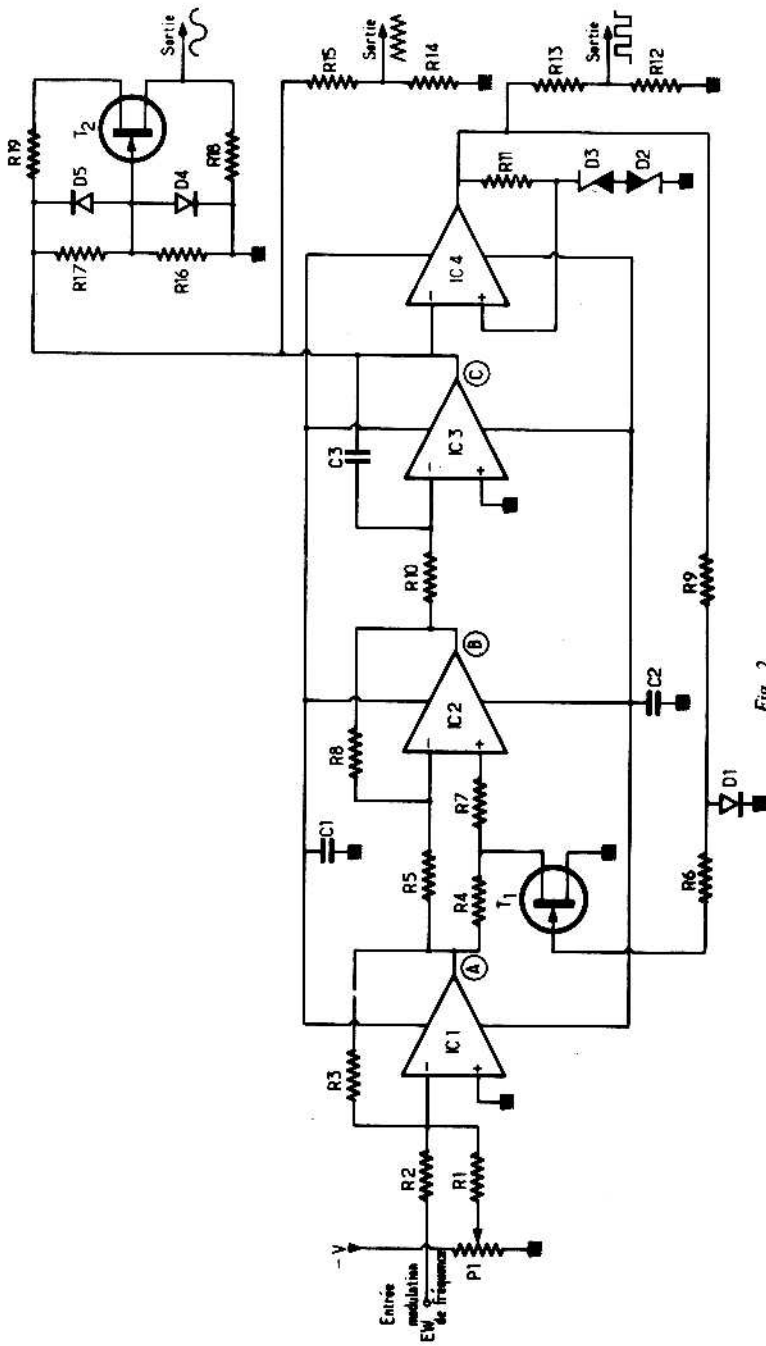
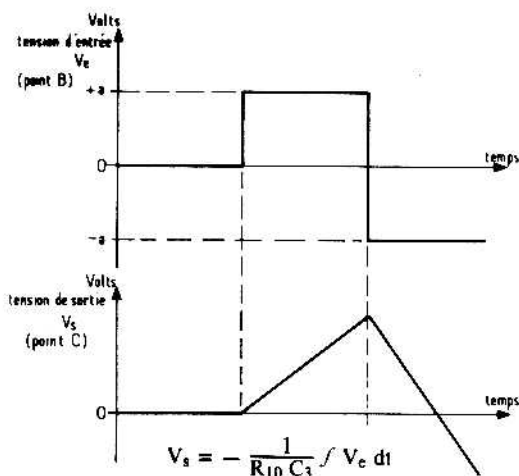


Fig. 2.

Ce fonctionnement est explicité par la *figure 3*.

