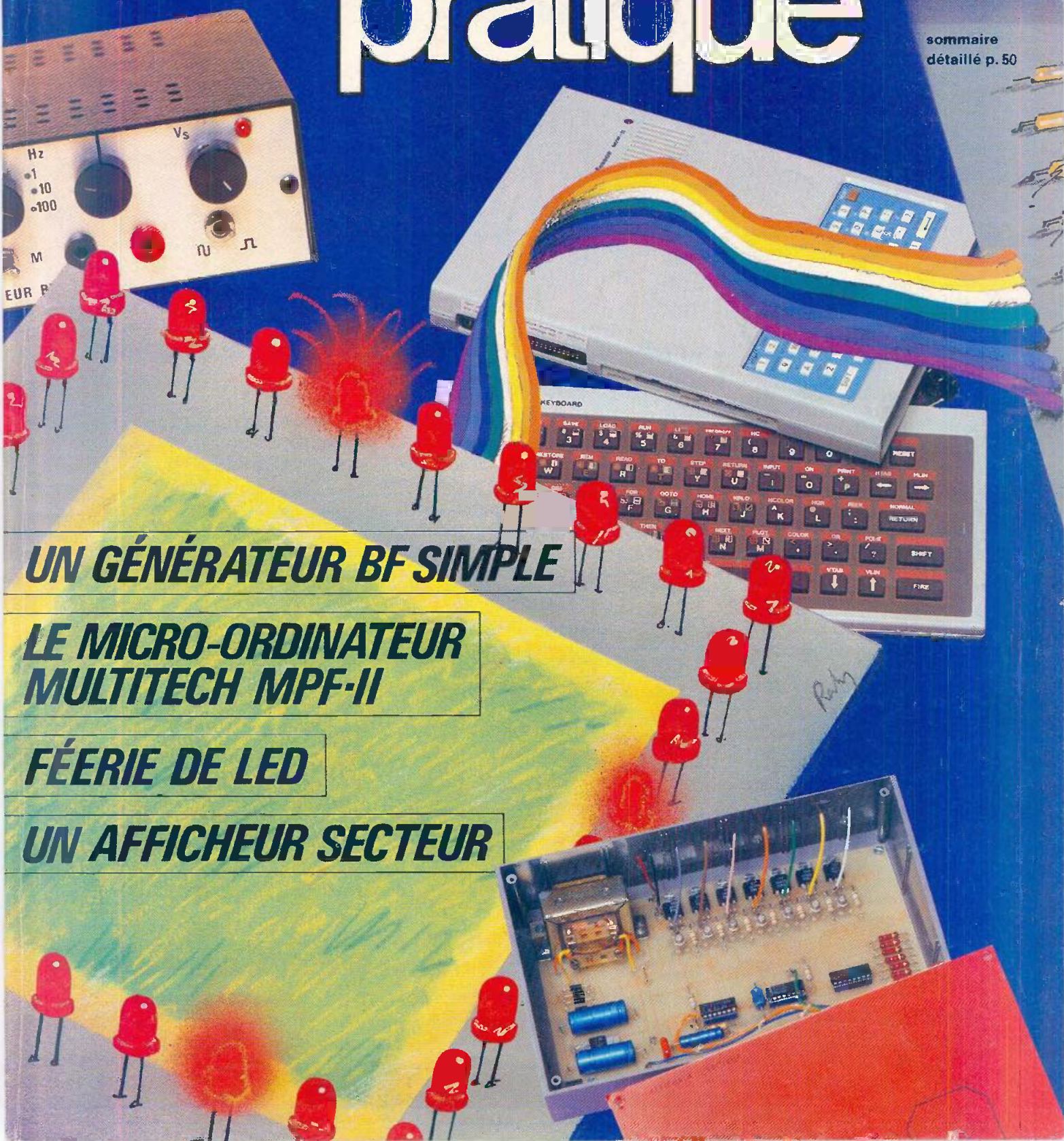


12^e
N° 66 NOUVELLE SÉRIE
DECEMBRE 1983
Canada \$ 2,00
Suisse 4,00 FS
Tunisie 1,80 Din
Belgique 97 FB
Espagne 220 Ptas
Italie 4.800 Lires

