

7

votre Carrière

REVUE de TECHNIQUE RADIO

magazine des futurs électroniciens



REVUE HEBDOMADAIRE POUR LA FORMATION PROFESSIONNELLE — 12/18 AVRIL 1965 — LE NUMERO : 1,60 F.
DIRECTION - ADMINISTRATION - ABONNEMENTS: EDITIONS CHIRON - 40, Rue de Seine - Tél. 633 - 18 - 93 - PARIS C.C.P. 53-35.
ABONNEMENTS: FRANCE - 1 AN (52 numéros) 70 F; 6 MOIS (26 numéros) 38 F - ETRANGER - 1 AN (52 numéros) 90 F.
Si vous possédez déjà des numéros, vous pouvez déduire du montant de l'abonnement la somme de 1,20 F par numéro.
PUBLICITE: PUBLEDITEC - 13 Rue C. Lecocq - Paris (15^e) - Tél. BLO 88-04 - DEPOT LEGAL EDITEUR N. 34 du 1^{er} Trim. 1965
DISTRIBUTION: Nouvelles Messageries de la Presse Parisienne - Paris - Directrice de la publication: Mme Etienne Chiron.

vosre Carrière

revue hebdomadaire

Secrétaire de Rédaction: J. LAVERGNE



La revue est en vente aux kiosques, chaque semaine: si le kiosque en est démuné, ou si vous craignez d'être privé de quelques numéros, demandez l'envoi hebdomadaire directement à votre domicile.

ABONNEMENTS

Les abonnements peuvent être souscrits en cours d'année, à n'importe quelle date. Les numéros déjà parus au moment de la souscription seront envoyés en une seule expédition.

Les anciens numéros peuvent être commandés séparément au prix unitaire.

Aucun envoi contre remboursement.

RENSEIGNEMENTS

Toute demande de renseignements doit être accompagnée d'une enveloppe timbrée à votre adresse ou d'un coupon-réponse.

COPYRIGHT

Tous droits de reproduction, même partielle, réservés pour tous pays.

LA SEMAINE PROCHAÎNE

Courrier technique - Chronique des métiers de la Radio - Le courant alternatif - Induction électromagnétique - Valeur instantanée et valeur de crête - Valeur moyenne - Valeur efficace - Formules de conversion - Mesures des courants alternatifs - Ampèremètres et voltmètres pour C.A. - Redresseur à oxyde de cuivre - Instrument à fer mobile - Instrument à redresseurs - Utilisation des redresseurs pour la mesure des courants alternatifs - Comparaison entre les instruments pour C.C. et C.A. - Symboles - Abréviations - Formules - Symboles schématiques - Questions sur la 22^{ème} et 23^{ème} leçons - Réponses aux questions du numéro précédent - Symboles mathématiques communs - Fonctions trigonométriques - Les vecteurs - Dictionnaire Anglais - Français d'Electronique.

Sommaire

★ Courrier des lecteurs	page 2
★ Chronique des métiers de la Radio	» 3
★ Circuits électriques complexes	» 5
★ Mesures du courant continu	» 14
★ Dictionnaire Anglais-Français d'Electronique	» 17
★ Symboles et abréviations	» 27
★ Formules	» 27
★ Symboles schématiques	» 27
★ Questions sur la 19 ^{ème} et 20 ^{ème} leçons	» 27
★ Réponses aux questions du numéro précédent	» 28
★ Construction d'un pont de Wheatstone	» 28
★ Equipement et composants de l'avenir	» 33
★ Equipement et composants	» 34

Courrier des lecteurs

A tous nos lecteurs. Le nombre de lettres que nos lecteurs nous envoient pour exprimer leur opinion et leurs observations sur le contenu, les rubriques et le choix des textes, augmente avec la diffusion toujours croissante de notre revue. Tout d'abord, nous devons remercier tout ceux qui nous ont écrit soit pour manifester spontanément leur intérêt, soit parce que la plupart de leurs lettres contiennent avec leurs appréciations, des suggestions fort intéressantes.

Tous ont remarqué que « votre Carrière » est caractérisée par une présentation particulière qui la rend très riche de contenu, très utile dans l'ensemble et différente — même graphiquement — de toute autre publication.

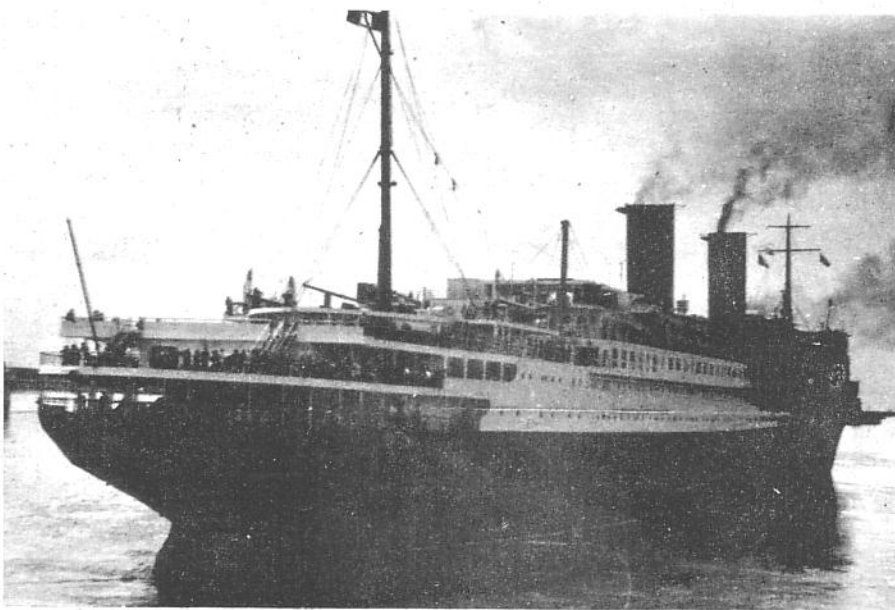
Mais puisque dès notre premier numéro, nous avons engagé nos lecteurs à nous écrire, tant dans leur intérêt que dans celui d'améliorer cette revue, voici avec ce numéro, notre premier pas sur la voie proposée par de nombreux lecteurs. En effet, certains s'étonnent que sur la page de couverture, nous ayons donné une plus grande importance au titre de la rubrique principale plutôt qu'au nom même de la revue. C'est tout simplement, qu'au début de sa parution nous voulions faire savoir qu'elle contenait un cours de technique radio.

Mais maintenant le magazine « votre Carrière » est connu, sa diffusion augmente de jour en jour, non seulement parmi les jeunes qui débutent dans l'étude de la Radio, mais encore parmi les moins jeunes, les artisans, les dépanneurs qui veulent améliorer leur situation et se tenir au courant des derniers progrès de la technique.

Tenant compte d'autres suggestions nous allons augmenter la partie pratique de « votre Carrière » pour donner à nos lecteurs un plus grand choix de réalisations, anticipant sur notre programme et l'accélération en ce domaine. « votre Carrière » est donc bien ce qui transformera votre « hobby » en instrument capable de vous ouvrir une carrière professionnelle des plus intéressantes aux nombreuses perspectives d'avenir.

R. DETOURNELLE — Vous avez observé très justement que les revues que l'on achète, même si leur contenu est très riche, sont rarement utilisées pour une consultation rationnelle après la première lecture, laquelle est souvent hâtive.

C'est pour éviter cet inconvénient que « votre Carrière » est née avec la présentation caractéristique que vous lui voyez. Une grande partie de ses pages a une numérotation propre. Ceci permet de constituer, en reliant les fascicules, un ou plusieurs volumes sur des sujets déterminés, pour lesquels seront fournis les couvertures, les tables des matières, les frontispices. Il en sera ainsi pour le dictionnaire, pour la télévision, pour les transistors, l'oscillographie et tous les arguments, dans l'intention d'offrir aux lecteurs une succession d'articles suivant un développement logique. Ceci évitera que de précieux éléments de consultation et d'étude ne perdent rapidement leur utilité en se dispersant comme à l'ordinaire. « votre Carrière » est destinée, dans sa parution hebdomadaire, et grâce à sa présentation originale, à assurer une documentation permanente et toujours « sous la main ».



A bord de l'« ILE DE FRANCE »

par J. LAVERGNE

« L'Ile de France » quitte le Havre
pour une nouvelle traversée.

Nanti du Certificat d'Aptitude à l'emploi d'Opérateur Radiotélégraphiste à bord des Stations Mobiles — 2ème classe — délivré par les P.T.T. et du Diplôme de Radiotélégraphiste délivré par la Commission d'Examens de la Marine Marchande, j'embarquai le 12 mai 1951 à bord de « l'Ile-de-France » FNSM, à quai au Havre, en qualité d'élève-radio. En effet, la Compagnie Générale Transatlantique avait coutume de placer ses recrues pour un stage de formation à bord de ses grosses unités, le « Liberté » (ex-Europe) et l'« Ile de France », puis selon les besoins, de les effectuer sur des unités bien plus petites, cargos ou bananiers. Par un concours de circonstances, congés, examens, je pus ainsi effectuer 13 voyages à bord de « l'Ile » avant de m'embarquer ensuite sur un bananier.

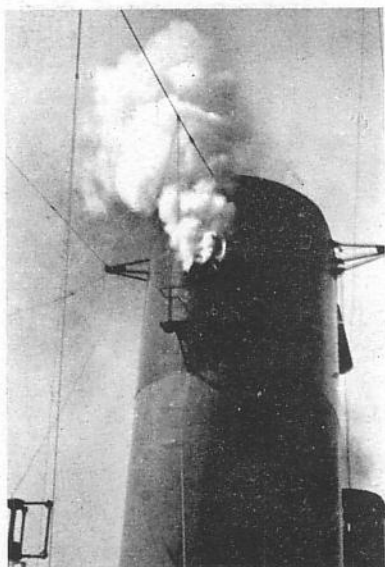
L'Ile-de-France mesurait 248 mètres de long, filait 21 noeuds de moyenne. Son équipage s'élevait à plus de huit cents personnes, mais deux cents seulement étaient du personnel technique, les six cents autres assurant tous les services de cette ville flottante de près de 3 000 habitants, salons de coiffure, cinéma, piscine et surtout service hôtelier. Un état-major d'une quarantaine de personnes, le Commandant, deux Seconds Capitaines, les Officiers Pont, Radio, Machines, Docteurs, Commissaires veillaient à la bonne marche du navire et au bien-être de ses passagers.

L'effectif radio du bateau comprenait six personnes, plus l'élève. La veille était permanente et le travail était réparti en quarts de quatre heures, lesquels en raison du décalage progressif de l'heure locale, faisaient en réalité 4 h 20 à l'aller, et 3 h 40 au retour. A l'élève, était attribué le quart de 12 h à 16 h, puis celui de minuit à 4 h. Il en était ainsi car entre 1 h et 3 h l'Officier Radio de service « prenait » les émissions spéciales de presse française et américaine, à destination des bateaux, ces textes étaient transmis ensuite aux im-

primeurs du quotidien du bord: l'« Atlantique ». Pendant ce temps l'élève assurait la veille de sécurité sur 500 kHz écoutait les listes d'appels, tenait le journal de veille, notait les avis d'urgence (XXX) ou de sécurité (TTT) et éventuellement les SOS. Ces derniers points appellent quelques explications: « L'Ile-de-France » était classé H-24, c'est-à-dire veille permanente. Certains quarts étaient doublés, dont celui de 12 h à 16 h, car l'« Ile » possédant la téléphonie commerciale, une veille spéciale de ces fréquences était nécessaire. Un gros trafic de télégrammes s'échangeaient entre le bateau et les stations terrestres sur des fréquences de l'ordre de 8, 12 ou 16 MHz et il ne fallait pas négliger pour autant la veille d'appel et de détresse sur 500 kHz.

Rappelons qu'afin de donner le plus de chances d'être entendue, à une station faible ou lointaine, des périodes de silences sont prévues pendant lesquelles toutes les émissions de trafic normal doivent cesser, de H + 15 à H + 18 et de H + 45 à H + 48. Cette règle est absolue et est très généralement respectée. Le distrait qui n'aurait pas surveillé sa pendule s'entend gratifier de QRT impératifs, qui font d'ailleurs autant de bruit!

Néanmoins en dehors de ces heures, le 500 kHz ne peut être utilisé que pour l'appel d'une station mobile ou terrestre et, l'appel entendu, le trafic doit s'écouler sur les fréquences de dégagement. A heures fixes, les stations terrestres internationales, Saint Lys/Radio pour la France, Scheveningen/PCH pour la Hollande, GKN ou GKN pour l'Angleterre, DAN pour l'Allemagne, WCC, WBJ pour les USA, CFH pour le Canada, etc., transmettaient les listes d'indicatifs des navires pour lesquels elles avaient du trafic en instance. Celle de Saint Lys/Radio (FFL 1, 2, 3 ou 4 selon la fréquence) était transmise à toutes les heures paires + 20 minutes. Si l'on entendait son indicatif dans cette liste, il suf-



Le coup de sirène du départ. Remarquer les antennes et à l'extrême gauche, le cadre du gonio.

40 ou 0 F 60, et il s'y ajoute une taxe télégraphique de 0, 10 F ou 0 F 15. Un taux de conversion, passé de 39 en 1948 à 1,62 en 1965, donne le tarif en monnaie française.

Les passagers déposaient d'ailleurs les messages dans le hall de leur classe où était perçue la taxation, avant de nous les faire apporter par des grooms, surnommés les « Philip Morris » car leur tenue rappelait fort la publicité des cigarettes de cette marque). Les destinations étaient très variables, le choix du parcours et des stations intermédiaires était parfois difficile si l'on voulait réaliser la transmission la plus rapide et la plus économique (QSP). Pour la radiotéléphonie, il n'y avait pas de veille permanente, les communications ne s'établissant qu'après un avis d'appel préalable, par l'intermédiaire des stations Paris/TOA et New-York/WOO.

Sur la veille d'appel et de détresse, le 500 kHz (600 mètres), XXX et TTT font partie des messages

de sécurité. Les XXX comprennent tous les avis d'urgence, graves, incidents sérieux, mais qui ne mettent pas la sécurité même du navire en danger immédiat. Par exemple, il m'a été donné d'entendre le premier message lancé par le Capitaine Carlsen du « Flying Enterprise ». La si-

fisait d'appeler la station pour recevoir le trafic qui vous était destiné. Dans le sens navire-terre, autant que possible, pour réduire le nombre de taxes intermédiaires, les télégrammes étaient transmis directement à la station de trafic du pays destinataire dont les coordonnées étaient fournies par les différentes nomenclatures. La taxe de bord est de 0 F 40 or par mot, celle des stations côtières 0 F

tuation de ce navire était très grave, puisque se couchant progressivement sur le flanc, la cargaison ayant ripé; mais son Capitaine estimait pouvoir encore le sauver. Il n'en fut rien, Carlsen, resté seul à bord, n'évacuant l'épave qu'au tout dernier moment.

Un autre genre particulièrement sinistre d'XXX, mais heureusement assez rare, était ceux reçus généralement le matin, lorsqu'on constatait la disparition d'un marin emporté par une lame, ou tombé accidentellement à la mer: XXX de KXYZ. Man overboard between... (positions). Ships in vicinity, look sharp. Il y a vraiment très peu de cas où l'homme ait été retrouvé...

Les avis de sécurité étaient tout de même moins graves, car ils ne donnaient que des renseignements concernant la navigation et d'un intérêt général: avis de mines, d'épaves dérivantes, bouées ou phares hors service, etc... De même que les navires les stations côtières transmettaient ces messages en CQ (Appel à tous de...).

L'« Ile-de-France » avait donc tous les équipements radio-électriques nécessaires pour répondre à un trafic aussi varié. Le Central Radio était situé sur le pont supérieur, immédiatement à l'arrière de la passerelle. En entrant, de gauche à droite, se trouvaient l'émetteur Ondes Moyennes et enfin l'émetteur OM de secours. Les alimentations étaient groupées dans un local derrière les émetteurs, ce local étant lui-même dans la cheminée avant. En face d'eux, sur deux pupitres étaient les 4 récepteurs RU 93 de la SFR, dominant les tables de travail. Au centre, entre les téléphones de liaison avec les différents services, on pouvait voir la pendule de veille portant en rouge les secteurs correspondants aux périodes de silence.

Dans l'angle opposé du central radio était aménagé une cage de Faraday abritant le pupitre de commande de radiotéléphonie commerciale avec le dispositif du secret (ce dispositif, une fois la communication établie, transformait les graves en aiguës et vice-versa; sans l'appareillage inverse, toute conversation était incompréhensible).

suite dans le prochain Numéro.

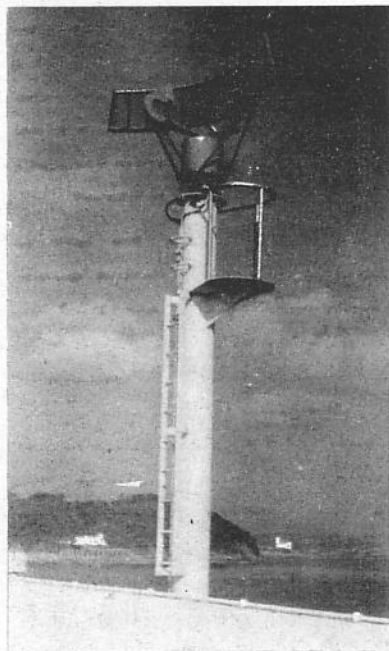
QUELQUES PRECISIONS.....

QRT: veuillez cesser vos émissions (... en termes beaucoup moins académiques!). Au moment des grandes tempêtes d'équinoxes, il est arrivé que le 500 kHz soit inutilisable pendant les six jours de la traversée, toujours occupé par un trafic de détresse.

QSP: certaines stations acceptaient le QSP, c'est-à-dire la retransmission gratuite.

XXX et KXYZ (indicatif du bateau) = un homme par-dessus bord entre telle et telle position. A tous les navires dans le voisinage, veuillez attentivement.

Cage de Faraday: cage ou local dont toutes les parois sont constituées par un treillis métallique empêchant la pénétration des ondes à l'intérieur. Cela explique que l'on ait souvent une mauvaise réception à l'intérieur des immeubles en ciment armé.



Le Radar de « l'Ile de France » au fond Plymouth.

CIRCUITS ELECTRIQUES COMPLEXES

Nous avons dit précédemment que, par circuits complexes, nous entendions des circuits qui ne sont pas de simples arrangements d'éléments en série ou en parallèle, mais plutôt une combinaison des deux types. Cette combinaison peut comporter un petit nombre ou un grand nombre d'éléments disposés de façons variées et, dans ce dernier cas, la résolution des équations peut être assez laborieuse.

Nous procéderons graduellement et nous débiterons par l'examen d'un nouveau circuit mixte, après celui vu à la leçon 16. Ce nouveau circuit est représenté dans la figure 1-A; il faut calculer la valeur de la résistance équivalente et pour y arriver, nous procéderons d'une manière différente de celle employée dans l'exemple cité plus haut, c'est-à-dire que nous analyserons le circuit *en suivant le courant dans son trajet*.

Ce procédé permet de mieux se rendre compte du comportement du circuit lui-même et de ses éléments en présence du courant.

Le courant de la ligne sort du pôle négatif de la batterie et arrive au noeud A à travers la résistance R_1 . A partir de ce point il emprunte deux chemins; l'un d'eux le conduisant au pôle positif de la batterie à travers R_2 . Nous remarquerons que le courant ne traverse pas R_3 de gauche à droite, car, pour retourner à la source il suit la route de moindre résistance constituée par la connexion centrale.

Dans le second trajet, nous observons, avant tout, que B est au même potentiel que A. Le courant se divise, au point B; une partie passe dans la résistance R_4 (de droite à gauche) et retourne à la source par la connexion centrale, tandis qu'une autre partie passe par R_4 et retourne également au pôle positif de la batterie.

