

TENSIONS SINUSOIDALES ET RECTANGULAIRES

à variation continue entre 20 Hz et 1 MHz

Le GÉNÉRATEUR AG-10

Heathkit

Il y a deux ans, nous avons le plaisir de décrire dans cette revue un trio d'appareils établis pour le relevé des performances détaillées d'un appareil B.F.: il s'agissait des appareils HEATHKIT AA-1, l'Analyseur qui comporte notamment un distorsiomètre par intermodulation (n° 206); HD-1, le Distorsiomètre Harmonique (n° 207) et AG-9, le Générateur à très faible distorsion (n° 208). Ce dernier, on s'en souvient, est un modèle R-C dans lequel la fréquence est commandée par décades. Très commode pour le relevé par points des courbes de réponse ou d'un taux de distorsion, cet appareil ne dispense pas d'un générateur B.F. à variation continue de la fréquence, indispensable, en particulier, pour les études de résonance de transformateurs, de haut-parleurs, de meubles ou même de locaux.

Le Générateur AG-10 ne remplace donc pas l'AG-9; il le complète pour la génération des signaux sinusoïdaux; de plus, il constitue une source de signaux rectangulaires d'autant plus précieuse qu'elle peut être utilisée, à la même fréquence il est vrai, en même temps que la source sinusoïdale, les circuits et atténuateurs de sortie étant séparés.

Performances

Le générateur AG-10 est un appareil à très large bande, débordant de loin le domaine de la B.F. pour couvrir celui de la video, puisque, en sinusoïdal comme en rectangulaire, il couvre sans interruption la plage de 20 Hz à 1 MHz.

Cet intervalle est découpé en cinq bandes: 20 - 200; 200 - 2000; 2000 - 20 000; 20 000 - 200 000; 200 000 Hz - 1 MHz (cette dernière bande faisant l'objet d'une graduation séparée occupant la partie inférieure de l'échelle semi-circulaire).

Ses autres caractéristiques sont les suivantes:

TENSIONS SINUSOIDALES

Sortie: 0 à 10 V; 0 à 1 V; 0 à 100 mV; 0 à 10 mV, le tout en valeurs efficaces et sur une charge à haute impédance.
Impédance de sortie: Variable de 0 à 4000 Ω pour la position 10 V; 600 Ω \pm 10 % pour les tensions jusqu'à 1 V.
Distorsion: Inférieure à 0,25 %.
Amplitude en fonction de la fréquence: \pm 1,5 dB de 20 Hz à 1 MHz.

TENSIONS RECTANGULAIRES

Sortie: 0 à 10 V; 0 à 1 V; 0 à 100 mV, le tout crête à crête et sur une charge à haute impédance.
Impédance de sortie: Variable de 0 à 220 Ω \pm 10 % pour la gamme directe; 52 Ω \pm 10 % pour les tensions inférieures à 1 V.
Temps de montée: Inférieur à 0,15 μ s.
Pour les deux fonctions, la précision en fréquence est de \pm 5 %.

L'alimentation est faite en-tension alternative 50 à 60 Hz, 105 à 125 V, 55 W.

L'appareil a les mêmes dimensions que, notamment le Distorsiomètre HD-1 et l'Analyseur AA-1, soit 33 cm de large, 21,5 cm de haut et 18 cm de profondeur. Il pèse 6 kg.



Schéma

Pour une fois, nous commencerons par examiner l'alimentation, où une surprise nous attend : plus de valve, mais deux diodes au silicium connectées en doubles de tension. On connaissait l'existence de ces pièces, mais aussi leur prix relativement élevé ; le fait que nous les rencontrons dans un montage de ce genre prouve qu'aux U.S.A. tout au moins, la fabrication en grande série a dû effectivement commencer, avec des prix « compétitifs ».

Suit le filtrage, sans bobine, mais avec des condensateurs chimiques de très fortes valeurs. Les découplages individuels effectués à tous les étages du montage complètent l'élimination du ronflement.

L'obtention des signaux rectangulaires étant faite à partir de la tension sinusoïdale, nous commencerons par voir comment cette dernière est engendrée. Rien de révolutionnaire ici : le bien classique T ponté (comme dans l'AG-9) fixe la fréquence d'oscillation. Il est inséré dans une boucle de contre-réaction issue de la sortie (cathodique) de V2 et aboutissant à la grille de V1. Mais on a disposé aussi une boucle de réaction, passant, elle, par la lampe de 3 W à filament de tungstène. Sollicité d'une part à accrocher, d'autre part à ne pas accrocher, le montage oscille finalement à la seule fréquence pour laquelle le filtre en T est en résonance. Cette fréquence correspond à une valeur telle que

$$F = 1/2 \pi RC.$$

Le terme C est rendu variable de façon continue par l'action d'un C.V. à double cage. Le terme R, que l'on calcule à partir des résistances du T par l'égalité :

$$R = \sqrt{R_1 R_2}$$

varie, lui, par bonds, le contacteur de gammes modifiant simultanément R_1 et R_2 suivant les valeurs du tableau inséré au bas du schéma général.

Quant à l'amplitude de l'oscillation, elle est maintenue constante par la lampe de 3 W déjà citée, à coefficient de température positif élevé. Si la tension de sortie tend à augmenter, le courant dans la lampe tend à croître ; la température du filament tend à croître également, d'où élévation de la résistance et réduction du courant de réaction, d'où, en fin de compte, opposition à l'augmentation supposée de la tension initiale. Le même processus est évidemment suivi, en sens inverse, si la tension tend à baisser.

