

6

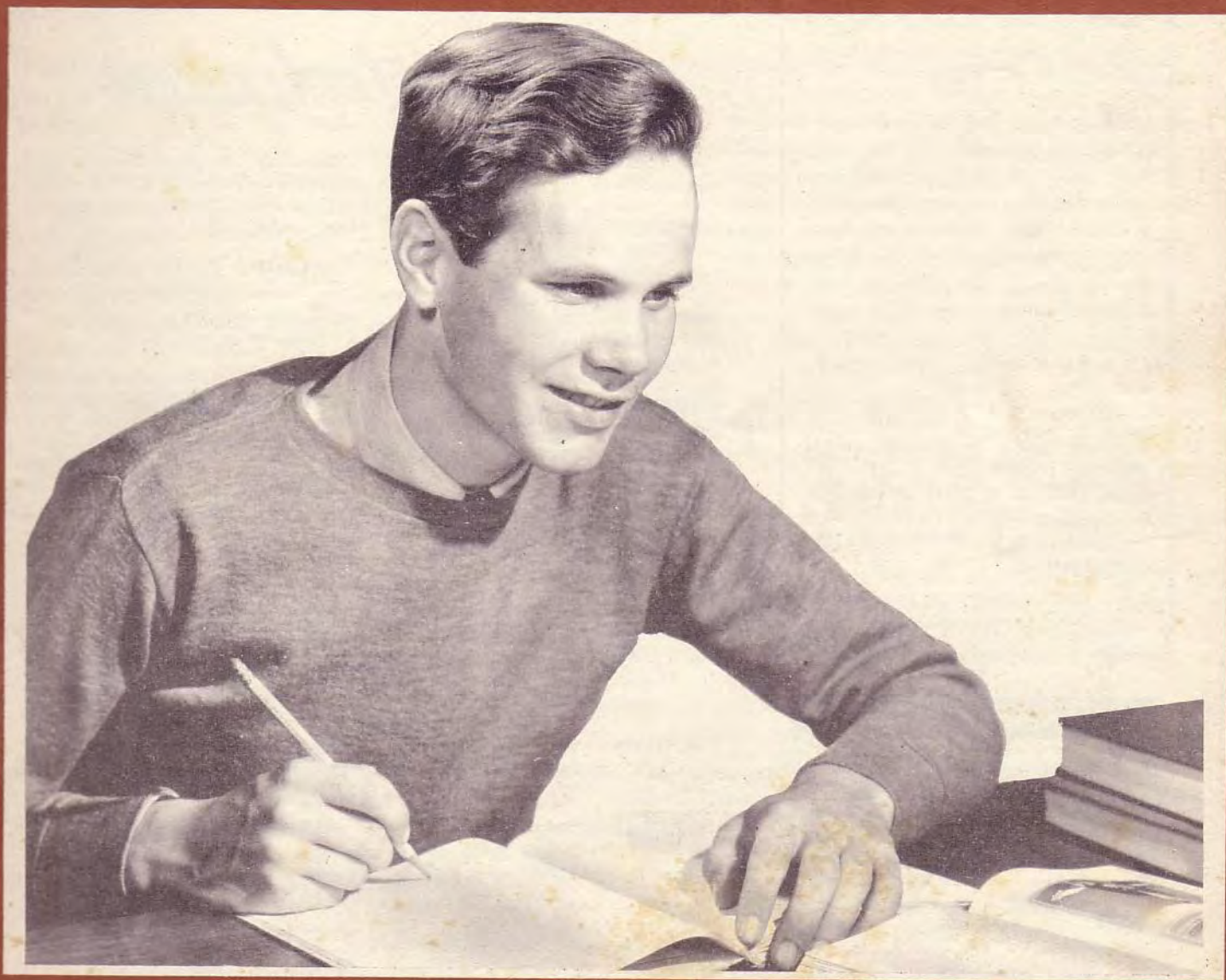
vosre Carrière

revue hebdomadaire avec

cours de

TECHNIQUE RADIO

magazine des futurs électroniciens



REVUE HEBDOMADAIRE POUR LA FORMATION PROFESSIONNELLE — 5/11 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 EDETEUR N. 34 du 1^{er} Trim. 1965
DISTRIBUTION: Nouvelles Messageries de la Presse Parisienne - Paris - Directrice de la publication: Mme Etienne Chiron.



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 - Circuits électriques complexes - Les lois de Kirchhoff - Autres circuits mixtes - Diviseurs de tension - Atténuateurs - Circuits en pont - Le pont de Wheatstone - Mesures du courant continu - Voltmètre - Voltmètres à plusieurs sensibilités - Ampèremètre - Les ampèremètres à sensibilités multiples - Instruments à résistance élevée - Utilisation des instruments - Précautions à prendre lors de l'utilisation des voltmètres et ampèremètres - Symboles - Abréviations - Formules - Symboles schématiques - Questions sur la 19^{ème} et 20^{ème} leçons - Réponses aux questions du numéro précédent - Construction d'un pont de Wheatstone - Dictionnaire Anglais-Français d'Electronique.

Sommaire

★ Courrier technique	pag. 2
★ Chronique des métiers de la Radio	» 3
★ Circuits électriques simples	» 5
★ Les appareils de mesure	» 14
★ Dictionnaire Anglais - Français d'Electronique	» 17
★ Symboles - Abréviations - Formules	» 27
★ Symboles schématiques	» 27
★ Questions sur la 16 ^{ème} et 17 ^{ème} leçons	» 27
★ Réponses aux questions du numéro précédent	» 28
★ Calcul rapide des valeurs de deux résistances en parallèle	» 28
★ Graphique pour le calcul de deux résistances en parallèle	» 29
★ Notions élémentaires de calcul algébrique	» 30
★ Votre Carrière dans l'industrie	» 33
★ Equipement et composants	» 34

Courrier technique

M. MOUTON demande ce que signifie l'expression « Le son dans l'image » ?

Lorsque les composantes son et image sont mal séparées, la modulation BF peut perturber l'image. Ce défaut apparaît de diverses façons: des barres noires en synchronisme avec le son se produisent sur l'image. A l'extrême, une désynchronisation totale peut faire sauter les trames et onduler les bords de l'image, les personnages sur l'écran se gondolent au rythme de la musique.

Le défaut peut provenir de plusieurs causes:

- oscillatrice mal calée; le bouton d'accord est à retoucher;
- découplage insuffisant entre tension anodique de l'ampli BF et de l'ampli FI.
- intermodulation dans les circuits d'entrée,
- enfin et surtout, dérèglement des réjecteurs son.

M. LAURENT a pu recevoir avec un simple casque. Comment s'explique ce phénomène ?

Effectivement, un simple casque permet d'entendre quelque chose, mais cela sous certaines conditions et sans être parfait!

Un mauvais contact dans les connexions du casque lui-même, peut se comporter en détecteur et par conséquent avoir l'effet d'une galène.

Le branchement du casque sur un grillage, une conduite d'eau, peut également reproduire le phénomène précédent.

Mais dans tous les cas, il faut être

à proximité immédiate d'un émetteur d'une grande puissance, dans un secteur où le champ électrique puisse parvenir sans obstacle.

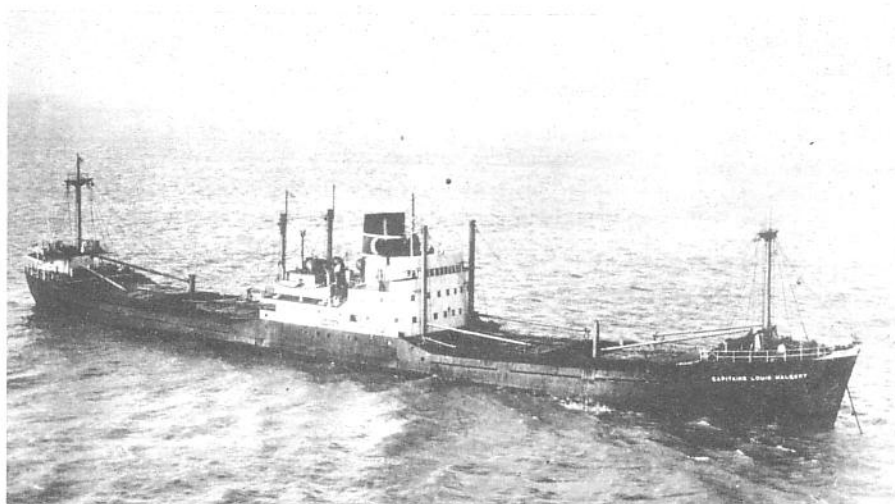
M. LEMAIRE. Certaines bandes magnétiques ne peuvent être lues que sur un appareil-dictée semblable à celui qui a servi à l'enregistrement, pourquoi?

La diminution progressive du diamètre de la bobine d'émission correspond à un accroissement parallèle de la bobine de réception de la bande magnétique. La vitesse de défilement devant la tête de lecture est donc variable. Au point de vue reproduction sonore, il n'y aura aucun effet appréciable si l'on utilise un magnétophone identique, ayant les mêmes diamètres de bobines.

Mais la variation de vitesse étant régulière et progressive, aucun montage ne sera possible, puisque l'on passerait dans ce cas-là d'une vitesse à une autre très différente. Remarquons néanmoins que ce dispositif simplifié ne se rencontre que dans certains magnétophones de bureau, les magnétophones de bonne qualité étant équipés de cabestans et de renvois, permettant d'obtenir des vitesses de défilement constantes et uniformes.

Le pleurage, variation de vitesse de défilement due à la variation de vitesse de rotation de moteur d'entraînement, est un défaut qui peut être observé dans l'un ou l'autre type de magnétophone.

Il n'y a que les machines à dicter qui utilisent encore des systèmes de défilement sans cabestan car on ne recherche pas la haute fidélité.



Le nauffrage du "CAPITAINE LOUIS MALBERT,"

Le 30 décembre 1963, alors que le monde entier s'apprêtait au réveillon de fin d'année, la presse relatait, sans y attacher guère plus d'importance que pour d'autres accidents de mer, le naufrage en mer du Nord du minéralier français « Capitaine Louis Malbert ». Ce dernier, abordé à 1 heure du matin par le pétrolier danois « Rosborg », coulait vers 3 h 45 causant la mort de huit marins de son équipage, dont son capitaine, le Commandant HUET.

Le « Capitaine Louis Malbert » était un bateau assez récent puisque construit immédiatement après la guerre. Ses grandes plages avant et arrière lui permettaient le chargement de frets lourds de grandes dimensions, outre ses cales de grande capacité; il jaugeait 5 200 tonnes pour 170 m. de long et 18 m. de large, ses équipements étaient modernes et complétés en outre par un ensemble de navigation par hyperboles, le Decca. L'équipage, état-major compris comprenait 27 personnes.

Le « Capitaine Louis Malbert » avait pris une cargaison de 5 000 tonnes de charbon sur la côte Est de l'Angleterre, à Hartlepool, et se dirigeait vers Aarhus, au Danemark. Pénétrant dans le Kattegat quelques heures avant minuit le 29 décembre, le navire avance prudemment à allure réduite. Si d'une part, une avarie mineure à une chaudière limite la vitesse aux environs de 8 noeuds, la visibilité est tout de même assez réduite par une brume diffuse, également par quelques bancs plus épais; de plus le trafic est abondant dans les chenaux navigables aménagés dans les champs de mine subsistant de la dernière guerre. L'officier de quart ayant déterminé sa position au radar à 9 milles du bateau-feu « Anholt », aperçoit un navire venant en sens inverse et appuie quelque peu sur la droite. Le Commandant HUET est monté sur la passerelle, inquiet à juste titre des conditions de navigation présentes. L'officier Radio Michel Bruna, 24 ans, qui a terminé son quart à 23 heures dort dans sa cabine, l'auto-alarme branché, après sa dernière va-

cation de veille sur la fréquence de 500 kc/s (600 mètres). Vers 1 h du matin, le matelot de vigie à l'extrémité babord de la passerelle aperçoit les feux d'un navire qui se maintient au relèvement et va donc sans aucun doute aborder le minéralier français. Malgré une immédiate abattée sur tribord et des coups de sifflet du navire menacé, le pétrolier danois « Rosborg » est trop près: dans un fracas épouvantable, il aborde le navire français à l'arrière de la cale II, (presqu'à la hauteur de la passerelle) où son étrave ouvre une large brèche faisant giter violemment sa victime sur tribord.

Réveillés en sursaut, certains jetés bas de leur couchette, après un court moment de panique bien compréhensible, les hommes d'équipage sont appelés aux postes d'embarcations; certains même pourront passer directement sur le pont du « Rosborg » qui n'a pas encore dégagé son étrave enfoncée dans le « Malbert ».

Mais c'est dans le calme que la plupart attendent l'ordre d'abandon, préparant la chaloupe tribord, les bossoirs de celle de babord ayant été détruits au cours de l'abordage. Tandis que le « Rosborg » s'éloigne, Michel Bruna envoie le premier message de détresse: SOS de FNVB - collision with unidentified ship position 7 miles North Anholt.

En dépit des énormes dégâts de la coque dans la cale II la machine tourne encore et le Commandant HUET décide, en vue d'un renflouement éventuel, d'amener son navire à s'échouer sur un haut fond qu'il estime voisin, le banc de Mildegrund. La chaloupe tribord est descendue, le navire en marche, avec neuf hommes à son bord. Ceux-ci seront recueillis peu de temps après par le chalutier soviétique « Primorsk » alerté par le SOS; la remorque qui liait la chaloupe au Malbert ayant cédé sous l'effet de la vitesse, le Commandant HUET fera demander au « Rosborg » d'opérer des recherches. Ce dernier bateau tentera d'ailleurs de venir au secours du « Malbert », mais en dépit des fusées, des feux, des lumières de bord et des

coups de sifflet, émis sur sa demande, il ne pourra retrouver sa victime.