En se reportant à la figure 1-B — qui représente le même schéma dessiné d'une manière plus explicite — on peut calculer rapidement la résistance équivalente du circuit; elle est de 9 ohms.

Avant de procéder à l'examen d'autres circuits mixtes plus complexes, il convient de revoir quelques principes que nous allons grouper et exposer à nouveau — certains ayant déjà été rencontrés précédemment — car il est bon de les avoir toujours présents à l'esprit étant donné que les analyses ultérieures sont basées en grande partie sur eux.

Il s'agit en substance des lois d'Ohm appliquées à la résolution des circuits complexes: ces lois qui s'appliquent tant à la tension qu'à l'intensité prennent le nom de **lois de Kirchhoff**.

Les LOIS DE KIRCHHOFF

Soit la figure 2: si chacune des résistances a la même valeur ohmique, la tension d'alimentation se divise en parties égales entre elles et la chute de tension est de 2 volts aux bornes de chaque résistance.

Ceci illustre une des lois de Kirchhoff, un physicien allemand qui a étendu les principes de la loi d'Ohm aux circuits plus complexes.

Cette première loi établit que **la somme algébrique des tensions présentes aux bornes de chaque circuit fermé, dans un circuit complexe, est égale à zéro**.

Si, partant du point A de la figure 2 et tournant dans le sens inverse des aiguilles d'une montre, nous désignons par la lettre E les tensions rencontrées, nous obtenons:

$$+6 - E_1 - E_2 - E_3 = 0$$

ou, encore:

$$+6 - 2 - 2 - 2 = 0$$

Une autre loi de Kirchhoff concerne les circuits en parallèle et énonce que: **la somme des intensités des courants qui arrivent à un point de jonction de deux circuits est égale à la somme des intensités des courants qui en partent**.

Cette loi est illustrée dans le circuit parallèle de la figure 3.

En suivant le passage du courant partant du pôle négatif de la pile, nous voyons que son intensité totale est de 2 ampères.

Au premier point de jonction, ou sommet du réseau, le courant se divise et il passe une intensité de 1 ampère dans chaque résistance. A l'autre sommet, ou point de jonction, les deux résistances sont réunies et un courant d'une intensité de 2 ampères s'écoule à nouveau vers la source d'énergie.

Quand le courant passe dans un circuit série, la tension d'alimentation est appliquée à un circuit fermé. Il en est de même pour un circuit parallèle. Ainsi, comme on peut le voir dans la figure 3, on a trois circuits fermés dans un réseau à deux branches. Le premier commence au point A, traverse une résistance et retourne au point A à travers la batterie; le second est analogue au précédent mais traverse la deuxième résistance. Et enfin, puisque la loi de Kirchhoff relative à la tension n'implique pas la présence nécessaire d'une source d'énergie dans le circuit, on peut considérer comme un troisième circuit celui qui, partant du point A,

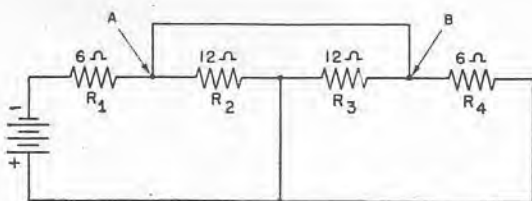


Fig. 1 A - Circuit mixte. Le courant pour aller du point A à la batterie suit deux chemins: l'un à travers R_2 et l'autre par R_3 et R_4 .

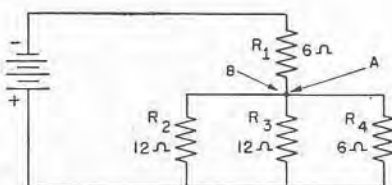


Fig. 1 B - Ce circuit est équivalent à celui de la figure 1 A. R_2 , R_3 et R_4 en parallèle ont une résistance équivalente de 3 ohms (12 ohms en parallèle sur 12 ohms = 6 ohms et 6 ohms en parallèle sur 6 ohms = 3 ohms). R_1 en série avec 3 ohms donne une résistance totale de 9 ohms.

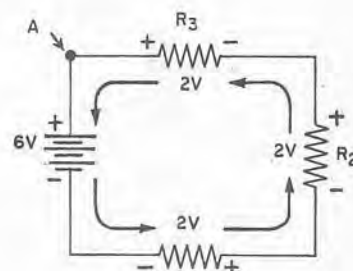


Fig. 2 - Supposons $R_1 = R_2 = R_3$, les chutes de tension sont égales. La somme algébrique des tensions dans un circuit fermé est toujours égale à zéro, selon une des lois de Kirchhoff.

y retourne en passant par la première résistance, le point de jonction et la deuxième résistance.

De la loi d'Ohm ($E = I \cdot R$), on déduit que, aux bornes de chaque résistance, existe une chute de tension de 6 volts et on applique la loi de Kirchhoff sur la tension, comme nous l'avons fait pour les deux schémas précédents. Voyons, maintenant, si la somme algébrique des deux chutes de tension du troisième circuit est égale à zéro.

En partant du point A, à travers la résistance de 6 ohms, on a une chute de tension de -6 volts. En continuant à travers la résistance de droite, on remonte le courant, et, par conséquent la chute de tension est de +6 volts.

$$-6 \text{ volts} + 6 \text{ volts} = 0$$

La figure 3 illustre également la loi de Kirchhoff sur l'intensité.

On constate que le courant de 2 ampères issu de la source se divise en deux branches à partir du noeud (ou sommet), de telle sorte qu'une intensité de 1 ampère passe dans chacune des branches. En conséquence, à l'autre sommet, au point de jonction des deux résistances, nous retrouverons la même intensité de courant (2 ampères) que nous avions à l'entrée, ainsi que le veut la loi énoncée plus haut.

AUTRES CIRCUITS MIXTES

Passons maintenant à l'examen d'autres circuits mixtes et plus particulièrement à ceux qui, dans la pratique, ont une dénomination bien définie découlant de leur structure. De ce fait, ces circuits peuvent être rapidement individualisés, et, en cas de besoin, facilement analysés.

Ces circuits spéciaux prennent le nom de la fonction qu'ils doivent généralement remplir: c'est ainsi que nous avons des *diviseurs de tension*, des *atténuateurs*, des *ponts*...

Il convient, toutefois, de signaler ici que notre étude actuelle concernera toujours des circuits formés uniquement d'éléments résistifs, tandis que, par la suite,

nous analyserons également des circuits beaucoup plus complexes formés d'éléments autres que des résistances.

DIVISEURS de TENSION

Un diviseur de tension type est constitué par une série de résistances ayant deux points d'entrée auxquels est appliquée la tension totale de la source, et deux, ou plusieurs points de sortie aux bornes desquels on obtient — ainsi que l'indique le nom du dispositif — la fraction désirée de la tension totale de la source.

Les diviseurs de tension sont utilisés fréquemment dans les alimentations pour disposer de tensions diverses; les valeurs ohmiques des résistances à employer sont déterminées au moyen des lois d'Ohm et de Kirchhoff.

La figure 4 montre un exemple de diviseur de tension branché aux bornes d'une source de tension de 270 volts. Comme on le voit, il alimente trois circuits de charge, dont 10 mA sous 90 volts entre le point 1 et la masse.

Le courant passant dans la résistance A a une intensité de 15 mA. Voyons comment nous pouvons calculer les intensités, les tensions, les résistances et les puissances dans les quatre autres résistances.

En appliquant la loi de Kirchhoff au point A on en déduit que l'intensité du courant passant dans la résistance B est égale à la somme de l'intensité passant dans la résistance A (15 mA) et de celle de 10 mA passant dans la charge de 90 volts, d'où:

$$I_b = 15 + 10 = 25 \text{ milliampères}$$

De même:

$$I_c = 25 + 5 = 30 \text{ milliampères}$$

Et :

$$I_d = 30 + 30 = 60 \text{ milliampères}$$

La loi de Kirchhoff montre que la tension aux bornes de la résistance A est de 90 volts; celle aux bornes de B est de:

$$E_b = 150 - 90 = 60 \text{ volts}$$

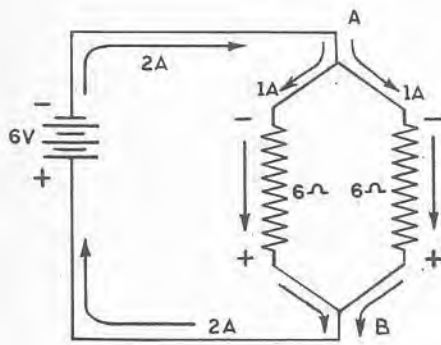


Fig. 3 - Cette figure, outre la loi de Kirchhoff sur la tension déjà citée, illustre une autre loi du même auteur sur l'intensité: la somme des courants entrant en A est égale à la somme des courants sortant de B.

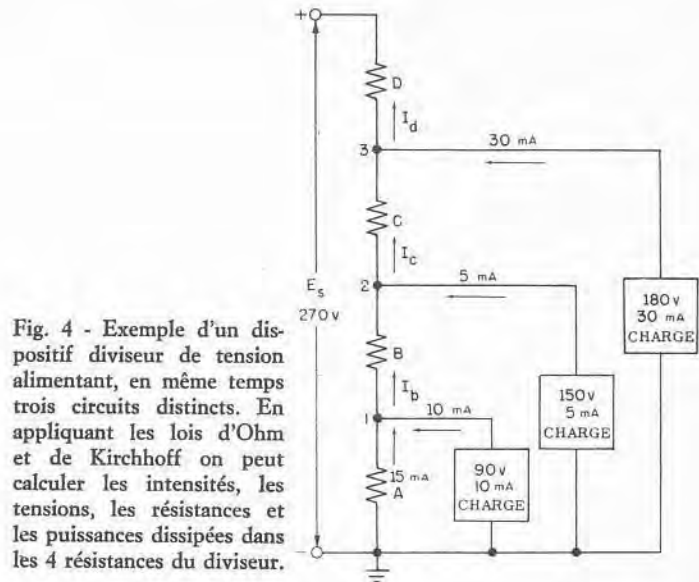


Fig. 4 - Exemple d'un dispositif diviseur de tension alimentant, en même temps trois circuits distincts. En appliquant les lois d'Ohm et de Kirchhoff on peut calculer les intensités, les tensions, les résistances et les puissances dissipées dans les 4 résistances du diviseur.

La tension aux bornes de C est de:

$$E_c = 180 - 150 = 30 \text{ volts}$$

et celle aux bornes de D est de:

$$E_d = 270 - 180 = 90 \text{ volts}$$

Avant de calculer les valeurs des résistances, il faut se rappeler que dans la formule de la loi d'Ohm, $R = E : I$, la résistance R est exprimée en ohms, la tension E en volts et l'intensité I en ampères.

Dans de nombreux circuits électroniques — et particulièrement dans ceux dont il est question ici — il est plus simple de chiffrer R en milliers d'ohms (kΩ), E en volts et I en milliampères, et nous observerons cette convention dans les formules suivantes.

En appliquant la loi d'Ohm au calcul des résistances, on a:

$$\text{La résistance de A est: } R_a = \frac{E_a}{I_a} = \frac{90}{15} = 6 \text{ k}\Omega$$

$$\text{La résistance de B est: } R_b = \frac{E_b}{I_b} = \frac{60}{25} = 2,4 \text{ k}\Omega$$

$$\text{La résistance de C est: } R_c = \frac{E_c}{I_c} = \frac{30}{30} = 1 \text{ k}\Omega$$

$$\text{La résistance de D est: } R_d = \frac{E_d}{I_d} = \frac{90}{60} = 1,5 \text{ k}\Omega$$

La puissance dissipée (en chiffrant l'intensité I en ampères) sera:

$$\text{résistance A: } P_a = E_a I_a = 90 \times 0,015 = 1,35 \text{ watt}$$

$$\text{résistance B: } P_b = E_b I_b = 60 \times 0,025 = 1,50 \text{ watt}$$

$$\text{résistance C: } P_c = E_c I_c = 30 \times 0,030 = 0,90 \text{ watt}$$

$$\text{résistance D: } P_d = E_d I_d = 90 \times 0,060 = 5,40 \text{ watts}$$

soit au total: 9,15 watts.

La puissance dissipée par la charge reliée à la

$$\text{borne 1 est: } P_1 = E_1 I_1 = 90 \times 0,010 = 0,90 \text{ watt}$$

$$\text{borne 2 est: } P_2 = E_2 I_2 = 150 \times 0,005 = 0,75 \text{ watt}$$

$$\text{borne 3 est: } P_3 = E_3 I_3 = 180 \times 0,030 = 5,4 \text{ watts}$$

La puissance totale dissipée dans les trois circuits de charge est donc de:

$$0,90 + 0,75 + 5,4 = 7,05 \text{ watts}$$

La puissance totale fournie au circuit complet, comprenant les résistances du diviseur et les charges est donc de:

$$9,15 + 7,05 = 16,2 \text{ watts}$$

On peut vérifier qu'il en est bien ainsi en faisant le produit de la tension de la source par l'intensité totale absorbée par le circuit:

$$P_T = E \times I_T = 270 \times 0,060 = 16,2 \text{ watts}$$

Dans la figure 5 les résistances du diviseur de tension sont connues et l'on doit, par contre, calculer l'intensité du courant passant dans R_5 .

Le courant de charge à travers R_1 a une intensité de 6 mA, celui passant par R_2 est de 4 mA et celui passant par R_3 est de 10 mA; la tension totale d'alimentation est de 510 volts.

La loi de Kirchhoff sur l'intensité peut être appliquée aux points de jonction a, b, c et d afin de déterminer les équations nécessaires pour calculer les intensités dans R_4 , R_5 , R_6 et R_7 .

L'intensité du courant à travers R_4 est donnée par $I + 6 + 4 + 10 = I + 20$; celle passant dans R_5 est égale à I ; l'intensité dans R_6 est $I + 6$ et celle passant dans R_7 est égale à $I + 6 + 4 = I + 10$.

La tension présente aux bornes de R_4 peut être calculée en fonction de la résistance en kΩ et de l'intensité en mA, soit $5(I + 20)$ volts. De même la tension aux bornes de R_7 est de $10(I + 10)$ volts.

La loi de Kirchhoff pour la tension peut alors être appliquée pour calculer le courant d'intensité inconnue I en exprimant la tension de la source en fonction des valeurs données de tensions, d'intensités et de résistances (en tenant compte aussi bien des valeurs connues que de celles inconnues).

La somme des tensions aux bornes des résistances R_4 , R_5 , R_6 et R_7 est égale à la tension totale, soit:

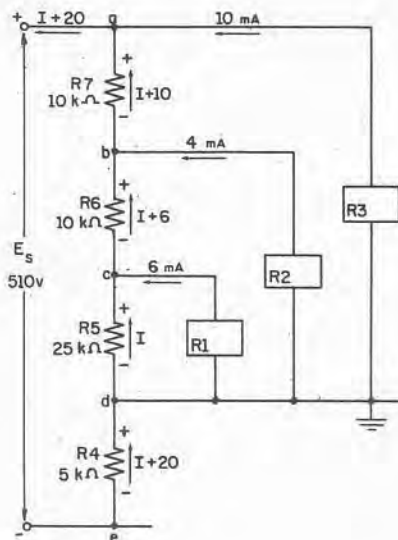


Fig. 5 - Dans ce diviseur de tension nous connaissons les valeurs des intensités et les résistances des 3 charges, on peut donc calculer l'intensité du courant passant dans R. Pour cela, on applique la loi de Kirchhoff pour trouver les intensités des courants dans R_4 , R_5 , R_6 , et R_7 . On peut également appliquer la loi de Kirchhoff sur la tension par rapport au courant inconnu I . On notera que, par rapport au point de jonction commun aux trois charges (masse), on dispose au point e d'une tension négative.

$$E_4 + E_5 + E_6 + E_7 = E_s$$

$$5(I + 20) + 25I + 10(I + 6) + 10(I + 10) = 510$$

$$50(I) = 250$$

$$I = 5 \text{ milliampères}$$

Le courant de 5 mA passant dans R_5 produit à ses bornes une chute de tension égale à $5 \times 25 = 125$ volts. Etant donné que R_1 est en parallèle sur R_5 , la tension aux bornes de R_1 est également de 125 volts.

L'intensité du courant passant dans R_4 est de $5 + 20 = 25$ mA et la chute de tension correspondante est de $5 \times 25 = 125$ volts. Du moment que le point d est au potentiel de la masse, le point c est à un potentiel positif de 125 volts par rapport à d, tandis que le point e est à un potentiel négatif de 125 volts par rapport au même point.

L'intensité du courant dans R_6 est de $5 + 6 = 11$ mA et la chute de tension à ses bornes est de 11×10 soit 110 volts.

L'intensité dans R_7 est égale à $5 + 10 = 15$ mA et la chute de tension correspondante de $15 \times 10 = 150$ volts.

En conclusion, la tension totale est égale à la somme des tensions présentes aux bornes des différentes parties du diviseur, d'où :

$$125 + 125 + 110 + 150 = 510 \text{ volts}$$

La puissance dissipée dans chaque résistance d'un tel diviseur peut être calculée en multipliant la tension aux bornes de chaque résistance par l'intensité du courant qui la parcourt; si le courant est exprimé en ampères, la f.e.m. étant en volts, la puissance sera exprimée en watts et, en conséquence, la puissance dissipée dans R_4 sera :

$$P_4 = E_4 \times I_4 = 125 \times 0,025 = 3,125 \text{ watts}$$

De même, la puissance dissipée dans R_5 sera :

$$125 \times 0,005 = 0,625 \text{ watt}$$

Dans R_6 :

$$110 \times 0,011 = 1,21 \text{ watt}$$

et, enfin, dans R_7 :

$$150 \times 0,015 = 2,25 \text{ watts}$$

La puissance totale dissipée dans le diviseur de tension sera donc de :

$$3,125 + 0,625 + 1,21 + 2,25 = 7,21 \text{ watts}$$

La tension présente aux bornes de R_1 étant la même que celle aux bornes de R_5 , soit 125 volts, la puissance dissipée dans R_1 est de :

$$P_1 = E_1 \times I_1 = 125 \times 0,006 = 0,750 \text{ watt}$$

La tension aux bornes de la charge R_2 est égale à la somme des tensions présentes aux bornes de R_5 et R_6 , soit :

$$E_2 = E_5 + E_6 = 125 + 110 = 235 \text{ volts}$$

La puissance dissipée dans R_2 sera donc de :

$$P_2 = E_2 \times I_2 = 235 \times 0,004 = 0,940 \text{ watt}$$

La tension présente aux bornes de la charge R_3 est égale à la somme des tensions aux bornes de R_5 , R_6 , R_7 , soit :

$$E_3 = E_5 + E_6 + E_7 = 125 + 110 + 150 = 385 \text{ volts}$$

La puissance dissipée dans R_3 est donc de :

$$P_3 = E_3 \times I_3 = 385 \times 0,010 = 3,85 \text{ watts}$$

et la puissance totale dissipée dans les trois charges est de :

$$0,75 + 0,94 + 3,85 = 5,54 \text{ watts}$$

La puissance totale fournie par la source est égale à la somme des puissances totales absorbées par le diviseur et les trois charges. Elle est donc de :

$$7,21 + 5,54 = 12,75 \text{ watts}$$

Ce résultat peut être vérifié de la manière suivante :

$$P_T = E_T I_T = 510 \times 0,025 = 12,75 \text{ watts}$$

On peut calculer les valeurs ohmiques des résistances de charge R_1 , R_2 , et R_3 au moyen de la loi d'Ohm de la façon suivante :

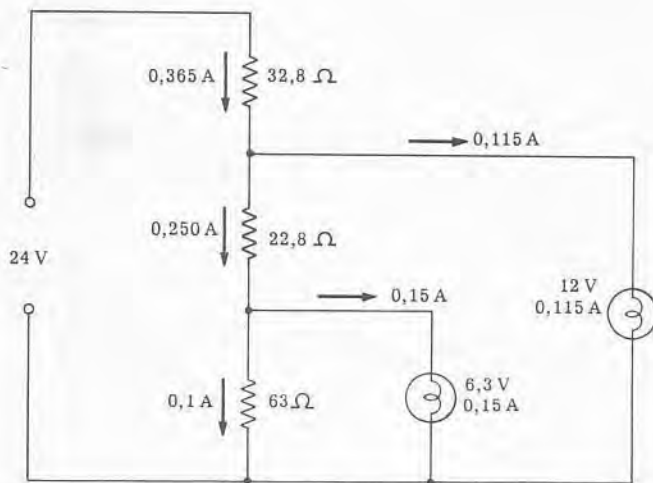


Fig. 5 bis - Exemple pratique d'un diviseur de tension avec charge. Partant d'une source unique de tension (24 volts), on doit alimenter correctement deux lampes ayant des caractéristiques différentes. Dans ce diviseur de tension on a, a priori, un courant dissipé par la troisième résistance (63 ohms) de 0,1 ampère. Suivant les données exposées sur la figure, on peut vérifier les calculs.

$$R_1 = \frac{E_1}{I_1} = \frac{125}{6} = 20,83 \text{ k}\Omega$$

$$R_2 = \frac{E_2}{I_2} = \frac{235}{4} = 58,75 \text{ k}\Omega$$

$$R_3 = \frac{E_3}{I_3} = \frac{385}{10} = 38,5 \text{ k}\Omega$$

ATTENUATEURS

Les atténuateurs sont des dispositifs constitués par des résistances dont l'objet est de réduire (atténuer) la tension, l'intensité ou la puissance fournie à une charge.