I.S.S.N. 0243 4911

électronique pratique

sommaire
détaillé p. 50

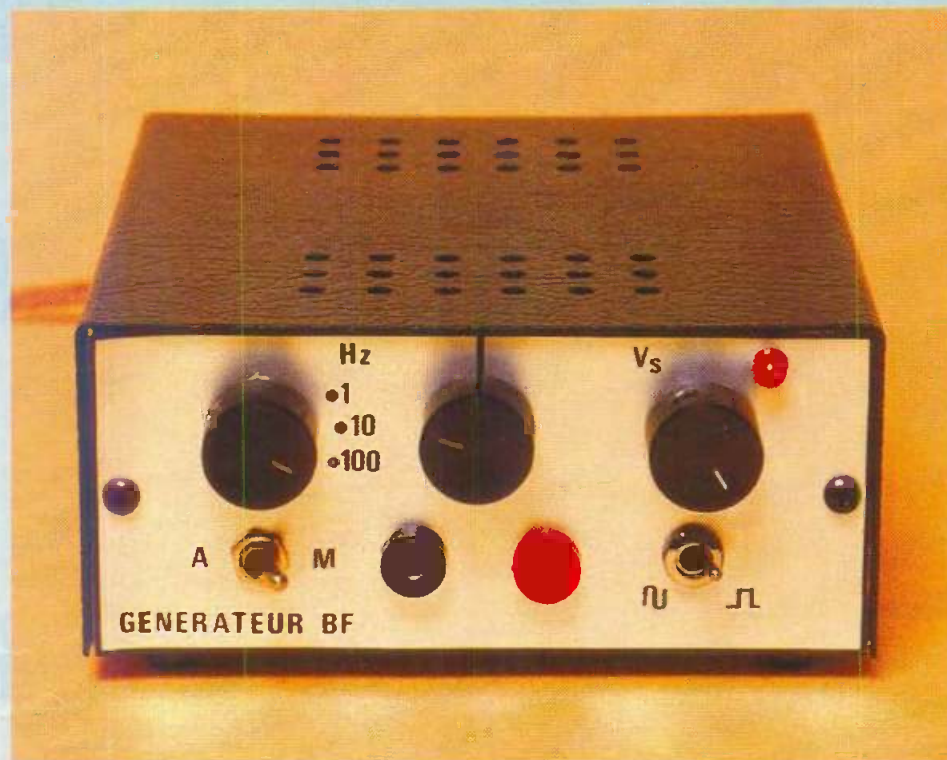


UN GÉNÉRATEUR BF SIMPLE

**LE MICRO-ORDINATEUR
MULTITECH MPF-II**

FÉERIE DE LED

UN AFFICHEUR SECTEUR



GENERATEUR BF 20 Hz - 20 kHz

En matière de génération de signaux basse fréquence (de quelques hertz à quelques centaines de kilohertz), deux techniques s'affrontent le plus souvent. L'élaboration directe de sinusoïdes, dont on peut facilement faire dériver des créneaux, s'obtient depuis longtemps à l'aide d'oscillateurs à pont de Wien. Plus récemment, et surtout avec l'avènement de circuits intégrés performants, sont apparus les générateurs de fonctions : ceux-ci engendrent, simultanément, des triangles et des rectangles. Les sinusoïdes découlent alors de la mise en forme des triangles.

Lune et l'autre techniques offrent à la fois des avantages, et des inconvénients. Au rang de ces derniers, on notera : pour les oscillateurs à pont de Wien, la difficulté de maintenir constante l'amplitude, à toutes les fréquences, et la nécessité de faire varier simultanément deux composants (potentiomètre double, par exemple) ; pour les générateurs de fonctions, une complexité... qui s'accompagne d'un prix assez élevé.

Le générateur que nous proposons ici s'écarte de ces deux catégories. Bien que très simple, il offre des performances suffisantes pour un petit laboratoire d'amateur, et ceci pour un coût très modeste.

I - Le principe de fonctionnement

Il nous faut, pour l'exposer, revenir d'abord sur un problème relevant des mathématiques : il s'agit de la décomposition, en ses composantes sinusoïdales, d'un signal périodique de forme quelconque. Que nos

lecteurs se rassurent : nous arriverons directement aux résultats, sans nous égarer dans les méandres d'une démonstration ardue.

Le théorème de Fourier s'énonce ainsi : toute grandeur périodique, de fréquence F , peut être considérée comme la somme de grandeurs purement sinusoïdales, de fréquences respectives F , $2F$, $3F$, etc. La grandeur sinusoïdale de fréquence F est la fondamentale du signal. Les composantes à la fréquence $2F$, $3F$, ... s'appellent les harmoniques de rang 2, 3, etc.

Ces considérations s'appliquent, notamment, à un signal rectangulaire, comme celui de la figure 1a. Il résulte de l'addition de sinusoïdes de fréquences croissantes (F , $3F$, $5F$, $7F$... les harmoniques pairs n'existant pas dans cet exemple), et d'amplitudes de plus en plus faibles. C'est ce que montrent les figures 1b, 1c, 1d, 1e.

Faisons alors passer, comme le propose la figure 2, un signal tel que celui de la figure 1a, à travers un filtre passe-bande, calé sur la fréquence F_0 . Un tel filtre restitue pres-