Le « Malbert » continue, toujours à petite allure, à se diriger vers le banc de sable. Malheureusement, après la collision, il a dû dériver quelque peu et de plus les antennes du Decca ont été détériorées au cours de l'abordage; le choc a peut-être fait sauter quelques graduations sur les compteurs d'hyperboles, faussant ainsi la navigation. Car en effet, Michel Bruna qui surveille les sondeurs, constate que les fonds restent entre 40 et 50 mètres au lieu de remonter doucement. Totalement isolé dans une brume de plus en plus dense, le « Malbert » prend de plus en plus de gîte et s'enfonce lentement. Vers 1 h 50, un navire croit apercevoir le « Malbert », lui fait lancer des fusées, mais en vain. Göteborg-Radio contrôle le trafic de détresse et seules, les communications concernant le « Malbert » sont admises. Plusieurs navires sont à sa recherche, alertés par ses pressants SOS, car la situation se détériore rapidement. L'eau monte et commence à envahir la chambre des machines, contraignant l'officier de quart, M. Georges, à l'évacuation. La chaloupe de babord est libérée de ses amarres. Nouvel SOS vers 2 h 40, le « Malbert » demande aux autres navires de se rapprocher et de prendre à leur bord le personnel non indispensable aux ultimes manoeuvres. L'alimentation des émetteurs principaux est interrompue par la montée de l'eau qui a noyé les génératrices et tout le trafic doit se faire sur l'appareillage de secours alimenté par des accumulateurs. Et c'est sur cet émetteur que Michel Bruna enverra vers 3 h 45 le dernier message: SOS de FNVB - WE SINK WE SINK (nous coulons, nous coulons). Il n'y a plus rien à faire, le navire donne de plus en plus de la bande sur tribord, la coursière extérieure est déjà submergée. On met à l'eau tout ce qui peut flotter et les treize hommes s'éloignent à la nage, le Commandant sautant le dernier dans l'eau glacée, à peine 2°! Le « Malbert » sombre en se cassant, l'arrière s'enfonçant verticalement.

De ces treize hommes, cinq seulement survivront, ayant réussi à se hisser sur la chaloupe babord qui flotte retournée à peu de distance. Les huit autres dont le Commandant Huet, saisis par le froid de l'eau, ou entraînés par les tourbillons disparaîtront dans l'obscurité et on ne retrouvera que le lendemain, quelques corps flottant à la dérive que les hélicoptères repèreront. Mais avant de sauter à l'eau, l'Officier Radio Bruna a eu la remarquable présence d'esprit de glisser sous son vêtement, une lampe torche. Ayant pu se hisser rapidement sur la chaloupe renversée, pendant deux longues heures glaciales, les vêtements gelés, debout sur la coque instable, il fera inlassablement des signaux optiques jusqu'à ce que le navire suédois « Gapern » les aperçoive et prenne les cinq naufragés à son bord.

Ces derniers débarqués dans le port suédois de Helsingborg, rejoindront à Copenhague les neuf recueillis par le Primorsk et les quatorze survivants seront rapatriés rapidement par avion, après avoir pu rassurer les leurs, étreints par l'angoisse que l'on devine.

Ainsi se termina cette longue nuit où la radio prouva une fois de plus son utilité, et où aussi la présence d'un jeune Officier Radio, conscient de ses responsabilités et d'une parfaite maîtrise de soi, permit de limiter au maximum les effets de cette catastrophe.

QUELQUES PRECISIONS.....

Auto-alarme: Récepteur automatique calé sur la fréquence internationale de détresse 500 kHz (600 mètres). Une seule émission de 3 traits consécutifs de 4 secondes suffit à déclencher une sonnerie d'alarme dans le poste radio, dans la cabine du radio et sur la passerelle. En principe le premier appel de détresse doit être précédé d'une émission de 12 traits de 4 secondes en 1 minute pour qu'il y en ait au moins trois consécutifs de durée convenable.

SOS de FNVB: Il faut transmettre trois fois SOS, puis le mot DE, puis trois fois l'indicatif de la station en détresse. La station mobile qui se trouve la plus en mesure de porter secours accuse réception et assure le trafic de détresse. Toutes les autres stations doivent faire silence pour ne pas gêner le trafic de détresse, ou en cas d'urgence, demander l'autorisation à la station directrice.

Le système DECCA: utilisé lors du débarquement du 6 juin 1944, le Decca est un système de navigation par hyperboles, celles-ci étant déterminées par un émetteur pilote et trois émetteurs asservis. La comparaison des temps de parcours des tops successifs est traduite sur des compteurs de couleurs différentes, rouge, jaune et bleu, montés sur un même cadran, et portant en plus, au centre un compteur violet de contrôle. Après un calage initial au départ, le compteur indique pour chaque couleur le numéro de l'hyperbole sur laquelle on se trouve et il suffit de se reporter sur la carte spéciale des réseaux d'hyperboles pour connaître sa position. La précision est de l'ordre de 500 mètres dans les secteurs où les hyperboles se recoupent sous un angle de 90°.

Se maintenir au relèvement: lorsque les routes de deux navires convergent, trois cas se présentent:

- 1°) le relèvement reste constant: il y a risque d'abordage.
- 2°) le navire observé gagne au relèvement: il passera sur l'avant de celui qui l'observe.
- 3°) le navire observé perd au relèvement: il passera sur l'arrière de celui qui l'observe.



«...et maintenant vous allez entendre le journal parlé».

CIRCUITS ELECTRIQUES SIMPLES

Au cours des leçons précédentes, nous avons exposé ce que l'on entend par circuits électriques et comment on peut les classer en circuits-série, circuits-parallèle et circuits mixtes, c'est-à-dire en série-parallèle.

Nous avons ensuite, étudié les unités pratiques des courants passant dans ces circuits et les relations existant entre ces diverses unités.

Il convient maintenant, d'analyser d'une manière plus précise le fonctionnement de ces circuits, et des éléments qui les composent car, en pratique, ce sont toujours des dispositifs de ce genre — combinés d'une manière plus ou moins complexe — que nous rencontrerons dans tous les appareils utilisés dans le domaine de l'électronique et de ses applications.

CIRCUITS en SERIE

Le circuit de la figure 1, que nous connaissons déjà, comprend trois résistances reliées en série, et placées aux bornes d'une source de tension.

Incidemment, nous dirons que la tension et le courant, dans un tel circuit, atteignent leurs valeurs maximum et minimum au même instant (c'est pour cela qu'elles sont dites en phase). Nous verrons plus loin qu'il importe peu la tension et le courant soient ou non en phase entre eux.

Faisons également observer que, dans un circuit à courant continu, les chutes de tension (aux bornes des résistances) ont leur propre polarité: le côté par lequel le courant entre dans la résistance est *négalif*, celui par lequel il sort est *positif*.

De ce fait il résulte que, dans le circuit de la figure 1, le courant ne peut circuler que dans une seule direction.

Une autre caractéristique importante du circuit est que l'intensité du courant est égale et constante dans tous les points du circuit même. Examinons-le en détail (figure 2, circuit correspondant à celui de la figure 1).

Les symboles A1, A2, A3 et A4 représentent des ampèremètres (instruments servant à mesurer l'intensité d'un courant) insérés en divers points du circuit: indépendamment de la valeur de tension appliquée E_T et de la résistance totale du circuit ($R_1 + R_2 + R_3$), les intensités lues sur chacun des instruments sont égales; si une variation se produit — aussi bien dans la tension, que dans la valeur de la résistance — elle dé-

terminera une variation identique de la valeur lue sur chacun des instruments.

Rappelons que les instruments placés dans le circuit, les ampèremètres, doivent être branchés « en série » dans le circuit et par conséquent le circuit doit être ouvert pour pouvoir y connecter l'instrument.

Les lois ci-dessous sont donc valables pour un circuit série:

- 1) L'intensité du courant est la même en tous les points du circuit, on a donc:

$$I_{\text{Totale}} = I_1 = I_2 = I_3$$

- 2) La somme des chutes de tension le long du circuit est égale à la tension totale appliquée à ses bornes. Et on a.

$$E_{\text{Totale}} = E_1 + E_2 + E_3$$

Résistances en série

La loi d'Ohm peut être appliquée au circuit entier comme à chacun des composants particuliers de ce circuit et peut être énoncée ainsi:

- 1^{er} cas: circuit entier.

Le courant total passant dans un circuit est égal au quotient de la tension totale par la résistance totale.

- 2^{ème} cas: pour un élément du circuit.

Le courant passant en un point déterminé d'un circuit est égal au quotient de la tension présente aux bornes de cet élément par sa résistance propre.

En appliquant la loi d'Ohm au circuit entier de la figure 2, on obtient:

$$E_{\text{Totale}} = I R_{\text{Totale}}$$

La chute de tension aux bornes de chacune des résistances s'exprime ainsi:

$$E_1 = IR_1; E_2 = IR_2; E_3 = IR_3$$

En exprimant maintenant, la valeur de la tension d'alimentation et les chutes de tension aux bornes des composants du circuit par leur équivalent IR , on a:

$$IR_{\text{Totale}} = IR_1 + IR_2 + IR_3$$

en divisant les deux membres de l'équation par I (c'est-à-dire en supprimant I dans les deux membres) on a:

$$R_{\text{Totale}} = R_1 + R_2 + R_3$$

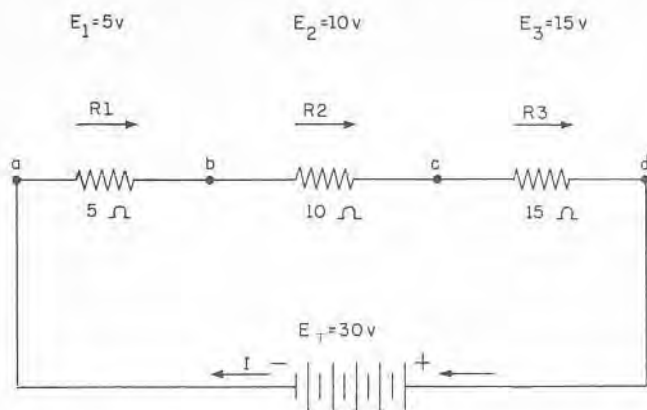


Fig. 1 - Nous avons ici, un circuit dans lequel nous voyons 3 résistances en série (R_1 , R_2 , R_3). La tension aux bornes des résistances (E_1 , E_2 , E_3) dépend de leur valeur: le résultat de ces tensions est toujours égal à la valeur existant à la source des tensions (E_T).

On en déduit donc que dans un circuit en série, la résistance totale est égale à la somme des résistances des divers composants.

La résistance totale d'un circuit est appelée *résistance équivalente*, celle-ci est la valeur de la résistance unique pouvant être substituée à toutes les autres sans que l'intensité du courant subisse une variation.

Puissance dissipée dans un circuit-série

Puisque l'intensité du courant est la même en tous les points d'un circuit-série, chacune des résistances le composant dissipent, en même temps, une puissance proportionnelle à sa valeur ohmique (P_1 , P_2 , P_3) donc la puissance totale sera donnée par:

$$P_{\text{Totale}} = P_1 + P_2 + P_3$$

ainsi, pour calculer la puissance dissipée dans un circuit-série comme celui de la figure 2, on peut:

- 1) calculer les dissipations individuelles et les additionner, ou bien
- 2) utiliser les valeurs totales, comme ci-dessous:

$$P_{\text{Totale}} = E_T \times I_T$$

Analyse d'un circuit en série

Un exemple de circuit en série fréquemment utilisé nous est fourni par le circuit d'alimentation des filaments des lampes dans certains récepteurs de radio; comme ces filaments doivent fonctionner sous une intensité bien définie, il est nécessaire que celle-ci soit constante en tous les points du circuit. Nous en déduisons par conséquent, que si un changement est apporté au circuit, il est nécessaire de modifier la tension pour maintenir l'intensité du courant à la valeur requise. Mis gratuitement en ligne par Alain et André.

C'est pour cette raison que les circuits-série des filaments sont appelés parfois, *circuits à courant constant* et à tension variable et, chaque fois qu'une lampe est ajoutée ou retirée du circuit, il est nécessaire de régler à nouveau la tension.

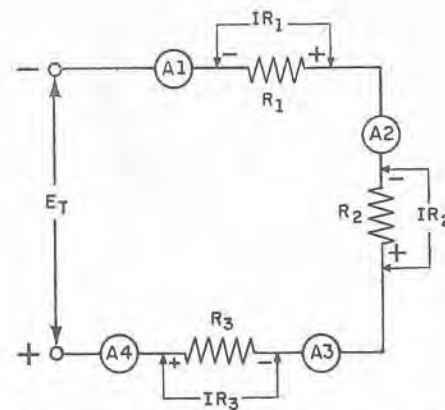


Fig. 2 - Une autre caractéristique importante du circuit en série est que l'intensité du courant est égale et constante dans tous les points de ce circuit. Des instruments qui mesurent l'intensité (ampèremètres: A1, A2, A3, A4) peuvent confirmer cette caractéristique.

Deux dispositifs ne travaillant pas sous la même intensité, ne peuvent fonctionner convenablement s'ils sont reliés en série: par exemple, une lampe d'éclairage de 120 volts, 75 watts nécessite une intensité de 0,625 ampère ($I = W : V$); si une telle lampe est reliée en série avec une autre, fonctionnant aussi sous 120 volts, mais ayant une puissance de 60 watts (demandant une intensité de 0,500 ampère) il sera impossible de régler la tension d'alimentation de telle sorte que toutes deux aient la même luminosité. En effet, si la tension est ajustée pour fournir une intensité de 0,500 ampère, la lampe de 75 watts ne sera pas suffisamment alimentée, tandis que si la tension est réglée pour fournir une intensité de 0,625 ampère, celle de 60 watts sera surchargée.