Le troisième et dernier (IC<sub>4</sub>) fonctionne en comparateur. En effet, sa tension de sortie bascule de la valeur d'une tension d'alimentation à l'autre quand la tension au point C passe de part et d'autre de la tension de référence déterminée sur l'entrée + par D<sub>3</sub> et D<sub>2</sub>, c'est-à-dire  $\pm 5$  V.



*Fig. 3. — Fonctionnement de l'intégrateur IC<sub>3</sub>.*

Le basculement de IC<sub>4</sub> provoque la commande de T<sub>1</sub> par l'intermédiaire de R<sub>9</sub> et R<sub>6</sub>, réalisant ainsi l'inversion de signe de la tension d'entrée de IC<sub>3</sub> et le renversement de la pente de sa tension de sortie, qui augmente alors jusqu'à ce qu'elle atteigne l'autre consigne de IC<sub>4</sub>, qui bascule dans l'autre sens, et le cycle recommence. (voir *fig. 4*).

D<sub>1</sub> sert à court-circuiter vers la masse les tensions de sortie positives, étant donné que la grille du FET doit être toujours négative par rapport à son drain, donc à la masse, pour qu'il fonctionne. (Il s'agit d'un modèle à canal N.)

Voyons à présent quel est le rôle du circuit IC<sub>1</sub>.

IC<sub>1</sub> est monté en sommateur.

Il présente donc à sa sortie une tension qui est la somme algébrique de la tension présente sur le curseur de P<sub>1</sub>, affectée du coefficient 1 (car R<sub>3</sub>/R<sub>1</sub> = 1) et de la tension présente sur l'entrée EW, affectée du coefficient 10 (car R<sub>3</sub>/R<sub>2</sub> = 10).



De cette façon, la tension de sortie, qui est comprise entre 0 et 10 V est une composition d'une tension continue représentant la fréquence centrale du V.C.O. et de la tension EW qui vient s'ajouter ou se retrancher à cette première.

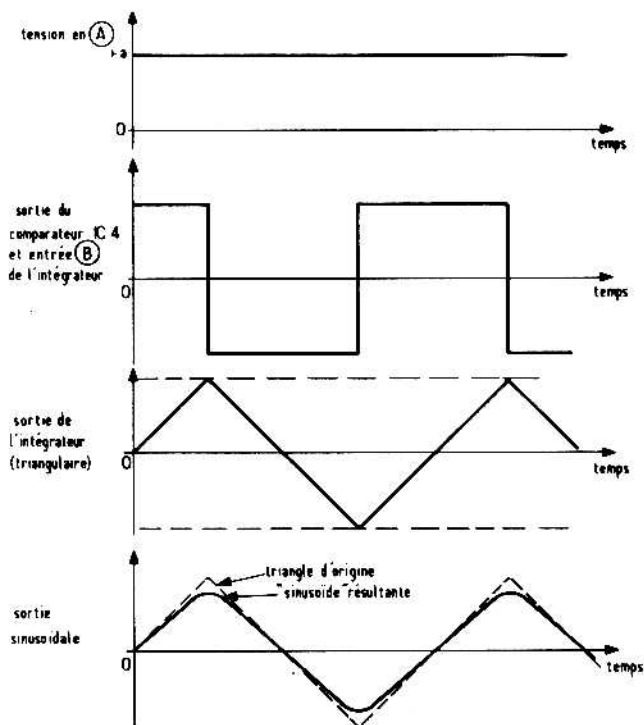


Fig. 4. — Principe général de fonctionnement du V.C.O. à sorties sinus/triangle/rectangulaire.

Du fait du gain de 10 sur l'entrée EW, il suffit d'une valeur de + 1 V sur cette entrée pour amener la sortie à 0, même si le curseur de P<sub>1</sub> est au - 10 V, ce qui assure pleinement la compatibilité avec les tensions de sortie des autres modules.

### Le conformateur sinusoïdal

Il est chargé, comme nous l'avons dit plus haut, de transformer le triangulaire en sinusoïdal, par « rabotage » progressif des crêtes du premier.