Fig. 1

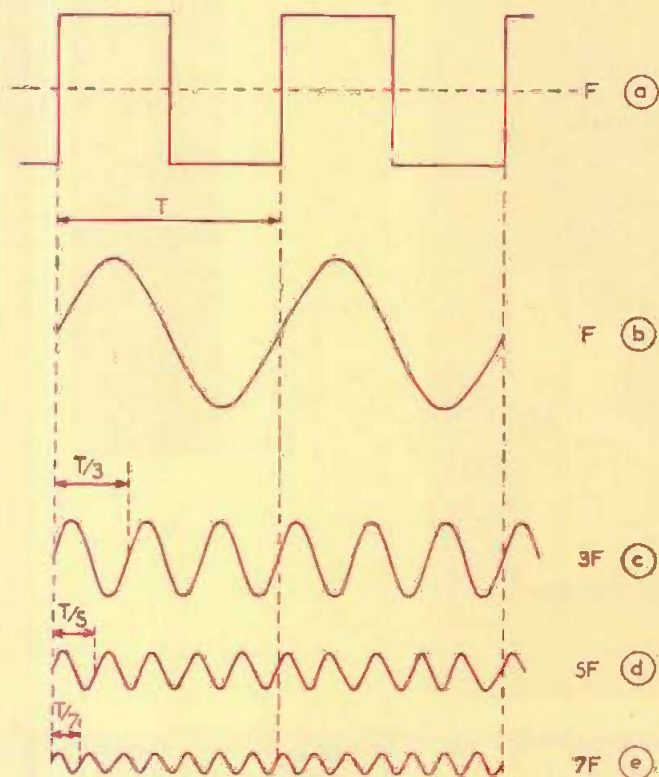


Fig. 2



Fig. 3

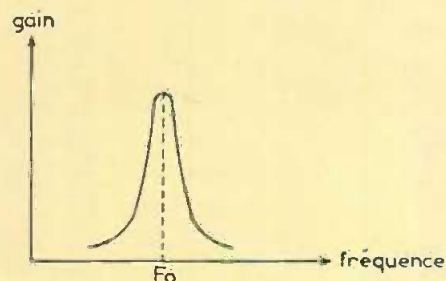
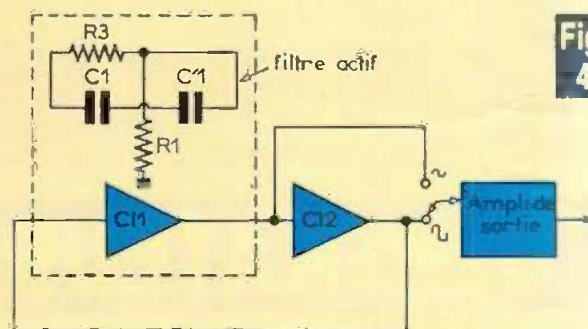


Fig. 4



Rappel de la décomposition, en ses composantes sinusoïdales, d'un signal de forme quelconque. Schéma de principe d'un filtre actif.

que intégralement la fondamentale, mais atténuée fortement les harmoniques, ainsi que l'indique sa courbe de réponse, donnée en figure 3. En sortie, on ne trouve donc que la sinusoïde fondamentale, de fréquence F_0 , entachée toutefois d'un faible résidu d'harmoniques, qui constituent la distorsion du signal. Celle-ci demeure très acceptable si elle ne dépasse pas 0,5 à 1 %, ce qui, nous le verrons, est le cas de notre montage.

Arrivons-en, maintenant, au synoptique de ce dernier, qu'on trouvera en figure 4. Il comporte deux parties essentielles : le filtre, de type actif, construit autour de l'amplificateur opérationnel $C1$, et dont la fréquence centrale dépend du choix des composants R_1 , R_3 , C_1 et $C'1$ (notations apparemment curieuses, mais qui sont celles du schéma complet) ; le comparateur $C2$, qui transforme en crêteaux les sinusoïdes appliquées sur son entrée. Rebouclé sur lui-même avec la phase

convenable, l'ensemble entre spontanément en oscillations. A l'aide du commutateur K_2 , on sélectionne, pour les diriger vers l'amplificateur de sortie, les sinusoïdes ou les crêteaux.

II - Schéma complet du générateur

On le trouvera à la figure 5, où sont détaillées les structures réelles des trois sous-ensembles précédemment cités.

Afin de permettre une variation de la fréquence, deux réglages ont été prévus. Le premier, commandé par le commutateur double K_{1a} , K_{1b} , sélectionne trois couples de condensateurs, correspondant à trois gammes de fréquences : de 20 Hz à 200 Hz, de 200 Hz à 2 kHz, et de 2 kHz à 20 kHz. A l'intérieur de chacune de ces gammes, la variation continue s'obtient à l'aide du potentiomètre P_1 .

Prélevées sur la sortie du filtre, les sinusoïdes sont acheminées vers l'entrée inverseuse du comparateur $C2$, à travers R_4 et C_5 . L'excursion totale de tension, sur la sortie de $C2$, atteint pratiquement l'amplitude totale de l'alimentation, soit 24 V. On l'écrite à l'aide de R_7 et de la diode Zéner DZ , puis on en prélève une partie réglable, sur le curseur de la résistance ajustable AJ . Ceci permet, lors de la mise au point, de régler l'amplitude maximale des sinusoïdes : nous y reviendrons.

L'étage de sortie s'articule autour des transistors complémentaires T_1 et T_2 . Utilisés tous les deux en émetteur commun, ces transistors ne fournissent aucun gain en tension, mais un grand gain en puissance. Ils permettent donc de disposer de signaux à basse impédance, sur la sortie du générateur. En fait, on a remonté cette impédance à la valeur standardisée de 600 Ω , grâce à la résistance R_{14} (à laquelle s'ajoute la