Le circuit-série présente certains inconvénients. Si, par hasard, une seule lampe brûle et que son filament se coupe, le circuit reste ouvert et toutes les autres lampes sont privées d'alimentation. Ceci arrive par exemple, dans les guirlandes pour arbres de Noël où toutes les lampes sont reliées en série.

Il peut arriver également qu'un filament d'une lampe se mette en court-circuit et dans ce cas, c'est un autre inconvénient qui se présente: la résistance totale devenant plus faible, les autres lampes sont soumises à une tension dangereuse, plus élevée que la normale.

Il y a, toutefois, quelques applications dans lesquelles les circuits en série sont utilisés avantageusement: par exemple, dans les réseaux d'éclairage urbain où l'énorme économie réalisée dans les câbles d'alimentation prime toute autre considération.

En effet, en utilisant un circuit série, on alimente le réseau sous une tension plus élevée et sous une intensité moindre, donc on utilisera des conducteurs de section beaucoup plus faible que celle qui serait nécessaire si toutes les lampes étaient reliées en parallèle (tension faible et intensité élevée); l'économie réalisée sur le prix des câbles est donc importante.

Dans les circuits en série, du type utilisé pour l'éclairage urbain, il est nécessaire d'adopter certains dis-

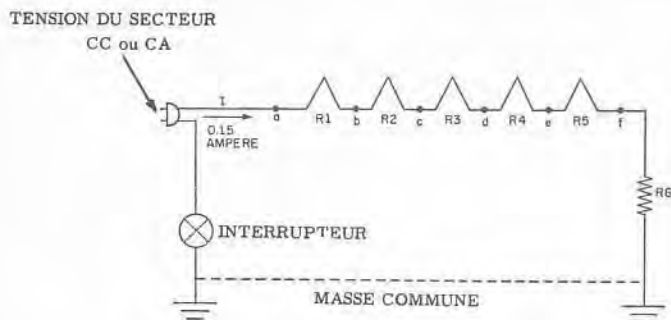


Fig. 3 - Circuit pour le chauffage du filament des lampes (R_1 , R_2 etc...) en série. La résistance R_6 ferme le circuit. Sa valeur doit être telle que la tension présente entre les points « a » et « f » soit égale à la somme des tensions nécessaires pour allumer le filament de chaque lampe.

positifs ayant pour but de rétablir la continuité du circuit si une lampe brûle et de maintenir la tension à une valeur convenable pour que l'intensité reste constante.

Le premier problème est résolu en plaçant en parallèle sur chaque lampe un dispositif dit « disque à pellicule isolante »: celui-ci se comporte comme un isolant au regard de la chute normale de tension aux bornes de la lampe quand le circuit est continu. Si le filament de la lampe se casse, la pellicule isolante se trouve soumise — ne serait-ce que pendant un court instant — à la totalité de la tension d'alimentation puisque, en cas d'interruption du circuit, il n'y a aucun débit et, par suite, aucune chute de tension à travers les autres lampes. Dans ce cas, la tension est suffisamment élevée pour perforer la mince pellicule isolante et la lampe défectueuse est court-circuitée par le disque, ce qui rétablit la continuité du circuit. L'action est si rapide qu'en pratique, on notera seulement une brève interruption de l'éclairage.

Mais nous nous trouvons alors dans le cas où, une lampe manquant, le reste du circuit sera survolté; en effet, la tension nécessaire à l'alimentation d'un certain nombre de lampes sera appliquée à toutes moins une. Il faut donc employer un régulateur de courant.

Un type de régulateur à courant constant remédiant à un tel inconvénient est constitué par un *transformateur* (appareil capable d'élever ou d'abaisser une tension) pourvu d'un organe mobile qui se déplace automatiquement pour maintenir un courant constant quelle que soit la charge, dans les limites de sa puissance maximum évidemment.

Le fonctionnement d'un tel transformateur est le suivant: une tension appliquée à un circuit dit *primaire* est transférée à un autre circuit appelé *secondaire*; le degré de couplage entre les deux enroulements contrôle la valeur de la tension transférée ou, mieux, *induite* au secondaire pour l'alimentation du circuit d'utilisation. Si un des éléments du circuit en série est mis en court-circuit, le degré de couplage (dans ce transformateur spécial) diminue et, par conséquent,

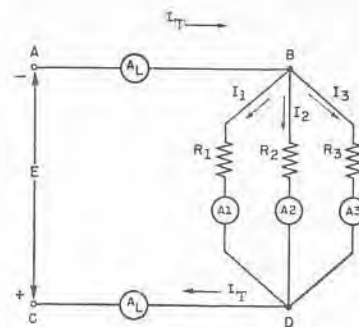


Fig. 4 - Circuit de 3 résistances en parallèle. Chacune de ces résistances forme un circuit séparé. Le courant de ligne (indiqué par l'ampèremètre A_L) se divise en trois branches. La valeur du courant dans chaque branche est relevée sur les instruments A_1 , A_2 , A_3 .

la tension induite diminue de valeur ce qui rétablit l'intensité du courant à sa valeur initiale.

Ainsi que nous le verrons bientôt, on utilise dans les récepteurs de radio des lampes spéciales dites *tubes à vide*: ces tubes sont pourvus d'un *filament* qui doit être chauffé; ce chauffage est obtenu — tout comme dans les lampes d'éclairage — en faisant passer un courant dans le filament qui se trouve ainsi, porté au rouge.

Dans certains modèles de récepteurs, les divers filaments sont reliés en série et, lorsque cela est nécessaire, une résistance chutrice (R_6) de valeur convenable est placée dans le circuit pour abaisser la tension du réseau à la valeur désirée (figure 3).

CIRCUITS en PARALLELE

Le courant dans un circuit en parallèle

Un circuit en parallèle est formé de deux ou de plusieurs circuits dans lesquels peut passer un courant; un exemple en est donné dans la **figure 4** où nous voyons trois résistances en parallèle (en anglais, « shunt »), aux bornes desquelles est appliquée une tension, chacune de ces résistances formant un circuit séparé. Mis gratuitement en ligne par Alain et André.

Le courant total qui entre et sort de cette combinaison de circuits s'appelle *courant de ligne*; son intensité est celle fournie par la source de courant. Elle peut être mesurée, dans notre cas, en insérant un ampèremètre en n'importe quel point de la ligne compris entre A et B ou C et D. Au point B le courant se divise en trois branches I_1 , I_2 , et I_3 et au point D les trois courants se réunissent pour former le courant de ligne qui retourne à la source d'alimentation.

Ceci illustre une loi concernant les circuits en parallèle qui est la suivante: **l'intensité totale du courant fournie au circuit est égale à la somme des intensités passant dans les diverses branches**, on a donc:

$$I_{\text{Tot}} = I_1 + I_2 + I_3$$

En d'autres termes, la somme des intensités qui en-

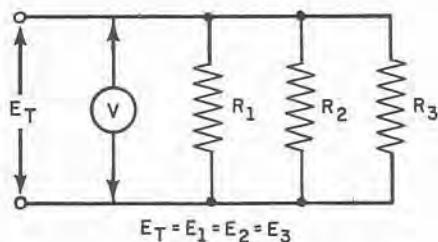


Fig. 5 - Dans un circuit en parallèle la tension appliquée aux diverses dérivations R1, R2, R3 (qu'on peut lire sur « V » - voltmètre) est la même pour toutes. Elle est égale à E_T = tension de la source.

trent par un sommet est égale à la somme des intensités des courants qui en sortent.

En employant le signe positif pour indiquer le courant qui entre par un sommet et en se référant au point B du circuit de la figure 4, on a :

$$+ I_{Tot} - I_1 - I_2 - I_3 = 0$$

On notera que cette équation n'est qu'une forme de l'équation précédente.

La tension dans un circuit en parallèle

Le rapport entre les tensions, dans un circuit en parallèle, est indiqué dans la figure 5 qui montre, à nouveau, trois résistances connectées en parallèle aux bornes d'une source d'alimentation.

Un voltmètre V est relié aux bornes des trois branches et, par suite, aux bornes de la source de courant. Si nous considérons que la résistance des fils de connexions est négligeable, nous voyons que l'extrémité supérieure de chaque résistance est au même potentiel que l'extrémité supérieure de la source d'alimentation par rapport aux extrémités inférieures respectives et vice-versa. Mis gratuitement en ligne par Alain et André.

Ceci permet d'énoncer une autre loi relative aux circuits en parallèle: **la tension appliquée à toutes les branches d'un circuit en parallèle est la même pour toutes.** Mis gratuitement en ligne par Alain et André.

$$E_{Tot} = E_1 = E_2 = E_3$$

Nous verrons plus tard que, quand les résistances de charge d'un circuit sont de très faible valeur, on doit également tenir compte de la résistance des fils de connexions qui, bien que de faible valeur, peut, dans certains cas n'être pas négligeable au regard de la résistance de charge; dans ce cas, la chute de tension $I \cdot R$ qui se produit dans les conducteurs ne peut plus être négligée.

Résistances en parallèle

Rappelons que, dans un circuit en série comportant plusieurs résistances, la résistance totale est égale à

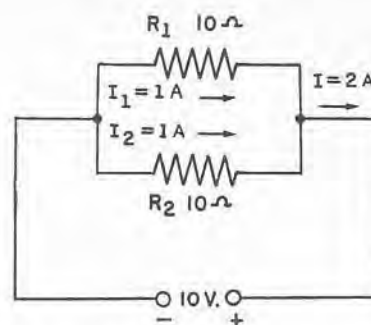


Fig. 6 - L'intensité du courant que doit fournir la source d'alimentation passant dans un circuit parallèle, est égale à la somme des intensités passant dans les diverses branches. $I_T = I_1 + I_2$ et selon les valeurs indiquées ci-dessus, nous avons $I_T = 2$ ampères comme résultat de la somme I_1 (1 ampère) + I_2 (1 ampère).

la somme de toutes les résistances et est plus grande que chacune d'elles. Mis gratuitement en ligne par Alain et André.

Ceci ne se produit pas dans un circuit en parallèle et une analogie avec l'écoulement de l'eau dans un tuyau nous le fera clairement comprendre. Si nous augmentons la résistance du circuit, (somme de plusieurs résistances = circuit en série), on produit le même effet que si nous allongions le tuyau dans lequel passe l'eau ou bien que nous augmentions les frottements dans le tuyau. Si, au contraire — en conservant la même longueur et la même pression de l'eau — nous branchons un autre tuyau à côté du premier (circuit avec les résistances en parallèle), c'est-à-dire en parallèle sur le premier, l'eau passera par deux voies différentes et son débit sera plus élevé. Si nous augmentons le nombre de tuyaux, la résistance diminuera de plus en plus et, si la pression reste constante, il coulera une plus grande quantité d'eau.

Voyons un exemple pratique: dans le circuit en parallèle de la figure 6 chaque résistance oppose une résistance de 10 ohms au passage du courant; la tension de 10 volts est appliquée aux bornes de chaque branche, donc il passe un courant de 1 ampère dans chacune des résistances.

Toutefois quand les courants se réunissent, l'intensité du courant de ligne est de 2 ampères. En appliquant la loi d'Ohm au circuit, on a :

$$R_e = \frac{E_{Tot}}{I_{Tot}} = \frac{10}{2} = 5 \text{ ohms}$$

dans laquelle R_e représente la *résistance équivalente*, c'est-à-dire la résistance totale.

Donc, la résistance équivalente de deux branches ayant des résistances égales est égale à la moitié de la résistance d'une branche.

Le circuit pris comme exemple dans la figure 6 est un circuit en parallèle dans lequel les deux branches ont des résistances égales.

Prenons, maintenant, un exemple — en nous référant toujours à un circuit du type de la figure 6 — avec d'autres valeurs. Supposons que la tension soit de 12 volts et les résistances de 6 ohms.

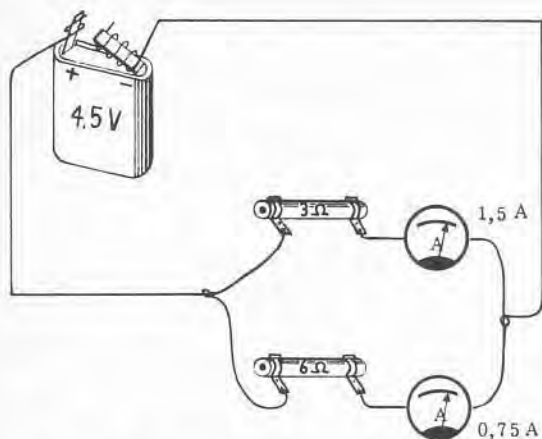


Fig. 6 bis - Ce circuit, formé par des résistances en parallèle et facile à expérimenter, démontre en pratique que le courant passant dans chaque branche est inversement proportionnel à la résistance relative.

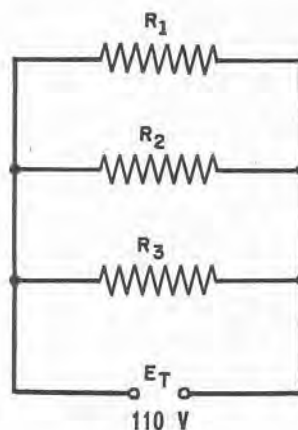


Fig. 7 - Méthode dite de la « conductance » pour trouver la résistance équivalente à celle d'un circuit en parallèle. Suivant cette méthode, il faut se rappeler que l'inverse de la résistance totale est égale à la somme des inverses des résistances formant le circuit. Une fois trouvée la résistance équivalente, l'intensité totale se calcule au moyen de la loi d'Ohm.

Une tension de 12 volts donne une intensité de 2 ampères dans une résistance de 6 ohms ($I = V/R$); si nous branchons une autre résistance de 6 ohms en parallèle sur la première, elle sera également parcourue par la même intensité.