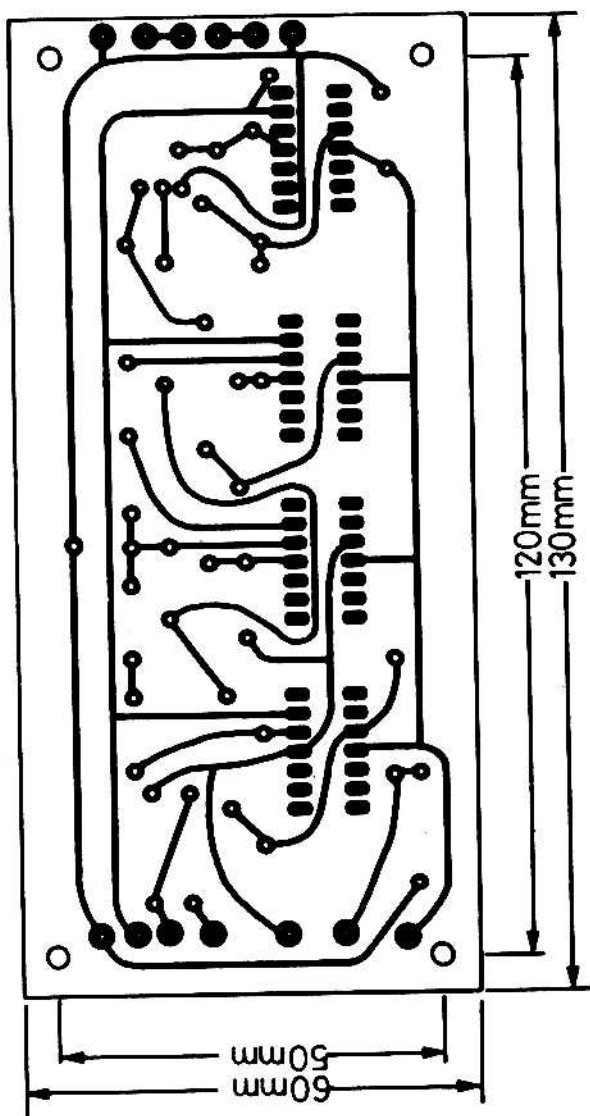
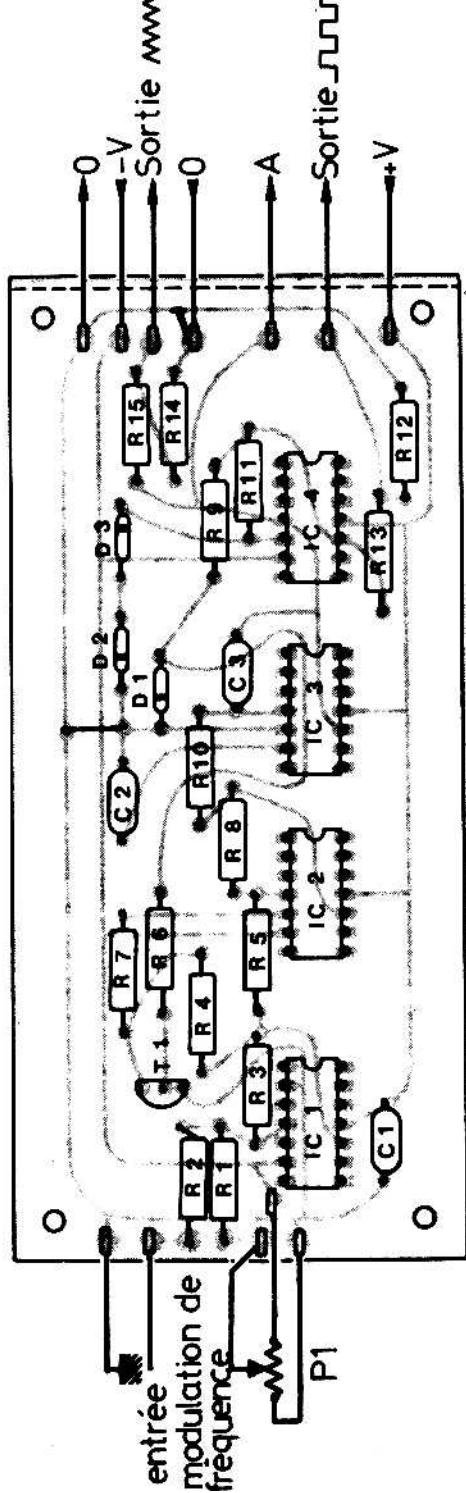
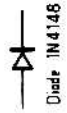
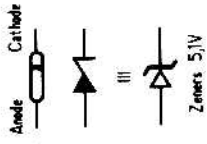
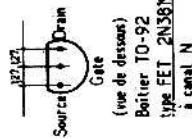


Fig. 5



Transformateur triangle/sinus

Fig. 6



Il existe de nombreux montages reposant sur des principes divers pour parvenir à ce résultat. Néanmoins, si l'on veut parvenir à une certaine pureté du signal (faible distorsion), il est nécessaire d'employer des structures assez compliquées (par exemple conformateurs à diodes et AOP), ou circuits intégrés spéciaux. Nous avons pensé que la pureté absolue du signal n'était pas indispensable dans cette utilisation, et que nous pourrions faire appel à un montage simple.

