

## Construisez ce VOLTMÈTRE A LAMPES aussi nécessaire qu'un CONTROLEUR UNIVERSEL

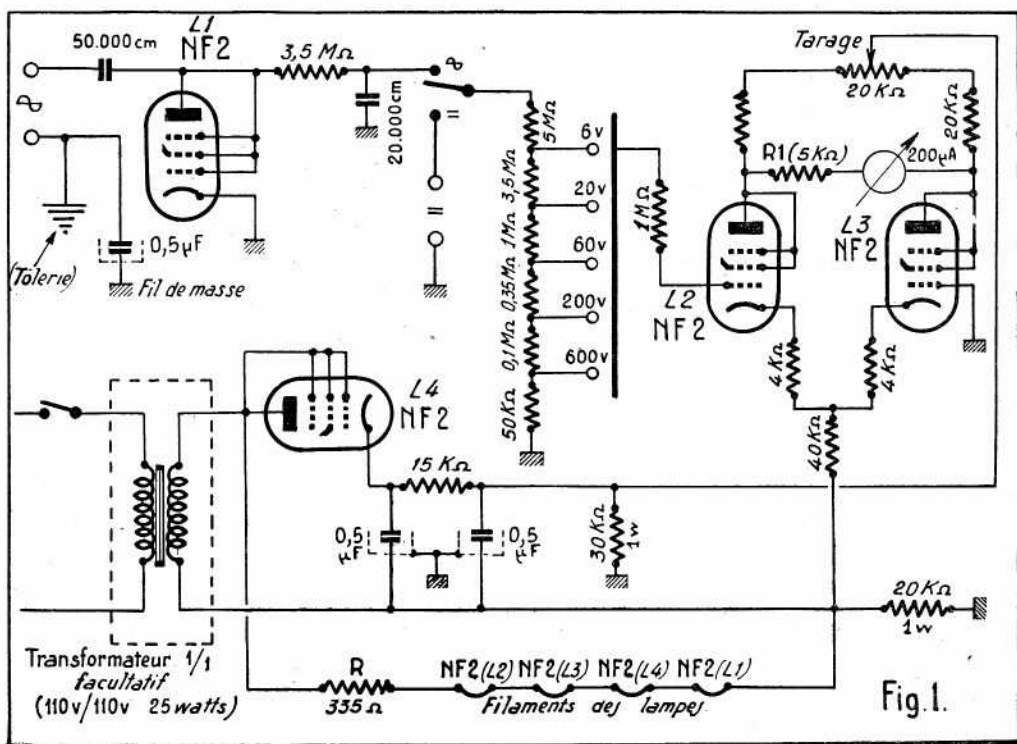
Actuellement tout dépanneur, tout bricoleur radio possède un contrôleur universel. C'est l'appareil de mesure de première nécessité. Le contrôleur permet de mesurer les tensions et les intensités aussi bien en courant continu qu'en courant alternatif. Mais est-ce bien un instrument aussi universel que son nom tend à le faire supposer ? Sans hésitation, nous pouvons répondre : non. En effet, dans le cadre de sa fonction, il est des cas où il ne peut être employé, car les indications qu'il donne alors sont fausses et ne peuvent donc être utilisées par le praticien.

Examinons rapidement les raisons pour lesquelles le contrôleur universel cesse parfois d'être un appareil précis.

Chacun sait que pour que la lecture d'un voltmètre soit juste, il faut que la résistance interne soit très grande par rapport à celle qui existe entre les deux points entre lesquels on veut mesurer la différence de potentiel. Dans le cas contraire, la résistance interne de l'appareil de mesure, étant en parallèle sur celle de la portion de circuit considérée, réduit cette résistance et par suite modifie la répartition des chutes de potentiel le long du circuit. De la sorte la différence de potentiel entre les deux extrémités de la portion de circuit où s'effectue la mesure et qui est celle indiquée par le voltmètre est différente de celle qui existe lorsque cet instrument n'est pas branché et l'indication fournie est sans valeur pratique. C'est pour cette raison qu'on donne aux voltmètres des résistances internes aussi grandes que possible. Mais on ne peut augmenter celles-ci indéfiniment et, en pratique, la résistance interne d'un contrôleur universel est de quelques milliers d'ohms par volt.

En radio, on a fréquemment à mesurer des différences de potentiel aux bornes de résistances dont la valeur est comprise entre 0,5 et plusieurs mégohms. Comme exemple, nous citerons la mesure de tension d'écran, d'anti-fading, etc. Vous concevez aisément, après ce que nous venons de dire, que, pour de telles mesures, le contrôleur universel est à proscrire.