La résistance équivalant à ces deux résistances sera donnée par l'équation:

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

C'est-à-dire:

$$Re = \frac{12 \text{ V}}{4 \text{ A}} = 3 \text{ ohms}$$

Si, enfin, nous branchons trois résistances de 6 ohms en parallèle aux bornes d'une source de tension de 12 volts, le courant de ligne sera de 6 ampères et la résistance totale sera de 2 ohms, c'est-à-dire le tiers de la résistance de chaque branche.

Il est donc évident que la résistance totale, ou équivalente, de plusieurs résistances d'égales valeurs reliées en parallèle est égale à la résistance d'une branche divisée par le nombre des branches: par exemple, si cinq résistances de 20 ohms sont reliées en parallèle, la résistance équivalente sera:

$$Re = \frac{20}{5} = 4 \text{ ohms}$$

Il est important de se rappeler que la résistance équivalente dans un circuit en parallèle est *toujours inférieure* à la valeur de la plus faible résistance présente dans le circuit.

Il existe plusieurs méthodes pour déterminer la résistance équivalente des circuits en parallèle; en se familiarisant avec elles on économisera bien du temps.

Nous venons d'expliquer comment on détermine la résistance totale, ou équivalente, Re dans un circuit composé de résistances d'égales valeurs. Nous pouvons affirmer qu'un des moyens les plus simples pour déterminer Re consiste à appliquer la loi d'Ohm, con-

naissant la tension et l'intensité, comme nous l'avons vu plus haut, c'est-à-dire d'appliquer la formule:

$$Re = \frac{E_T}{I_T}$$

A partir de cette équation, on peut également calculer le courant dans chacune des branches, si nous connaissons la résistance de ces branches. Les intensités se calculent ainsi:

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

Méthode de la conductance

Quand les diverses branches d'un circuit en parallèle n'ont pas la même résistance, on peut employer les conductances pour calculer la résistance équivalente.

Puisque dans un circuit en parallèle le courant peut suivre plusieurs voies, on obtient le même résultat que celui qui se produirait en augmentant la section du conducteur, c'est pourquoi le courant passant dans la résistance est proportionnel à la conductivité de chacune des branches.

Nous savons que la conductance G d'un circuit est l'inverse de sa résistance:

$$G = \frac{R}{1}$$

Cela signifie que plus faible est la résistance opposée au passage du courant, plus grande sera la conductance, c'est-à-dire la facilité avec laquelle le courant pourra passer.

La conductance totale d'un circuit en parallèle est égale à la somme des conductances des diverses branches: Mis gratuitement en ligne par Alain et André.

$$G_{\text{Totale}} = G_1 + G_2 + \dots$$

Dans le circuit de la figure 6, la conductance totale peut être calculée ainsi:

$$\frac{1}{Re} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

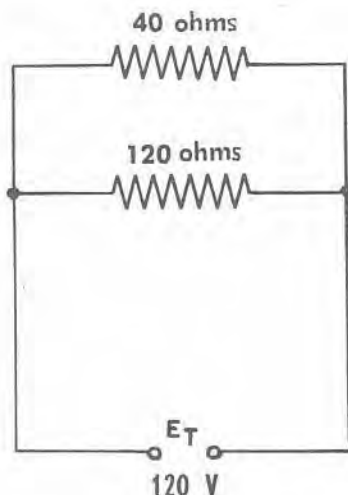


Fig. 8 - Voici une autre méthode pour trouver la résistance équivalente à celle d'un circuit en parallèle. On appelle cette méthode, méthode de « l'équation ». Ce système est très commode lorsque le circuit ne comprend que 2 éléments. Dans ce cas, la résistance équivalente à deux résistances en parallèle est égale à leur produit divisé par leur somme. On peut également utiliser l'équation pour calculer la résistance équivalente dans un circuit à trois dérivations, en employant l'équation deux fois de suite.

Voyons, maintenant, comment on obtient cette équation en appliquant la loi d'Ohm:

$$I_{Tot} = I_1 + I_2$$

Puisque dans un circuit en parallèle, il est possible de substituer aux intensités (I_1 , I_2) leurs valeurs calculées par la loi d'Ohm ($I = E : R$), on obtient:

$$\frac{E}{R_e} = \frac{E}{R_1} + \frac{E}{R_2}$$

En divisant les deux membres de l'équation par E on a:

$$\frac{1}{R_e} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \text{ ainsi}$$

c'est-à-dire:

$$R_e = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}}$$

d'où la loi: dans un circuit en parallèle l'inverse de la résistance totale est égale à la somme des inverses des résistances de chaque branche, c'est-à-dire que la résistance totale est égale à l'inverse de la somme des conductances de chacune des branches.

Puisque la résistance totale, ou équivalente, est plus faible que chacune des résistances en parallèle, il s'ensuit que le courant dans la ligne est toujours plus intense que celui passant dans la branche ayant le courant le plus fort.

Les deux équations ci-dessus peuvent être employées quelles que soient les valeurs des résistances mises en parallèle (égales ou de valeurs diverses), elles sont donc d'un usage général.

Donnons deux exemples d'application.

1) - Trouver la résistance équivalente (R_e) et l'intensité du courant dans la ligne (I_{Tot}) du circuit de la figure 7, lorsque R_1 est égale à 6 ohms, R_2 à 12 ohms et R_3 à 18 ohms.

Nous aurons:

$$\frac{1}{R_e} = \frac{1}{6} + \frac{1}{12} + \frac{1}{18} = \frac{11}{36}$$

$$R_e = \frac{36}{11} = 3,27 \text{ ohms}$$

L'intensité du courant sera:

$$I_{Tot} = \frac{110 \text{ volts}}{3,27 \text{ ohms}} = 33,6 \text{ ampères}$$

2) - Trouver la résistance équivalente, toujours dans le circuit de la figure 7, si $R_1 = 12$ ohms, $R_2 = 15$ ohms et $R_3 = 20$ ohms. Nous aurons:

$$\frac{1}{R_e} = \frac{1}{12} + \frac{1}{15} + \frac{1}{20} = \frac{12}{60}$$

et

$$R_e = \frac{60}{12} = 5 \text{ ohms}$$

Méthode de l'équation

La résistance équivalente d'un circuit à deux branches peut être rapidement calculée au moyen d'une formule dérivant de l'équation déjà étudiée, de la façon suivante. Puisque:

$$\frac{1}{R_e} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

On a:

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

C'est-à-dire, la résistance équivalente à deux résistances en parallèle est égale à leur produit divisé par leur somme. Mis gratuitement en ligne par Alain et André.

Exemple: Trouver la résistance équivalente et l'intensité du courant dans chaque branche d'un circuit formé par deux résistances en parallèle ayant respectivement pour valeur 40 ohms et 120 ohms (figure 8), la tension appliquée étant de 120 volts.

$$\text{Résistance équivalente} = \frac{40 \times 120}{40 + 120} = 30 \text{ ohms}$$

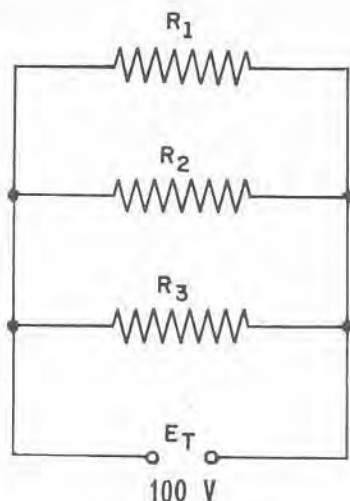


Fig. 9 - Une troisième méthode pour calculer la résistance équivalente d'un circuit en parallèle est celle de « la tension fictive ». On prend une tension quelconque (de préférence 10 ou un multiple de 10) et, en appliquant la loi d'Ohm à chacune des branches, on calcule les intensités partielles dont la somme servira au calcul de R_e . Le procédé est très simple et fort utile pour tous ceux qui emploient une règle à calculer. Cette méthode permet de calculer la résistance équivalente lorsqu'on ignore la valeur de la tension appliquée au circuit.

$$\begin{aligned} \text{Courant} \dots\dots\dots I_1 &= \frac{120}{40} = 3 \text{ ampères} \\ \text{Courant} \dots\dots\dots I_2 &= \frac{120}{120} = 1 \text{ ampère} \end{aligned}$$

Dans le problème ci-dessus, on remarque que, lorsque le courant de ligne entre dans deux résistances en parallèle, il se divise en deux branches en proportion inverse de la résistance de chacune des branches c'est-à-dire que l'intensité la plus faible passe dans la branche ayant la résistance la plus élevée et réciproquement.

On peut également utiliser l'équation ci-dessus, c'est-à-dire:

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

pour calculer la résistance équivalente dans un circuit à trois dérivations, en employant l'équation deux fois de suite.

Exemple: Pour trouver la résistance équivalant à trois résistances en parallèle ayant respectivement pour valeurs 10, 20 et 30 ohms, on recherche d'abord la résistance équivalente à 10 et 20 ohms, on a:

$$R_e = \frac{10 \times 20}{10 + 20} = \frac{200}{30} = 6,67 \text{ ohms}$$

ensuite, on calcule la résistance équivalente de 6,67 en parallèle sur 30 ohms, ce qui donne:

$$R_e = \frac{6,67 \times 30}{6,67 + 30} = \frac{200}{36,7} = 5,45 \text{ ohms}$$

On peut dériver une équation pour trouver la résistance équivalente à trois résistances en parallèle de la manière suivante:

Puisque

$$\frac{1}{R_e} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

on a

$$R_e = \frac{R_1 R_2 R_3}{R_1 R_2 + R_1 R_3 + R_2 R_3}$$

Cette méthode ne convient pas dans le cas des circuits à plus de trois dérivations car, comme on peut le voir, elle comporte un grand nombre de calculs.

Méthode de la tension fictive

La méthode la plus indiquée pour déterminer la résistance équivalente d'un circuit en parallèle — et pour trouver également toutes les valeurs inconnues — dépend, pour une grande part, des données dont on dispose.

La méthode, dite de la tension fictive, est un procédé très simple, fort utile pour tous ceux qui emploient une règle à calculer; elle permet de calculer R_e (résistance équivalente) quand on ignore la valeur de la tension appliquée au circuit.

Nous savons déjà que le principe de base pouvant être appliqué à la solution des problèmes concernant les circuits en parallèle, consiste à additionner les intensités passant dans chaque branche pour obtenir le courant de ligne, puis de diviser la tension appliquée aux bornes du circuit par cette intensité totale pour trouver la valeur de R_e .

En principe, la résistance d'un circuit a une valeur constante qui dépend essentiellement de la valeur de ses composants: si l'on fait varier la tension appliquée, l'intensité du courant et non la résistance variera en conséquence. Il est donc possible, pour cette raison, de fixer une tension (fictive) et, grâce à elle, de calculer les intensités des courants dans les diverses branches. Le quotient de la tension fictive par l'intensité du courant de ligne donnera la résistance équivalente R_e .

On peut fixer, pour cela, une tension quelconque et ceux de nos lecteurs qui emploient la règle à calcul trouveront que cette méthode est très pratique, surtout si l'on prend comme tension fictive le nombre 10 ou un multiple.

En outre, pour éviter de tomber sur des chiffres décimaux, il conviendra de choisir une tension telle que le courant passant dans la branche ayant la plus forte résistance, soit d'une intensité comprise entre 1 et 10 ampères. Mis gratuitement en ligne par Alain et André.

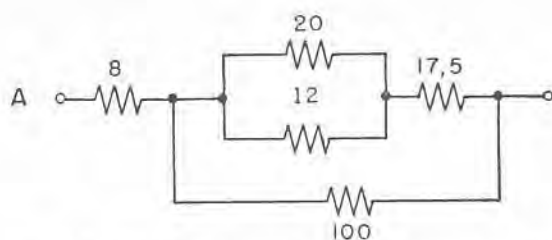


Fig. 10-A - Circuit série-parallèle dont nous voulons calculer la résistance équivalente.

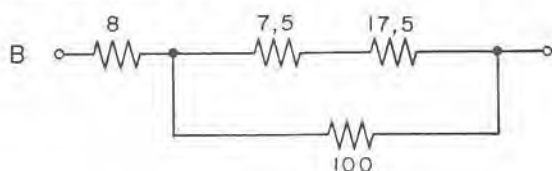


Fig. 10-B - Les deux résistances en parallèle (20 et 12 ohms) sont remplacées par la résistance équivalente de 7,5 ohms.

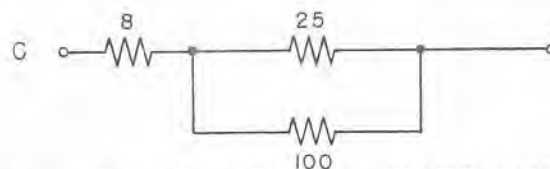


Fig. 10-C - Les deux résistances en série (7,5 et 17,5 ohms) sont remplacées par la résistance équivalente de 20 ohms.



Fig. 10-D Les deux résistances de 25 et 100 ohms en parallèle sont remplacées par la résistance équivalente de 20 ohms.

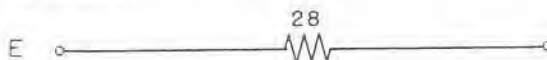


Fig. 10-E - Enfin, en ajoutant 8 et 20 ohms, nous trouvons que 28 ohms est la résistance équivalente du circuit complet de la figure 10-A.

Il est évident que le courant circulant dans les autres dérivations aura des intensités plus grandes.