Les deux types d'atténuateurs les plus courants sont ceux en « L » et ceux en « T »; ils sont représentés dans les figures 6-A et 6-B, respectivement.

Si un tel dispositif est réglable — comme dans notre cas — il est toujours appelé atténuateur, tandis que s'il est fixe, il peut également s'appeler « réducteur » (en anglais « pad »).

Le type en « L » maintient une résistance constante à deux de ses bornes pour n'importe quelle position des résistances variables: par exemple, dans la figure 6-A la résistance présentée par la charge et l'atténuateur aux bornes *a b* reste constante pour n'importe quelles positions des résistances variables R_1 et R_2 .

Dans ce cas, tenant compte que R_s ne fait pas partie de l'atténuateur mais représente simplement la résistance interne de la batterie, la résistance offerte au passage du courant, mesurée entre les points *a* et *b*, comprend R_s et R_1 , en série, placées à leur tour en parallèle sur la combinaison formée par la charge parallèle sur R_2 . Dans ce circuit particulier R_s est égale à R_L et:

$$R_s = R_1 + \frac{R_2 \times R_1}{R_2 + R_1}$$

La résistance offerte au passage du courant de la borne *c* à la borne *d* est constituée par R_2 en parallèle sur la combinaison en série R_1 , R_s et R_L .

L'atténuateur en « L » ne fonctionne correctement

que si la charge est branchée aux bornes *c* et *d* et la source de courant aux bornes *a* et *b*. Il s'ensuit que la charge et la source ne peuvent être interverties tant que R_L n'est pas égale à:

$$\frac{R_2 (R_1 + R_s)}{R_2 + R_1 + R_s}$$

La figure 6-B illustre un atténuateur en « T ».

Celui-ci présente une résistance constante à l'entrée et la sortie pour n'importe quelles positions des résistances variables. Ainsi qu'on peut le voir en observant la figure, ce type d'atténuateur comporte une résistance variable de plus que le modèle précédent. Il est donc plus complexe que l'atténuateur en « L ».

La résistance présentée au passage du courant entre les points *a* et *b* comprend R_s et R_1 en série entre elles, placées, à leur tour, en parallèle sur une combinaison (également en parallèle) formée de deux branches, l'une représentée par R_2 et l'autre par R_3 en série avec R_L .

Dans ce circuit, on a:

$$R_s = R_1 + \frac{R_2 (R_3 + R_L)}{R_2 + R_3 + R_L}$$

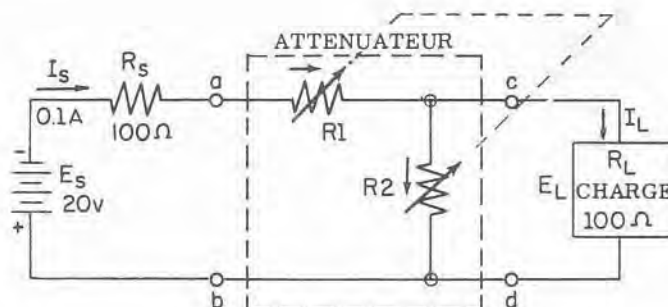
La résistance offerte au passage du courant entre les bornes *e* et *f* est constituée par R_3 en série avec la combinaison parallèle dont les branches sont R_2 d'un côté et R_1 en série avec R_s et R_L de l'autre, ce qui donne:

$$R_L = R_3 + \frac{R_2 (R_1 + R_s)}{R_2 + R_1 + R_s}$$

Etant donné que $R_s = R_L$ et que $R_1 = R_3$, la charge et la source sont interchangeables sans altérer en rien le fonctionnement de l'atténuateur en « T ». Comme nous l'avons dit, la résistance présente entre les extrémités *a* et *b* est égale à celle présente entre les extrémités *e* et *f*.

Il existe encore d'autres types d'atténuateurs plus complexes, comme, par exemple, celui dit « en échelles » qui évoque effectivement l'idée d'une échelle à barreaux; l'atténuateur en « T ponté » dans lequel les

Fig. 6 A - Atténuateur en «L». Il possède la propriété de maintenir une valeur de résistance constante entre deux de ses extrémités, ici entre *a* et *b*, quel que soit le réglage de R_1 et de R_2 . La charge et la source ne peuvent pas être interverties.



deux résistances qui forment la partie supérieure de la lettre T sont en parallèle sur une autre résistance et, enfin, les atténuateurs «à décades» dans lesquels le choix des résistances le composant est fait de telle sorte que la tension ou l'intensité du courant de la source peut être réduite ou atténuée par fractions décimales de la valeur maximum.

Fréquemment — particulièrement dans les circuits des appareils de radiocommunications à usage professionnel — il est nécessaire d'atténuer une tension appliquée à une charge, pour réduire en conséquence un signal, sans faire varier pour autant la quantité de courant prélevée à la source. De ce fait, la charge de la source de tension reste constante et les caractéristiques du circuit demeurent inchangées bien que l'amplitude du signal puisse être réduite à la valeur voulue. L'atténuateur en «L» est le dispositif le plus simple permettant d'obtenir ce résultat.

L'Atténuateur en «L»

Les deux caractéristiques essentielles de l'atténuateur en «L», figuré en 6-A, sont: la possibilité de faire varier la tension appliquée à la charge et de maintenir constante dans le même temps, l'intensité du courant passant dans la source malgré les variations de la tension de sortie.

Dans l'exemple de la figure, la résistance de la source est de 100 ohms, la résistance de charge est également de 100 ohms, et la tension est de 20 volts.

Avant que l'atténuateur soit placé dans le circuit, le courant fourni à la charge a une intensité de:

$$I_s = \frac{E_s}{R_L + R_s} = \frac{20}{100 + 100} = 0,1 \text{ ampère}$$

Dans ce cas, la tension appliquée à la charge est:

$$E_L = I_s R_L = 0,1 \times 100 = 10 \text{ volts.}$$

La chute de tension, dans la source elle-même est de $20 - 10 = 10$ volts également, ce qui équivaut à un courant d'une intensité de 0,1 ampère traversant la résistance interne égale à 100 ohms.

Pour réduire à 5 volts la tension présente aux bornes de R_L — tout en maintenant constante l'intensité du

courant issu de la source (0,1 ampère) — on insère dans le circuit les résistances R_1 et R_2 .

Le courant (I_L) qui passe dans R_L a une intensité de:

$$I_L = \frac{E_L}{R_L} = \frac{5}{100} = 0,05 \text{ ampère}$$

Le courant passant dans R_1 a une intensité de 0,1 ampère du fait que cette résistance est en série avec la source, et la chute de tension à ses bornes est égale à la différence entre la tension maximum d'origine et la somme des chutes de tension aux bornes de la source elle-même et aux bornes de la charge, soit $20 - (10 + 5) = 5$ volts.

La résistance de R_1 est donc égale à $5 : 0,1 = 50$ ohms.

Le courant passant dans R_2 a une intensité égale à la différence entre l'intensité du courant débité par la source, soit 0,1 ampère, et l'intensité passant dans la charge (0,05 A). Cette différence est donc de 0,05 ampère. La tension à ses bornes est de 5 volts, puisqu'elle est placée en parallèle sur la charge.

La valeur ohmique de R_2 sera donc de $5 : 0,05 = 100$ ohms.

Il s'ensuit que, en plaçant une résistance de 50 ohms en série avec la source et une de 100 ohms en parallèle sur la charge, la tension aux bornes de celle-ci se trouvera réduite à 5 volts, tandis que l'intensité du courant restera toujours égale à 0,1 ampère.

De ce fait, tandis que la tension du signal appliqué à la charge est réduite à la moitié de sa valeur initiale, la charge totale fournie à la source reste constante.

La valeur totale des deux résistances en parallèle R_2 et R_L est de 50 ohms et la valeur résultante de la résistance R_1 en série avec la combinaison parallèle est de $50 + 50 = 100$ ohms.

Ceci confirme donc que, après insertion de R_1 et R_2 dans le circuit, la résistance placée aux bornes de la source reste de même valeur, c'est-à-dire que la charge demeure constante.

L'Atténuateur en «T»

Dans le cas de l'atténuateur en «T» donné en exem-

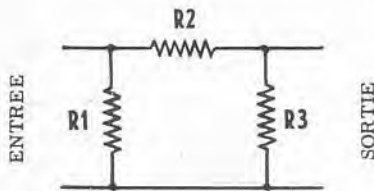


Fig. 6 A bis - Atténuateur en «pi» dit symétrique quand $R_1 = R_3$.

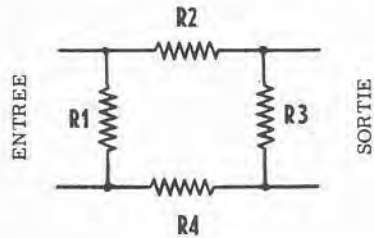


Fig. 6 A ter - Atténuateur en «O» dit symétrique quand $R_1 = R_3$ et $R_2 = R_4$.

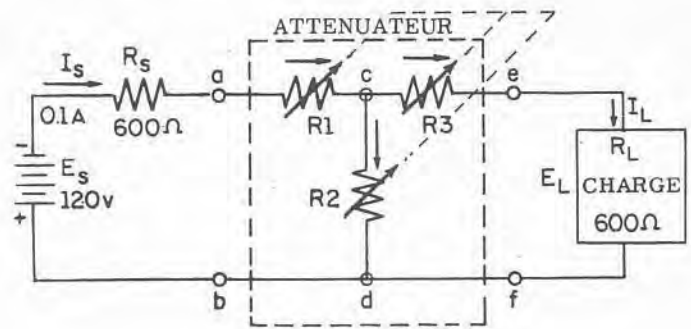


Fig. 6 B - Atténuateur en «T». Il possède la propriété de garder constante et égale la valeur de la résistance entre ses bornes a-b et e-f, pour n'importe quelles positions des résistances variables. La charge et la source sont interchangeables.

ple figure 6-B, nous avons $R_s = 600$ ohms et la tension de la source est de 120 volts. En outre, dans notre cas, l'atténuateur possède la caractéristique de réduire à la moitié de sa valeur initiale la tension appliquée à la charge. Le problème consiste à calculer les valeurs ohmiques de R_1 , R_2 et R_3 .

Avant que l'atténuateur soit placé dans le circuit l'intensité du courant passant dans la charge est égale à $120 : (600 + 600) = 0,1$ ampère et la tension correspondante aux bornes de la charge est de $0,1 \times 600 = 60$ volts.

L'atténuateur aura pour effet de réduire cette tension à la moitié de sa valeur, soit 30 volts.

Le courant passant dans la charge avec une tension de 30 volts sera de: $30 : 600 = 0,05$ A.

Du moment que l'intensité totale devra conserver sa valeur initiale, 0,1 ampère, l'intensité du courant passant dans R_2 devra être de $0,1 - 0,05$ ampère.

La somme algébrique des tensions présentes aux bornes du circuit $dcefd$ est égale à zéro et ces tensions peuvent être exprimées en fonction des intensités, des résistances et des tensions, de la manière suivante:

$$+ 0,05 R_2 - 0,05 R_3 - 30 = 0$$

et, puisque $R_3 = R_1$,

$$0,05 R_2 - 0,05 R_1 = 30$$

La somme algébrique des tensions dans le circuit $bacdb$ est égale à zéro. Donc:

$$120 - 0,1 \times 600 - 0,1 R_1 - 0,05 R_2 = 0$$

$$0,05 R_2 + 0,1 R_1 = 60$$

En soustrayant la première équation de la seconde et en résolvant par rapport à R_1 , on a:

$$\begin{array}{rcl} 0,05 R_2 + 0,10 R_1 & = & 60 \\ -0,05 R_2 + 0,05 R_1 & = & -30 \\ \hline 0 & + & 0,15 R_1 = 30 \end{array}$$

d'où:

$$R_1 = \frac{30}{0,15} = 200 \text{ ohms} = R_3$$

En substituant la valeur de R_1 dans la première équation, on obtient:

$$\begin{array}{rcl} 0,05 R_2 - 0,05 (200) & = & 30 \\ 0,05 R_2 & = & 40 \end{array}$$

d'où: $R_2 = 800$ ohms.

La résistance opposée au passage du courant entre les points a et b comprend la résistance de 600 ohms de la charge et la résistance de l'atténuateur R_{ab} .

$$\begin{aligned} R_{ab} &= R_1 + \frac{R_2 (R_3 + R_L)}{R_2 + R_3 + R_L} \\ &= 200 + \frac{800 + 200 + 600}{800 (200 + 600)} \\ &= 200 + 400 = 600 \text{ ohms} \end{aligned}$$

La résistance s'opposant au passage du courant entre les points e et f comprend la résistance de 600 ohms de la charge et la résistance de l'atténuateur R_{ef} .

$$\begin{aligned} R_{ef} &= R_3 + \frac{R_2 (R_1 + R_L)}{R_2 + R_3 + R_L} \\ &= 200 + \frac{800 (200 + 600)}{800 + 200 + 600} \\ &= 200 + 400 = 600 \text{ ohms} \end{aligned}$$

Donc $R_{ef} = R_{ab}$ et l'atténuateur présente la même résistance aussi bien à la source qu'à la charge.

L'intensité de courant I_s de la source est:

$$\frac{E_s}{R_s + R_{ab}} = \frac{120}{600 + 600} = 0,1 \text{ ampère}$$

La tension d'entrée E_{ab} à l'atténuateur est:

$$I_s R_{ab} = 0,1 \times 600 = 60 \text{ volts}$$

La chute de tension aux bornes de R_1 est:

$$I_s R_1 = 0,1 \times 200 = 20 \text{ volts}$$

La chute de tension aux bornes de R_2 est:

$$I_2 R_2 = 0,05 \times 800 = 40 \text{ volts}$$

La chute de tension aux bornes de R_3 est:

$$I_3 R_3 = 0,05 \times 200 = 10 \text{ volts}$$

En conséquence la tension aux bornes de la charge est de:

$$40 - 10 = 30 \text{ volts}$$

CIRCUITS en PONT

Un circuit en pont classique est représenté dans la

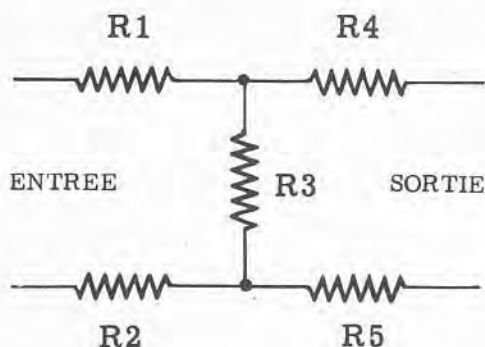


Fig. 6 B bis - Atténuateur en «H» dérivant du type en «T». Dans ce type d'atténuateur on doit avoir $R_1 = R_2 = R_4 = R_5$ et la valeur ohmique de ces résistances doit être égale à la moitié de $R_1 - R_3$ de la figure 6 B.

Fig. 7 - Circuit en pont classique. En appliquant la loi de Kirchhoff on peut déterminer les valeurs de E , I ou R .

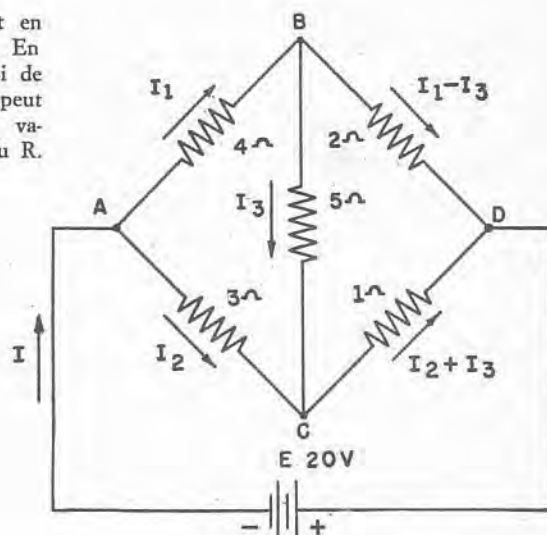


figure 7. Dans un tel circuit le courant suit, cela est évident, plusieurs voies différentes. En fait, le courant de ligne I se divise, à chacun des sommets (ou noeuds), en plusieurs branches dont les intensités sont I_1 , I_2 , etc. Il est important de noter qu'au point de jonction A, le courant I a une intensité égale à $I_1 + I_2$.

Nous verrons bientôt — dès le chapitre suivant et, avec plus de détails, dans la leçon n° 21 — comment un circuit en pont, connu sous le nom de *Pont de Wheatstone*, se révèle particulièrement utile pour la mesure des résistances dont la valeur est inconnue.

Pour l'étude du circuit de la figure 7, on peut réduire le nombre des courants connus en affectant une désignation particulière à tous les courants qui **entrent** dans un sommet et en désignant ceux qui **sortent** sous la forme d'une fonction des précédents.

Un exemple peut être donné: au point C du circuit les courants qui entrent sont I_2 et I_3 et il en sort le courant $I_2 + I_3$ qu'il est inutile de désigner par le symbole I_4 .

En utilisant la loi de Kirchhoff, on peut écrire autant d'équations qu'il y a d'inconnues à calculer. Chaque branche employée pour établir une équation ne devra comprendre que des éléments non inclus dans d'autres branches; chaque équation contiendra donc des rapports qui ne se trouveront dans aucune autre. Ces équations peuvent être regroupées en un système cohérent permettant de trouver les valeurs inconnues des courants.

Si nous voulions calculer les intensités des courants circulant dans un tel pont en employant seulement la loi d'Ohm, nous rencontrerions de grandes difficultés, mais — comme nous le verrons — il nous sera possible de déterminer toutes les valeurs de E , I , ou R en appliquant les lois de Kirchhoff.

Supposons une direction donnée du courant dans chacune des branches: elle sera indiquée par une flèche. Pour avoir un nombre minimum possible de courants inconnus, on considère que le courant I se divise au point A en I_1 et I_2 . Le premier va vers le point B et l'autre vers le point C.

Le courant passant dans la branche BC est appelé

I_3 ; tandis que celui passant dans BD est calculé en fonction de I_1 et I_3 , c'est à dire $I_1 - I_3$.