Le circuit d'oscillation comportait un tube à charge cathodique, V2 (la 6 CB 6 travaillant en amplificatrice à grand gain et large bande). Nous en trouvons un second, destiné à isoler complètement l'oscillateur du circuit d'utilisation. Ce dernier comprend un atténuateur de sortie, procédant à la fois par bonds décimaux et de façon fine au moyen du potentiomètre de 10 k Ω .

Ce qui caractérise principalement ce montage, au demeurant classique dans ses grandes lignes, c'est la présence de plusieurs éléments ajustables dont nous allons voir le rôle : le potentiomètre inséré dans le circuit de la lampe de 3 W permet le dosage de la réaction, et par conséquent l'ajustage de la tension maximum d'oscillation.

Le petit condensateur ajustable a pour rôle de parfaire la symétrie du condensateur variable, ce qui a pour effet de rendre aussi constante que possible l'amplitude des oscillations pour toutes les fréquences couvertes par la rotation du C.V. Ce résultat est d'ordinaire obtenu par tâtonnements, en essayant successivement des condensateurs de petites valeurs. Le trimmer permet ce réglage plus rapidement et plus « proprement ».

Le condensateur ajustable double, lui, autorise la modification simultanée de la capacité des deux éléments du C.V. ; c'est donc un ajustage de la fréquence qu'il assure. C'est grâce à lui, notamment, que le panneau avant a pu être imprimé directement en fréquences.

Enfin, le potentiomètre repéré « Distorsion », dans le circuit de cathode de la 6 CB 6, règle la polarisation, donc le point de fonctionnement du tube, et permet, comme nous le verrons plus loin, d'obtenir la distorsion minimum.

Obtention des signaux rectangulaires

Nous retrouverons encore dans cette section de l'AG-10 deux tubes à charge cathodique, l'un à l'entrée, l'autre à la sortie et, entre eux, une bascule (ou « trigger ») de Schmitt.

Le tube d'entrée fait fonction de clapet, laissant les sinusoïdes synchroniser la bascule, mais interdisant toute remontée de signaux rectangulaires vers l'oscillateur sinusoïdal, ce qui est préférable sous l'angle distorsion... La tension sinusoïdale est prise à partir du T ponté, non pas parce que le point en question présente des vertus particulières, mais tout simplement parce que, mécaniquement parlant, c'est lui qui se trouve le plus près, dans le châssis, de la section « rectangulaires ».

La bascule de Schmitt est un circuit dérivé du multivibrateur à couplage cathodique, dans lequel le montage n'a pas de constante de temps propre, ce qui lui permet de suivre, quelle que soit sa fréquence, la tension de synchronisation qui lui est appliquée. C'est sur la grille de la triode V5 A qu'arrive le signal sinusoïdal de déclenchement.

En l'absence de tension en ce point, la triode conduit, et l'autre triode, V5 B, est bloquée. Si l'alternance négative d'une sinusoïde arrive sur la grille de V5 A, le courant d'anode commence à décroître, d'où augmentation correspondante de la tension d'anode. Cette augmentation se

communique, par l'intermédiaire du diviseur de 220 k Ω + 100 k Ω , à la grille de V5 B, ce qui va débloquent le tube. Le courant correspondant traverse la résistance commune de cathodes et y fait apparaître un supplément de tension qui va suffire à bloquer V5 A ; l'autre triode atteint instantanément la saturation, et le montage a basculé.

Il restera dans cet état jusqu'à ce que la tension sur la grille de V5 A devienne légèrement positive, à l'alternance suivante, où le rebasculement se produira. Le passage d'un état à l'autre étant très rapide, on a donc, sur l'anode de V5 B par exemple, une tension rectangulaire très convenable et de fréquence commandée par la tension sinusoïdale d'entrée.