Exemple: Trois résistances, R_1 de 15 ohms, R_2 de 20 et R_3 de 30 ohms sont reliées en parallèle (figure 9), trouver la résistance équivalente:

Prenons la valeur de 100 volts pour la tension fictive, on a:

$$I_1 = \frac{\text{Tension fictive}}{R_1} = \frac{100}{15} = 6,67 \text{ ampères}$$

$$I_2 = \frac{\text{Tension fictive}}{R_2} = \frac{100}{20} = 5 \text{ ampères}$$

$$I_3 = \frac{\text{Tension fictive}}{R_3} = \frac{100}{30} = 3,33 \text{ ampères}$$

$$I_{\text{Totale}} = 6,67 + 5 + 3,33 = 15 \text{ ampères}$$

$$R_e = \frac{\text{Tension fictive}}{I_{\text{Totale}}} = \frac{100}{15} = 6,67 \text{ ohms}$$

Si l'on n'utilise pas la règle à calculer on peut, dans cette méthode, choisir une tension fictive numériquement égale à la valeur ohmique de la plus forte résistance.

Dans l'exemple précédent, si nous choisissons une tension fictive d'une valeur de 30 V (égale à 30 ohms, valeur de la plus grande résistance), on sait que l'intensité du courant passant dans R_1 sera de 1 ampère et que celle passant dans les deux autres branches sera plus élevée.

Le problème pourra être résolu en utilisant cette tension fictive et le résultat sera comparé avec la valeur de R_e précédemment trouvée.

ANALYSE d'un CIRCUIT EN PARALLELE

Le fait d'ajouter ou d'enlever un composant à un circuit en parallèle provoque une variation de l'intensité du courant total, *mais non pas du potentiel appliqué.*

L'unique limite au nombre des dérivations est constituée par l'intensité maximum que peut supporter la

ligne et par la charge maximum pouvant être mise sur la source de courant.

Les circuits en parallèle sont particulièrement bien adaptés aux systèmes de distribution de l'énergie électrique, car ils ne présentent pas les inconvénients caractéristiques des circuits en série.

Si le réseau de distribution électrique était du type en série, tous les appareils électriques devraient être allumés ou éteints en même temps, tandis que dans un circuit en parallèle, n'importe quel appareil peut être relié à la ligne, ou mis hors du circuit, sans influencer sur le fonctionnement des autres.

En outre, s'ils étaient branchés en série, tous les appareils devraient fonctionner sous la même intensité, tandis qu'avec le branchement en parallèle, on peut alimenter un amplificateur consommant 1 ampère, en même temps qu'un petit récepteur n'absorbant que 0,25 ampère. **Mis gratuitement en ligne par Alain et André.**

Si un des appareils brûle, et que par conséquent son circuit reste ouvert, les autres dispositifs reliés à la même source continueront à fonctionner normalement.

Pour finir, même un court-circuit dans un des appareils ne pourrait mettre en péril les autres appareils branchés sur la même ligne, bien que leur fonctionnement puisse s'en trouver perturbé ou même complètement interrompu par suite de la surcharge imposée à la ligne d'alimentation. Celle-ci est normalement protégée contre une telle éventualité par des dispositifs de sécurité appelés « fusibles » qui fondent, interrompant ainsi le circuit, lorsque l'intensité du courant est supérieure à celle prévue pour un fonctionnement normal.

Puissance dissipée dans un circuit en parallèle

Comme dans un circuit en série, l'équation de la puissance dissipée dans un circuit en parallèle peut être dérivée de la loi d'Ohm.

La puissance dissipée dans un circuit est égale à

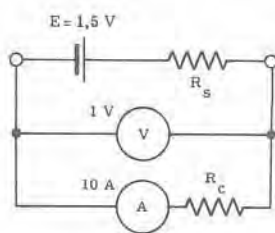


Fig. 11-A - La source de force électromotrice (E) qui alimente un circuit, présente une certaine résistance dont nous devons tenir compte: analysons ses effets. Elle est indiquée par R_s . A circuit ouvert le voltmètre V indiquera 1,5 volt.

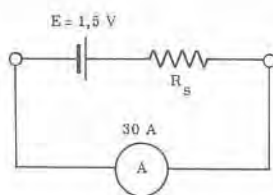


Fig. 11-B - En fermant le circuit sur un ampèremètre A, ayant une lecture de 30 ampères par exemple, nous aurons une valeur de R_s selon la loi d'Ohm, $E : I$ c'est-à-dire $1,5 : 0,15$ donc de 0,05 ohm.

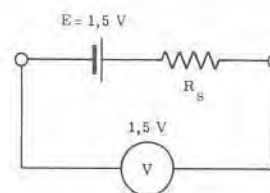


Fig. 11-C - Insérons une charge, R_c , de 0,1 ohm; le courant prend la valeur de $(E : R_c + R_s)$, ou bien $1,5 : 0,15$ 10 A et la tension à la charge résulte $(E = I \times R)$ $10 \times 0,1 = 1$ V. La tension sur R_s sera $10 \times 0,05 = 0,5$ V. L'effet de la résistance intérieure est donc de diminuer la tension de la batterie de 1,5 à 1 volt lorsque celle-ci fournit 10 A à la charge.

la somme des puissances dissipées dans les diverses branches, comme suit:

$$P_{\text{Totale}} = P_1 + P_2 + P_3$$

Si nous connaissons la tension d'alimentation et l'intensité totale du courant (de ligne), on peut employer l'équation suivante:

$$P_{\text{Totale}} = E_T I_T$$

Si l'on connaît le courant de ligne et la résistance équivalente, l'équation est:

$$P_{\text{Totale}} = I_T^2 \times R_e$$

Si l'on connaît la tension d'alimentation et la résistance équivalente, on a:

$$P_{\text{Totale}} = \frac{E_T^2}{R_e}$$

COMPARAISON ENTRE CIRCUITS EN SERIE ET CIRCUITS EN PARALLELE

	CIRCUIT	
	Série	Parallèle
Courant	$I_t = I_1 = I_2 = I_3 = \dots$	$I_t = I_1 + I_2 + I_3 + \dots$
Tension	$E_t = E_1 + E_2 + E_3 + \dots$	$E_t = E_1 = E_2 = E_3 = \dots$
Résistance	$R = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$	$R_e = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots}$

TABLEAU 36

Le tableau, ci-contre, résume les rapports entre les tensions, les intensités et les résistances dans les deux types de circuits.

Il convient de garder ces rapports présents à l'esprit pour éviter toutes difficultés lors de l'étude des circuits plus complexes que nous aborderons bientôt.

CIRCUITS EN SERIE-PARALLELE

Ce type de circuit n'est qu'une combinaison des deux types dont nous venons de parler ci-dessus et, pour résoudre les problèmes les concernant, il nous faudra, logiquement, mettre en pratique les principes exposés plus haut. Mis gratuitement en ligne par Alain et André.

Rappelons qu'un nombre quelconque de résistances placées en série peut être remplacé par une résistance unique dont la valeur est égale à la somme des valeurs de toutes les autres et qu'un nombre quelconque de résistances en parallèle peut être remplacé par une résistance unique dont la valeur est égale à l'inverse de la somme des inverses des résistances.

Déterminons, par exemple, la résistance équivalente du circuit de la figure 10 A.

En pratique, le circuit mixte série-parallèle, est le

type qu'on rencontre le plus fréquemment dans les montages électroniques; pour le résoudre facilement, il est nécessaire de le simplifier.

Dans la prochaine leçon théorique, nous nous occuperons d'une manière plus détaillée, des circuits série-parallèle qui, en effet, ne peuvent plus être appelés des circuits simples, mais, au contraire, font partie des circuits complexes.

EFFETS DE LA RESISTANCE DE LA SOURCE

En considérant un circuit, qu'il soit du type série, parallèle, ou mixte, il est important de tenir compte du fait que la source de force électromotrice qu'il alimente présente toujours une certaine résistance. Dans les figures 11 A, B et C, nous avons un exemple avec des données, qui illustre les effets causés par la résistance intérieure de la source.

Leçon n° 17

LES APPAREILS DE MESURE

Le rôle d'un radiotechnicien est d'étudier, de concevoir des récepteurs, des émetteurs, etc..., de mettre en service des appareils nouveaux, d'en assurer l'entretien afin qu'ils soient toujours en parfait état de fonctionnement et de les réparer lorsqu'ils tombent en panne.

De nombreux instruments de mesure ont été créés pour l'aider efficacement dans ces diverses activités (figure 1).

Pour essayer et mettre en service un dispositif électronique, pour en contrôler le bon fonctionnement, le technicien utilise des appareils spéciaux qui sont: les générateurs de signaux, les voltmètres, fréquencemètres, outputmètres, etc... que nous apprendrons peu à peu à connaître.

Par contre, pour dépanner rapidement, on utilise plus spécialement les multimètres ou appareils de mesure multiples, les voltmètres électroniques ou voltmètres à lampes, les « signal tracers » (appareils permettant de mettre en évidence un signal et de le suivre tout le long des divers circuits), les lampemètres (servant à essayer les lampes et à mesurer leurs caractéristiques) et autres dispositifs qui tous aident considérablement à localiser rapidement les pannes.

Etant donné que le technicien doit comprendre parfaitement le fonctionnement et l'utilisation de ces appareils, nous étudierons tout d'abord, dans ces premières leçons du Cours les instruments de mesure ou instruments indicateurs, qui comptent parmi les éléments les plus importants — sinon nettement plus importants — de nombreux appareils de mesure.

Ce qui va suivre sera donc un exposé du fonctionnement des différents types d'instruments « à aiguille », employés couramment dans les appareils de mesure proprement dits: ceux-ci feront, par la suite, l'objet de descriptions détaillées qui permettront aux lecteurs de construire eux-mêmes un certain nombre de ces appareils, dont l'emploi est le plus fréquent.

PRINCIPES de FONCTIONNEMENT des INSTRUMENTS de MESURE

On utilise ces instruments pour mesurer des quantités électriques: certains mesurent la tension, d'autres l'intensité, d'autre encore la résistance et d'autres enfin, peuvent effectuer toutes ces mesures. D'autres instruments mesurent la puissance, la capacité, l'inductance et autres entités électriques.

Quelle que soit la quantité électrique que l'instrument doit mesurer, son principe de fonctionnement est basé sur l'intensité du courant qui le traverse (sauf quelques rares exceptions).

Instruments pour la mesure des intensités

Etant donné que les instruments de mesure ne peuvent indiquer une lecture que s'ils sont traversés par un courant, il pourrait sembler de prime abord, qu'ils ne soient utiles qu'à la mesure des intensités. Mais ceci est inexact, car le circuit d'un instrument peut être prévu et étalonné, pour mesurer presque toutes les unités électriques fondamentales.

Par exemple, un instrument peut être employé pour mesurer des tensions si même la déviation de son aiguille est uniquement provoquée par l'intensité du courant qui le traverse et ceci est rendu possible par le fait que, ainsi que nous le savons, l'intensité varie en fonction de la tension appliquée aux bornes du circuit (loi d'Ohm); le cadran de cet instrument pourra donc être étalonné en volts au lieu de l'être en ampères.

D'autre part, puisque la valeur de la résistance d'un circuit influe directement sur l'intensité du courant qui le traverse, on pourra donc — si on le désire — étalonner le cadran en unités de résistance au lieu d'intensité ou de tension.

Effets du passage d'un courant

Le passage d'un courant dans un conducteur donne naissance à deux phénomènes principaux, l'effet électromagnétique et l'effet thermique; tous deux sont mis à profit pour réaliser des instruments de mesure.

1) Nos lecteurs savent déjà que, lorsqu'un courant passe dans une bobine il se produit à l'intérieur et autour de la bobine, un *champ magnétique* directement ainsi, un électro-aimant); la force de ce champ magnétique indique la valeur de l'intensité du courant circulant dans la bobine elle-même.

Trois types principaux d'instruments de mesure sont basés sur l'électromagnétisme: les instruments à fer

2) Quand un courant passe dans un conducteur, il est proportionnel à l'intensité du courant (on réalise, se produit un autre phénomène, dont nous avons déjà dit qu'il peut être employé de différentes façons pour mobile, les instruments à cadre mobile et les dynamomètres.

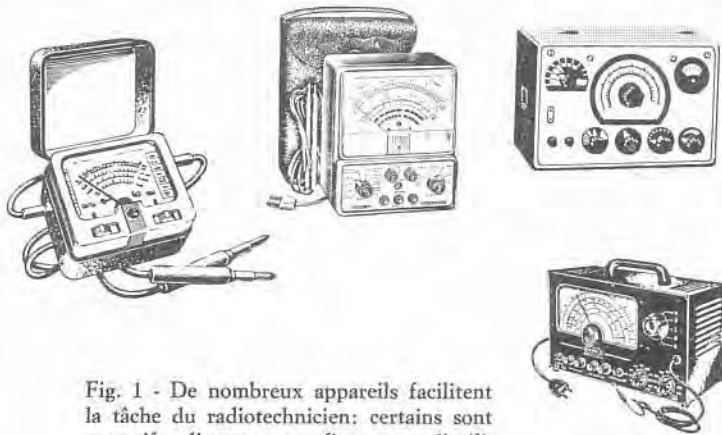


Fig. 1 - De nombreux appareils facilitent la tâche du radiotechnicien: certains sont portatifs, d'autres sont fixes pour l'utilisation au laboratoire ou à l'atelier. Le degré de précision de ces appareils varie selon qu'ils doivent être employés pour le projet ou pour le dépannage.

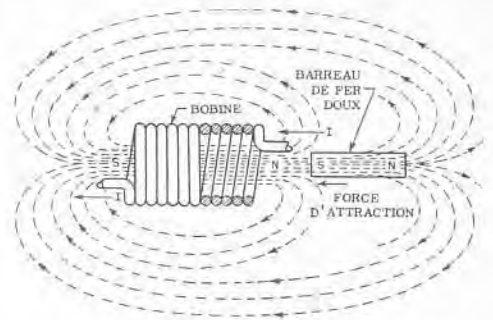


Fig. 2 - Si un barreau de fer doux est placé près d'un électro-aimant (bobine parcourue par un courant électrique), il s'aimante à son tour et est attiré (par l'attraction des pôles opposés) à l'intérieur de la bobine.

jà parlé: il provoque un échauffement dont l'importance est directement proportionnelle à l'intensité du courant lui-même; il s'ensuit que la quantité de chaleur ainsi dégagée peut servir à mesurer l'intensité du courant.