Il est composé de  $R_{16}$ ,  $R_{17}$ ,  $D_4$ ,  $D_5$ ,  $R_{18}$  et  $R_{19}$ , ainsi que du transistor à effet de champ  $T_2$  (du même type que  $T_1 = 2N3819$ ).

Il est nécessaire de disposer d'une tension triangulaire de forte amplitude pour faire fonctionner ce dispositif, c'est pourquoi nous l'avons directement relié au point C, avant l'atténuateur  $R_{14}$ ,  $R_{15}$  de sortie du triangulaire.

Remarquons d'autre part que  $C_1$  et  $C_2$  servent à découpler les lignes d'alimentation dans le but d'éviter d'éventuelles oscillations parasites à très basse fréquence.

### Réalisation du V.C.O.

On se reportera aux figures 5 et 6, qui sont très claires à cet égard, pour la réalisation et le câblage du circuit V.C.O., ainsi qu'aux figures 7 et 8 pour ceux du circuit conformateur sinusoïdal.

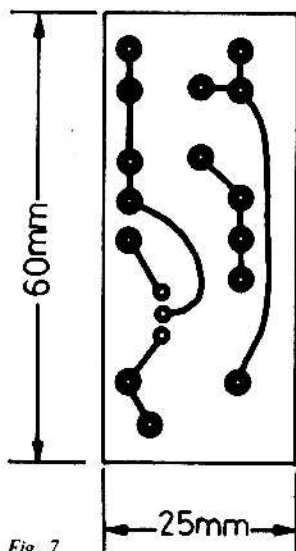


Fig. 7

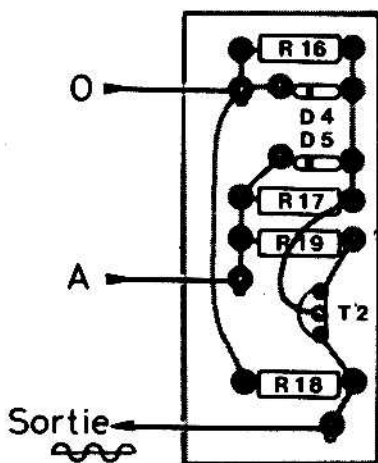
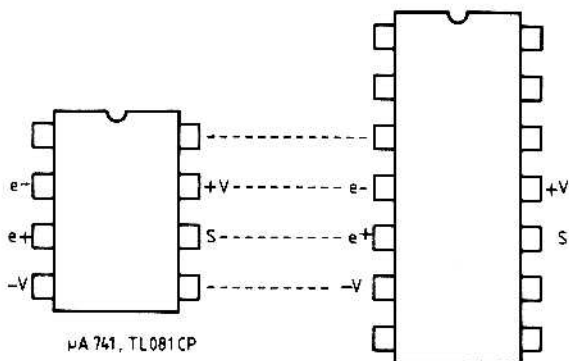


Fig. 8

Les deux DIN présentes ici sont branchées en parallèle, la seconde sert de relais pour alimenter d'autres modules.

Les Cinch ne sont pas isolées du boîtier. Toutes les masses sont reliées et soudées à l'arrivée masse de l'une des DIN.



Brochages (  $\mu A 741$  boîtier 8 broches ou 14 broches )  
 (  $TL081 CP$  boîtier 8 broches )

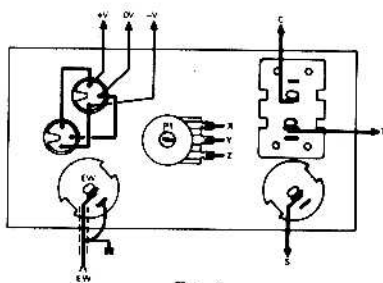


Fig. 9

Comme les signaux traités sont assez élevés, il n'est pas besoin de prévoir des sorties en fil blindé vers les Cinch de sortie. On pourra remarquer un fil blindé utilisé pour l'entrée EW, il est également facultatif.