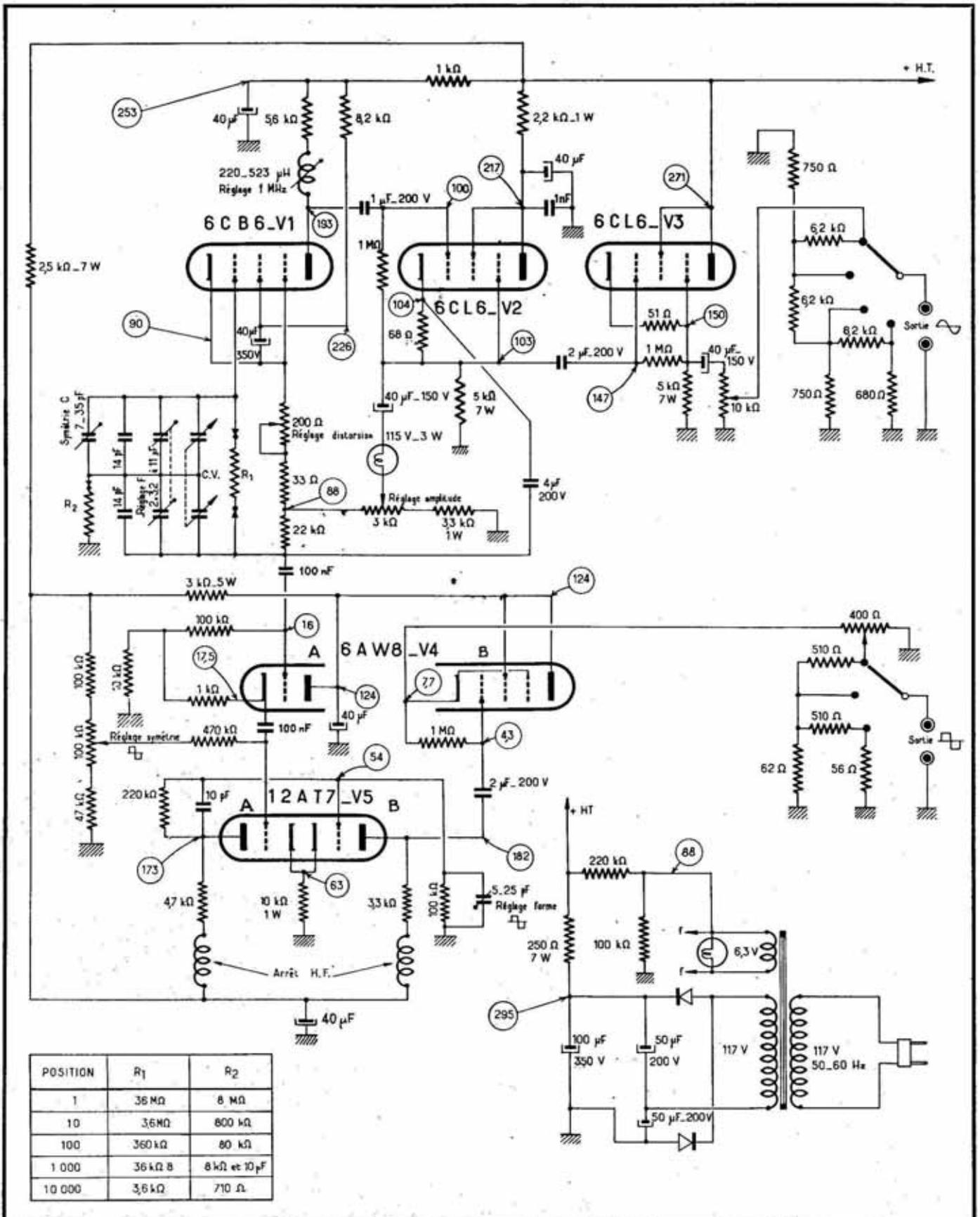
C'est cette tension rectangulaire que le dernier tube à charge cathodique reprend et envoie vers l'atténuateur de sortie, lui aussi à double action : décimale par contacteur et progressive par le potentiomètre de 400 Ω . Remarquer qu'aucun condensateur n'est intercalé entre cathode de V4 B et borne de sortie ; une composante continue pouvant atteindre environ 8 V est donc présente à cette sortie. Il faudra y penser pour certaines mesures ou applications.

Montage

Nous avons photographié le générateur AG-10 de telle sorte que la disposition des principaux organes apparaisse clairement. On trouvera en particulier des gros plans, d'une part du condensateur variable flanqué du trimmer double d'ajustement en fréquence, blindage enlevé, et d'autre part, de la partie correspondante située sous le châssis : contacteur entre les galettes duquel sont montés les éléments du double T, logé lui aussi dans un blindage sensiblement cubique, en compagnie du trimmer assurant la symétrie du C.V.

De part et d'autre de cette « centrale de fréquence », on trouve, en regardant le générateur de face, à droite, la section fournissant le signal sinusoïdal et à gauche celle qui le transforme en une tension rectangulaire. L'alimentation occupe la partie arrière de cette partie gauche. Les diodes au silicium, des 1 N 1084, en forme de cartouche, sont montées dans quelque chose qui semble être un support de fusible, mais qui est, en fait, un support spécial, conçu en particulier de telle sorte que les diodes ne puissent pas

L'oscillateur sinusoïdal du Générateur AG-10 est accordé par un « T ponté » et réglé par une lampe à filament métallique. La tension rectangulaire est fournie par une bascule de Schmitt synchronisée par le signal sinusoïdal. La H.T. est procurée par deux diodes de puissance au silicium.





être branchées à l'envers par inadvertance. Symétriquement, dans l'autre coin du châssis, on aperçoit la lampe de 115 V-3 W assurant la stabilité de l'oscillateur. Près d'elle, le potentiomètre ajustable de dosage de l'amplitude; un peu en avant, celui d'ajustage de la distorsion et, tout à côté, la bobine à noyau plongeur pour l'ajustage de la tension à 1 MHz.

Du côté droit du châssis, toujours vu de face, le condensateur ajustable de réglage de la forme en « rectangulaires » et, dans le coin, le potentiomètre ajustable de réglage de la symétrie, toujours en régime « carré ».

Sur le panneau avant, les commandes sont réparties suivant une agréable symétrie : en haut, évidemment, commande (démultipliée) du C.V., donc de la fréquence; au-dessous, commande par bonds de la fréquence; à droite, réglages de l'amplitude en sinusoïdal; à gauche, réglages correspondants en rectangulaire.

Mise au point

Les appareils de mesure nécessaires pour la mise au point de la source de sinusoïdes se réduisent à un ohmmètre et un voltmètre alternatif à la réponse plate, au moins dans l'intervalle de 60 à 2000 Hz, et si possible entre 20 Hz et 1 MHz.