Ce qui précède concerne les mesures en courant continu. En courant alternatif, le contrôleur universel possède un redresseur soit au cuivre oxyde, soit au sélénium. Or, la présence de ce dispositif de redressement fait que les mesures ne sont pré-



cises que pour les fréquences qui ne dépassent pas le registre acoustique.

Pour opérer ces mesures — impossibles avec un appareil ordinaire — on a donc été amené à créer des instruments particuliers : le contrôleur électronique (encore peu répandu en France) et le voltmètre à lampes.

Le voltmètre à lampes est un appareil presque aussi indispensable que le contrôleur universel dont il est le complément. Mais cet instrument coûte cher. La réalisation par l'amateur d'un voltmètre à lampes sérieux s'est jusqu'ici heurtée à de grandes difficultés. Restent les appareils simples dont de nombreuses réalisations ont été proposées aux amateurs ; mais on ne peut alors tabler sur une grande précision de lecture, de plus il n'est guère possible de graduer directement le cadran, car la lecture dépend de trop de facteurs variables.

L'appareil que nous allons vous présenter a été l'objet de recherches de laboratoire très poussées qui ont permis d'éviter ces

inconvénients. On obtient en continu et en alternatif des lectures précises sur un cadran préimprimé. Le cadran de l'appareil de mesure comporte deux échelles qui sont communes à l'alternatif et au continu et sont établies de manière que la lecture soit toujours directe, c'est-à-dire qu'il ne soit jamais nécessaire de multiplier par un nombre différent de 10 tel que, par exemple : 2 ; 2,5 etc...

Afin de s'affranchir de la nécessité d'une stabilisation du secteur, l'appareil est monté en push-pull avec une très forte contre-réaction cathodique. De cette façon, la lecture est indépendante de la tension du secteur d'alimentation et de l'état de vieillissement des lampes utilisées.

### Examen du schéma.

Le schéma du voltmètre à lampes est donné à la figure 1.

Un commutateur assure le passage de la position « mesures en continu » à la position « mesures en alternatif ». Examinons tout d'abord le fonctionnement de l'appareil pour la position « continu ». La tension à mesurer est appliquée aux bornes d'un diviseur de tension formé par les résistances 5 mégohms, 3,5 mégohms, 1 mégohm, 0,35 mégohm, 0,1 mégohm et 50.000 ohms en série, ce qui donne une résistance d'entrée de 10 mégohms. Cette forte valeur permet d'effectuer les mesures qui, nous l'avons vu, étaient impossibles avec le contrôleur universel. Sur le diviseur de tension est monté un commutateur grâce auquel on peut adapter la sensibilité de l'appareil à l'ordre de grandeur de la tension à mesurer. La fraction de tension sélectionnée par le commutateur de sensibilité est appliquée à travers une résistance de 1 mégohm à la grille de commande d'une lampe NF2 montée en triode (L<sub>2</sub>,

c'est-à-dire dont la plaque, la grille écran et la grille supprimeuse sont réunies. Cette lampe est montée en push-pull avec une seconde NF2 également utilisée en triode  $L_3$  et dont la grille de commande est à un potentiel fixe, en l'occurrence celui de la masse. Dans le circuit cathode se trouve une résistance de 40.000 ohms qui procure une contre-réaction énergique, cette contre-réaction a pour effet d'accroître la stabilité du voltmètre à lampes et de donner une échelle de lecture linéaire. Afin de compenser la forte polarisation négative des grilles par rapport aux cathodes, due à la chute de tension provoquée par le passage du courant permanent dans la résistance cathodique, la masse n'est pas connectée directement au pôle négatif de l'alimentation, mais à un point de potentiel positif constitué par le point intermédiaire d'un diviseur de tension formé de deux résistances, l'une de 30.000 ohms, l'autre de 20.000 ohms, placées entre le pôle positif et le pôle négatif de l'alimentation.

La haute tension est appliquée aux plaques des deux NF2 par un potentiomètre branché entre ces deux plaques et dont le curseur est connecté au +HT ; de cette façon, par déplacement du curseur, on augmente la tension plaque d'une des lampes, tandis qu'on diminue celle de l'autre. Ce dispositif permet d'amener, au repos, les potentiels des plaques à être rigoureusement égaux. L'appareil de mesure est connecté entre les plaques des deux lampes. En série avec lui est montée une résistance.