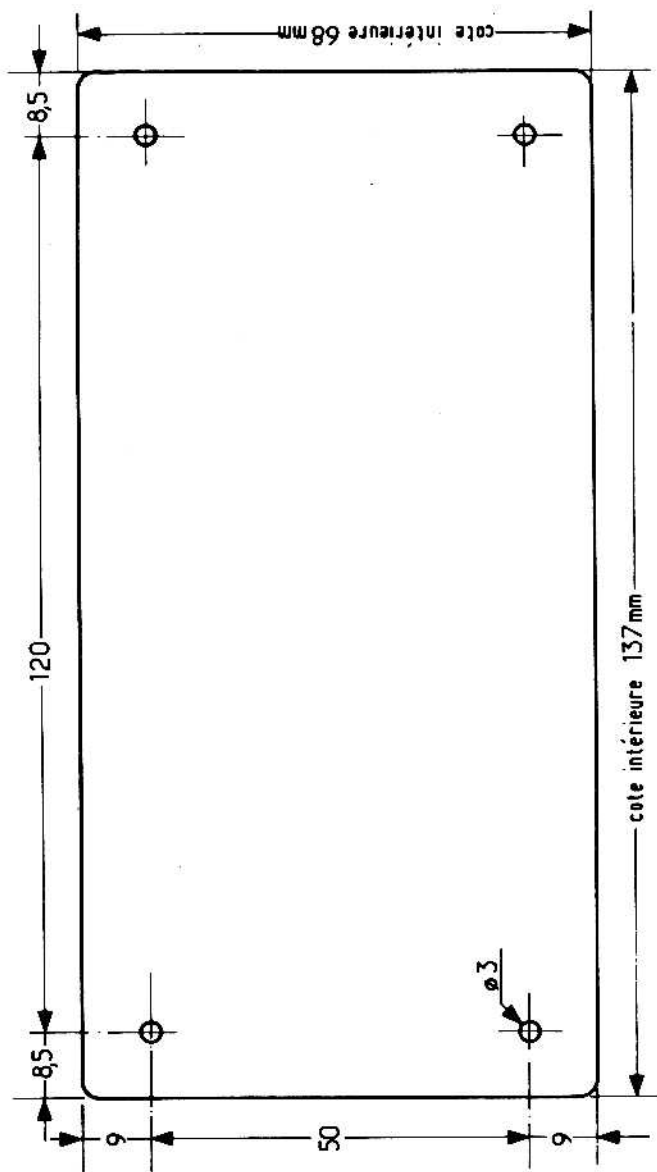


Fig. 10

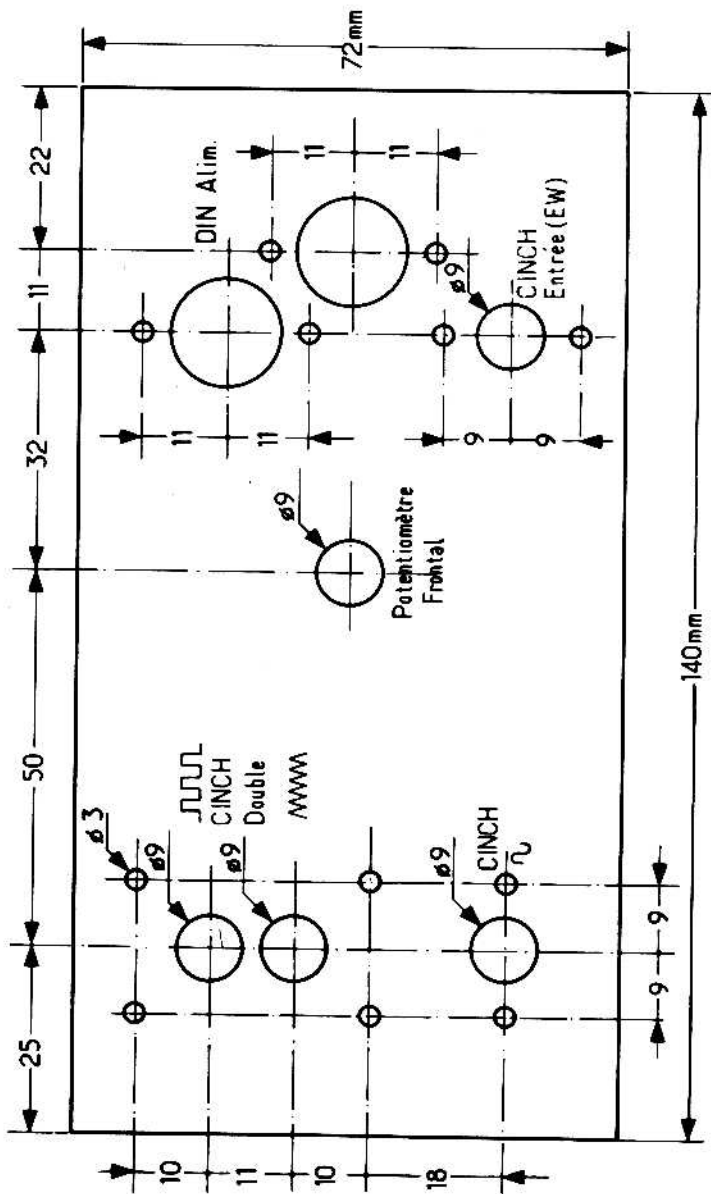


Fig. 11

La nomenclature des pièces est assez explicite. Aucun composant n'est critique, ce qui a été voulu pour la réalisation facile de tout le synthétiseur.

Les valeurs de  $C_3$  à employer selon la gamme de fréquences à réaliser sont les suivantes :

$$C_3 = 1 \mu\text{F} \quad 0,5 \text{ Hz à } 150 \text{ Hz (BF)}$$

$$C_3 = 0,1 \mu\text{F} \quad 5 \text{ Hz à } 1,5 \text{ kHz}$$

$$C_3 = 1 \text{ nF} \quad 50 \text{ Hz à } 20 \text{ kHz (large bande)}$$

Le plan de perçage du boîtier se trouve *figures 10 et 11.*

### Nomenclature des composants utilisés dans la réalisation du V.C.O.

$R_1$  : 100 k $\Omega$  1/2 W 5 %

$R_2$  : 10 k $\Omega$  1/2 W 5 %

$R_3$  : 100 k $\Omega$  1/2 W 5 %

$R_4$  : 47 k $\Omega$  1/2 W 5 %

$R_5$  : 100 k $\Omega$  1/2 W 5 %

$R_6$  : 47 k $\Omega$  1/2 W 5 %

$R_7$  : 47 k $\Omega$  1/2 W 5 %

$R_8$  : 100 k $\Omega$  1/2 W 5 %

$R_9$  : 47 k $\Omega$  1/2 W 5 %

$R_{10}$  : 2,2 k $\Omega$  1/2 W 5 %