Avant d'appliquer la tension secteur, enlever la 6CB6 et connecter l'ohmmètre entre la broche 2 de son support, correspondant à la cathode, et l'extrémité reliée

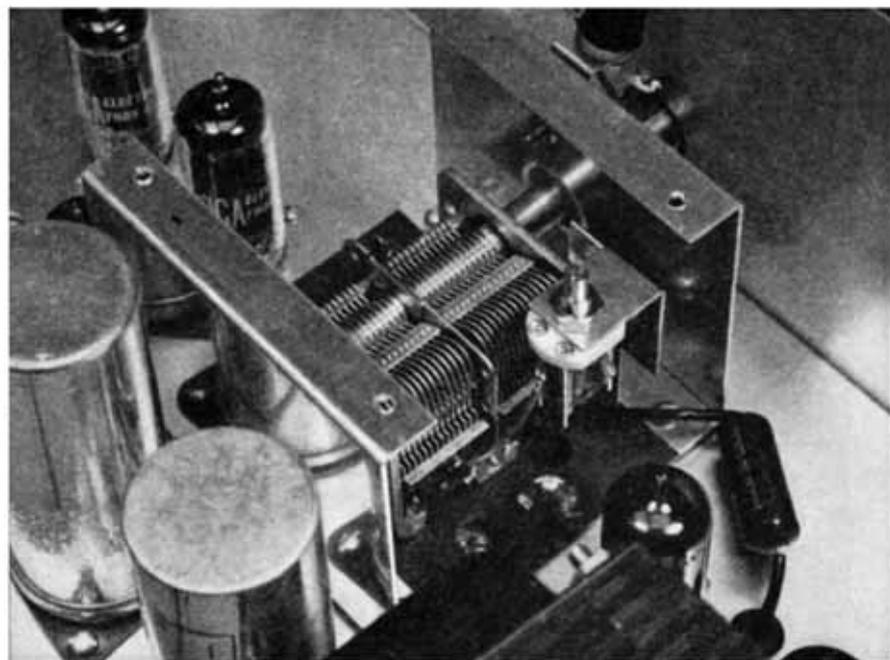
Pour repérer les organes dans cette vue de dessus, se reporter au croquis de la page 261. Le gros plan, blindage enlevé, montre le trimmer double (papillon) d'ajustage en fréquence. A la base de l'élément arrière du C.V., le trou pour accès à la lame cambrée et fendue de réglage du trimmer de symétrie.

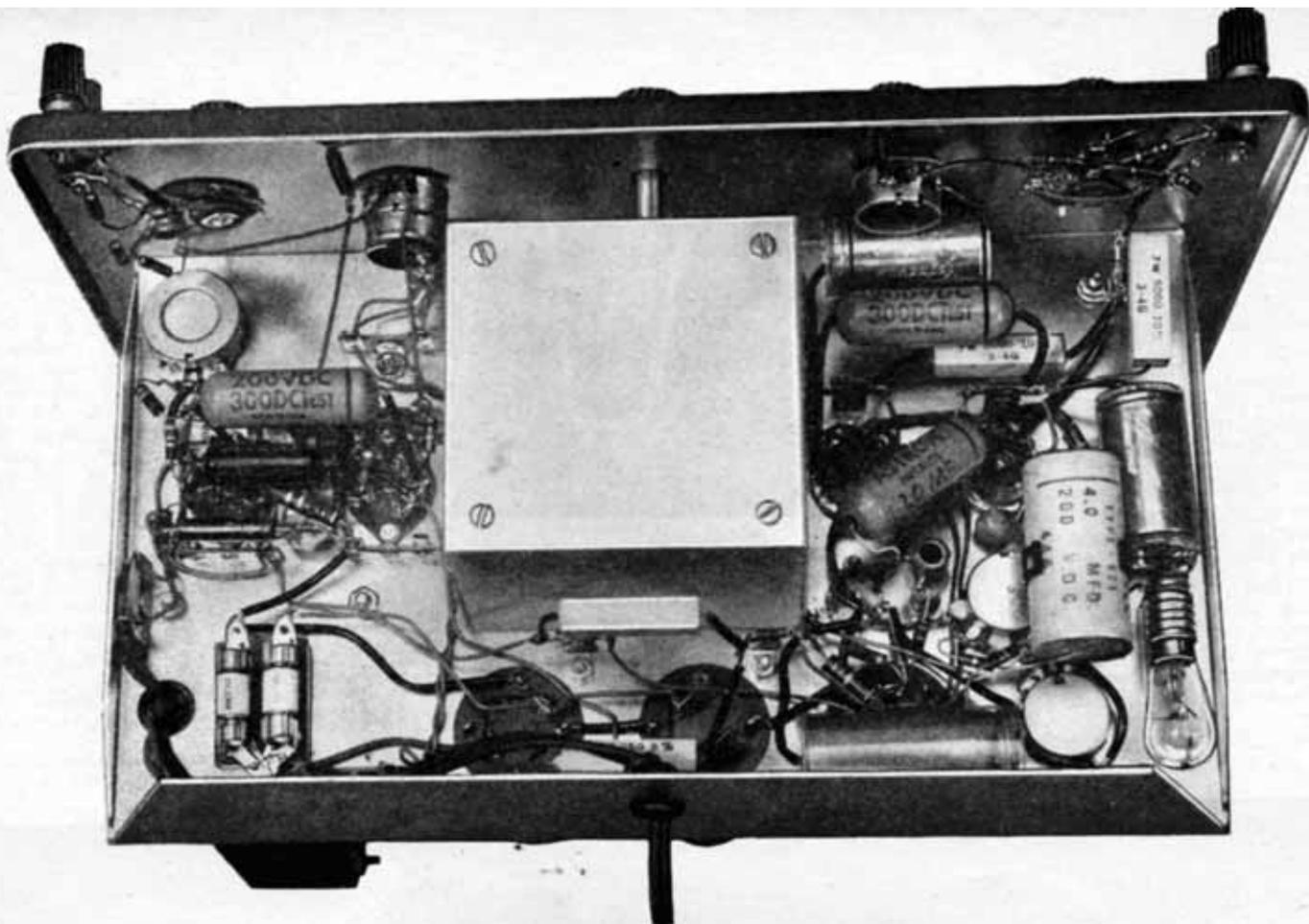
à une résistance de 33 Ω du potentiomètre ajustable de 200 Ω . Avec un tournevis, régler ce potentiomètre pour que la lecture corresponde à 130 Ω . Déconnecter l'ohmmètre et remettre la 6CB6 : la réglage de la distorsion est suffisamment dégrossi pour que la mise au point puisse être effectuée, éventuellement sans distorsiomètre.