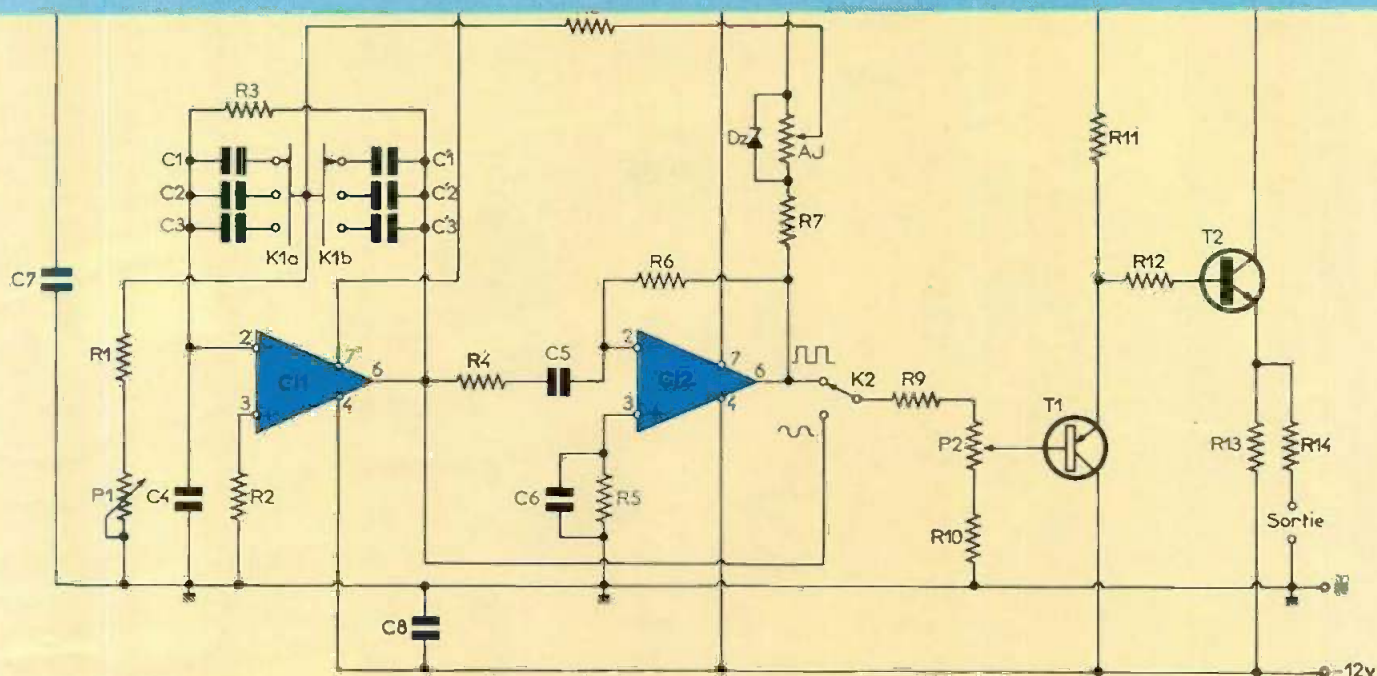


Fig. 6

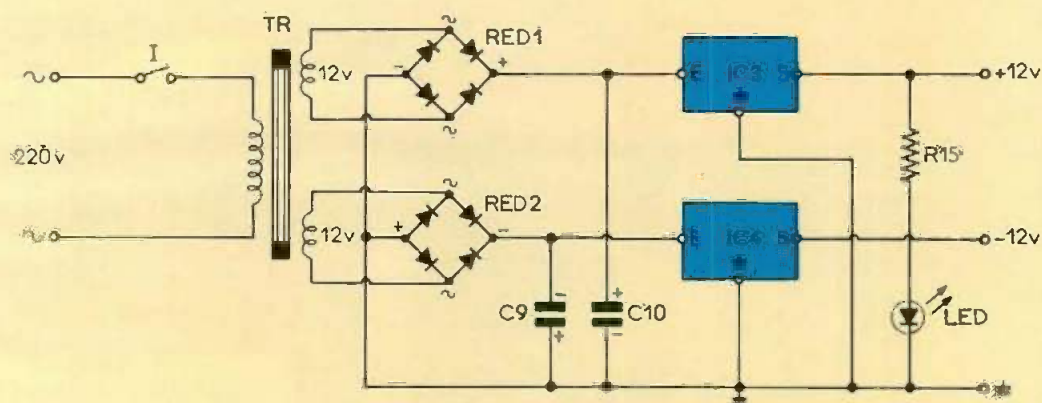


Schéma de principe général du générateur BF construit autour de très classiques circuits intégrés. Schéma de l'alimentation.

résistance interne de l'étage T_2 , voisine de quelques dizaines d'ohms). En même temps, R_{14} protège T_2 contre des courts-circuits accidentels sur la sortie.

Le commutateur K_2 , comme nous l'avons déjà expliqué, sélectionne l'une ou l'autre des deux formes d'ondes. Il est suivi du potentiomètre P_2 , pour le réglage de l'amplitude.

Le générateur, évidemment, doit être complété par une alimentation, dont la figure 6 donne le schéma. On en remarquera l'extrême simplicité, due à l'emploi de régulateurs intégrés à trois pattes. Les tensions prises sur les deux secondaires du