Comme moyen de contrôle, on peut appliquer la loi de Kirchhoff sur l'intensité au point D, ce qui donne:

$$(I_1 - I_3) + (I_2 + I_3) = I_1 + I_2$$

qui est égale à l'intensité IT fournie par la pile.

Supposons que nous devions calculer l'intensité et la direction du courant dans la branche BC dont la résistance est de 5 ohms.

On applique la loi de Kirchhoff sur la tension au circuit tout entier et l'on obtient un nombre suffisant d'équations pour y inclure tous les courants inconnus.

Si l'on suit la direction présumée du courant, chaque résistance provoque une chute de tension et est négative; chaque source de tension est positive si elle favorise le passage du courant et négative si elle s'y oppose.

Si, par contre, on opère dans le sens contraire à la direction du courant, la chute de tension aux bornes d'une résistance est positive.

Donnons ci-dessous un exemple de solution d'un système d'équations dans lesquelles les valeurs ohmiques indiquées figurent sur le schéma de la figure 7.

Etablissons les équations suivantes:

$$\begin{aligned} \text{Circuit ABDEA:} & -4I_1 - 2(I_1 - I_3) + 20 = 0 \\ \text{En simplifiant:} & -4I_1 - 2I_1 + 2I_3 + 20 = 0 \\ \text{(Equation 1)} & -6I_1 + 2I_3 + 20 = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Circuit ABCEA:} & -3I_2 - 1(I_2 + I_3) + 20 = 0 \\ \text{En simplifiant:} & -3I_2 - I_2 - I_3 + 20 = 0 \\ \text{(Equation 2)} & -4I_2 - I_3 + 20 = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Circuit ABCEA:} & -4I_1 - 5I_3 + 3I_2 = 0 \\ \text{(Equation 3)} & \end{aligned}$$

Ceci étant posé, éliminons I_1 des équations 1 et 3 de la façon suivante:

$$\begin{aligned} \text{Multiplier l'équation 1 par} & \\ \text{le nombre «2»} & \dots \dots -12I_1 + 4I_3 + 40 = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Multiplier l'équation 3 par} & \\ \text{le nombre «3» et soustraire} & \\ \text{(en changeant donc tous} & \\ \text{les signes).} & \dots \dots +12I_1 + 15I_3 - 9I_2 = 0 \end{aligned}$$

$$\text{(Equation 4)} \quad 19I_3 - 9I_2 + 40 = 0$$

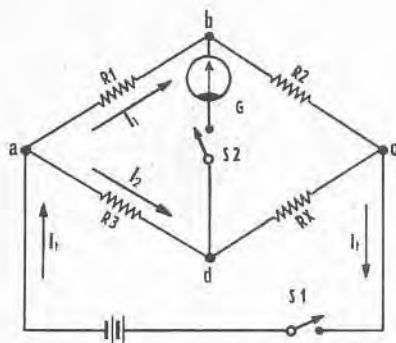


Fig. 8 - Application pratique du circuit en pont (Pont de Wheatstone) pour la mesure d'une résistance inconnue R . Si R_1 , R_2 et R_3 sont choisies de telle sorte que l'instrument de mesure G reste au zéro, la résistance inconnue R_x sera égale à $(R_2 \times R_3) : R_1$.

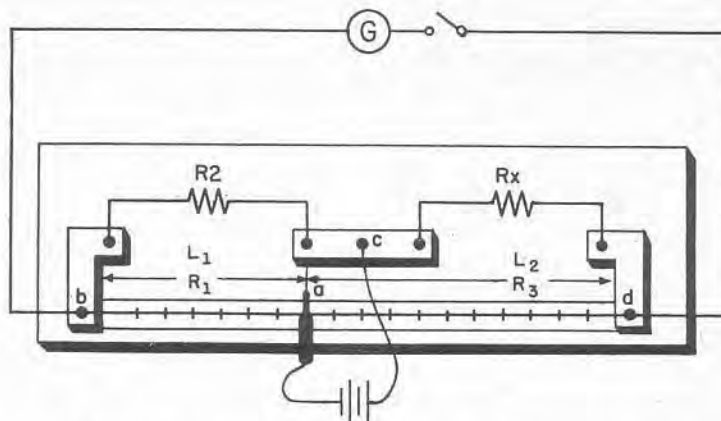


Fig. 9 - Variante du pont de Wheatstone précédemment illustré. Dans cette exécution, il est appelé plus exactement « pont à fil » étant donné que les résistances R_1 et R_3 sont formées par un fil résistant de longueur et la section uniformes sur lesquelles court un élément de contact dit curseur.

Eliminer I_3 des équations 2 et 4 comme suit:

Multiplier l'équation 2 par

$$\text{le nombre « 19 »} \quad -76I_2 - 19I_3 + 380 = 0$$

$$\text{Ajouter l'équation 4} \quad -9I_2 + 19I_3 + 40 = 0$$

$$-85I_2 \quad +420 = 0$$

$$I_2 = \frac{420}{85} = 4,941 \text{ ampères}$$

Substituer I_2 dans l'équation 2

$$-4(4,94) - I_3 + 20 = 0$$

$$-19,76 - I_3 + 20 = 0$$

$$-I_3 = 19,76 - 20$$

$$I_3 = 0,236 \text{ ampère}$$

Substituer I_3 dans l'équation 1

$$-6I_1 + 2(0,236) + 20 = 0$$

$$-6I_1 + 0,472 + 20 = 0$$

$$-6I_1 = -20,472$$

$$I_1 = 3,412 \text{ ampères}$$

Substituer toutes les valeurs notées dans l'équation 3

$$-4(3,412) - 5(0,236) + 3(4,94) = 0$$

$$-13,648 - 1,18 + 14,82 = 0$$

Ainsi, après avoir trouvé les valeurs de I_1 , I_2 , et I_3 , nous sommes assurés de l'exactitude de nos calculs par l'équation ci-dessus dont le premier membre est bien égal à zéro.

Le courant I_3 qui passe dans la résistance de 5 ohms a une intensité de 0,236 ampère et la direction présumée est bien exacte puisque sa valeur est positive.

Du moment qu'au point A nous avons:

$$I_T = I_1 + I_2 \text{ e } I_T = 8,353 \text{ ampères}$$

on trouve que:

$$R_T = \frac{E_T}{I_T} \quad R = \frac{20}{8,353} = 2,39 \text{ ohms approximativement}$$

LE PONT de WHEATSTONE

Puisque dans la leçon 21 nous décrivons un pont utilisé pour la mesure pratique des résistances (Pont de Wheatstone, dont nous avons déjà parlé), nous donnons ici un rapide examen de ce circuit particu-

lier, dans le but de rendre plus facile l'analyse et l'utilisation de l'appareil de mesure.

Quand l'interrupteur S de la pile est fermé (figure 8), les électrons s'écoulent de l'extrémité négative de la batterie vers le point a . En ce point, le courant se divise, une partie passe dans R_1 et R_2 et l'autre dans R_3 et R_x . Les deux courants désignés par I_1 et I_2 se rejoignent au point c et retournent au pôle positif de la pile.

La valeur de I_1 dépend de la somme des résistances R_1 et R_2 , et celle de I_2 de la somme de R_3 et R_x . Dans tous les cas, conformément à la loi d'Ohm, l'intensité est inversement proportionnelle à la résistance.

— R_1 , R_2 et R_3 sont choisies de valeurs telles que, lorsque l'interrupteur S du galvanomètre est fermé, on ne constate aucune déviation de l'aiguille.

Lorsque le galvanomètre reste au zéro, cela signifie qu'il n'existe aucune différence de potentiel entre les points b et d ou, également, que la chute de tension (E_1) aux bornes de R_1 (entre les points a et b) est égale à la chute de tension (E_3) aux bornes de R_3 (entre les points a et d).

Un raisonnement analogue nous montre que les chutes de tension aux bornes de R_2 et R_x , c'est-à-dire E_2 et E_x , sont égales.

Ceci peut s'exprimer algébriquement:

$$\begin{aligned} E_1 &= E_3 \text{ ou } I_1 R_1 = I_2 R_3; \\ E_2 &= E_x \text{ ou } I_1 R_2 = I_2 R_x. \end{aligned}$$

Divisons la chute de tension aux bornes de R_1 et de R_3 par la chute de tension aux bornes de R_2 et de R_x :

$$\frac{I_1 R_1}{I_1 R_2} = \frac{I_2 R_3}{I_2 R_x} \text{ simplifiant: } \frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_x} \text{ donc: } R_x = \frac{R_2 R_3}{R_1}$$

Pour réaliser un tel pont de mesure nous utiliserons pour R_1 , R_2 et R_3 des résistances étalons dont les valeurs ohmiques sont exactement connues, il sera donc facile de déterminer la valeur R_x inconnue.

Nous verrons plus loin, dans notre réalisation pratique, que pour étendre les limites d'utilisation du pont de mesure, on utilise des résistances étalons de valeurs diverses pouvant être mises en service au moyen de commutateurs.

Leçon n° 20

MESURES du COURANT CONTINU

AUGMENTATION de la PORTEE d'un INSTRUMENT

Les instruments couramment employés en électronique doivent pouvoir mesurer des tensions continues d'une fraction de milliampère à 10 ampères ou davantage: ils permettent également la mesure des résistances avec divers calibres.

On peut, en principe, apporter diverses modifications aux circuits d'un instrument de mesure dans le but de l'adapter aux diverses sensibilités désirées, ce qui permet de disposer, ainsi, d'un instrument d'emploi pour ainsi dire universel; à moins, bien entendu, que pour des raisons précises il soit nécessaire d'employer des instruments séparés pour les diverses mesures.

Si l'on tente de mesurer un courant plus grand que celui pour lequel l'appareil est prévu, on risque de lui causer de graves dommages: le courant excessif passant dans la bobine de l'instrument peut provoquer la rupture du fil de l'enroulement et, en outre, l'aiguille en déviant brutalement vers la droite vient heurter la butée de fin de course ce qui a pour effet de la tordre. Il faut donc, avant d'entreprendre une mesure, s'assurer que l'instrument pourra supporter sans dommages l'intensité du courant passant dans sa bobine.

Prenons un exemple: supposons qu'un instrument donnant une déviation totale pour 1 mA, dont la résistance interne est de 27 ohms, soit branché aux bornes d'une source de tension de 1 volt; 1 seul milliampère est nécessaire et suffisant pour la déviation totale de l'aiguille sur toute l'échelle. Quelle sera l'intensité du courant passant dans l'instrument dans notre cas?

Appliquons la loi d'Ohm; le courant dans un tel circuit aura une intensité égale à:

$$I = \frac{E}{R} = \frac{1}{27} = 0,037 \text{ ampères, soit } 37 \text{ milliampères}$$

plus grande que celle, suffisante à donner une déviation totale de l'aiguille, qui passera dans l'instrument et il est évident que celui-ci sera irrémédiablement endommagé.

Le circuit externe d'un instrument devra donc être prévu pour adapter celui-ci aux mesures des diverses tensions et intensités couramment rencontrées dans la pratique.

Cependant, pour employer l'instrument en *voltmètre* on ajoute une résistance de valeur élevée en série, ce qui a pour effet de réduire l'intensité du courant à une valeur admissible, même si l'instrument est re-

lié à une source de tension élevée. Pour l'utiliser en *ampèremètre*, on ajoute une résistance de faible valeur en parallèle, dont l'effet est de fournir une seconde voie de passage au courant. Dans ce cas, une partie seulement du courant à mesurer passe dans l'instrument, l'autre partie passe dans la résistance mise en parallèle à ses bornes.

Résumons-nous: les méthodes à adopter pour modifier le circuit d'un instrument de mesure sont les suivantes:

- 1) Pour l'employer en *voltmètre*, brancher en série avec le cadre mobile une résistance de valeur élevée.
- 2) Pour l'employer en *ampèremètre*, brancher en parallèle sur la bobine mobile une résistance de faible valeur.

Voyons maintenant, d'une manière détaillée, comment calculer la résistance additionnelle, série ou parallèle, en tenant compte des caractéristiques de l'instrument de mesure disponible.

VOLTMETRE

Calcul de la résistance additionnelle au moyen de la loi d'Ohm

Pour trouver la valeur ohmique de la résistance série, nécessaire pour mesurer une tension donnée, il est nécessaire de connaître la sensibilité de l'instrument, sa résistance interne, et la valeur de la tension à mesurer, moyennant quoi il est possible d'effectuer le calcul en appliquant la loi d'Ohm.

On désire, par exemple, employer un instrument donnant une déviation totale pour une intensité de 1 mA, ayant une résistance interne de 27 ohms, pour mesurer une tension de 10 volts (au maximum de l'échelle) (voir figure 1).

Sachant que l'intensité maximum que l'instrument peut admettre est de 1 mA et que la tension maximum à mesurer est de 10 volts, la résistance totale du circuit devra être de:

$$R = \frac{E}{I} = \frac{10}{0,001} = 10\,000 \text{ ohms}$$

La résistance devant être placée en série avec l'instrument, étant beaucoup plus grande que sa résistance interne (27 ohms), cette dernière peut être négligée

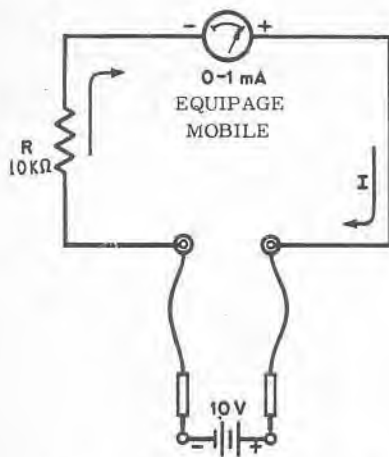


Fig. 1 - La résistance en série R limite, à sa juste valeur, le passage du courant à travers la bobine mobile.

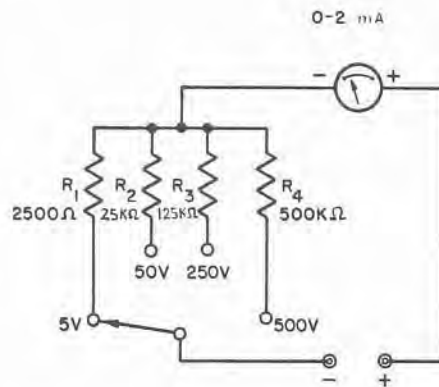


Fig. 2 A - En disposant de plusieurs résistances, chacune étant de valeur convenable, et en les plaçant à tour de rôle en série avec l'instrument, on peut réaliser un voltmètre à plusieurs sensibilités. Le choix se fait au moyen d'un contacteur.

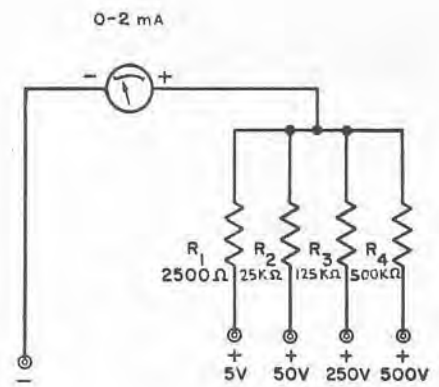


Fig. 2 B - Dans ce cas, on choisit la sensibilité en insérant une fiche dans la douille (+) convenable. L'autre fiche reste toujours placée dans la douille, (-).

et la résistance à brancher en série avec le milliampèremètre devra être de 10 000 ohms.

Il résulte de ce qui précède que, dans un circuit comportant une résistance de 10 000 ohms en série avec un appareil de mesure donnant sa déviation maximum pour une intensité de 1 mA, une tension de 10 volts appliquée à ses bornes fera dévier l'aiguille à fond d'échelle.

Ce voltmètre pourra donc mesurer une tension de 10 volts maximum sans aucun dommage et la résistance de 10 000 ohms placée en série avec l'appareil de mesure est appelée « résistance additionnelle » car elle permet d'étendre l'échelle de lecture des tensions.

L'échelle de lecture de l'instrument de mesure peut être graduée directement en volts; ainsi dans le cas ci-dessus, donné en exemple, une tension de 10 volts provoque la déviation totale de l'aiguille.

Si l'instrument est employé pour mesurer une tension de 5 volts, l'intensité du courant passant sera seulement de 0,5 milliampère. En effet, puisque $I = E : R$, on a $I = 5 : 10\,000 = 0,0005$ ampère = 0,5 mA. Cette valeur est égale à la moitié du courant maximum pouvant passer dans l'instrument, par suite la bobine produira un champ magnétique égal à la moitié de son champ maximum et l'aiguille déviara à moitié d'échelle où se trouvera la graduation marquée 5 volts.

La déviation au quart de la longueur de l'échelle correspondra, évidemment, à 2,5 volts et ainsi de suite.

Par cette méthode (résistance additionnelle), il est possible d'étendre les limites d'utilisation de l'instrument jusqu'à n'importe quelle valeur.

Supposons que nous voulions mesurer des tensions de 500 volts en fin d'échelle. Appliquons la loi d'Ohm pour calculer la résistance nécessaire pour limiter l'intensité passant dans l'instrument à sa valeur maximum admissible: si l'instrument est le même que celui cité précédemment, déviation maximum pour 1 mA, la résistance additionnelle sera de:

$$R = \frac{E}{I} = \frac{500}{0,001} = 500\,000 \text{ ohms}$$

Ainsi, en plaçant en série avec l'instrument de mesu-

re une résistance de 500 000 ohms, on pourra l'utiliser pour mesurer des tensions jusqu'à 500 volts; dans ce cas, l'intensité maximum du courant passant dans la bobine mobile et provoquant la déviation maximum sera toujours de 1 mA.

Calcul de la résistance additionnelle au moyen du facteur « ohm par volt »

On peut également calculer la valeur ohmique de la résistance à placer en série en se servant du facteur ohm/V (ohm par volt) qui exprime la sensibilité de l'instrument.

Puisque l'intensité du courant est donnée par $E : R$, le facteur ohm/V est égal à $R : E$ et la sensibilité en ohm par volt est donnée par:

$$\text{sensibilité en ohms/V} = \frac{1}{\text{sensibilité en courant}}$$

Par exemple, si un instrument donne sa déviation maximum pour une intensité de 1 mA, la résistance qui devra être branchée en série pour mesurer une tension de 1 volt sera: $R = E : I = 1 : 0,001 = 1\,000$, ce qui signifie qu'un instrument donnant sa déviation pour une intensité de 1 mA a une sensibilité de 1 000 ohms par volt.

Si l'on désire que cet instrument permette de lire 10 volts en fin d'échelle, on peut calculer la valeur ohmique de la résistance additionnelle à placer en série: la sensibilité étant de 1 000 ohms par volt, pour 10 volts la résistance additionnelle sera de $1\,000 \times 10 = 10\,000$ ohms, valeur que nous avons trouvée précédemment.

Cette indication de la sensibilité d'un instrument en ohm/V est couramment utilisée dans la pratique, car elle constitue le moyen le plus commode pour déterminer la valeur de la résistance additionnelle.

Si, par exemple, on désire mesurer une tension maximum de 300 volts avec un instrument ayant une sensibilité de 5000 ohms/V et une résistance interne de 75 ohms, il suffit de multiplier le facteur ohm/V par 300 pour trouver la valeur de la résistance devant être ajoutée en série, soit:

$$300 \times 5\,000 = 1\,500\,000 \text{ (soit 1,5 Mégohm)}$$

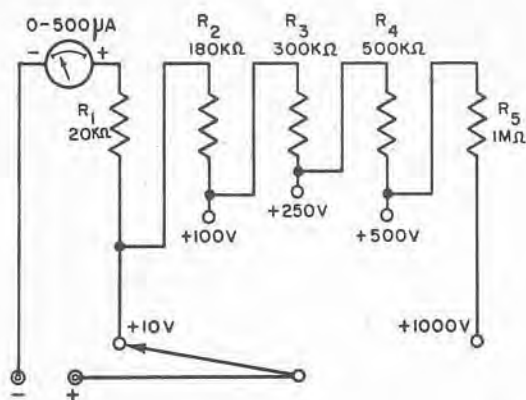


Fig. 2 C - Dans cette réalisation, les résistances donnant les diverses sensibilités sont toujours en série avec l'instrument, et également en série entre elles. Le choix se fait au moyen d'un contacteur.