Les instruments basés sur ce principe sont appelés « instruments thermiques » et dont les deux principaux types sont: les ampèremètres à fil chaud et les instruments à thermocouple.

INSTRUMENTS de MESURE ELECTROMAGNETIQUES

Instruments à fer mobile

Nous savons que si un barreau de fer doux est placé à proximité d'un électro-aimant, il s'aimante lui-même (figure 2). Ses molécules s'alignent et les lignes de force s'orientent dans la même direction que celles issues de l'électro-aimant.

Etant donné que les lignes de force se comportent, en un certain sens, comme si elles étaient formées de fils élastiques fortement tendus, elles tendent à se raccourcir et, de ce fait, le barreau de fer doux est attiré vers l'électro-aimant et — dans le cas où la bobine est fixe et le barreau mobile — celui-ci est attiré à l'intérieur de la bobine.

Si le courant traversant la bobine change de sens, les molécules du fer changent également d'aimantation; les lignes de force du barreau s'alignent à nouveau sur celles issues de la bobine et l'on constate encore la même force d'attraction.

On déduit de ce qui précède que le barreau de fer est attiré par la bobine aussi bien lorsqu'elle est parcourue par du courant continu que par un courant qui change de sens, même avec une fréquence assez élevée; ce dernier type de courant, que nous apprendrons bientôt à connaître, s'appelle *courant alternatif*. Le fer doux est employé uniquement en raison du fait que son aimantation cesse dès que le courant ne passe plus dans l'électro-aimant.

Il existe deux types d'instruments à fer mobile: le type à piston et le type à répulsion avec palette mobile.

Type à piston

Le barreau mobile en fer doux, auquel est fixée une aiguille, est placé de telle sorte qu'il se trouve partiellement engagé dans une bobine fixe (figure 3); l'ensemble formé par le barreau et l'aiguille est rendu solidaire d'un axe *A*.

Comme nous l'avons dit plus haut, quand un courant passe dans la bobine, il produit un champ magnétique grâce auquel le barreau de fer doux s'aimante et subit une force d'attraction qui l'attire à l'intérieur de la bobine. Un tel mouvement provoque le déplacement de l'aiguille dont l'ampleur est directement proportionnelle à l'intensité du champ magnétique. La grandeur du champ magnétique est, à son tour, en relation avec l'intensité du courant traversant la bobine.

Le type à piston, on dit aussi à noyau plongeur, était un des instruments employés aux débuts de la radio pour mesurer les intensités; il est actuellement remplacé par d'autres systèmes donnant une plus grande précision.

Type à répulsion à palette mobile

Ce modèle, comme le précédent, est basé sur le phénomène d'aimantation d'un barreau de fer doux par un électro-aimant.

La différence, avec le type étudié ci-dessus, consiste dans le fait que l'on emploie deux barreaux au lieu d'un et qu'ils sont placés, tous les deux, à l'intérieur de la bobine. Quand celle-ci est parcourue par un courant, les deux barreaux sont aimantés avec la même polarité (figure 4) et, puisque deux pôles analogues se repoussent, ils tendent à s'écarter l'un de l'autre. Si le courant change de sens, la polarité magnétique des barreaux change également et la force provoquant leur répulsion continue à se manifester avec la même intensité. Mis gratuitement en ligne par Alain et André.

Si l'un des deux barreaux est fixe, tandis que l'autre est mobile, on peut relier mécaniquement une aiguille à ce dernier de telle sorte que la force de répulsion, en le faisant mouvoir, donne directement la mesure de l'intensité du courant.

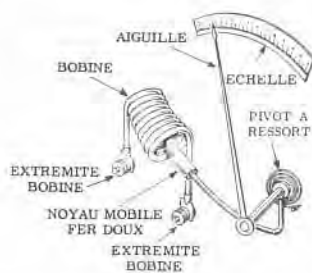


Fig. 3 - En faisant passer un courant dans la bobine, le noyau de fer doux est attiré et l'aiguille se déplace, sur l'échelle graduée d'une quantité proportionnelle à l'intensité du courant.

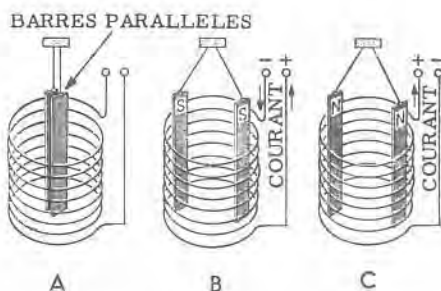


Fig. 4 - Les deux palettes de fer doux, placées à l'intérieur de la bobine (A), s'éloignent l'une de l'autre quand passe le courant (B), même si le sens de celui-ci s'inverse (C).

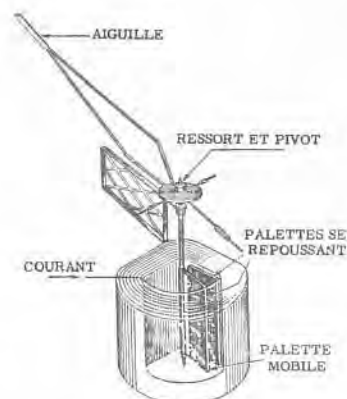


Fig. 5 - Dans ce modèle d'instrument, une palette est fixe; celle qui est mobile est pourvue d'une aiguille. Le modèle est dit à palettes radiales.

Il existe deux modèles d'instruments basés sur le principe de la répulsion: le type à palettes radiales et celui à palettes concentriques.

Dans le premier modèle, deux palettes rectangulaires sont placées à l'intérieur de la bobine (figure 5), l'une d'elles est fixe, tandis que l'autre, solidaire d'une aiguille, est mobile et peut tourner librement autour d'un axe. Quand un courant passe dans la bobine, les deux palettes s'aimantent et se repoussent mutuellement, de sorte que celle qui est mobile s'éloigne de celle qui est fixe, provoquant, ainsi, le déplacement de l'aiguille laquelle, à son tour, indique, sur une échelle graduée, l'intensité du courant passant dans la bobine.

Le deuxième type fonctionne sur le même principe et est appelé «concentrique» parce que les palettes semi-circulaires sont placées à l'intérieur l'une de l'autre (figure 6). L'une d'elles est également fixe, tandis que l'autre, portant une aiguille, peut tourner librement sur son axe.

Bien que ces deux instruments — dits à répulsion — soient aptes à mesurer aussi bien les courants continus que les courants alternatifs, ils sont principalement utilisés uniquement pour la mesure des courants alternatifs de basse fréquence (fréquence industrielle du réseau de distribution électrique égale, presque toujours, à 50 périodes par seconde).

Instruments à cadre mobile

La plupart des instruments employés par les techniciens sont du type «à cadre (ou bobine) mobile».

Ils sont constitués par un enroulement de fil très fin enroulé, dans certains cas, sur un petit cadre en aluminium, placé dans le champ magnétique produit par un aimant permanent (figure 7). La bobine est supportée par deux pivots fixés sur les côtés opposés du cadre, de telle sorte qu'elle puisse tourner librement, tandis que deux ressorts en spirale contrôlent l'angle de déviation de l'aiguille.

Quand la bobine du cadre est parcourue par un courant, elle donne naissance à un champ magnétique dont la polarité est telle qu'elle exerce une force de répul-

sion sur les pôles de l'aimant permanent voisin. La bobine tourne donc sur ses pivots et l'aiguille, qui lui est solidaire, dévie d'un angle proportionnel à l'intensité du courant.

La sensibilité de ce type d'instrument peut être rendue très grande, au point tel qu'un courant d'une fraction de microampère peut provoquer, déjà, un déplacement de l'aiguille sur l'échelle graduée.

Si la position de repos de l'aiguille, et le point correspondant au zéro, sont placés au centre de l'échelle, l'instrument peut être utilisé pour effectuer des mesures très précises de résistances et autres valeurs électriques, dans des appareils spéciaux appelés *ponts de mesure*.

L'instrument peut être également modifié pour faire diverses mesures en courant continu et, en le connectant à un dispositif appelé «redresseur», il peut être employé pour la mesure des courants alternatifs dont nous nous occuperons bientôt, ainsi que nous l'avons déjà annoncé.

Cet instrument à cadre mobile, grâce à sa sensibilité et à sa précision, et ses possibilités d'utilisation pour la mesure des tensions et des intensités des courants continus, des tensions et des intensités des courants alternatifs, ainsi que des résistances est toujours employé dans les réalisations des divers modèles de *multimètres* («tester»), qui ne sont d'ailleurs que la combinaison, dans un même boîtier, de mesureurs de tensions, d'intensités et de résistances.

Enfin, les instruments à cadre mobile sont également utilisés dans les voltmètres électroniques, également appelés voltmètres à lampe, et l'on peut affirmer, sans aucun doute, que ceux-ci sont les instruments les plus importants de la technique radioélectrique et des activités connexes. Mis gratuitement en ligne par Alain et André.

Le dynamomètre

Le dynamomètre ou *wattmètre* est construit sur le principe de la répulsion magnétique se produisant entre deux ou plusieurs champs magnétiques (figure 8).

Lorsqu'ils ne comportent que deux bobines, l'une

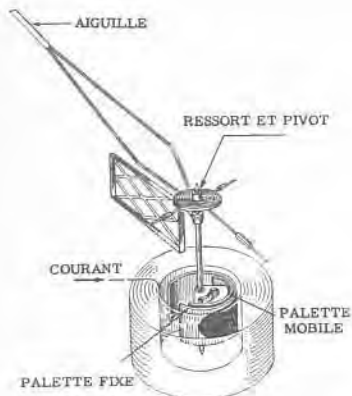


Fig. 6 - Ici, on a des palettes concentriques. L'une d'entre elles est fixe; l'autre portant l'aiguille est mobile.

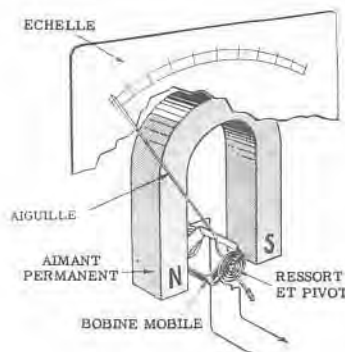


Fig. 7 - Instrument à « bobine mobile » ou « cadre mobile ». C'est le type le plus utilisé dans la technique radio.

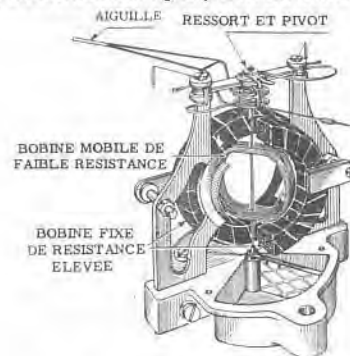


Fig. 8 - Dynamomètre; il est constitué par deux bobines, l'une fixe et l'autre mobile. Il est appelé aussi wattmètre et est basé sur le principe de la répulsion magnétique se produisant entre deux champs magnétiques.

d'entre elles est fixe, tandis que l'autre, solidaire d'une aiguille, peut tourner librement sur ses pivots. Le courant passe dans les deux bobines en produisant deux champs magnétiques et la bobine mobile se trouve alors repoussée par les pôles de même signe de la bobine fixe: elle tourne sur son axe, entraînant l'aiguille indicatrice qui se déplace le long d'une échelle étalonnée.

Cet instrument peut mesurer les tensions, les intensités et les puissances aussi bien en courant alternatif qu'en courant continu et ils sont communément employés comme wattmètres (mesure des puissances en watts).

Pour ce dernier usage, le dynamomètre comporte deux bobines fixes composées d'un grand nombre de spires de fil très fin, ayant une grande résistance, reliées en parallèle sur la source de tension alimentant le circuit à mesurer; une troisième bobine, celle-là mobile et de faible résistance, est branchée en série avec cette tension, de sorte qu'elle est parcourue par le courant passant dans le circuit.

La bobine mobile tourne sur son axe et l'aiguille qui lui est solidaire dévie proportionnellement à l'intensité résultant de la combinaison des deux champs magnétiques. De ce fait, le déplacement angulaire est proportionnel tant à la tension qu'à l'intensité du courant passant dans le circuit et, puisque la puissance dissipée est fonction de ces deux valeurs, l'échelle de l'instrument peut être graduée directement en watts, c'est-à-dire en unités de puissance.

INSTRUMENTS de MESURE THERMIQUES

Ampèremètres à fil chaud

La chaleur produite par le passage du courant dans un conducteur provoque sa dilatation; dans un ampèremètre thermique, la dilatation (ou élongation) de ce conducteur détermine le déplacement d'une aiguille (par un dispositif mécanique adéquat) le long d'une échelle graduée, indiquant, ainsi, la valeur de l'intensité passant dans le fil.

L'instrument est branché en série avec la charge par ses bornes *A* et *B* (voir figure 9) auxquelles est relié le fil chauffant n° 1.

Le fil n° 2 est fixé au milieu du premier et sa tension mécanique est contrôlée par un ressort placé à son autre extrémité. Ce fil n° 2 passe sur une petite poulie fixée à une aiguille indicatrice.

Quand le courant passe dans le fil n° 1, celui-ci s'échauffe proportionnellement à l'intensité du courant: plus l'intensité est élevée, plus important est l'échauffement et, en conséquence, l'élongation du fil. Dès que le fil n° 1 se dilate, il est tiré par le ressort fixé au fil n° 2, celui-ci se déplace et, par frottement sur la poulie, fait dévier l'aiguille.

Le zéro de l'aiguille est réglé, en l'absence de courant, au moyen de la vis de réglage de la tension mécanique du fil n° 1.