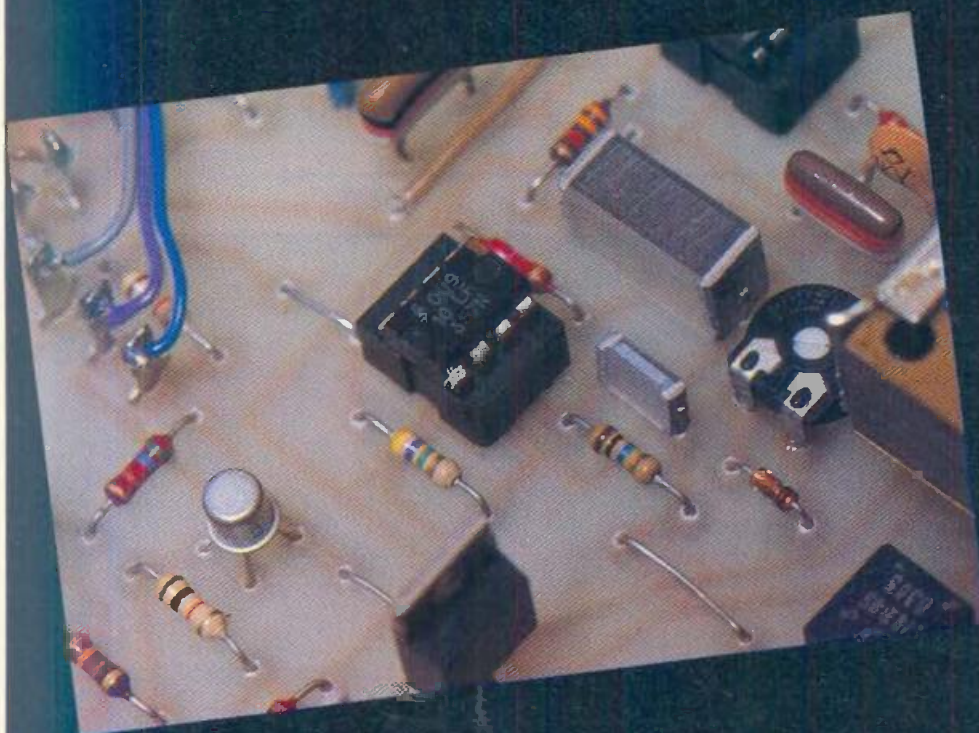
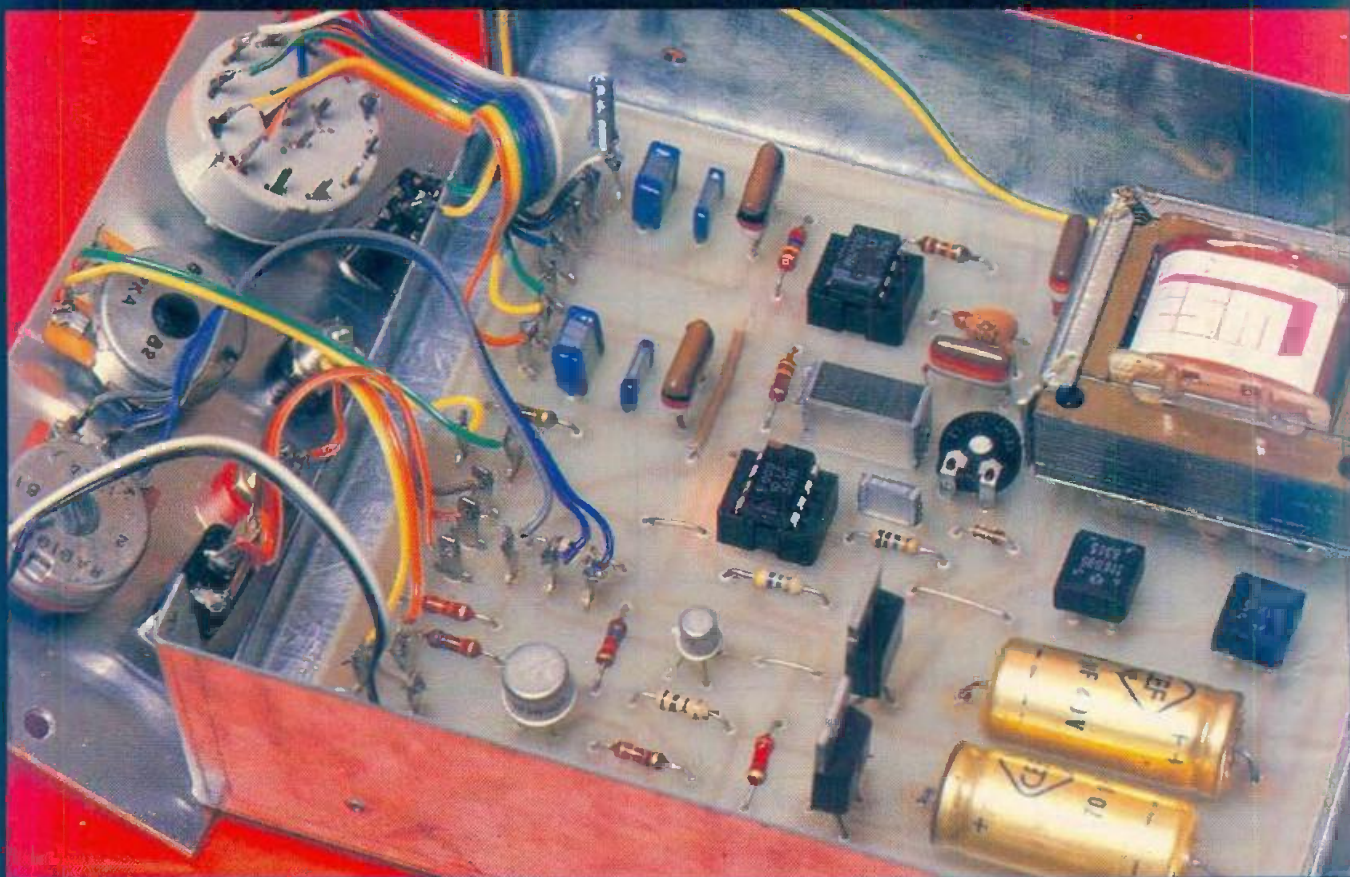
transformateur sont d'abord redressées à double alternance par deux redresseurs RED_1 et RED_2 , puis filtrées par les condensateurs C_9 et C_{10} . Nos lecteurs connaissent maintenant les régulateurs (un 7812 pour la branche positive, un 7912 pour la branche négative), et nous n'y reviendrons pas. La diode LED, alimentée à travers R_{15} depuis le + 12 V, sert de témoin de mise sous tension.