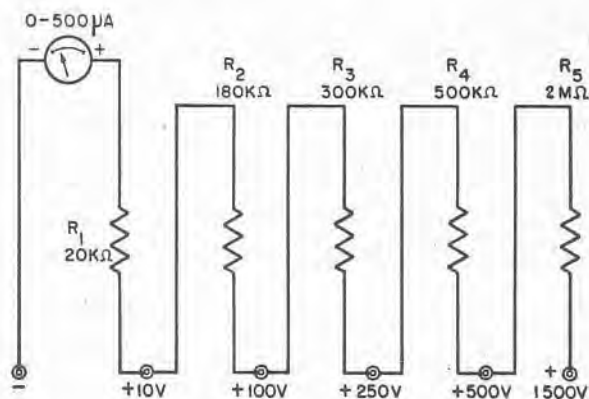


Fig. 2 D - Cette réalisation est analogue à celle de la figure précédente: le calcul des résistances est le même. Le choix de la sensibilité se fait au moyen de douilles et fiches.

Dans ce cas, ainsi que nous l'avons déjà dit, la résistance interne de l'instrument (75 ohms) pourra être négligée.

Pour conclure, l'emploi du facteur ohm/V constitue une méthode pratique pour déterminer la sensibilité d'un instrument de mesure. Plus faible sera l'intensité du courant provoquant la déviation totale de l'aiguille, plus grande sera la résistance devant être branchée en série pour mesurer chaque volt et, donc, plus grande sera la sensibilité.

Connaissant la sensibilité en ohm/V, il suffira de multiplier cette valeur par la tension maximum à mesurer (en fin d'échelle) pour trouver la valeur ohmique de la résistance additionnelle.

VOLTMETRES A PLUSIEURS SENSIBILITES

Résistances additionnelles séparées

Puisqu'en ajoutant une résistance additionnelle on peut faire varier la sensibilité d'un voltmètre, il est logique d'en déduire qu'en employant un certain nombre de résistances reliées à un contacteur ou à des prises comme cela est indiqué dans les figures 2-A, B, C et D, il sera possible de réaliser un voltmètre à plusieurs sensibilités (ou échelles de lecture).

Ainsi, par exemple, on désire réaliser un voltmètre à 5 sensibilités (ou calibres) commutables, la résistance interne de l'instrument étant de 18 ohms. Les sensibilités désirées sont 550, 250 et 500 volts au maximum de la déviation (figure 2-A).

La première opération consiste à trouver le facteur ohm/V.

La déviation totale de l'instrument étant obtenue pour une intensité de 2 mA, sa sensibilité en ohm/V sera de:

$$\text{ohm/V} = \frac{1}{\text{sensibilité en courant}} = 1:0,002 = 500 \text{ ohms/V}$$

La résistance additionnelle R1 pour l'échelle 5 volts sera de $500 \times 5 = 2500$ ohms; R2 pour l'échelle 50 volts sera de $500 \times 50 = 25000$ ohms; R3 pour l'échelle 250 volts, sera de $500 \times 250 = 125000$ ohms et, en-

fin, R4 pour l'échelle 500 volts aura pour valeur $500 \times 500 = 250000$ ohms.

Les résistances R1, R2, R3 et R4 sont reliées à un contacteur, comme dans la figure 2-A et chaque échelle peut être choisie en plaçant le contacteur dans la position convenable.

Dans la figure 2-B, les résistances sont reliées à des douilles distinctes remplaçant le contacteur de la figure précédente. L'extrémité négative de la source de tension à mesurer sera reliée à la douille négative commune, tandis que l'extrémité positive sera reliée à la douille positive correspondant à l'échelle de lecture désirée.

Résistances additionnelles en série

La figure 2-C illustre la réalisation d'un autre instrument avec résistances additionnelles en série et contacteur permettant de choisir la sensibilité désirée.

La figure 2-D schématise une réalisation dans laquelle le contacteur est remplacé par des prises auxquelles sont reliées les diverses résistances. Dans ce cas, comme nous l'avons dit plus haut, l'extrémité négative de la source de tension est reliée à la douille négative commune; nous l'avons dit plus haut, l'extrémité négative de la des douilles positives correspondant à la sensibilité désirée.

Dans le cas où les résistances additionnelles sont toutes reliées en série, il faut calculer, tout d'abord, la valeur de R1, c'est-à-dire de la résistance prévue pour la tension la plus faible; on calcule, ensuite, la valeur de la résistance totale pour l'échelle suivante; de cette valeur on soustrait la résistance R1 ce qui donne la valeur de R2, et ainsi de suite.

Prenons un exemple:

Supposons (figure 2-C et 2-D) que nous voulions construire un voltmètre à 5 sensibilités en utilisant un instrument donnant sa déviation maximum pour une intensité de 0,5 mA, ayant une résistance interne de 55 ohms, les sensibilités désirées étant de 10, 100, 250, 500 et 1500 volts.

L'intensité maximum admissible dans l'instrument

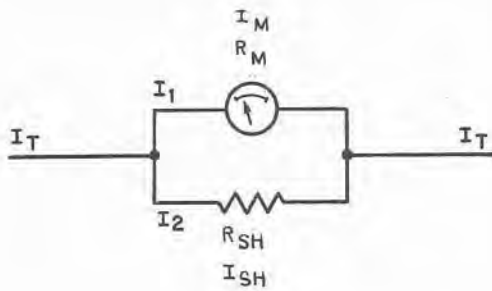


Fig. 3 A - Dans le cas d'un instrument pour la mesure des intensités (ampèremètre, milliampèremètre, ...) la résistance dérivant l'excès de courant doit être mise en parallèle sur l'instrument de mesure; elle prend, alors, le nom de « shunt ».

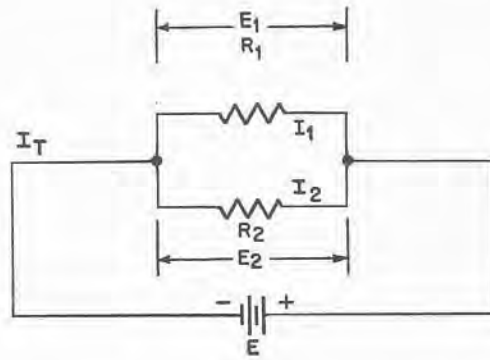


Fig. 3 B - La tension aux bornes des deux résistances en parallèle étant égale, l'intensité du courant passant dans chaque résistance est inversement proportionnelle à sa valeur ohmique.

étant de 0,5 mA, sa sensibilité en ohm/V est de 1 : 0,0005, soit 2 000 ohms par volt.

La résistance additionnelle R_1 pour la sensibilité 10 volts sera de 10 fois 2 000 ohms, soit 20 000 ohms.

Pour l'échelle 100 volts, la résistance additionnelle devra être de 100 fois 2 000 ohms, soit 200 000 ohms, mais, comme elle est en série, avec R_1 , sa valeur effective sera de $200\,000 - 20\,000 = 180\,000$ ohms.

Sur la sensibilité 100 volts, la résistance additionnelle totale sera égale à la somme des résistances R_1 et R_2 , soit $R_1 + R_2 = 20\,000 + 180\,000 = 200\,000$ ohms qui est bien la valeur nécessaire déterminée par le calcul.

Pour la sensibilité 250 volts, la résistance additionnelle devra être égale à 250 fois 2 000 ohms, soit 500 000 ohms, dont une partie, 200 000, est déjà constituée par R_1 et R_2 , et, par suite, R_3 aura pour valeur $500\,000 - 200\,000 = 300\,000$ ohms.

Pour la sensibilité 500 volts, la résistance totale devra être de 1 000 000 ohms et R_4 aura une valeur de $1\,000\,000 - 500\,000 = 500\,000$ ohms puisqu'elle est en série avec R_1 , R_2 et R_3 dont la somme est égale à 500 000 ohms.

D'une manière identique, pour la sensibilité 1000 volts (figure 2-C) la valeur de R_5 sera de 2 000 000 (valeur nécessaire) — 1 000 000 (valeur déjà en circuit) = 1 000 000 ohms; tandis que pour la sensibilité 1 500 volts (figure 2-D), la valeur de R_5 sera de 3 000 000 — 1 000 000 = 2 000 000 ohms.

Types de résistances additionnelles

Les résistances additionnelles utilisées pour étendre les échelles de lecture des instruments de mesure peuvent être soit bobinées, soit au carbone.

Dans les instruments de haute précision, on utilise généralement des résistances bobinées ayant une précision de 0,1%; on peut toutefois employer des résistances au carbone (ou agglomérées) pourvu que leurs valeurs soient suffisamment précises. Les instruments de mesure plus courants utilisent des résistances agglomérées de bonne qualité donnant une précision suffisante pour les besoins de la pratique.

Il est d'ailleurs important de savoir que, en tous cas, les résistances en fil bobiné ne peuvent avoir des valeurs ohmiques excédant quelques dizaines de milliers d'ohms, ceci pour le simple fait que des résistances bobinées de valeurs plus élevées seraient trop encombrantes et d'un prix de revient prohibitif. Les valeurs ohmiques élevées sont donc obtenues par des résistances agglomérées et les divers fabricants, outre les modèles courants ayant des tolérances de 510 ou 20%, peuvent livrer des modèles spéciaux, particulièrement sélectionnés, ayant des tolérances de 1% ou moins, pouvant être employés dans les réalisations de voltmètres de précision.

AMPÈREMÈTRE

Pour effectuer une mesure d'intensité, il est nécessaire d'interrompre le circuit et de brancher un ampèremètre entre les points de coupure, rétablissant ainsi la continuité du circuit à travers l'instrument.

Quand l'intensité du courant à mesurer est supérieure à celle que l'ampèremètre peut admettre, au maximum, on peut brancher une résistance de faible valeur ohmique en parallèle sur l'instrument, ce qui a pour effet de dévier une partie du courant (voir figure 3-A).

Les instruments de mesure étant habituellement des milliampèremètres ou des microampèremètres, on peut donc étendre leur domaine d'utilisation (mesure des intensités plus élevées) en employant ce qu'on appelle des « shunt », lesquels ne sont autres que des résistances de valeurs déterminées que l'on place en parallèle, c'est-à-dire en dérivation, sur la bobine mobile de l'instrument.

Intensité du courant passant dans des résistances en parallèle

Nous savons déjà que dans un circuit formé par deux résistances en parallèle, le courant se divise de manière telle que la plus grande partie (intensité maximum) passe dans la résistance dont la valeur ohmique est la plus faible, et vice-versa.

Il convient, à ce sujet, de revoir brièvement ce que nous avons déjà appris.

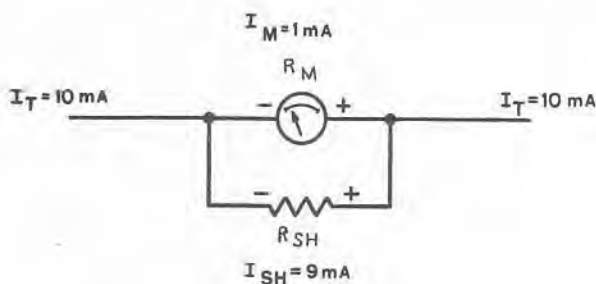


Fig. 4 - Si nous devons mesurer une intensité maximum de 10 mA avec un instrument donnant sa déviation maximum pour 1 mA, nous devons prévoir un « shunt » dans lequel passeront les 9 mA en excédent.

Si deux résistances R_1 et R_2 sont mises en parallèle, la tension à leurs bornes est identique pour toutes les deux, c'est-à-dire que E_1 est égale à E_2 (figure 3B).

D'autre part $E_1 = I_1 \times R_1$

et $E_2 = I_2 \times R_2$

Puisque $E_1 = E_2$, on a $I_1 \times R_1 = I_2 \times R_2$

et en transposant $\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1}$

Cette équation démontre que, dans un circuit contenant deux résistances en parallèle, l'intensité passant dans chacune d'elles est inversement proportionnelle à sa valeur ohmique: si l'une d'entre elles a une valeur double de l'autre, l'intensité passant dans la résistance la plus élevée est exactement la moitié de celle passant dans la plus faible et, d'une manière analogue, si l'une des résistances a une valeur ohmique triple de celle de l'autre, l'intensité du courant qui la traverse est trois fois moindre.

Ceci est une conséquence de la loi d'Ohm qui exige que I fois R corresponde à la même tension E lorsque les résistances sont en parallèle.

Formule pour le calcul des « shunt »

Les circuits des figures 3-A et 3-B montrent l'analogie qui existe entre un circuit formé par deux résistances en parallèle et la combinaison résultant de la mise en parallèle d'une résistance sur la résistance interne propre d'un instrument de mesure.

La formule donnée plus haut peut être transformée ainsi:

$$R_1 = \frac{R_2 I_2}{I_1}$$

et, du moment que les deux circuits sont analogues, ci-dessous:

$$R_{SH} = \frac{R_M I_M}{I_{SH}}$$

dans laquelle R_{SH} est la résistance du « shunt », R_M celle de la bobine mobile (ou résistance interne de

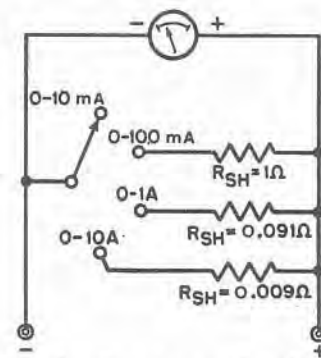


Fig. 5 - Tout comme dans le cas du voltmètre où, pour disposer de plusieurs sensibilités nous avons prévu de commuter des résistances additionnelles (en série), dans le cas d'un instrument destiné à la mesure des intensités, nous placerons des « shunts » de valeurs appropriées (en parallèle).

l'instrument), I_M l'intensité nécessaire pour faire dévier l'aiguille au maximum et I_{SH} l'intensité du courant devant passer dans le « shunt ».

Cette formule peut être employée pour le calcul de la résistance « shunt » devant être branchée aux bornes de l'instrument.

Supposons que nous désirions mesurer une intensité de 1 mA (maximum) avec un instrument donnant sa déviation totale pour 1 mA et dont la bobine mobile a une résistance de 27 ohms.

Cela signifie que, quand l'aiguille déviara en fin d'échelle, une intensité de 10 mA passera dans le circuit (voir figure 4). Du moment que l'équipage mobile ne peut admettre qu'une intensité maximum de 1 mA, le « shunt » doit permettre le passage de la différence, soit 9 milliampères.

Pour calculer la valeur ohmique du « shunt » nous utiliserons la formule donnant la valeur de R_{SH} .

$$R_{SH} = \frac{R_M I_M}{I_{SH}} = \frac{27 \times 0.001}{0.009} = 3 \text{ ohms}$$

La valeur donnée à I_{SH} représente l'intensité effective du courant passant dans le « shunt », c'est à dire 9 mA, correspondant au courant total moins celui passant dans l'instrument, et non pas au courant total qui, comme nous le savons, est de 10 mA.

Du moment que le « shunt » a une valeur ohmique égale au 1/9 de celle de la bobine mobile, l'intensité du courant qui le traverse est 9 fois plus grande que celle passant dans la bobine.

Si nous relions l'instrument à un circuit dans lequel passe un courant de 5 mA, celui-ci se divisera entre la bobine et le « shunt » dans un rapport de 1 à 9 et, par suite, il passera 0,5 mA dans la bobine et 4,5 mA dans le « shunt »; l'aiguille déviara jusqu'au milieu de l'échelle de lecture.

La déviation de l'aiguille sera, pour toutes les intensités comprises entre 0 et 10 mA, proportionnelle à l'intensité du courant passant dans la bobine mobile.

La résistance de l'équipage mobile devra toujours être prise en considération dans le calcul de la valeur

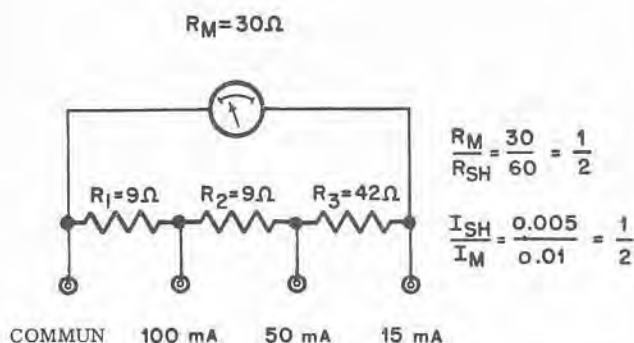


Fig. 6 A - On adopte très souvent les « shunts » multiples en circuit fermé; dans ce cas, suivant la sensibilité, une partie de la résistance totale est en parallèle sur l'instrument, l'autre partie étant en série. Sur le plus petit calibre, toute la résistance ($R_1 + R_2 + R_3$) est en parallèle.

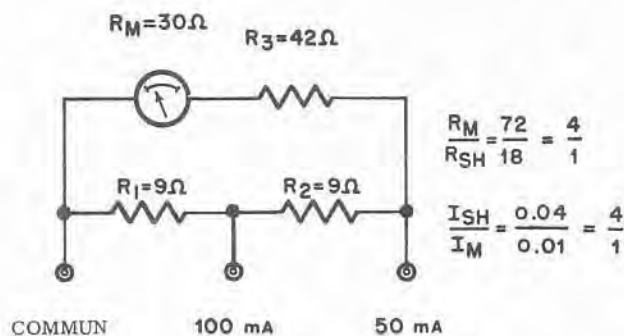


Fig. 6 B - Pour la sensibilité 50 mA, deux des résistances (R_1 et R_2) sont encore en parallèle sur l'instrument, R_3 étant en série avec la bobine mobile; il faut tenir compte de la valeur de cette dernière lors du calcul des résistances.

du « shunt », cela est évident, puisque la résistance interne de l'instrument figure en bonne place dans la formule permettant de calculer la valeur du « shunt ». Ceci n'était pas le cas, nous l'avons vu plus haut, dans le calcul de la résistance additionnelle pour les voltmètres. Ces résistances sont, en effet, d'une valeur suffisamment élevées pour que la résistance de la bobine mobile (toujours faible) puisse être négligée.

En électronique, les courants à mesurer ont une faible intensité, du moins en général; les « shunt » sont alors disposés à l'intérieur de l'instrument et sont réalisés en cuivre, nickel-chrome, argentan ou autres conducteurs de faibles résistances.

Au contraire, quand l'intensité du courant à mesurer dépasse 30 ampères, les « shunt » sont placés à l'extérieur de l'instrument pour éviter que la chaleur dégagée par le passage du courant n'endommage l'équipage mobile.

Pour de tels « shunt » de faibles résistances, on utilise des barres de cuivre ou de manganine qui ont un coefficient thermique relativement bas et qui peuvent supporter de très forts courants.

La résistance ohmique de ces « shunts » est très faible (très inférieure à 1 ohm); les connexions en font partie intégrante et toute variation de longueur influe sur la précision de la lecture.

Les AMPEREMETRES à SENSIBILITES MULTIPLES

« Shunts multiples »

Dans les ampèremètres à plusieurs sensibilités le passage d'une échelle à une autre peut être réalisé au moyen d'un contacteur (voir figure 5) ou au moyen de douilles tout comme nous l'avons vu, plus haut, pour les voltmètres.

Par exemple, si nous disposons d'un instrument donnant sa déviation totale pour une intensité de 10 mA et que nous voulions effectuer des mesures d'intensités de 0 à 10 mA, de 0 à 1 A et de 0 à 10 A, nous devrions réaliser le circuit de la figure 5.

Nous y voyons que pour la première gamme (0 à 10 mA) aucun « shunt » n'est nécessaire puisque, précisé-

ment, l'instrument donne sa déviation totale pour 10 mA.