Au repos, nous avons vu que les potentiels des deux plaques étaient réglés à égalité par la manœuvre du potentiomètre de tarage. Lorsque cette condition est obtenue, il ne circule aucun courant dans l'appareil de mesure et l'aiguille reste à l'origine de la graduation. Quand on applique la différence de potentiel dont on veut connaître la valeur aux bornes d'entrée « continu » du voltmètre à lampes cela a pour effet de porter la grille de commande de  $L_2$  à un potentiel différent, ce qui provoque une variation du courant plaque. Il s'ensuit une chute plus considérable dans la résistance de charge de cette lampe et une variation du potentiel de la plaque. Le potentiel plaque de l'autre lampe varie en sens inverse. En effet, supposons que la différence de potentiel appliquée à la grille de  $L_2$  soit de tel sens qu'elle augmente le potentiel négatif de cette grille par rapport à la cathode, il en résulte une diminution de courant plaque dans la lampe, donc une diminution de la chute dans la résistance anodique, et la plaque est portée à un potentiel plus élevé qu'au repos. Le courant plaque de  $L_2$  diminuant la chute dans la résistance cathodique de 40.000 ohms diminue et comme cette résistance est commune à  $L_2$  et à  $L_3$  il en résulte que la cathode de  $L_3$  est moins positive par rapport à la grille de commande de cette lampe. Le courant plaque de  $L_3$  augmente. La chute dans la résistance anodique augmente aussi, de sorte que le potentiel de la plaque diminue. Les potentiels des plaques des lampes  $L_2$  et  $L_3$  varie bien en sens inverse lorsqu'un signal est appliqué à la grille de commande de  $L_2$ , c'est ce que nous voulions démontrer. Il y a alors différence de potentiel entre ces deux points et circulation de courant dans l'appareil de mesure dont l'aiguille dévie d'une quantité proportionnelle à la différence de potentiel à mesurer.

Lorsqu'il s'agit de mesurer une différence de potentiel alternative, le commutateur « mesure continu », « mesure alternatif » est placé dans la position « alternatif ». La ddp à mesurer est appliquée aux bornes entrée alternatif du voltmètre à lampes ; de cette façon, elle est appliquée par l'intermédiaire d'un condensateur de 50.000 centimètres à une lampe NF2 ( $L_1$ ) montée en diode, c'est-à-dire dont la plaque et les

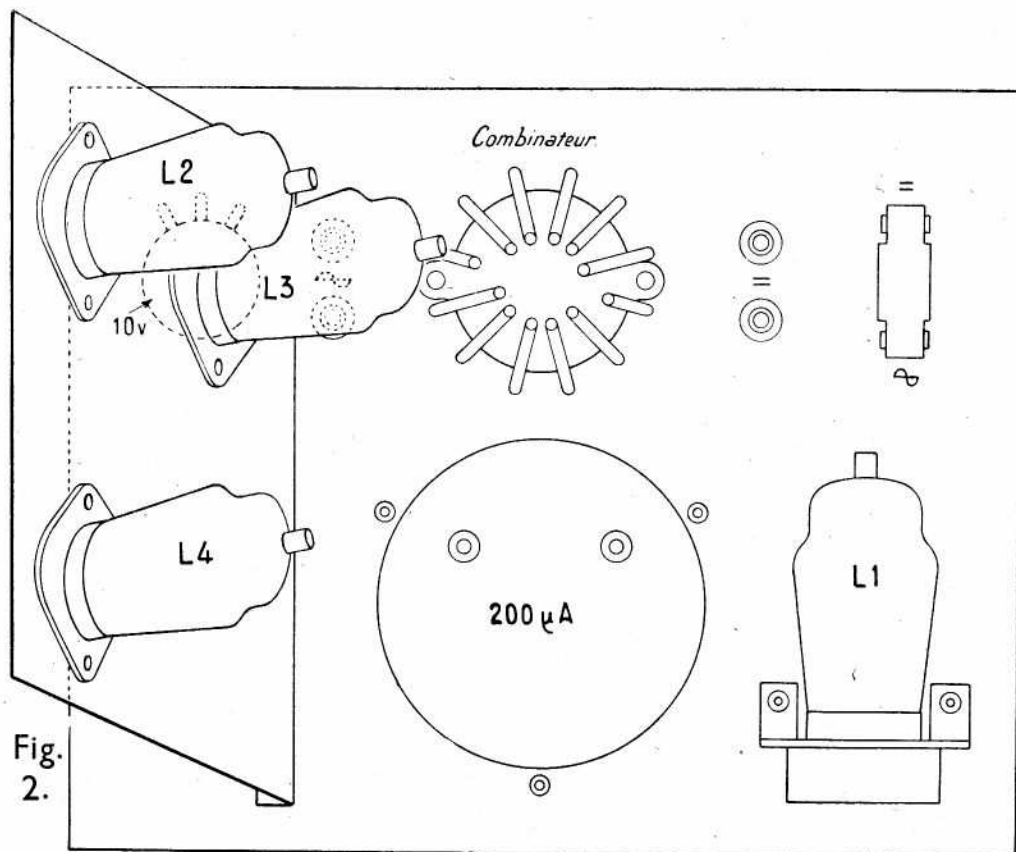


Fig. 2.