Tourner le potentiomètre de réglage d'amplitude (3 k Ω) à fond à droite; mettre celui de réglage de symétrie, côté « rectangulaires », sensiblement à mi-course; régler la bobine à noyau plongeur de telle sorte qu'une longueur de 12 mm environ de la vis de réglage soit visible. Sur le panneau avant, afficher les valeurs suivantes : C.V. : aiguille à fond à gauche; multiplicateur de fréquence : $\times 10$; tous autres boutons à fond à droite. Mettre l'appareil sous tension.

Raccorder le voltmètre, sur une sensibilité comprise entre 15 et 30 V, aux bornes de sortie sinusoïdale. Régler le potentiomètre d'amplitude (3 k Ω) jusqu'à ce que la lecture soit de 10 V eff. Laisser alors l'appareil chauffer de 15 à 30 minutes. Après ce délai, retoucher s'il y a lieu le réglage pour une lecture de 10 V.

Les plaques du condensateur variable étant complètement rentrées, desserrer le prolongateur d'axe isolant et le resserrer après avoir aligné l'aiguille sur le trait horizontal de fin d'échelle, sous le chiffre 20 (fin de course du C.V.). Tourner à ce moment le bouton du C.V. jusqu'à ce que l'aiguille soit sur la division 200. Ajuster, avec un tournevis isolant passant par l'un des trous prévus dans le blindage, le trimmer de symétrie jusqu'à ce que soit obtenue la même lecture qu'en bas de la bande, soit 10 V. Vérifier qu'après retrait du tournevis, la lecture correcte est conservée.





Grands points de cette vue de dessous : à droite, la section « sinusoïdal » avec, en bas, l'ampoule 3 W de régulation. Au centre, le blindage du T ponté ; à sa gauche, la section « rectangulaire » et, en bas, les deux diodes au silicium qui remplacent la valve. Les pièces parallélépipédiques sont les résistances isolées de 7 W.

Ramener l'aiguille du C.V. sur la position d'extrême gauche et placer le multiplicateur de fréquence sur la graduation $\times 1$. Couper provisoirement le secteur déconnecter le fil de masse du voltmètre et le rebrancher sur l'une des cosses du support de l'ampoule témoin. Brancher l'autre cordon du voltmètre sur la borne supérieure de la sortie rectangulaire ; remettre le secteur et, après chauffage, porter lentement l'aiguille du C.V. aux alentours de la division 50. Il va se produire un battement entre la fréquence fournie par le générateur et celle du secteur, matérialisée par la tension de chauffage des filaments. L'aiguille du voltmètre commence par battre très rapidement, puis de moins en moins vite et s'immobilise lorsque les deux fréquences sont égales. Vérifier que, pour ce battement zéro, l'aiguille tombe bien sur la division 50 de l'échelle. Sinon, desserrer, à nouveau le manchon isolant de l'axe de C.V. et recalibrer l'aiguille sur cette division 50.

Porter ensuite l'aiguille sur la division 150. En introduisant un tournevis dans le trou avant du blindage supérieur, ajuster le trimmer double de réglage de fréquence jusqu'à ce que le battement zéro soit obtenu à nouveau. Cette fois, c'est

avec l'harmonique 3 de la tension de secteur que se produit l'interférence. Si les battements ne peuvent être obtenus, transporter le fil de masse du voltmètre sur l'autre cosse de la lampe témoin.

Vérifier à nouveau le réglage du point 50 Hz et, s'il est nécessaire de le retoucher, revoir également celui du point 150 Hz.

Il reste à régler la tension pour la fréquence 1 MHz, ce qui suppose évidemment que l'opérateur est en possession d'un voltmètre capable de fournir une indication suffisamment précise pour cette fréquence. A défaut, un oscilloscope dont la bande passante est suffisamment large (c'est le cas des *Heathkits* 0-10 et 0-11) peut être utilisé. Orienter le sélecteur de fréquence sur la position $\times 10\,000$ et l'aiguille du C.V. sur la division 100 de l'échelle inférieure (point 1 MHz). Raccorder le voltmètre ou l'oscilloscope aux bornes de sortie sinusoïdale. Le voltmètre étant sur la sensibilité 10 V, ajuster le noyau de la bobine à self-induction variable pour que la tension de sortie soit effectivement de 10 V eff.