Un dernier filtrage s'impose, en sortie, par des condensateurs à film plastique, pour éliminer les pointes de commutation. Il s'agit des condensateurs C_7 et C_8 portés sur la figure 5.

III - Le circuit imprimé et son câblage

A l'exception des différents commutateurs, interrupteurs et potentiomètres, tous les composants du générateur sont rassemblés sur un unique circuit imprimé, dont on trouvera le dessin en figure 7. La figure 8, complétée par nos photographies, donne toutes les indications nécessaires au câblage.

Faut-il rappeler la nécessité de respecter l'orientation des divers composants ? Cette remarque s'impose particulièrement pour les deux régulateurs, dont les brochages différent.

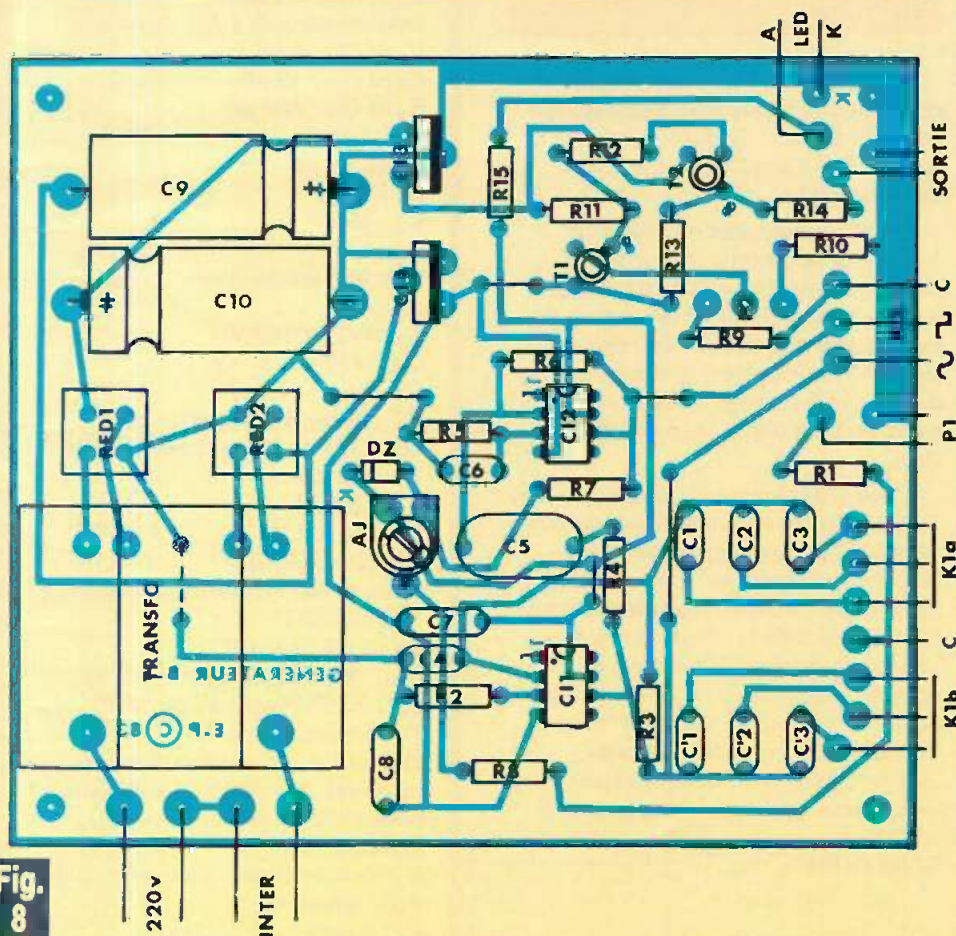
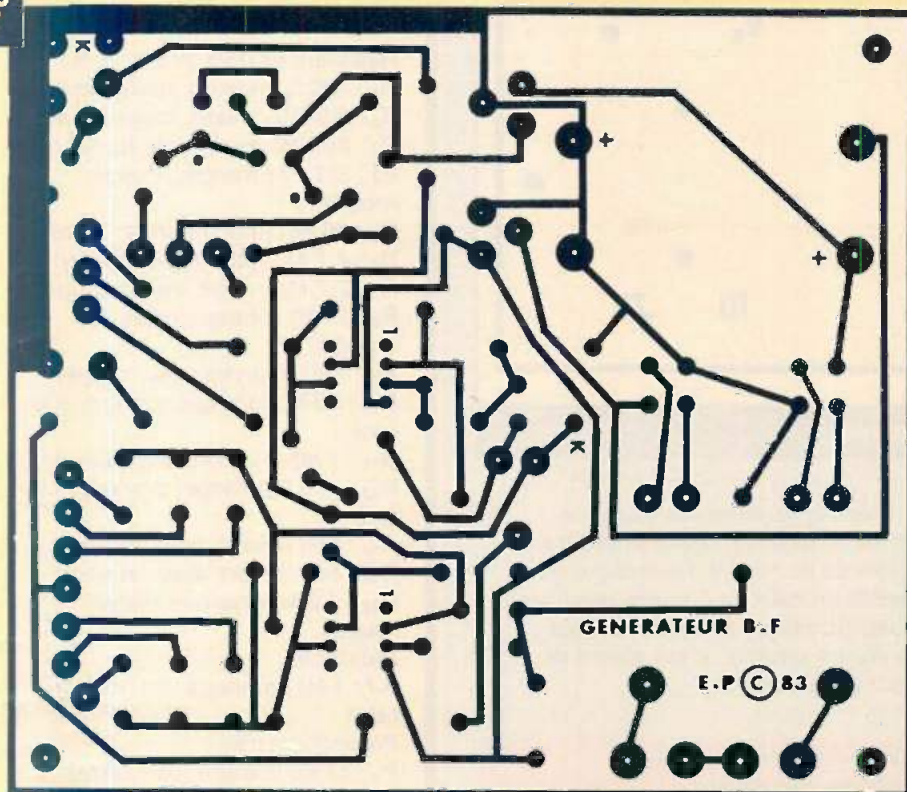