$R_{11}$  : 10 k $\Omega$  1/2 W 5 %

$R_{12}$  : 1 k $\Omega$  1/2 W 5 %

$R_{13}$  : 3,9 k $\Omega$  1/2 W 5 %

$R_{14}$  : 1 k $\Omega$  1/2 W 5 %

$R_{15}$  : 3,9 k $\Omega$  1/2 W 5 %

$R_{16}$  : 1 M $\Omega$  1/2 W 5 %

$R_{17}$  : 1 M $\Omega$  1/2 W 5 %

$R_{18}$  : 680  $\Omega$  1/2 W 5 %

$R_{19}$  : 680  $\Omega$  1/2 W 5 %

$C_1$  : 0,1  $\mu\text{F}$

$C_2$  : 0,1  $\mu\text{F}$

$C_3$  : 1 nF à 1  $\mu\text{F}$  (voir texte)

$D_1, D_4, D_5$  : 1N914

$D_2, D_3$  : zener 5,1 V ou 5,6 V  
250 mW

$T_1, T_2$  : Fet 2N3819

$IC_1$  :  $\mu\text{A}741, \text{F}741, \text{SFC}2741, \text{SN}2741$  (Dual 14 broches ou 8 broches)

$P_1$  : potentiomètre log 10 k $\Omega$  (B)  
2xfiches DIN 3 broches châssis  
(alimentation)

4 fiches Cinch (entrée/sortie)

1 bouton pour potentiomètre

1 coffret Teko 4B

$IC_2, IC_3, IC_4$  : TL081CP Texas  
(ou bien 741).

*Une remarque : il est préférable d'utiliser des TL081 CP (Texas) comme AOP pour  $IC_{2,3,4}$ .  $IC_1$  n'a aucun intérêt à être de ce type.*