La notice de montage de l'AG-10 précise que si cette tension ne peut être obtenue au premier essai, il y a lieu

d'écarter légèrement du châssis le condensateur de 40 μF qui découple l'écran de la 6CB6. Si curieux que cela puisse paraître, la manœuvre est très efficace. Nous l'avons constaté en réglant le « Kit » que nous avons eu entre les mains avant d'entreprendre cette description. Au départ, il était impossible d'obtenir plus de 5 V à 10 MHz ; après avoir écarté ledit condensateur de la tôle, nous avons obtenu largement les 10 V requis (1). La notice précise encore qu'un effet analogue pourrait être obtenu en déplaçant le condensateur de 40 μF placé en série avec la lampe de 3 W.

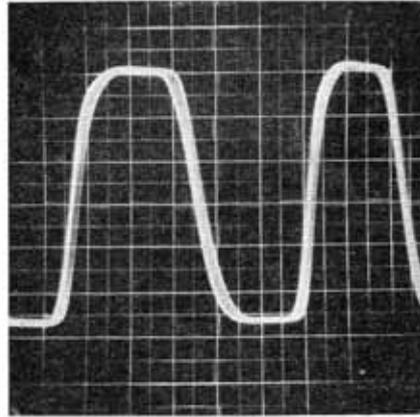
L'étalonnage de la partie « alternatif » est terminé. Les heureux possesseurs d'un distorsiomètre pourront ajuster le potentiomètre correspondant, dans la cathode de la 6CB6, pour la distorsion minimum. Pour cela, raccorder le distorsiomètre à la sortie « alternatif » ; produire avec le générateur une tension de 10 V - 150 Hz et lire sa distorsion. Tourner légèrement

(1) Ce condensateur, porté par des connexions assez longues, est facilement mobile et risque notamment d'être déplacé par un choc. Il serait donc prudent, pour conserver l'étalonnage en haut de gamme, de le bloquer après réglage à l'aide, par exemple, d'une cale et d'une bride en matériaux isolants.

le potentiomètre de 200 Ω de façon à provoquer une réduction apparente de la distorsion sur le distorsiomètre ; mais comme cette manœuvre modifie en même temps la tension de sortie, recalibrer cette dernière avant de lire le nouveau taux de distorsion réelle. En répétant cette manœuvre autant de fois qu'il le faut, on arrive à déterminer expérimentalement le point de plus faible distorsion.

Il ne reste plus qu'à calibrer la section « rectangulaires ». Ici, deux formules, suivant que l'expérimentateur possède ou non un oscilloscope. Dans ce dernier cas, le réglage est bien simple : laisser le potentiomètre d'ajustage de la symétrie au milieu de sa course et orienter la fente de la bride du condensateur ajustable de réglage de forme *parallèlement* à l'arrière du châssis !

Dans l'autre cas, raccorder l'appareil à la sortie rectangulaire ; régler le générateur sur 2000 Hz et ajuster la commande de symétrie jusqu'à ce que les alternances positives et négatives de l'onde aient, sur l'écran, la même hau-



Ce que montre un oscilloscope de quelques mégahertz de bande passante lorsqu'on le raccorde à la sortie « rectangulaire » de l'AG-10 réglé sur 1 MHz.

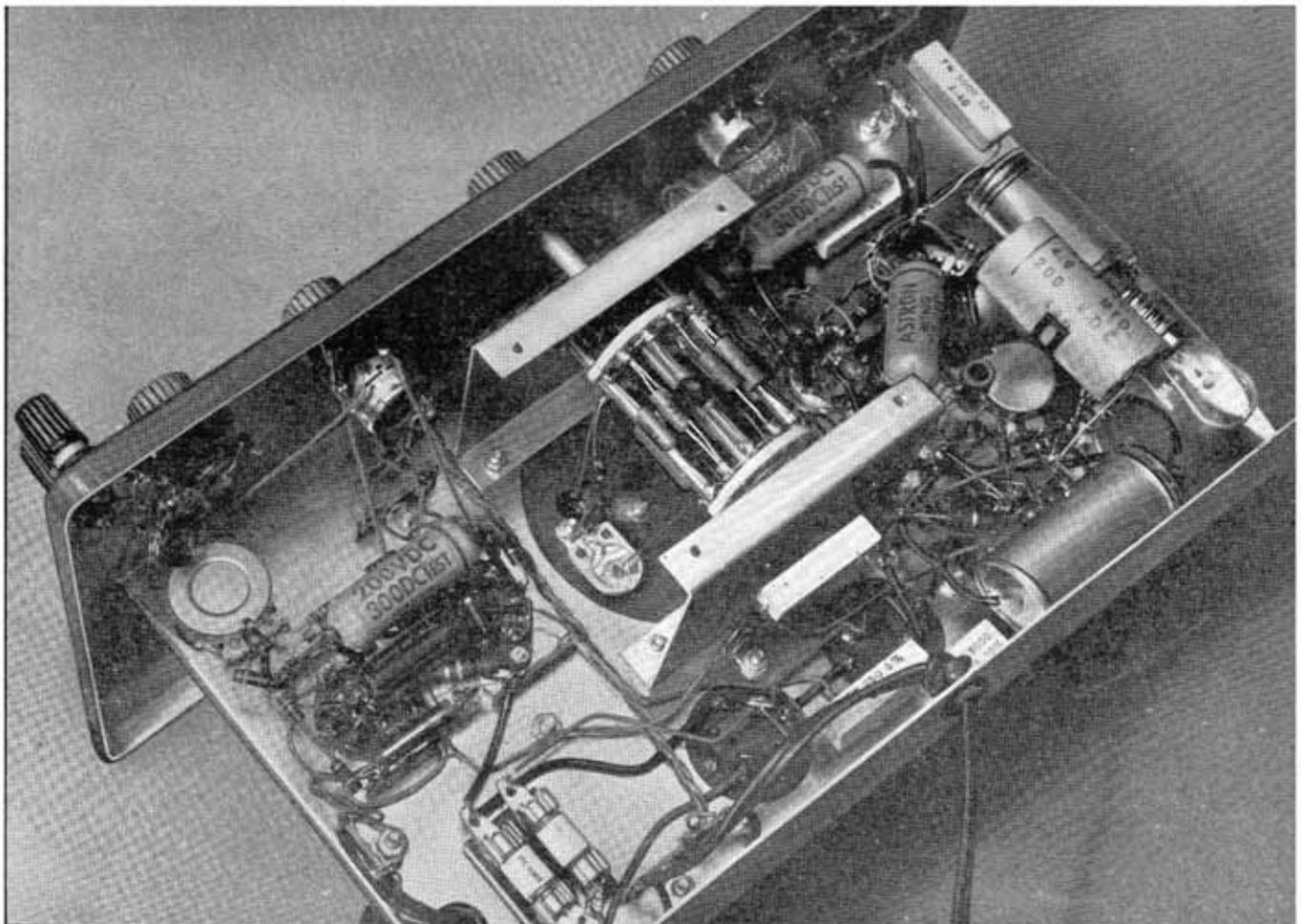
teur. Passer sur la fréquence 200 kHz ou plus et régler le condensateur ajustable