Pour la deuxième gamme (de 0 à 100 mA), R_{SH} est égale à $R_M I_M : I_{SH}$, soit 9 fois le rapport 0,01 : 0,09, soit 1 ohm.

Pour la troisième gamme (de 0 à 1A), R_{SH} est égale à 9 fois le rapport 0,01 : 0,99, soit 0,091 ohm.

Pour la quatrième gamme, enfin, R_{SH} est égale à 9 fois le rapport 0,01 : 10, soit 0,009 ohm.

« Shunts » en circuit fermé ou en anneau

De nombreux modèles de milliampèremètres du commerce emploient des « shunts » à prises intermédiaires — appelés également « shunts » en anneau — au lieu de shunts séparés.

Dans ce système, une partie de la résistance se trouve en série avec l'équipage mobile, tandis que l'autre partie est reliée en parallèle (voir figure 6).

Par exemple, dans l'échelle la plus faible, de 0 à 15 mA, la résistance totale du « shunt », formée de R_1 , R_2 et R_3 , se trouve en parallèle sur la bobine mobile, comme nous le voyons dans la figure 6-A.

Pour l'échelle suivante — de 0 à 50 mA — R_3 se trouve placée en série avec l'instrument tandis que R_1 et R_2 sont en parallèle (voir figure 6-B).

Enfin, dans l'échelle suivante — de 0 à 100 mA — R_2 et R_3 sont en série, tandis que R_1 est en parallèle sur le circuit constitué par l'instrument et les deux résistances R_2 et R_3 , ainsi que nous le voyons sur la figure 6-C.

Le système de « shunts » en anneau présente un avantage sur les « shunts » séparés; en effet, étant donné qu'une partie de la résistance totale se trouve en série avec la bobine mobile de l'instrument de mesure, l'autre partie de la résistance qui se trouve en parallèle, et dont le rôle est d'absorber la plus grande partie du courant, ne devra plus être de valeur extrêmement faible, puisque cette valeur est proportionnelle à celle de l'ensemble bobine mobile plus résistance série.

Pour calculer les valeurs des « shunts » en anneau il est nécessaire de comprendre parfaitement les relations existant entre les résistances en parallèles, les résis-

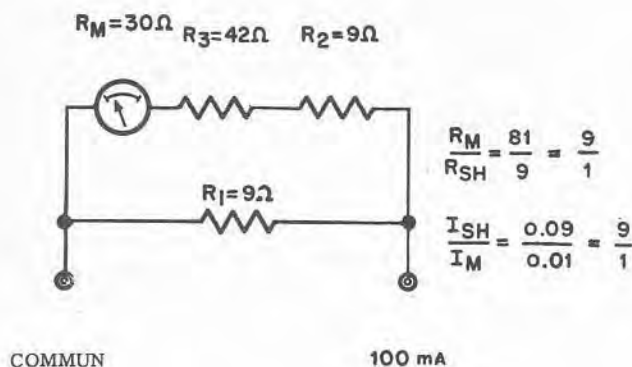


Fig. 6 C - Pour la sensibilité 100 mA, seule R_1 reste en « shunt »; elle se trouve en parallèle sur la bobine de l'instrument + R_3 + R_2 . Ces deux résistances étant, en fait, en série avec l'instrument.

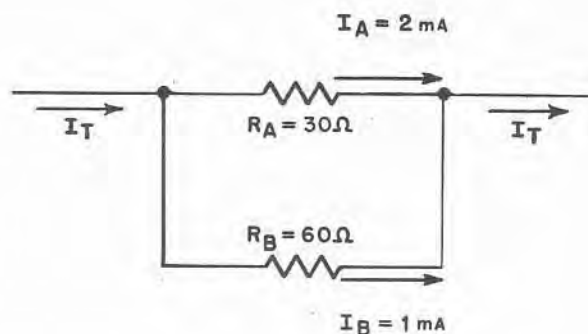


Fig. 7 - Si R_A a une valeur de 30 ohms et R_B de 60 ohms et si l'intensité totale du courant I_T est de 3 mA, il passera un tiers du courant (1 mA) dans la résistance la plus forte, deux tiers (2 mA) dans la résistance la plus faible.

tances en série et les intensités des courants.

Dans la figure 7, R_A est de 30 ohms, R_B de 60 ohms: elles sont en parallèle. Si un courant total de 3 mA passe dans le circuit, un tiers du courant, soit 30 : 90, passera dans la résistance de 60 ohms (la résistance la plus forte) et deux tiers, soit 60 : 90, dans la résistance de 30 ohms (résistance la plus faible). L'intensité de 2 mA passant dans la plus petite résistance R_A , est d'une valeur double de celle passant dans R_B .

Le rapport entre l'intensité du courant dans une branche et l'intensité totale est égal à celui qui existe entre la valeur ohmique de la résistance de la branche opposée et la somme des deux résistances (R_T).

Soit
$$\frac{I_A}{I_T} = \frac{R_B}{R_T}$$

dans laquelle $R_T = R_A + R_B$ et $I_T = I_A + I_B$.

Ceci apparaît plus clairement en remplaçant les symboles par les valeurs réelles:

$$\frac{I_A}{I_T} = \frac{R_B}{R_T} = \frac{2}{3} = \frac{60}{90}$$

En multipliant les deux membres par R_T la formule devient:

$$R_B = \frac{R_T I_A}{I_T}$$

Pour employer cette formule pour le calcul du « shunt » d'un instrument, supposons que les deux résistances en parallèle représentent respectivement une bobine mobile et son « shunt ».

Dans ce cas, R_B sera remplacé par R_{SH} et I_A par I_M , et la formule est la suivante:

$$R_{SH} = \frac{R_T I_M}{I_T}$$

Pour résoudre les problèmes concernant les « shunts » à anneaux, on trouve avant tout la valeur du « shunt » en entier avec la formule suivante:

$$R_{SH} = I_M R_M : I_{SH}$$

et les « shunts » individuels formant l'anneau sont calculés, au contraire, suivant la formule:

$$R_{SH} = \frac{R_T I_M}{I_T}$$

A titre d'exemple, effectuons le calcul des résistances constituant le « shunt » en anneau de la figure 6.

L'instrument donne sa déviation maximum pour une intensité de 10 mA et sa bobine mobile a une résistance de 30 ohms.

Il faut, tout d'abord, calculer la valeur du « shunt » tout entier, soit $R_1 + R_2 + R_3$.

Dans la sensibilité 15 mA, toutes les résistances sont en série ($R_1 + R_2 + R_3$) et l'ensemble est en parallèle sur la bobine mobile.

En écrivant la formule du « shunt », il vient:

$$R_{SH} = \frac{I_M R_M}{I_{SH}} = \frac{0.01 \times 30}{0.005} = 60 \text{ ohms}$$

donc $R_1 + R_2 + R_3$ est égal à 60 ohms.

Connaissant ainsi la valeur totale du « shunt », il est possible de calculer R_T qui nous permettra de trouver les valeurs ohmiques individuelles des résistances présentes dans le circuit en anneau. Il convient de se rappeler que par R_T on doit comprendre la somme du « shunt » total plus la résistance interne de l'instrument.

Le « shunt », comme nous venons de le voir, a une résistance de 60 ohms et la bobine mobile de 30 ohms; R_T est donc égale à 90 ohms.

On peut alors calculer la valeur du « shunt » pour l'échelle la plus grande (0 à 100 mA): pour cette sensibilité, le « shunt » est constitué par la résistance R_1 , comme le montre la figure 6-C; en écrivant la formule du « shunt » en anneau, il vient:

$$R_1 = \frac{R_T I_M}{I_T} = \frac{90 \times 0.01}{0.1} = 9 \text{ ohms}$$

et par $R_1 + R_2$ (voir figure 6-B)

$$R_1 + R_2 = \frac{R_T I_M}{I_T} = \frac{90 \times 0.01}{0.05} = 18 \text{ ohms}$$

Puisque $R_1 = 9$ ohms et $R_1 + R_2 = 18$ ohms, il est évident que $R_2 = 9$ ohms et la troisième résistance, R_3 , aura pour valeur la différence entre 60 et 18, soit 42 ohms.

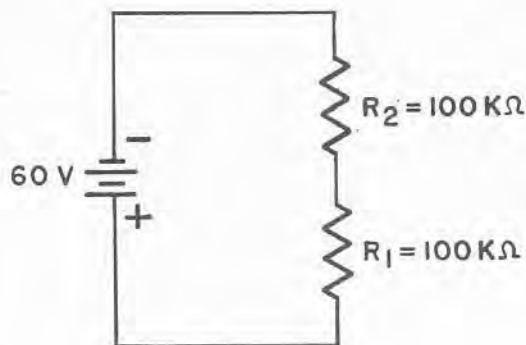


Fig. 8 A - Si une tension de 60 volts est appliquée à un circuit formé de deux résistances de valeurs égales (100 kΩ) en série entre elles, nous aurons, évidemment, une tension de 30 volts aux bornes de chacune.

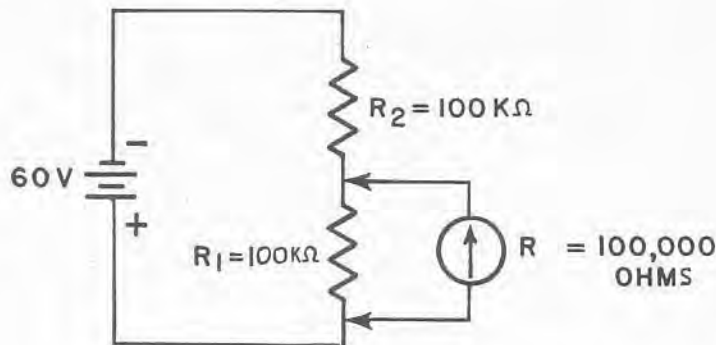


Fig. 8 B - Si nous branchons aux bornes d'une des résistances un voltmètre ayant une résistance peu élevée, la tension ne sera plus de 30 volts, elle aura une valeur plus faible en raison de l'amortissement créé par l'appareil de mesure.

INSTRUMENTS à RESISTANCE ELEVEE

Si nous utilisons un instrument à faible résistance pour mesurer une tension présente aux bornes d'une résistance de grande valeur ohmique, il est probable que les conditions de fonctionnement du circuit se trouveront perturbées et que la lecture, ainsi faite, sera inexacte.

Exemple: dans la figure 8-A, deux résistances de 100 000 ohms sont reliées en série entre elles et placées en parallèle sur une source de tension de 60 volts. Les deux résistances étant égales, nous devrions avoir une tension de 30 volts aux bornes de chacune d'entre elles.

Supposons, alors, que nous branchions un instrument de mesure ayant une résistance de 1 000 ohms par volt aux bornes de R_1 (l'instrument étant mis sur la sensibilité 100 volts) comme indiqué dans la figure 8-B. Dans ce cas, nous aurons une résistance de 100 000 ohms en série avec la bobine de l'instrument ($100 \text{ V} \times 1 000$).

Lorsque l'instrument sera branché aux bornes de R_1 , une résistance de 100 000 ohms se trouvera donc mise en parallèle sur R_1 et la résistance effective sera de 50 000 ohms. Cette diminution de résistance provoquera, dans le même temps, une distribution différente des tensions dans le circuit.

En effet, la résistance totale qui était de 200 000 ohms à l'origine, tombera à 150 000 ohms et la résistance R_2 formera alors les 2/3 de la résistance totale en série dans le circuit. Nous aurons donc une tension de 40 volts à ses bornes — les 2/3 de la tension totale — tandis que la tension aux bornes du circuit parallèle formé par R_1 et la résistance interne de l'instrument, sera de 20 volts seulement.

L'instrument de mesure indique toujours la tension présente à ses bornes, dans ce cas égale à 20 volts, mais dès qu'il est détaché du circuit, la tension aux bornes de R_1 sera à nouveau de 30 volts.

Nous pouvons en déduire que si la résistance interne d'un voltmètre est trop faible par rapport à celle de l'élément aux bornes duquel on désire mesurer la tension, la lecture faite sera inexacte.

Nous obtiendrons, par contre, une lecture plus précise en employant un instrument de mesure plus sensible ayant une résistance additionnelle de valeur plus élevée.

Ainsi, un instrument faisant 20 000 ohms par volt a sur l'échelle 100 volts, une résistance en série de 2 000 000 ohms et quand une telle résistance est placée sur R_1 , qui a pour valeur 100 000 ohms, celle-ci n'en est pratiquement pas affectée et la tension à ses bornes est toujours très voisine de 30 volts; cet instrument donne donc une lecture correcte.

En conclusion, plus l'instrument de mesure sera sensible, plus forte devra être la valeur de la résistance additionnelle pour une échelle donnée et, en conséquence, moins grandes seront les perturbations apportées au circuit à mesurer, ce qui permettra de faire des lectures plus exactes.

Lorsqu'on ne dispose que d'un instrument de mesure ayant une faible résistance pour effectuer des mesures de tensions dans un circuit comportant des résistances élevées, il faut tenir compte de l'effet de « shunt » que produit la mise en parallèle de l'instrument sur l'élément du circuit.

Cet effet peut être réduit au minimum en effectuant la mesure avec le voltmètre commuté sur l'échelle de tension la plus élevée; dans ce cas, la déviation de l'aiguille sera peu importante, mais la résistance additionnelle de l'instrument étant de valeur plus grande, les perturbations apportées au circuit seront moins graves. Toutefois, si dans ce cas l'effet de « shunt » est minimum, la précision de la lecture sera moins bonne en raison de la faible déviation de l'aiguille, car, ainsi que nous l'avons vu précédemment, les lectures sont plus précises lorsqu'elles sont faites en bout d'échelle.

UTILISATION des INSTRUMENTS

On peut employer une autre méthode pour mesurer des tensions plus élevées que celles pouvant être normalement supportées par l'instrument: elle consiste à utiliser un diviseur de tensions formé de 10 résistances de même valeur en série. Ces résistances doivent avoir une valeur ohmique de l'ordre de 1 Mégohm de

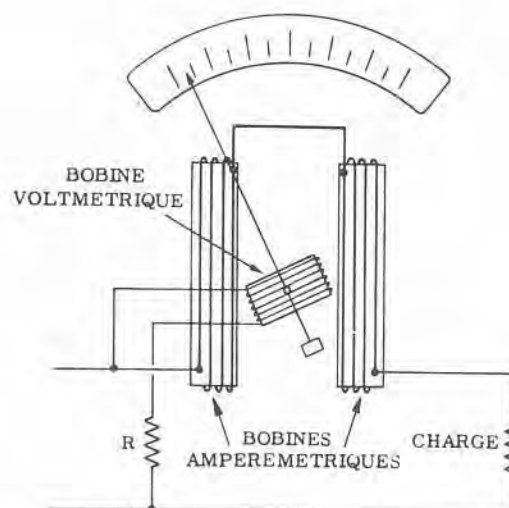
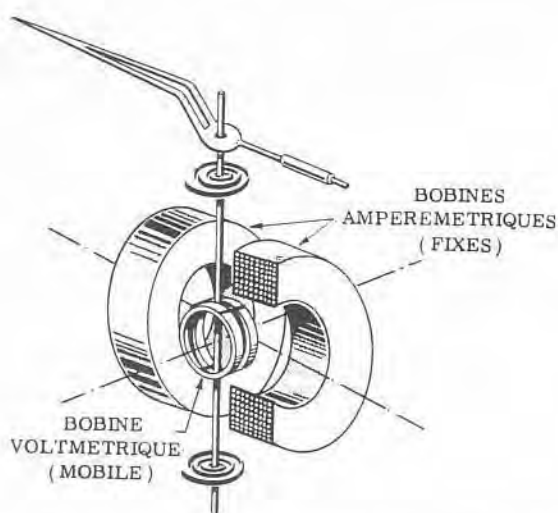


Fig. 9 - Aspect de la construction (à gauche) d'un wattmètre et schéma électrique correspondant (à droite).

manière à n'absorber qu'une quantité infime de courant.

Ce diviseur est branché en parallèle sur les bornes de la tension à mesurer et la mesure est faite aux bornes d'une des résistances du diviseur. La tension indiquée par l'instrument est, alors, égale au dixième de la tension réelle et il suffit de la multiplier par 10 pour obtenir la valeur de la tension à mesurer.

L'ampèremètre, à la différence du voltmètre, doit avoir une faible résistance pour éviter de perturber le circuit.

Si un ampèremètre est placé dans un circuit ayant une très faible résistance, il réduira d'une manière sensible l'intensité du courant passant normalement dans le circuit. Par contre, quand la résistance de l'instrument est petite au regard de la résistance du circuit, son effet est négligeable et la mesure effectuée sera plus précise.

Le technicien, au cours de dépannages, fait rarement des mesures d'intensité, car celles-ci nécessitent l'ouverture du circuit, ce qui n'est pas toujours commode. En fait, il est possible d'obtenir des indications suffisantes en se bornant à mesurer les tensions et les résistances pour déterminer les causes de la panne.

Lorsque cela est nécessaire, l'intensité d'un courant peut être calculée en mesurant la tension et la résistance et en employant la formule de la loi d'Ohm, $I = E : R$.

Lorsqu'on désire mesurer une intensité et que l'on ne dispose pas d'un instrument propre à l'effectuer, il est généralement plus simple de la calculer par le moyen indiqué ci-dessus, plutôt que de fabriquer un « shunt » de valeur appropriée. Pour cela, il suffit de placer en série dans le circuit une résistance de faible valeur connue, de mesurer la chute de tension à ses bornes et de calculer l'intensité du courant au moyen de la loi d'Ohm. La valeur ohmique de la résistance placée dans le circuit, pour la mesure, doit être faible (moins du dixième de la valeur de la résistance du circuit lui-même) car, dans le cas contraire, la mesure serait inexacte.

PRECAUTIONS à PRENDRE LORS de l'UTILISATION des VOLTMETRES et AMPEREMETRES

La résistance interne d'un instrument destiné à la mesure des intensités étant très faible, il convient de prendre certaines précautions lors de son utilisation. En effet, de graves dommages peuvent lui être causés s'il est branché, sans précautions spéciales, aux bornes d'une source de tension.

Il ne faut jamais brancher un ampèremètre, et encore moins un milliampèremètre, aux bornes d'une batterie ou d'une résistance; il faut pratiquer une coupure dans le circuit et brancher l'instrument en série, de manière que chaque borne de l'instrument soit connectée à une des extrémités de la coupure ainsi pratiquée, en respectant la polarité, dans le cas du courant continu, pour éviter que l'aiguille ne dévie violemment dans le sens opposé à celui de la lecture (vers la gauche).

Par contre, les voltmètres doivent être branchés en parallèle sur le circuit ou sur un des éléments. pour mesurer les tensions.

Les règles suivantes devront être observées lors de l'emploi des voltmètres ou des ampèremètres:

1) Pour mesurer une valeur (tension ou intensité) inconnue, commencer toujours par l'échelle (le calibre) la plus élevée de l'instrument et passer graduellement sur des calibres inférieurs jusqu'à obtenir une lecture se situant le plus près possible de l'extrémité d'une échelle, sans toutefois la dépasser.

Cette méthode protège l'instrument de tous dommages qui pourraient lui être causés en tentant de mesurer une valeur plus forte que celle pour laquelle est prévue une échelle donnée.

2) Observer la polarité. Les bornes de l'instrument sont généralement indiquées, soit par une couleur (rouge, pour la borne positive et noire pour la négative), soit au moyen des signes + ou -

Cette recommandation ne concerne, évidemment, que les mesures faites en courant continu.