Instrument à thermo-couple

Lorsqu'un conducteur est traversé par un courant il se produit une certaine quantité de chaleur laquelle, pour un conducteur donné, ne dépend que de l'intensité du courant et est indépendante du type de courant, continu ou alternatif, et — dans ce dernier cas — de la fréquence (haute ou basse). On en déduit que l'effet thermique peut être utilisé pour mesurer tous les courants, quelle que soit leur forme ou leur fréquence.

Les instruments à thermo-couples servent, normalement, aux mesures des courants à Haute Fréquence, particulièrement dans les émetteurs où ils contrôlent le courant d'antenne et la puissance émise.

Les thermo-couples généralement utilisés dans la construction de ces instruments sont constitués par du constantan et du platine, ou un de ses alliages.

L'instrument de mesure à thermo-couple est placé en série dans le circuit à contrôler de telle sorte que le courant passe dans le fil *A* (voir figure 10) lequel est en contact thermique avec le point de soudure des deux éléments du thermo-couple proprement dit.

Celui-ci nous l'avons déjà vu, est formé de deux métaux différents et possède la propriété de donner nais-

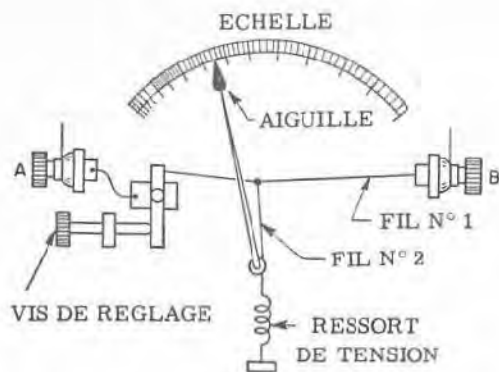


Fig. 9 - Instrument de mesure par effet thermique, appelé également « à fil chaud ». Le fil n° 1 se dilate, il est tiré par le fil n° 2, sous l'action du ressort et ce fil fait tourner l'aiguille proportionnellement à la dilatation; c'est-à-dire à l'intensité du courant passant entre A et B.

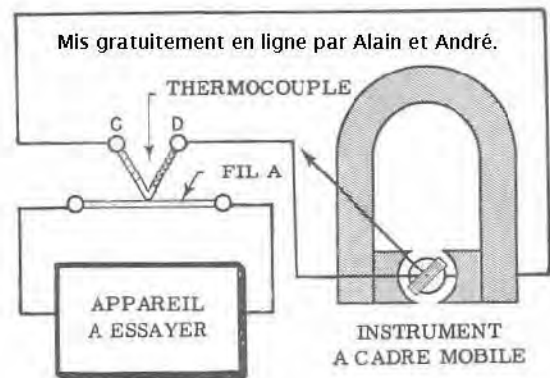


Fig. 10 - Instrument de mesure à « thermocouple ». Le courant à mesurer passe dans le fil A, le chauffe et chauffe également le couple bi-métallique. Aux bornes de ce dernier (entre C et D), prend naissance une tension continue qui est lue sur l'instrument à cadre mobile.

sance à une force électromotrice quand on chauffe le point de soudure des deux éléments (voir leçon 14, page 110).

Le courant échauffe le fil A et la chaleur ainsi produite est transmise au thermo-couple qui, à son tour, donne naissance, aux bornes C et D, à une faible tension continue proportionnelle à la quantité de chaleur dissipée dans le fil A.

Dans les limites des caractéristiques du thermo-couple, plus forte est l'intensité du courant passant dans le circuit, plus grande sera la tension produite.

Dans le but de rendre l'appareil autant que possible insensible aux variations de la température ambiante — et d'obtenir, ainsi, des mesures exactes — les extrémités libres du thermo-couple sont fixées au centre de deux plaquettes de cuivre; les extrémités de ces deux plaquettes sont très près de l'élément chauffant, mais elles en sont isolées électriquement au moyen d'une mince feuille de mica. L'ensemble est donc à la même température (la température ambiante) et, quelle que soit celle-ci, aucune différence de potentiel n'apparaît entre les bornes C et D.

Dès que le courant passe dans le fil A, la température en son centre augmente rapidement ce qui a pour effet de chauffer le point de soudure des deux éléments du thermo-couple, tandis que les extrémités restent froides; le thermo-couple devient alors la source d'une force électro-motrice que l'on mesure à l'aide de l'instrument à bobine mobile connecté à ses bornes. Un tel appareil est dit « à compensation thermique ».

Il convient de rappeler que le courant servant à chauffer le fil A peut être continu ou alternatif (puisque l'effet thermique est fonction de l'intensité et non de la nature du courant), et que, quel que soit ce courant, le thermo-couple fournit toujours une tension continue à ses bornes C et D.

L'instrument de mesure à thermo-couple combine donc les deux effets analysés au début de ce chapitre: l'effet thermique (thermo-couple) et l'effet électro-magnétique (instrument de mesure à cadre mobile). C'est un instrument universel, en ce sens que l'étalonnage (qui peut se faire facilement en courant continu) reste

exact pour des courants ayant des fréquences très élevées (Haute Fréquence).

CONSIDERATIONS GENERALES

Bien que, d'une manière générale, tous les instruments décrits ci-dessus puissent être utilisés pour des mesures en courant continu ou en courant alternatif — en modifiant leurs circuits et en étalonnant convenablement leurs échelles de lecteurs — certains ont des applications bien précises.

Le type à répulsion ou « à palette mobile » est généralement employé pour la mesure des courants alternatifs industriels (réseau de distribution électrique), tandis que le type à thermo-couple est pratiquement réservé aux mesures en Haute Fréquence. Les instruments à bobine mobile, par contre, peuvent être utilisés pour tous les types de mesures.

La description détaillée qui sera faite ci-dessous, de chacun d'entre eux, fera apparaître leurs avantages et leurs inconvénients.

Voici quelques généralités concernant les caractéristiques des instruments de mesure:

1) *Précision.* Certains instruments sont, par leur même nature, plus précis que d'autres.

2) *Influence sur les conditions de fonctionnement du circuit.* Certains instruments de mesure, lorsqu'on les branche à un circuit pour faire une mesure, en perturbent le fonctionnement; les variations provoquées par l'instrument font que les mesures, elles-mêmes, ne sont pas rigoureusement exactes. D'autres instruments, par contre, n'ont aucun effet appréciable sur le fonctionnement du circuit et, de ce fait, ils permettent de faire des mesures plus précises.

3) *Divers types d'échelles.* Dans certains instruments les échelles de lecture sont linéaires, (ce qui signifie que les graduations sont à intervalles réguliers), tandis que d'autres ont une échelle non linéaire.

En se basant sur ces diverses particularités, le technicien peut choisir le type d'instrument le mieux adapté aux mesures à faire; en cas de besoin, il pourra également modifier celui dont il dispose pour l'utiliser dans les meilleures conditions.

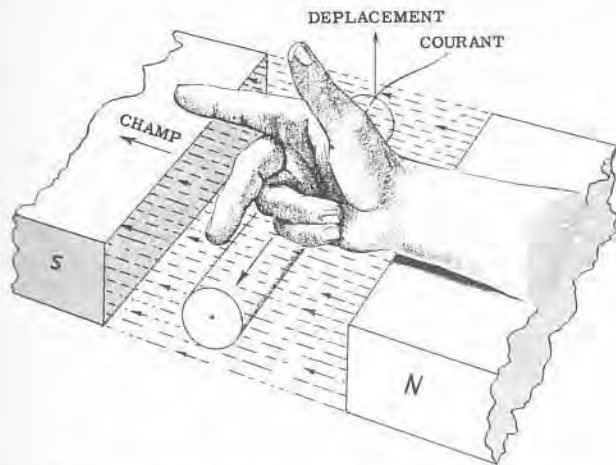


Fig. 11 - Pour déterminer la direction du mouvement d'un conducteur parcouru par un courant et immergé dans un champ magnétique, il est très utile de recourir à la règle de la « main droite ».

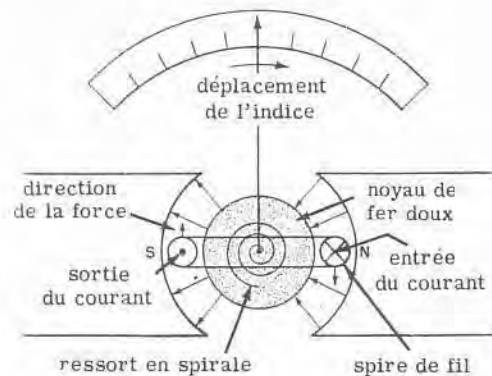


Fig. 12 - Définition du sens de déplacement de l'indice d'un instrument à bobine mobile, en fonction de la direction d'entrée du courant dans la spire conductrice.

INSTRUMENTS de MESURE pour COURANT CONTINU

Un conducteur parcouru par un courant et immergé dans un champ magnétique se déplace selon une direction déterminée (figure 11). Un indice peut fournir une indication du déplacement (figure 12). Exploitant ce phénomène, on aboutit à l'instrument classique à cadre mobile (figure 13).

L'instrument employé le plus couramment en radio est du type à cadre mobile, préféré à tous les autres pour sa précision, pour sa stabilité et pour la linéarité de ses échelles. En 1882, A. d'Arsonval, adoptant le principe de la bobine mobile, développa un modèle de galvanomètre pouvant mesurer des courants très faibles. Six ans après, E. Weston lui apporta de nombreux perfectionnements ayant pour but de le rendre d'un emploi plus pratique; toutefois, le principe de base reste celui de d'Arsonval.

Construction

L'instrument à cadre mobile comporte un aimant permanent en fer à cheval, avec des expansions polaires en fer doux fixées à ses extrémités (figure 14).

L'aimant permanent produit, entre les expansions polaires, un champ magnétique non uniforme ne pouvant convenir au bon fonctionnement de l'instrument. Pour y remédier, on place entre les pôles une pièce cylindrique en fer doux dont le rôle est de rendre uniforme le champ dans l'espace compris entre les deux expansions et de contribuer à conserver l'aimantation de l'aimant en concentrant l'énergie magnétique.

La bobine mobile est constituée par quelques tours de fil très fin enroulés sur un cadre rectangulaire en aluminium (figure 15). Cette bobine, qui doit être très légère et extrêmement mobile ne peut comporter qu'un petit nombre de tours de fil de très petit diamètre permettant seulement le passage de courants de très faible intensité (variable, d'ailleurs, suivant le modèle). Toutefois, étant donné la grande sensibilité de l'instrument, cette faible intensité suffit à faire déplacer l'aiguille sur toute la longueur de l'échelle graduée.

Le cadre mobile est placé dans l'entrefer présent

entre les pôles de l'aimant permanent et le noyau cylindrique en fer doux.

Aux points du cadre où sont fixés les ressorts spiraux sont prévus deux pivots en acier trempé qui se logent dans des crapaudines de saphir de telle sorte que le cadre puisse tourner avec un minimum de frottement (figure 16).

L'aiguille est fixée mécaniquement à la bobine mobile et suit ses déplacements; pour contrebalancer le poids de l'aiguille sur les pivots, on utilise deux petits contrepoids.

Les extrémités de la bobine sont reliées chacune à un ressort spiral placé de chaque côté du cadre. Ces ressorts servent de liaison avec le circuit extérieur d'où provient le courant devant être envoyé dans la bobine.

Une vis, placée sur la partie supérieure de l'équipage mobile, permet de régler la position de repos de l'aiguille qui doit correspondre au point zéro de l'échelle graduée (en l'absence de courant) (figure 17).

Fonctionnement

L'instrument de mesure à bobine mobile nécessite pour son fonctionnement trois éléments fondamentaux:

Élément moteur - Ainsi que nous le savons, l'aiguille doit indiquer la valeur du courant traversant l'instrument. Ceci s'obtient grâce à l'élément moteur constitué par la bobine mobile et l'aimant permanent.

Quand un courant continu passe dans la bobine, dans le sens indiqué, il produit un champ magnétique et la bobine est repoussée par l'aimant permanent. Ainsi, l'aiguille, qui suit le mouvement de la bobine, donne une indication (sur l'échelle graduée) qui est fonction de la quantité de courant passant dans l'enroulement. Plus grande est l'intensité du courant, plus fort est le champ magnétique et, en conséquence, plus importante sera la répulsion et la déviation de l'ensemble formé par la bobine et l'aiguille.

Si le courant traverse la bobine dans le sens opposé à celui qui est normalement prévu, il produit un champ magnétique opposé au précédent et la bobine tourne dans l'autre sens. En conséquence, l'aiguille dévie en

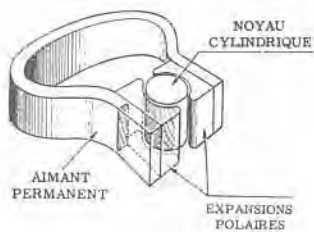


Fig. 13 - L'instrument classique à cadre mobile comporte un aimant permanent en fer à cheval avec des expansions polaires en fer doux: entre celles-ci est placé un noyau qui concentre et uniformise le flux.

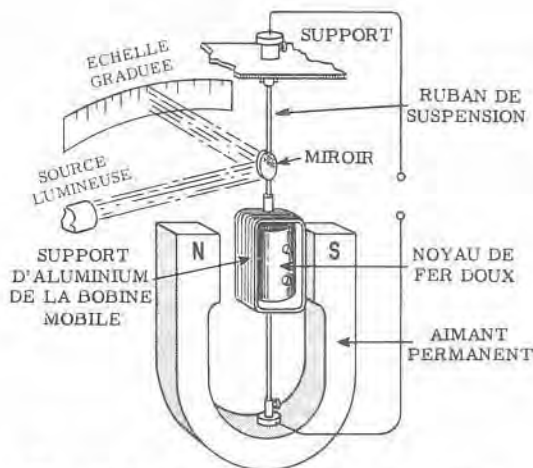


Fig. 14 - Aspect de la structure du galvanomètre typique de d'Arsonval. Le ruban métallique de suspension de la bobine mobile est en bronze phosphoreux.