grilles sont réunies ensemble. Cette diode redresse la tension à mesurer. En effet, pour une alternance, cette diode constitue un court-circuit. Pour l'autre alternance, elle présente une résistance théoriquement infinie, le courant créé par la ddp à mesurer ne peut la traverser et emprunte le chemin constitué par la résistance de 3,5 mégohms et le condensateur de 20.000 centimètres et charge ce dernier. La tension de charge de ce condensateur est appliquée au diviseur de tension dont nous avons parlé plus haut et agit de la même façon qu'une tension continue, de sorte que le fonctionnement à partir de ce point est absolument identique à celui examiné précédemment.

On conçoit que la résistance d'entrée est très élevée ; de plus, elle est pratiquement indépendante de la fréquence, elle ne peut donc pas perturber la mesure.

L'alimentation de ce voltmètre à lampes est du type tous courants. Comme valve, on utilise une NF2 ( $L_4$ ) montée en diode. Le filtrage est obtenu par une cellule formée d'une résistance de 15.000 ohms et deux condensateurs de 0,5 microfarad.

#### Réalisation.

La figure 2 montre la disposition générale des principaux organes. Grâce à cette figure et au schéma de la figure 1, le câblage n'offre aucune difficulté et peut être mené à bien par un bricoleur averti.

Notons que cet appareil étant du type tous courants, c'est-à-dire directement relié au secteur, la masse doit être constituée par un fil isolé relié à la tôle par un condensateur de 0,5 microfarad.

On veillera à ce que le câblage soit rigide et à ce que les connexions chaudes de la diode (c'est-à-dire celles qui sont portées à un potentiel alternatif) soient directes ou courtes. Enfin, il est inutile de recommander que les soudures doivent être parfaites.

Les résistances du diviseur de tension donnant les différentes sensibilités devront être à 2 % de tolérance.

#### Mise au point.

La mise au point est très simple. Lorsque l'appareil est câblé, complètement terminé

et soigneusement vérifié, on le met sous tension. La première opération consiste à vérifier la tension après filtrage. Celle-ci doit être de 90 à 100 volts.

On pourra laisser le voltmètre à lampes sous tension pendant une trentaine de minutes de manière à ce qu'il soit bien chaud et, de ce fait, ait atteint sa parfaite stabilité. On amène alors l'aiguille de l'appareil de mesure à zéro par la manœuvre du bouton de tarage. Après cela, on applique entre la grille de la lampe  $L_2$  et la masse une tension de 3 volts, par exemple celle fournie par deux éléments de pile de poche en série. Si l'aiguille ne dévie pas exactement sur la dernière division de la graduation du cadran, on l'y amène en jouant sur la valeur de la résistance en série avec l'appareil de mesure ( $R_1$ ).

Lorsque cette condition sera obtenue, l'appareil sera prêt à servir.

*Nota.* — Pour les mesures en alternatif, le condensateur d'entrée de 50.000 centimètres et le condensateur de 0,5 MF placé entre la masse et la tôle isolent l'appareil du secteur et il n'y a aucune précaution spéciale à prendre. Par contre, la borne masse de l'entrée « continu » est reliée à un des pôles du secteur, de sorte qu'il est dangereux de faire des mesures en courant continu sur un poste tous courants. Lorsqu'on veut procéder à de telles mesures sur un appareil de cette sorte, il est recommandé d'intercaler un transformateur de rapport 1/1 pouvant fournir une puissance de 25 watts entre le secteur et le cordon d'alimentation du voltmètre à lampes. Ceci, bien entendu, dans le cas où le secteur d'alimentation n'est pas à courant continu. D'ailleurs, dans tous les cas où cet appareil doit être utilisé sur un secteur alternatif, nous recommandons de prévoir un tel transformateur.

L'appareil que nous venons de décrire est très simple à réaliser ; vous avez pu constater que sa mise au point n'offrait aucune difficulté et, en raison des nombreux services qu'il rendra à tous ceux qui s'occupent de mise au point et dépannage radio, nous ne saurions trop recommander sa construction.