SYMBOLES - ABREVIATIONS

ohm/volt	= ohm par volt, facteur qui indique la sensibilité d'un instrument à bobine mobile.
f.s	= extrémité d'échelle; indique la portée maximum d'un instrument, lorsque l'indice se dirige vers l'extrémité droite de l'échelle (de l'anglais: full scale).
R_i	= Résistance interne.
R_m	= Résistance interne d'un instrument.
R_s	= Résistance interne d'une source.
R_{sh}	= Résistance d'un « shunt ».
R_{add}	= Résistance additionnelle.
I_m	= Portée extrémité d'échelle d'un instrument en (mA).
I_{sh}	= Intensité de courant à travers un « shunt ».

FORMULES

$$\text{Sensibilité en ohm/volt} = \frac{1}{I \text{ extrémité échelle}}$$

Pour augmenter la portée voltmétrique d'un instrument :

$$R_{add} = \frac{I \text{ f.s. (de l'instrument)}}{\text{volt f.s. (à obtenir)}} - R_m$$

ou bien

$$= (\text{volt f.s. à obtenir} \times \text{fact. ohm/volt}) - R_m$$

Pour augmenter la portée ampèremétrique d'un instrument

$$R_{sh} = \frac{R_m \times I_m}{I_{sh}}$$

SYMBOLES SCHEMATIQUES

	= Résistance variable ou semi-fixe
	= Atténuateur en « L »
	= Atténuateur en « T »
	= Atténuateur en « π »
	= Atténuateur en « H »
	= Atténuateur en « O »
	= Circuit en pont

QUESTIONS sur les LEÇONS N°s 19 et 20

N. 1 — Trois résistances, R_1 de 60 ohms, R_2 de 50 ohms et R_3 de 40 ohms, sont reliées en parallèle sur une source de tension de 120 volts. Trouver: a) La résistance totale; b) L'intensité totale du courant; c) L'intensité du courant passant dans chaque résistance.

N. 2 — En appliquant la loi de Kirchhoff pour la tension à un circuit en série, comment peut-on déterminer le signe algébrique de la f.e.m. de la source et celui de la d.d.p. aux bornes de la charge?

N. 3 — Si le sens supposé du courant est faussé, comment cette erreur se répercute-t-elle sur le résultat lorsqu'on applique la loi de Kirchhoff pour calculer l'intensité du courant apparaissant dans un circuit-série?

N. 4 — Dans la figure 4 de la Leçon 19, si E_s est égale à 300 volts, l'intensité passant dans la résistance A est de 10 milliampères, les tensions aux bornes des charges sont, de gauche à droite, respectivement de 50, 100 et 200 volts et les intensités correspondantes sont 5, 10 et 20 milliampères; trouver les valeurs ohmiques de A , B , C et D .

N. 5 — Supposons que dans la figure 5 (Leçon 19), R_4 , R_5 , R_6 et R_7 ont chacune une valeur de 10 kΩ et que les courants dans les charges R_1 , R_2 et R_3 soient respectivement de 4, 6 et 8 milliampères. Si la tension E_s est de 600 volts, trouver: a) l'intensité des courants passant dans R_5 , R_6 et R_7 . b) Les tensions aux bornes de R_1 , R_2 et R_3 .

N. 6 — Quelles sont les fonctions d'un atténuateur?

N. 7 — Dans l'atténuateur en « L » de la figure 6-A (Leçon 19), quelle est la relation entre R_s et la résistance présente entre A et B ? En outre, si R_s et R_L ont toutes deux une valeur de 200 ohms, $E_s = 40$ volts, $I_s = 0,1$ ampère et $E_L = 4$ volts, trouver les valeurs de R_1 et de R_2 .

N. 8 — Dans l'atténuateur en « T » de la figure 6-B (Leçon 19), quelle est la relation entre la résistance présente entre les bornes a et b et celle entre e et f ? En outre, si R_s et R_L ont toutes deux une valeur de 60 ohms, E_s étant de 120 volts, I_s de 1 ampère et E_L de 30 volts, trouver les valeurs de R_1 et de R_2 .

N. 9 — Dans la figure 7 (Leçon 19), la résistance AB étant de 4 ohms, BC de 2 ohms, AC de 8 ohms, BD de 28 ohms et CD de 6 ohms; si, par ailleurs, le courant total fourni par la batterie a une intensité de 5 ampères, trouver l'intensité du courant passant dans AB (I_1) et celle passant dans BC (I_3).

REPONSES aux QUESTIONS de la p. 139

N. 1 —

Volt, ampère, ohm et watt.

N. 2 —

$$I = \frac{E}{R}$$

N. 3 —

Une diminution de 0,5 ampère.

N. 4 —

$$(a) E = IR \quad (b) R = \frac{E}{I}$$

N. 5 —

La puissance est le rapport entre le travail et le temps.

N. 6 —

$$(a) P = EI \quad (b) P = \frac{E^2}{R} \quad (c) P = I^2 R$$

N. 7 —

80 watts.

N. 8 —

Une augmentation de 25 watts.

N. 9 —

Non. L'intensité d'un courant dans un circuit - série est constante en tous les points.

N. 10 —

Non. Deux résistances en parallèle ont la même d.d.p. à leurs bornes.

N. 11 —

$$(a) W = EIt \quad (b) W = \frac{E^2}{R} t \quad (c) W = I^2 R t \quad (d) W = QE$$

(E en volts, I en ampères, W en watts et t en heures).

N. 12 —

10 ampères.

N. 13 —

240 watts-heure.

N. 14 —

112 volts.

N. 15 —

0,5 ampère.

N. 16 —

Non, parce que la résistance du filament varie avec la température; si celle-ci augmente, la résistance R augmente aussi.

N. 17 —

Il faut que toutes les lampes fonctionnent sous la même intensité de courant.

N. 18 —

Il faut que toutes les lampes fonctionnent sous la même tension.

CONSTRUCTION d'un PONT de WHEATSTONE

Pour éviter que cette première partie de notre Cours ne paraisse trop aride à nos lecteurs, et que, en d'autres termes, à l'exposé théorique nécessaire soient joints des projets de réalisations pratiques, nous avons déjà proposé — dès la 9^{ème} leçon — deux réalisations très simples de récepteurs de radio.

C'est dans un même but que nous allons décrire — dans les pages qui suivent — un premier appareil de mesure très simple. Toutefois, alors que les deux récepteurs précédemment décrits étaient destinés à être démontés après essais (pour récupérer les pièces nécessaires à d'autres montages), l'appareil de mesure décrit ici est définitif et fera partie de l'équipement de votre laboratoire.

Disons de suite que l'appareil de mesure dont il s'agit n'entre pas dans la catégorie de ceux dont l'usage est particulièrement fréquent et de ceux qui sont bien connus, tels que les multimètres, les oscillateurs ou hétérodynes, les lampemètres, etc... que nous décrirons bientôt en détail. Il s'agit d'un appareil que l'on emploiera moins fréquemment mais qu'il est, toutefois, très utile de posséder car il peut servir de base à de nombreuses autres réalisations. Nous pouvons dire que le pont de mesure est l'instrument indispensable à la construction éventuelle de tous les autres instruments. Etant donné que la dépense est peu élevée, en comparaison des grands services qu'il peut rendre, nous en conseillons vivement la construction à tous ceux qui ont l'intention, plus tard, de monter d'autres appareils de mesure.

Précisons, également, que l'on peut réaliser un « pont » permettant d'effectuer diverses sortes de mesures (inductances, capacités, résistances), mais pour cette réalisation nous avons préféré décrire un pont de grande précision pour la seule mesure des résistances, étant entendu que, par la suite nous décrirons un pont de mesure pour les trois éléments cités plus haut qui, de toute évidence, nécessitera une dépense plus importante. Nos lecteurs pourront ainsi choisir le type en fonction de l'utilisation prévue, mais nous estimons que la construction de ce premier pont de précision est fortement à conseiller.

Le PONT de WHEATSTONE

Nous avons déjà donné, dans la 19^{ème} leçon, la théorie complète du fonctionnement des ponts. Examinons maintenant la figure 1 donnant le schéma du pont qui nous intéresse, c'est-à-dire du pont de Wheatstone. Nous voyons, de prime abord, que — comme du reste tous les autres circuits en pont — il comprend une source de tension, un instrument indicateur de courant, quelques éléments « étalons » de précision connue et deux bornes auxquelles est connecté le composant (dans notre cas la résistance) dont on doit mesurer la valeur.

che; l'instrument de mesure est un galvanomètre de La source d'énergie est constituée par une pile sé-

grande sensibilité, du type à zéro central, c'est-à-dire dont l'aiguille se trouve au milieu de l'échelle quand la bobine n'est parcourue par aucun courant (position de repos); les éléments étalons sont constitués par une série de résistances bobinées dont les valeurs sont connues avec précision.

Cette figure montre le principe de fonctionnement. Le circuit est constitué par quatre résistances: R_a (de valeur ohmique connue), R_b (également de valeur connue et choisie en fonction de R_a), R_s (résistance standard de valeur réglable) et R_x (résistance inconnue à mesurer)

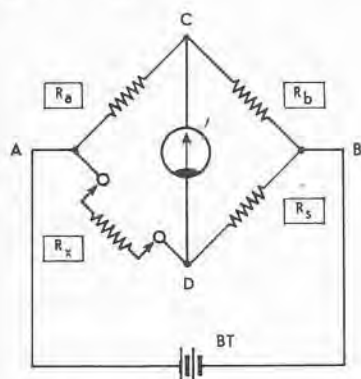


Fig. 1 - Schéma de principe du Pont de Wheatstone. Trois éléments sont connus (R_a , R_b , R_s), un élément est inconnu: R_x . La source de tension est BT et l'instrument indique l'équilibre.

La pile BT fournit un courant continu qui est appliqué au circuit aux points A et B et qui passe dans les deux circuits en parallèle, l'un sur l'autre, formé par R_a/R_b et R_s/R_x respectivement en série entre elles. Le galvanomètre est branché entre les points C et D, son rôle étant de mesurer la différence de potentiel existant entre ces deux points.

Quelles que soient les valeurs ohmiques de R_a et R_b , il doit exister un certain rapport entre elles (par exemple ce rapport sera choisi égal à 10 et, dans ce cas, si R_a vaut 1 ohm, R_b devra être égale à 10 ohms). Si le même rapport existe entre R_s et R_x (si, par exemple, leurs valeurs respectives sont égales à 30 et à 3 ohms, dans ce cas $30 : 3 = 10$) le point D sera au même potentiel que le point C. En conséquence, aucun courant ne passera dans le galvanomètre et l'aiguille restera immobile: le point sera « équilibré ». N'importe quelle variation survenant dans la valeur d'une des quatre résistances entraînera la rupture de cet équilibre et provoquera le passage d'un courant dans l'instrument.

R_a et R_b sont appelées « bras de rapport », tandis que R_s (résistance étalon ou de « comparaison ») est le bras dont on ajuste la résistance pour obtenir l'équilibre suivant la valeur de R_x . Si les deux rapports sont égaux, la chute de tension aux bornes de R_a est égale à celle aux bornes de R_x ; il en est de même en ce qui concerne les résistances R_b et R_s .

La condition nécessaire pour réaliser l'équilibre du pont est donc que $R_a : R_b$ soit égal à $R_x : R_s$, ou bien que $R_b : R_a$ soit égal à $R_s : R_x$. En appliquant la loi sur les proportions nous aurons, dans tous les cas:

$$R_x = \frac{R_a \times R_s}{R_b}$$

On peut, pour obtenir diverses échelles de mesures, faire varier les valeurs de R_a et de R_b pour obtenir

des rapports différents. De fait, si nous donnons, par exemple, à R_a une valeur de 10 ohms et à R_b celle de 10 000 ohms, leur rapport sera égal à $10 : 10\,000 = 1/1\,000$; dans ces conditions, le pont ne sera équilibré que lorsque la valeur de R_x sera égale au $1/1000$ de celle de R_s . Si, au contraire, R_a vaut 1000 ohms et R_b , 10 ohms, leur rapport sera égal à $1000 : 10 = 100$, et le pont sera en équilibre seulement lorsque R_x sera égale à 100 fois R_s .

En prévoyant donc divers rapports intermédiaires — et en pouvant faire varier R_s dans de grandes limites, progressivement et régulièrement — il nous sera possible d'effectuer des mesures très précises depuis une fraction d'ohm, jusqu'à des valeurs pouvant atteindre plusieurs centaines de milliers d'ohms. Naturellement, la précision de l'appareil est étroitement liée à la qualité de la résistance étalon, à la résistance des connexions et des différents contacts qui doit être très faible pour ne pas fausser les mesures. Deux facteurs sont également importants: la sensibilité de l'instrument indicateur et la valeur de la tension fournie par la batterie.

DESCRIPTION du CIRCUIT

La figure 2 donne le schéma du pont complet. Ainsi qu'on peut le voir, la tension de la pile BT, 4, 5 volts, est appliquée aux points A et B en série avec un interrupteur (IP1). En effet, la pile ne doit débiter qu'au moment des mesures et il est parfaitement inutile que la tension soit appliquée en permanence au circuit. Ce n'est donc que pendant de courts instants que le circuit est mis sous tension en appuyant sur l'interrupteur qui est du type à bouton-poussoir, avec ressort de rappel.

Les deux bras de rapport, R_a et R_b , sont constitués par cinq résistances commutables, formant six combinaisons différentes pouvant être choisies au moyen d'un contacteur à deux circuits et six positions. Suivant la position des curseurs (dont le déplacement est simultané) sur les plots 1 à 6, nous aurons les différents rapports indiqués dans le tableau de la page suivante, correspondant aux facteurs de multiplication de R_s , permettant d'obtenir la valeur de R_x .

Les deux bornes marquées R_x sont destinées à recevoir la résistance à mesurer; tandis que celles, marquées R_s permettent le branchement des résistances étalonnées qui sont contenues dans un coffret séparé.

Les résistances étalons sont au nombre de quarante, et leur sélection se fait au moyen de quatre contacteurs. Comme on le voit sur le schéma, ces résistances forment quatre séries et chacune de ces séries est composée de dix résistances de même valeur, soit 1 ohm, 10 ohms, 100 ohms et 1 000 ohms. Chaque résistance étant mise en série avec les autres, le premier contacteur C1 pourra choisir, dans le premier groupe, des valeurs ohmiques comprises entre 0 et 10 ohms, par bonds de 1 ohm; dans le second, des valeurs comprises entre 0 et 100 ohms, par bonds de 10 ohms; dans le troisième, des valeurs comprises entre 0 et 1 000 ohms, par bonds de 100 ohms, et dans le quatrième des valeurs comprises entre 0 et 10 000 ohms, par bonds de 1 000 ohms. Les quatre groupes étant, eux-mêmes, reliés en

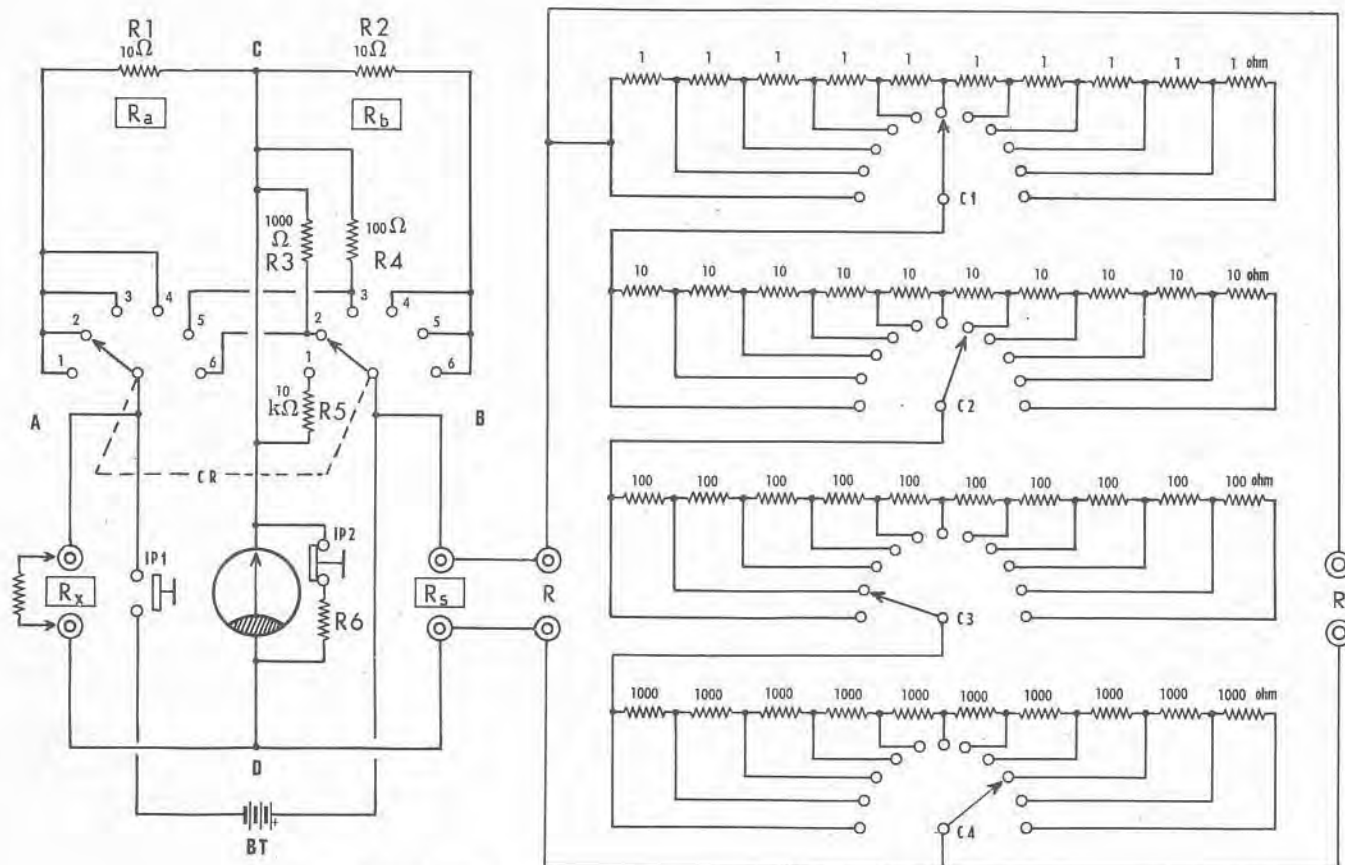


Fig. 2 - Circuit complet.

- 2 résistances bobinées da 10 ohms à 1% - R1 - R2
- 1 résistance bobinée de 1 000 ohms à 1% - R3
- 1 résistance bobinée de 100 ohms à 1% - R4
- 1 résistance bobinée de 10 000 ohms à 1% - R5
- 1 résistance au carbone de 200 ohms environ - R6
- 10 résistances bobinées de 1 ohm à 1%
- 10 résistances bobinées de 10 ohms à 1%
- 10 résistances bobinées de 100 ohms à 1%
- 10 résistances bobinées de 1 000 ohms à 1%
- 1 contacteur, 1 galette, 2 circuits, 6 positions - (Réf. type FM) - CR.

série entre eux, il sera donc possible d'obtenir toutes les valeurs de résistance comprises entre 1 ohm et 11 118 ohms, selon la position des contacteurs. Cette boîte de résistances (dite « boîte à décades ») étant connectée aux bornes Rs du pont, il sera possible d'obtenir l'équilibre du pont pour toutes les valeurs de Rx comprises entre 1/1000 d'ohm et 10/1 000 d'ohm (de millièmes en millièmes) sur la position 1, jusqu'à un maximum de $11\,118\text{ ohms} \times 100 = 1\,111\,000\text{ ohms}$ sur la position 6.

Le galvanomètre ou microampèremètre, placé entre les points C et D, est du type à zéro central et pourra

- 4 contacteurs, une galette, un circuit, 11 positions - C1, C2, C3, et C4 type N
- 1 micro-ampèremètre 25-0-25 (à zéro central) ayant une résistance interne inférieure à 500 ohms.
- 1 interrupteur à poussoir, (ouvert au repos) IP1.
- 1 interrupteur à poussoir, (fermé au repos) - IP2.
- 1 pile sèche de 4,5 volts, avec support de fixation.
- 8 bornes de liaison isolées.
- 5 boutons flèche.
- 3 mètres de fil de cuivre argenté nu de 3 mm de diamètre.
- 2 coffrets métalliques, avec panneaux (voir texte).

avoir une sensibilité comprise entre 10 et 500 micro-ampères.