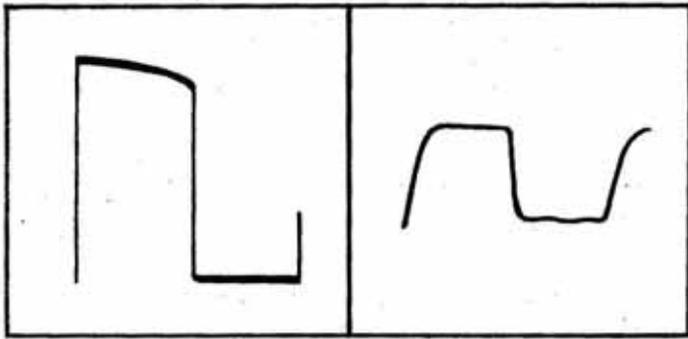
de forme d'onde pour le temps de montée minimum et les coins le plus carrés possible. Mais attention : encore faut-il que la bande passante de l'oscilloscope soit suffisante (voir oscillogramme 1 MHz).

Critiques

Au terme de cette description d'un des dernier-nés de *Heathkit*, nous voudrions très honnêtement dire l'impression que nous gardons de l'exemplaire que nous avons acquis et monté. Tout d'abord, un sincère hommage aux techniciens de la firme, qui ont été assez hardis pour lancer, en forme de « Kit », un appareil aux caractéristiques aussi poussées. Produire, par le procédé R.C., sur une large bande, des sinusoïdes présentant moins de 0,25 % de distorsion, n'est déjà pas si simple. Les transformer en signaux rectangulaires portables l'est encore moins, mais faire en sorte que le tout soit reproductible par le plus maladroit des câbleurs ! il fallait une certaine foi (ainsi qu'une notice minutieusement établie et vérifiée).

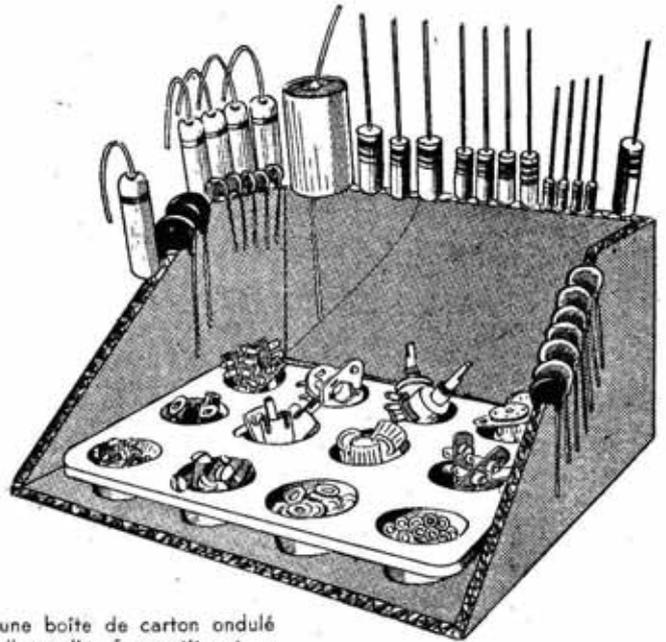
Vu sous un autre angle et débarrassé du blindage, le dessous de l'AG-10 dévoile ses derniers secrets... On voit notamment comment les résistances et condensateurs du double T sont soudés entre les galettes du contacteur de gammes.





A 20 Hz, le signal rectangulaire, examiné avec un oscilloscope pour courant continu, montre une légère déformation qui s'atténue très vite lorsque la fréquence croît (voir les oscillogrammes de la page 246 de ce numéro, relevés avec notre AG-10, un oscilloscope 0-11 et le dispositif pour photo décrit dans « Toute la Radio » n° 223).