IV – Préparation du coffret et montage final

Le coffret utilisé est un modèle ESM, portant la référence EB11/05FA. Rappelons qu'il s'harmonise avec celui de l'alimentation stabilisée décrite dans un précédent numéro (Electronique Pratique n° 65), ainsi qu'avec celui d'une prochaine description (amplificateur de mesures pour multimètre et oscilloscope, à paraître bientôt).

La façade sera dessinée et percée selon les indications de la **figure 9**. Sur notre prototype, nous avons, comme pour l'alimentation, utilisé un film Scotchcal sur support d'aluminium. Si on colle directement des symboles à transfert sur le coffret, il sera prudent de les protéger par un vernis.

Une fois les différents composants mécaniques fixés, on installera les fils de liaisons avec le circuit imprimé. Aussi courts que possible,

Fig.
7Fig.
8

Le tracé du circuit imprimé publié grandeur nature se reproduira facilement. Implantation des composants avec divers straps de liaison.

ces fils devront cependant permettre de rabattre la façade à plat, comme le montrent nos clichés : le travail, et d'éventuels contrôles, s'en trouvent facilités.

V - Quelques conseils pour le choix des composants

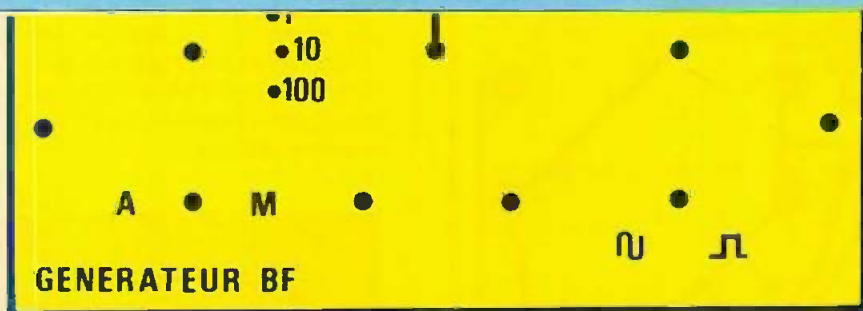
Sur une gamme donnée, la fréquence est d'autant plus basse qu'on augmente la résistance de P_1 , et d'autant plus élevée qu'on la diminue. On pourrait alors songer à augmenter la plage d'excursion en choisissant un potentiomètre P_1 de plus forte valeur, et en diminuant la résistance talon R_1 .

Dans le premier cas, il faut une grande augmentation de P_1 pour un faible gain vers les basses fréquences. L'échelle se trouve alors très dilatée à son début, au détriment de la précision vers le milieu et le haut de la gamme. D'autre part, pour de grandes résistances, le signal sinusoïdal se détériore inacceptablement, ainsi que le montre l'oscillogramme A.

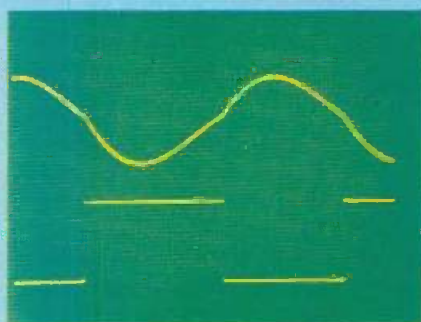
A l'inverse, si on diminue trop R_1 , l'ensemble se met brutalement à osciller en haute fréquence. Nous recommandons à nos lecteurs de se conformer scrupuleusement aux valeurs indiquées, qui ont donné les meilleurs résultats sur notre maquette (excursion dans un rapport 10 sur chaque gamme).