Comme nous l'avons déjà dit, ses caractéristiques influent notablement sur la précision de l'appareil tout entier, mais de toute façon, un galvanomètre ayant une sensibilité totale de 5 microampères (25-0-25) sera bien suffisant.

Ainsi que nous le verrons plus loin, lorsqu'on mesure une résistance dont la valeur est complètement inconnue, une forte différence de tension peut apparaître entre les points C et D, le pont se trouvant fortement déséquilibré, et l'instrument peut être endommagé dès qu'on actionne l'interrupteur à poussoir IP1 (en série avec la pile. Pour éviter cela, on place la résistance R6 en parallèle sur l'instrument, au moyen de l'interrupteur IP2. Cette résistance fait office de « shunt » et diminue considérablement la sensibilité du galvanomètre. Naturellement, lorsque l'équilibre aura été réalisé, cet interrupteur (qui est normalement fermé) sera ouvert et l'instrument retrouvera toute sa sensibilité. Pour la facilité d'emploi, ainsi que par sécurité, cet interrupteur est également du modèle à poussoir avec ressort de rappel, mais son action est inverse de celle de IP1.

Rapports et facteurs de multiplication relatifs

Position	Rb	Ra	Rapport ou gammes	Facteur multiplication
1	10 ohms	10 000 ohms	1:1 000	$\times 0,001$
2	10 ohms	1 000 ohms	1:100	$\times 0,01$
3	10 ohms	100 ohms	1:10	$\times 0,1$
4	10 ohms	10 ohms	1:1	$\times 1$
5	100 ohms	10 ohms	10:1	$\times 10$
6	1 000 ohms	10 ohms	100:1	$\times 100$

REALISATION PRATIQUE

Cet appareil de mesure est réalisé en deux parties distinctes, dans deux coffrets métalliques; de cette façon, la boîte contenant les quatre décades de résistances pourra être utilisée séparément, pour d'autres mesures, lorsqu'il sera nécessaire de disposer momentanément les résistances précises de valeurs connues. Les coffrets métalliques contenant soit le pont proprement dit, soit les décades de résistances, auront pour dimensions extérieures: 22 cm de longueur, 16 cm de largeur et 8 cm de profondeur.

La partie frontale ou supérieure du coffret contenant le pont est constituée par un panneau d'une épaisseur de 2 mm. Sur cette platine sont fixés: le contacteur de rapports (CR), l'instrument de contrôle, l'interrupteur à poussoir de lecture (IP1), l'interrupteur à poussoir du « shunt » de protection (IP2), les bornes de branchement de la résistance à mesurer (Rx) et les bornes de branchement de la boîte à décades (Rs). A l'intérieur seront placées toutes les résistances, la pile ainsi que les diverses connexions. Le panneau de la boîte à décades sera de la même épaisseur et il supportera les quatre contacteurs C1, C2, C3 et C4 ainsi que quatre bornes.

Tous les contacteurs devront être du type illustré par la figure 5, les contacts se feront au moyen d'un balai frottant sur des plots. Les balais constituant le bras mobile devront exercer une pression assez forte sur les contacts fixes, car une résistance de contact de quelques millièmes d'ohm seulement peut compromettre d'une manière très sensible la précision de l'appareil de mesure.

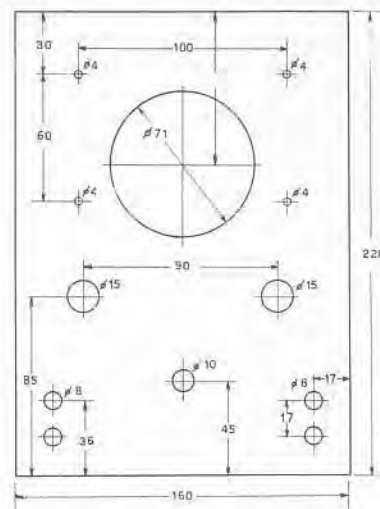
Pour la même raison, les connexions seront faites en fil de cuivre rigide et argenté, (recouvert de souplisso isolant) d'un diamètre minimum de 3 mm. Les connexions devront être aussi courtes que possible, en sacrifiant au besoin l'esthétique du câblage, et les soudures seront faites avec soin.

Les résistances peuvent être achetées chez un constructeur d'instruments de mesure ou chez certains fournisseurs spécialisés; elles doivent toutes être du type à fil bobiné, et, si possible « non-inductives », c'est-à-dire bobinées en repliant le fil sur lui-même et en enroulant les deux extrémités à la fois. De cette façon, les courants passant dans l'enroulement créent des champs magnétiques opposés qui s'annulent réciproquement. Cette caractéristique n'est pas indispensable pour le pont décrit dans ces pages, mais elle pourra se révéler fort utile dans d'autres cas où les décades de résistances pourront être employées.

Les liaisons entre le pont et la boîte de résistances devront également être faites au moyen de conducteurs de fortes sections; la solution la meilleure consiste à adopter pour cela deux lamelles de cuivre argenté d'une section de 5 x 1 mm, percées de trous pour permettre le fixage aux bornes Rs et Rx.

Les deux panneaux seront percés aux cotes indiquées dans les figures 3 et 4. Tandis que les coffrets pourront être en tôle de 1 mm d'épaisseur, il sera utile de prévoir les panneaux en aluminium. Peinture et

Fig. 3 - Plan de perçage du panneau du pont de mesure. Les cotes sont indiquées en millimètres.



inscriptions seront faites suivant les goûts du constructeur; on peut faire graver les inscriptions sur le panneau d'aluminium, ou encore, les exécuter sur une feuille de papier fort que l'on fixera sur le panneau et que l'on recouvrira d'une feuille de celluloïd pour la protéger.

L'instrument de mesure et les résistances seront placés en dernier lieu, après que le restant du matériel ait été fixé au panneau et connecté. Les résistances seront fixées directement par une de leurs extrémités, et parfois par les deux, aux cosses des contacteurs; les connexions seront, ainsi, très courtes et l'ensemble sera très rigide. On prendra soin, pendant le câblage, de ne court-circuiter la bobine mobile qu'une fois l'appareil terminé, lorsque IP2 et R6 seront en circuit.

Les connexions — ainsi que nous l'avons déjà dit — seront faites en fil de cuivre nu argenté. Il est pratique, à cette occasion, d'adopter le câblage dit « sous souplisso » qui se réalise ainsi: souder un côté du fil au point du circuit correspondant, enfiler sur ce fil le petit tube de souplisso du diamètre voulu, mesurer sommairement la longueur de fil nécessaire à la con-

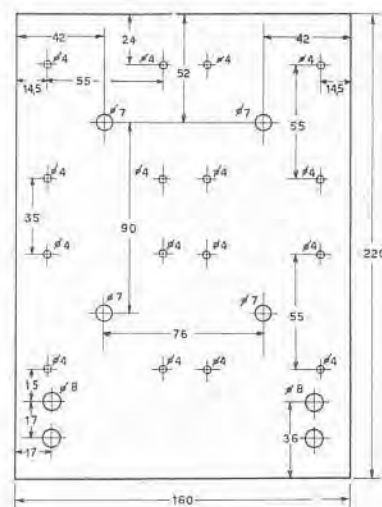


Fig. 4 - Plan de perçage du panneau de la boîte à décades. Les cotes sont indiquées en millimètres.

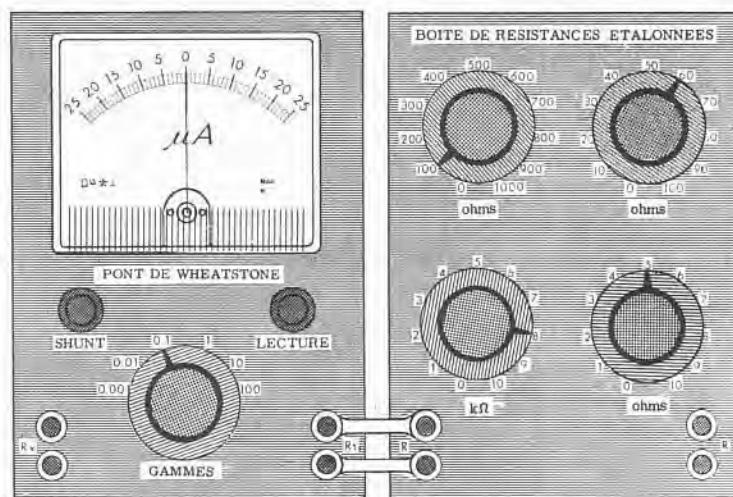
nexion et couper l'ensemble fil et souplisso; celui-ci sera alors légèrement raccourci pour permettre la soudure à l'extrémité du fil.

Les connexions sont peu nombreuses et il est difficile de se tromper; toutefois, le lecteur qui câble pour



Fig. 5 - Modèle de contacteur à employer pour C1 - C2 - C3 et C4.

Fig. 6 - Vue d'ensemble de l'appareil complet. Les contacteurs sont figurés dans les positions correspondant à celles du schéma de la figure 2. La valeur de la résistance inconnue R_x est: 8 165. Toutefois, tandis que dans le schéma électrique (figure 2) le commutateur de rapports est placé sur la position 2, ce qui donne $R_x = 81,65$ ohms, dans cette figure il est placé sur la position 3 et, dans le cas présent, la résistance $R_x = 816,5$ ohms.



la première fois aura intérêt à marquer d'une croix, sur le schéma de la figure 2, les connexions au fur et à mesure qu'elles seront exécutées, ceci afin de n'en oublier aucune.

Les boutons de commande devront être solidement fixés sur les axes des contacteurs; ces derniers sont généralement pourvus d'une fente ou d'un méplat sur lequel portera la vis de fixation; s'il n'en existe pas, il sera facile d'en faire un au moyen d'une lime.

MODE D'EMPLOI

Si le montage et le câblage de cet appareil de mesure ont été réalisés correctement et avec soin, aucune mise au point ne sera nécessaire avant son utilisation. Dès qu'il est terminé l'appareil est prêt à remplir son rôle qui est double: il permet, d'une part, de mesurer des résistances existantes (mais dont la valeur est inconnue ou douteuse) avec une précision pouvant atteindre 0,1% et, d'autre part, il permet de construire des résistances étalonnées. C'est pour ce dernier emploi, qui nous semble le plus important, que nous conseillons la réalisation de cet appareil.

La mesure se fera de la façon suivante: la résistance dont nous devons mesurer la valeur ohmique sera branchée entre les bornes marquées « R_x », en prenant soin de la serrer fortement, sous les bornes, après s'être assuré que les surfaces en contact soient bien propres et débarrassées de toute trace de vernis ou de peinture. On branche également aux bornes marquées « R_s » la boîte à décades (en prenant les mêmes précautions concernant la qualité des contacts).

Le commutateur de gammes doit être placé sur une position quelconque et, après avoir effectué les manœuvres ci-dessous, on essaiera diverses positions pour trouver celle convenant à la mesure à effectuer. Naturellement, dans le cas envisagé ici, qui consiste à mesurer une résistance existante — dont, en général, on connaît approximativement, la valeur ohmique — il est possible de choisir immédiatement le rapport convenable, réduisant ainsi le temps de la mesure.

En pressant sur le bouton poussoir de lecture, on tourne l'un après l'autre les quatre boutons des contacteurs de décades — en commençant par celui des « milliers » — jusqu'à ce que l'aiguille du microampère

remette soit ramenée dans une position centrale, près du zéro. Si cette aiguille dévie vers la droite, il faudra augmenter la valeur de R_s , et vice-versa.

Une fois que le zéro est obtenu approximativement, on élimine la résistance de protection (R_6) en appuyant sur le bouton poussoir « shunt » (IP_2) et on manœuvrer le bouton de commande des unités; ainsi que celui des dizaines, le cas échéant, jusqu'à obtenir le zéro parfait en appuyant sur le poussoir « lecture ». Le pont est alors en équilibre et la valeur de R_x sera donnée par les indications des quatre boutons des décades, multipliées par le facteur indiqué par le commutateur de gammes.

Prenons pour exemple celui de la figure 2 où les contacteurs sont figurés dans les positions suivantes: C4 sur 8 000, C3 sur 1, C2 sur 6 et C1 sur 5 soit 2,165. La valeur de R_x sera de 810 000 ohms avec le rapport « $\times 100$ »; de 81,650 ohms avec le rapport « $\times 10$ »; de 8,165 ohms avec le rapport « $\times 1$ »; de 816,5 ohm avec le rapport « $\times 0,1$ »; de 81,65 ohms avec le rapport « $\times 0,01$ » et, enfin, de 8,165 ohms avec le rapport « 0,001 ».

Si, par contre, nous devons réaliser une résistance d'une valeur déterminée, il faudra régler le pont de mesure sur la valeur désirée, en agissant sur les contacteurs de décades et sur celui de gammes à la suite de quoi on déterminera la longueur de fil résistant nécessaire pour obtenir une valeur légèrement supérieure à celle requise. Ceci est parfaitement possible car les fabricants de fils pour résistances indiquent la valeur ohmique par mètre pour tous les types de fils. Les deux extrémités du fil sont alors serrées sous les bornes R_x et on effectue la lecture en rognant chaque fois une extrémité du fil, par petites longueurs à la fois, jusqu'à l'obtention du zéro. Il est indispensable de procéder avec soin et de faire attention de ne pas couper de trop grandes longueurs à la fois, car si la position d'équilibre du pont est dépassée, la résistance sera trop faible et il ne sera plus possible d'y ajouter du fil. Ceci concerne évidemment le cas où la résistance devra être de grande précision.

Pour se familiariser avec le fonctionnement de cet appareil de mesure on aura intérêt à s'exercer à mesurer des résistances dont la valeur est connue, quelle qu'en soit leur nature: bobinées ou au carbone.

Notre REVUE DE TECHNIQUE RADIO 52 leçons et exposés théoriques
 vous apportera 52 leçons de technique appliquée
 chaque année: 52 leçons de réalisations pratiques, de schémas et de références
 52 exercices de révision, avec réponses aux questions posées
 Un Dictionnaire Anglais-Français d'Electronique, etc...

soit un total de plus de 1 872 pages de texte, figures ou tableaux, dans lesquelles seront traités, entre autres sujets:

Les transistors, les organes les plus récents, les plus révolutionnaires parmi les réalisations de l'Electronique. L'emploi des transistors s'étend rapidement: de très nombreux récepteurs et amplificateurs du commerce en sont dotés et leur nombre est, indubitablement, destiné à aller croissant car, de plus en plus, les transistors remplaceront les lampes thermoniques. Il est, en conséquence, nécessaire que le radiotechnicien les connaisse, sache les utiliser, se rende compte pourquoi et comment ils diffèrent d'une lampe, soit tenu au courant des divers types et de leurs caractéristiques. Nous décrirons de nombreux montages de récepteurs, d'émetteurs et de dispositifs électroniques à réaliser avec des transistors.

Une autre technique en pleine évolution est celle dite: **Haute Fidélité**. Les exigences, en ce qui concerne la fidélité de la reproduction sonore, sont devenues nettement plus grandes. Le matériel employé dans la partie Basse Fréquence des nombreux récepteurs, dans les amplificateurs ou reproducteurs de toutes sortes, est allé constamment en se perfectionnant: il en est résulté de nouvelles techniques, de nouveaux circuits ou procédés qu'il faut connaître. Nous citerons, en particulier, **l'enregistrement magnétique** qui a vu le développement rapide des magnétophones, auquel fait pendant, dans la bataille entre le ruban et le disque, le microsillon. Récemment, tous deux ont encore affiné leur technique avec la **reproduction stéréophonique**.

Ces derniers temps, ont fait apparition des récepteurs et amplificateurs construits selon la technique des **circuits imprimés**. Ce sont des plaquettes en matière isolante sur lesquelles les connexions nécessaires à la liaison entre les divers éléments sont imprimées, sous la forme de conducteurs obtenus suivant certains procédés de la technique de l'imprimerie. Il est évident que ces circuits — adoptés parfois seulement pour une partie de l'appareil — permettent une réduction importante du prix de revient si le matériel est construit en grande série. On conçoit donc que le technicien doive, d'ores et déjà, savoir quels sont les points délicats et comment il doit se comporter au regard de ces nouvelles méthodes de construction. Notre Revue, le moment venu, étudiera ce procédé et illustrera ses moindres détails.

Une des activités les plus attrayantes dans le domaine de la Radio est celle de **l'Emission d'Amateur**. Tout le monde peut obtenir une autorisation d'émission en passant un examen facile sur les sujets et les matières exposées en détail dans notre Revue, mais nous ne nous limiterons pas simplement à la préparation à cet examen: nous donnerons des descriptions d'émetteurs, de récepteurs faciles à construire; nous ferons connaître les règlements qui régissent cette activité, les caractéristiques du matériel spécial, les préfixes, abréviations, etc... Rappelons que le Trafic c'est-à-dire les communications à distance entre les Amateurs du monde entier, est la forme la plus suggestive et la plus passionnante de l'activité dans le domaine de la Radio; c'est une activité qui conduit, le plus souvent, à la formation des techniciens les plus capables, comme le démontre amplement l'expérience. C'est, de ce fait, un passe-temps de la plus haute valeur instructive qui, dans le même temps, favorise les liens d'amitié entre les Amateurs de tous les continents.

Une forme particulière de cette activité est la **télécommande des modèles réduits**. Cette branche compte également de nombreux passionnés, et le sujet ne sera pas négligé, ni pour celui qui pratique déjà cette technique, ni pour celui qui désire s'y initier.

Les instruments et **appareils de mesure** sont, c'est évident, d'une importance capitale. Sans eux, on peut dire que toute activité et toute notion sont vaines et incomplètes dans notre domaine: l'ingénieur et l'amateur, le dépanneur et l'installateur et même le commerçant averti ont tous besoin d'effectuer des contrôles d'efficacité, des mesures de rendement, des vérifications, des recherches de pannes, des étalonnages, mises au point, etc... toutes opérations qui se font au moyen d'appareils de mesure. Il existe naturellement, pour chaque opération, des instruments particuliers et nous en donnerons les détails de construction, la technique à employer, ainsi que leur utilisation dans des cas généraux ou particuliers. Nous traiterons, ainsi, des méthodes de **mise au point** et de la **recherche des pannes**.

C'est un fait connu que les laboratoires de recherches appliquées les plus avancés et les plus fameux du monde sont ceux des Etats-Unis. De ce pays arrivent les découvertes les plus sensationnelles dans le domaine de la radio, de même que les applications, les schémas qui font suite à ces découvertes lorsqu'elles passent dans le domaine de l'exploitation et du développement industriel. Et, bien qu'il soit de la plus grande utilité, pour un technicien, de connaître la langue anglaise et de pouvoir suivre le progrès directement dans les revues américaines, celui qui ne connaît pas cette langue pourra tout de même interpréter suffisamment les schémas et les indications importantes s'il a la possibilité de consulter un **dictionnaire technique Anglais - Français**. C'est ainsi que nous publierons, dans chaque fascicule, quatre pages de vocabulaire et termes techniques avec leurs traductions, et nous sommes certains que cela se révélera utile même à ceux qui connaissent la langue.



Les anciens Numéros sont vendus au même prix de couverture: 1 F. 60



Les anciens Numéros sont vendus au même prix de couverture: 1 F. 60



DEMANDEZ LES NUMEROS QUI VOUS MANQUENT AUX EDITIONS CHIRON, 40, RUE DE SEINE - PARIS 6^e

IMPORTANT : si les prochains numéros vous intéressent, avisez dès à présent votre fournisseur.