A 1 MHz, vu avec un oscilloscope de 60 MHz de bande passante, le signal de l'AG-10 a sensiblement cette allure. Sans être parfaite, la forme d'onde est encore très belle eu égard aux moyens mis en œuvre...



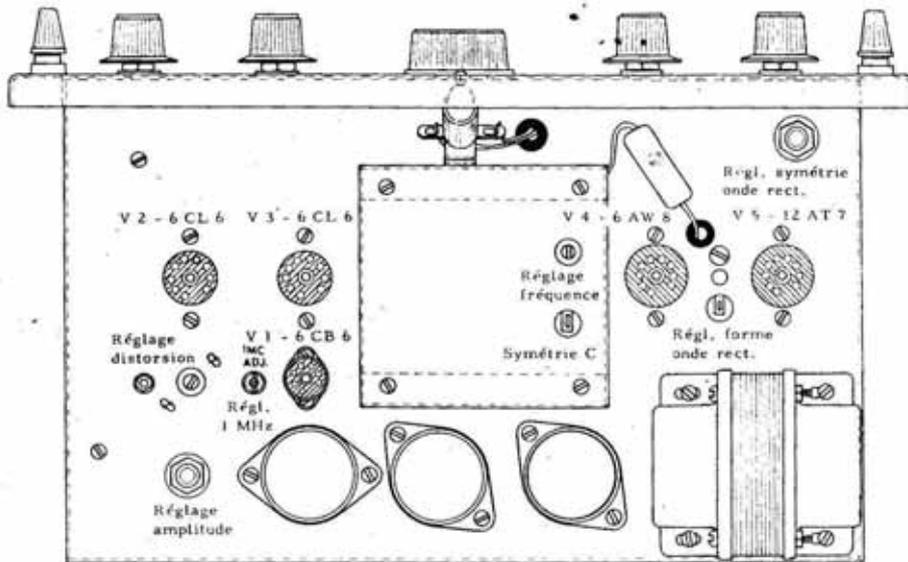
Une idée Heathkit : une boîte de carton ondulé et un fond pour emballage d'œufs constituent un étalage commode pendant le montage.

Le résultat ? Monté et câblé en suivant d'aussi près que possible les indications

du manuel, l'appareil a fonctionné, une fois de plus, au premier essai. Les per-

formances annoncées sont, à très peu de chose près, rigoureusement tenues. Ce que l'on peut reprocher à notre AG-10, c'est une légère déficience du plateau supérieur de l'onde rectangulaire à 20 Hz et un certain arrondi à 1 MHz. Le contraire eût été miraculeux : n'oublions pas qu'il s'agit d'un matériel qui, par sa formule et par son prix, ne prétend pas appartenir à une catégorie ultra-professionnelle.

La vérification de ces deux performances n'est d'ailleurs pas si simple, puisqu'il faut, dans le premier cas, disposer d'un oscilloscope à courant continu, et dans le second, d'un appareil à très large bande passante. C'est le remarquable T-8 de Lérés, obligeamment mis à notre disposition par cette maison, qui nous a permis les vérifications en question. Les deux courbes reproduites ci-dessus ont été calquées sur l'écran et, à défaut de photo, peuvent donc être considérées comme authentiques. Les marqueurs incorporés au T-8 nous ont permis de contrôler les temps de montée et de descente : respectivement 0,1 et 0,05 μ s à 1 MHz, ce qui est encore bien plus qu'honorable.



Distribution des tubes et organes de réglage de l'AG-10.

M. BONHOMME.

BIBLIOGRAPHIE

GASEOUS CONDUCTORS, par J.D. Cobine. — Un vol. de XXII + 606 p. (157 x 203). — Dover Publications, New York. — Prix : 2,75 dollars.

À côté de la technique du vide, il en existe une autre, souvent à tort négligée : celle des tubes à gaz. Les phénomènes de la décharge électrique dans les gaz sont étudiés depuis très longtemps, et leurs applications, déjà très

nombreuses, s'enrichissent tous les jours de nouvelles inventions.

L'ouvrage du docteur Cobine constitue une excellente introduction dans la technique spéciale des tubes à gaz. Il expose, toutes les notions d'ionisation, de charge d'espace, de décharge lente et d'arc électrique pour passer ensuite en revue les différentes applications de ces phénomènes et les appareils basés sur leur utilisation. C'est dire notamment que la question des redresseurs à gaz et celle des sources de lumière, telles que tubes à vapeur de mercure et lampes fluorescentes, sont étudiées en détail.

GUIDE PRATIQUE de l'AUTOMOBILISTE, par D. Bouton. — Un vol. de 116 p. (147 x 218). — Librairie de la Radio, Paris. — Prix : 600 F, franco 650 F.

Ce petit livre contient nombre d'informations qui seront utiles à l'automobiliste. Son niveau n'est pas très homogène. Par moments, en regardant les formules et les graphiques, on s' imagine qu'il s'adresse aux techniciens. Et d'autres passages sont nettement destinés aux profanes. Quoiqu'il en soit, on appréciera, en particulier, de charmants dessins humoristiques dont sont parsemées ses pages.

Il reste quelques exemplaires du précédent numéro, où est décrite la nouvelle version de l'AMPLIFICATEUR WILLIAMSON. Cela ne durera pas !