Les amplificateurs opérationnels $C1$ et $C2$ sont des modèles Bi-Fet, à très forte impédance d'entrée, à large bande passante, et à grand slew-rate. Il s'agit maintenant de modèles couramment disponibles chez les revendeurs, pour un prix modique : n'essayez pas de les remplacer par de vagues équivalents. Seuls les LF 157, LF 257 ou LF 357 conviennent (ils ne diffèrent que par la plage des températures, et le LF 357 est le plus économique). En les installant sur des supports pour CI, on évitera de les détruire au soudage.

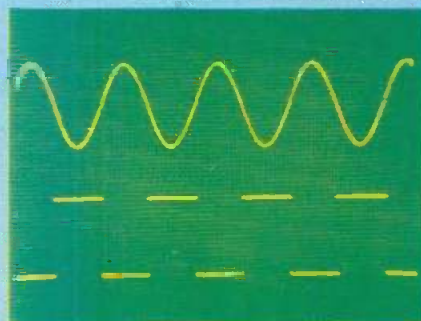
Le condensateur P_1 peut être, au choix, un modèle linéaire, ou logarithmique.



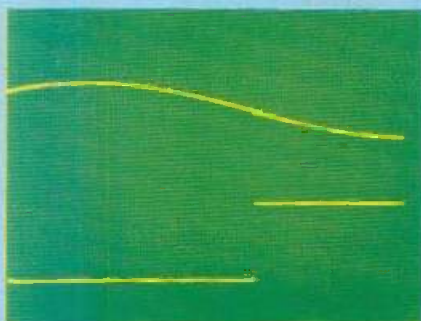
Aspect retenu pour la face avant de l'appareil.



A) Pour de grandes résistances, le signal se détériore.



B) Qualité des signaux à 1 kHz.



C) En dilatant l'échelle, faible durée des temps de montée.

Dans le premier cas (celui de notre maquette), l'échelle des fréquences se trouve davantage resserrée en haut de gamme, mais les potentiomètres linéaires sont de meilleure qualité : c'est affaire de goût personnel...

VI - Les réglages et les résultats obtenus

L'appareil doit fonctionner dès sa mise sous tension, et le seul réglage est celui de la résistance ajustable AJ, qui fixe l'amplitude maximale des sinusoïdes.

On se placera aux environs de 1 kHz (sur la gamme intermédiaire), commutateur K_2 basculé dans la position « sinusoïdes » et le curseur de P_2 vers le point chaud. On réglera alors AJ pour obtenir une amplitude de 5 V crête à crête, ce qui correspond au plus faible taux de distortion.

L'oscillogramme B, relevé à 1 kHz, montre la qualité des signaux obtenus : elle est assez remarquable, pour un appareil aussi simple. En dilatant l'échelle (oscillogramme C), on constate la faible durée des temps de montée. Si le câblage est soigné (respecter la disposition explicitée par nos photos pour les fils de liaison), on ne doit retrouver qu'une très faible incidence des transitions rectangulaires, sur les sinusoïdes.

R. RATEAU

- R_1 : 100 Ω (marron, noir, marron)
- R_2 : 220 k Ω (rouge, rouge, jaune)
- R_3 : 560 k Ω (vert, bleu, jaune)
- R_4 : 3,3 k Ω (orange, orange, rouge)
- R_5 : 10 M Ω (marron, noir, bleu)
- R_6 : 4,7 M Ω (jaune, violet, vert)
- R_7 : 2,7 k Ω (rouge, violet, rouge)
- R_8 : 33 k Ω (orange, orange, orange)
- R_9 : 1 k Ω (marron, noir, rouge)
- R_{10} : 330 Ω (orange, orange, marron)
- R_{11} : 1 k Ω (marron, noir, rouge)
- R_{12} : 330 Ω (orange, orange, marron)
- R_{13} : 560 Ω (vert, bleu, marron)
- R_{14} : 560 Ω (vert, bleu, marron)
- R_{15} : 1,2 k Ω (marron, rouge, rouge)

Ajustable :

AJ : 1 k Ω (implantation horizontale)

Potentiomètres :

P_1 : 47 k Ω linéaire (voir texte)

P_2 : 10 k Ω linéaire

Condensateurs à film plastique :

C_1 et C'_1 : 1 nF

C_2 et C'_2 : 10 nF

C_3 et C'_3 : 100 nF

C_4 : 47 pF

C_5 : 0,68 μ F

C_6 : 10 nF

C_7 : 12 nF

C_8 : 12 nF

Condensateurs électrochimiques :

C_9 : 470 Ω F (40 V)

C_{10} : 470 μ F (40 V)

Diodes :

DZ : Zener 5,6 V (400 mW)

LED : diode électroluminescente

Transistors :

T_1 : 2N 2907

T_2 : 2N 1617

Circuits intégrés :

RED $_1$ et RED $_2$: ponts redresseurs 100 mA 50 V

CL $_1$ et CL $_2$: LF 357

CL $_3$: 7812 (régulateur + 12 V)

CL $_4$: 7912 (régulateur - 12 V)

Transformateur :

220 V, 2 $\times$ 12 V (enroulements séparés). Pour implantation sur circuit imprimé.

Divers :

K_1 : commutateur deux sections, trois positions.

K_2 : inverseur 1 section

I : interrupteur

Deux douilles de sortie.