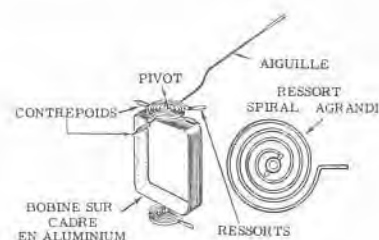


Fig. 15 - La bobine mobile comprend un certain nombre de spires de fil enroulées sur un cadre en aluminium qui peut tourner sur deux pivots. Deux ressorts spiraux freinent le mouvement et provoquent le retour de l'aiguille à sa position de repos quand le courant est interrompu.

sens contraire et vient heurter la butée d'arrêt placée à gauche du cadran au lieu de dévier vers l'échelle graduée.

Il est donc évident que le courant à mesurer doit être appliqué à l'instrument avec une polarité correcte, de telle sorte que la bobine fasse tourner l'aiguille vers la droite, jusque vers l'extrémité de l'échelle qu'elle ne peut dépasser en raison de la présence d'une deuxième butée.

Élément de contrôle - L'aiguille doit indiquer avec précision l'intensité du courant traversant la bobine et revenir au zéro dès que le courant cesse de passer.

Ce sont les deux ressorts spiraux fixés au cadre mobile qui accomplissent ces fonctions:

- ils règlent l'importance de la déviation de la bobine. Pour cette raison ils doivent être construits avec précision afin que l'instrument permette d'effectuer des mesures correctes et stables.
- ils doivent ramener l'aiguille à sa position de zéro sans retard, dès que le courant ne passe plus.
- ils servent à l'arrivée et au départ du courant dans la bobine.
- ils agissent en sens inverse l'un de l'autre, pour compenser les variations de température.

Quand le courant passe et que la bobine tourne, l'un des ressorts s'enroule, tandis que l'autre se déroule.

Dès que l'instrument est débranché du circuit extérieur, ou que le courant est coupé, les deux ressorts retournent à leur position de repos, ramenant à nouveau l'aiguille à la position zéro. Pour obtenir ce résultat, il ne serait pas nécessaire que les deux spiraux soient enroulés en sens opposé, mais, comme nous l'avons mentionné plus haut, en les montant ainsi, on obtient une compensation des effets provoqués par une variation de la température.

En effet, lorsque la température varie, les ressorts spiraux s'allongent ou se raccourcissent; s'ils sont enroulés en sens contraire, l'un tendra à faire tourner la bobine dans un sens, tandis que l'autre tendra à la faire tourner en sens inverse. Leurs actions s'opposeront et l'aiguille restera dans la position zéro: l'effet thermique sera neutralisé.

Ce système supprime l'obligation de refaire le réglage du zéro à chaque variation de la température ambiante.

Les ressorts spiraux sont généralement construits en bronze phosphoreux antimagnétique et présentent une faible résistance au passage du courant. C'est parce qu'ils sont en métal bon conducteur qu'ils peuvent être utilisés pour relier la bobine mobile au circuit extérieur.

Les instruments à cadre mobile comportent, enfin, une vis de réglage de la position zéro qui agit mécaniquement sur la tension d'un des deux ressorts (figure 17) et permet de faire varier légèrement la position de repos de la bobine, donc de l'aiguille. Si celle-ci n'est pas sur la graduation zéro, en l'absence de courant, on doit agir sur la vis de réglage pour l'y ramener, avant d'entreprendre une mesure.

Système d'amortissement - L'aiguille doit dévier franchement et s'arrêter sur le point de lecture sans osciller de part et d'autre. Ceci est obtenu par un système d'amortissement, différent suivant les types d'instruments.

a) *Amortissement.* L'amortissement a pour but de permettre des lectures rapides et correctes, sans que l'aiguille oscille de part et d'autre du point de lecture, pendant un certain temps, avant de s'immobiliser.

La fonction de l'amortissement est analogue à celle que produirait un frein sur les oscillations de l'aiguille. Dans un instrument à cadre mobile, cet effet est obtenu normalement par l'action produite par le cadre en aluminium sur lequel est enroulé le fil formant la bobine mobile.

Dès que la bobine tourne, sous l'effet du passage du courant, le cadre sur lequel elle est enroulée se comporte également comme une bobine formée par une seule spire fermée; cette spire coupe les lignes de force magnétique de l'aimant permanent et une tension induite prend naissance dans cette spire. De ce fait, le cadre est parcouru par des courants parasites lesquels, à leur tour, créent un champ magnétique opposé à celui de l'aimant permanent. L'effet de freinage qui en résulte ralentit le mouvement de la bobine.

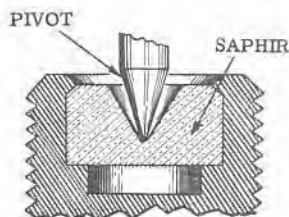


Fig. 16 - Les pivots en acier trempé, reposent sur de petits saphirs pour permettre à la bobine de tourner avec le minimum de frottements.

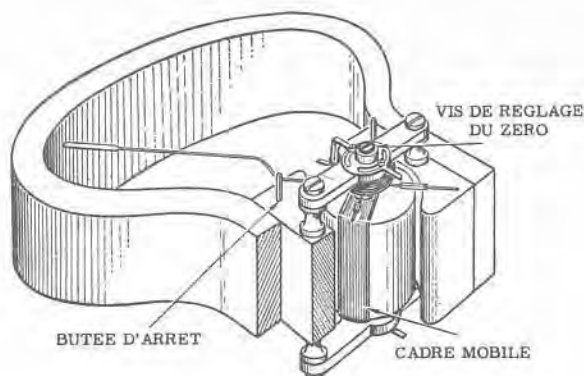


Fig. 17 - Les divers éléments sont ici représentés assemblés; ils forment l'instrument complet. Une vis de réglage de l'aiguille permet de la déplacer légèrement pour la faire coïncider avec le zéro de la graduation; deux butées limitent la course de l'aiguille aux deux extrémités de l'échelle de lecture.

Dès que la bobine s'arrête, la tension induite dans le cadre disparaît, ainsi que les courants parasites; le même phénomène se reproduit, dans le cadre, lorsque la bobine retourne à sa position de repos.

Résumons-nous, les courants parasites induits dans le cadre créent un champ magnétique qui s'oppose à celui de l'aimant permanent et freine l'action des ressorts spiraux, tendant à faire mouvoir l'aiguille — pendant la rotation de l'équipage mobile — dans le sens inverse à celui provoqué par le passage du courant.

b) *Amortissement d'un ampèremètre.* Lorsque l'instrument doit être utilisé comme ampèremètre, on place, en parallèle sur l'équipage mobile, une résistance de faible valeur appelée « shunt ».

Cette résistance étant mise en parallèle sur la bobine mobile, le courant passe dans les deux. Lorsque la bobine tourne, la f.e.m. opposée qui prend naissance, comme nous le savons déjà, s'oppose au courant extérieur et tend à le neutraliser jusqu'à ce que la bobine s'immobilise. Cette force induite diminue graduellement tandis que le courant qui parcourt la bobine augmente jusqu'à atteindre sa valeur normale, au point où la bobine s'immobilise. Le courant passant dans le « shunt » varie instantanément pour compenser les variations du courant dans la bobine.

Quand l'instrument est débranché du circuit extérieur, la bobine revient vers la position de repos, coupant ainsi les lignes de force, ce qui produit une tension induite à ses bornes.

Le « shunt » étant connecté aux bornes de la bobine, un courant passera dans le circuit bobine-shunt, produisant, ainsi, un champ magnétique qui s'oppose à celui de l'aimant permanent, freinant également le mouvement de retour vers le zéro.

CARACTERISTIQUES d'un INSTRUMENT

Résistance interne

La bobine mobile de chaque instrument de mesure a une certaine valeur de résistance ohmique au courant continu qui dépend du nombre des spires, du diamètre du fil employé pour l'enroulement et des dimensions du cadre lui-même.

Plus grand sera le nombre des spires formant la bobine mobile, plus faible sera l'intensité du courant nécessaire pour créer un champ magnétique suffisamment intense pour produire la déviation totale de l'aiguille.

Sensibilité de l'équipage mobile

La sensibilité de l'instrument peut être indiquée de deux façons: 1) *suivant l'intensité du courant* nécessaire pour obtenir la déviation totale, 2) *en ohms par volts*.

L'intensité du courant nécessaire pour une déviation totale dépend du nombre de spires de la bobine, car, ainsi que nous l'avons indiqué, l'intensité du champ magnétique produit est fonction de leur nombre et, en conséquence, l'intensité du courant passant dans la bobine sera plus faible, pour une même déviation de l'aiguille.

La sensibilité d'un instrument à cadre mobile peut varier depuis 0,5 μ A (microampère) jusqu'à 50 mA (milliampère) et, cela est évident, la sensibilité de l'instrument sera d'autant meilleure que l'intensité du courant nécessaire à la déviation totale est plus faible.

La sensibilité en *ohms par volts* se détermine par la valeur de la résistance devant être placée en série avec la bobine mobile de l'instrument pour obtenir la déviation totale quand on applique une tension de 1 volt aux bornes du circuit série formé par la résistance plus la bobine mobile.

La sensibilité de l'instrument, évaluée en ohms par volts, sera d'autant plus grande que la résistance placée en série sera de plus forte valeur.

La *résistance interne* (résistance propre de l'équipage mobile), qui peut être comprise entre une fraction d'ohm et quelques centaines d'ohms, est généralement suffisamment faible pour pouvoir être négligée en regard de la résistance extérieure. Toutefois, dans certains modèles de très grande sensibilité, dont la déviation totale est obtenue pour une intensité de quelques microampères, la résistance de la bobine mobile peut atteindre quelques milliers d'ohms et ne peut plus être négligée.

La sensibilité et la résistance interne sont des caractéristiques propres de l'équipage mobile et ne peuvent

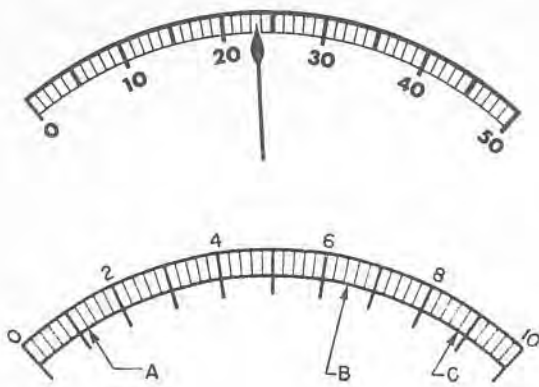


Fig. 18 - Presque tous les instruments à cadre mobile pour mesures en courant continu sont pourvus d'échelles linéaires. Cela signifie que la déviation est directement proportionnelle au courant qui passe dans la bobine.



Fig. 19 - La forme des instruments de mesure a subi des modifications évidentes. Du modèle ancien, de forme ronde, on est passé aux instruments modernes pourvus d'échelles de lecture de plus grande longueur. Des modèles à échelles verticales sont également employés dans certains cas.



être changées, à moins de modifier la construction de l'équipage lui-même.

Précision

Les instruments à cadre mobile utilisés dans les laboratoires sont d'une haute précision (de l'ordre de 0,1%); certains instruments d'une précision moindre ont une tolérance de l'ordre de 0,5%. La précision des instruments pour usages généraux est en général de 2%.

Un tel pourcentage de précision se rapporte aux valeurs des lectures faites en fin d'échelle: par exemple, si un instrument a une tolérance de 2% sur une échelle de 500 volts, la valeur réelle de la tension lue sera de 500 volts $\pm$ 10 volts. Si, mesurant sur la même échelle une tension moindre, l'erreur était encore de 10 volts, l'inexactitude de la lecture serait supérieure à 2%; fort heureusement, la valeur absolue de l'erreur diminue proportionnellement à la déviation de l'aiguille.

De nombreux instruments, d'ailleurs, ont une précision, tout au long de l'échelle, supérieure à celle indiquée.

Il est important de se rappeler que la précision dans les mesures de tension et d'intensité effectuées avec des instruments à cadre mobile sera plus grande quand ces mesures seront faites sur une sensibilité donnant une déviation importante de l'aiguille (presque à fond d'échelle), la lecture sera plus aisée et se fera sans ambiguïté. Ainsi, par exemple, on peut mesurer une tension de 100 volts sur la sensibilité 500 volts, mais la lecture sera plus facile et plus précise en utilisant l'échelle 150 volts.

Rappelons, enfin, que lorsqu'un instrument de mesure est branché sur un circuit, il lui apporte nécessairement une perturbation qui peut se traduire par une mesure inexacte, non pas à cause de l'inexactitude de l'instrument lui-même, mais par le fait que l'appareil de mesure consomme de l'énergie et modifie, de ce fait, les caractéristiques propres du circuit à étudier.

Echelles de lecture

La majeure partie des instruments à cadre mobile employés pour des mesures en courant continu sont

pourvus d'échelles linéaires — c'est-à-dire comportant des graduations également espacées — semblables à celle de la figure 18. La déviation de l'aiguille est directement proportionnelle à l'intensité du courant passant dans la bobine mobile et quand l'intensité atteint la valeur maximum prévue, l'aiguille se trouve à l'extrémité de l'échelle.

Quand l'intensité mesurée est égale à la moitié de la précédente, l'aiguille s'immobilise au milieu de l'échelle, et ainsi de suite. Par exemple, le point A (figure 18) correspond à une lecture de 1,2; le point B à 6,5 et le point C à 8,8.

Nous parlerons plus tard des échelles non-linéaires.

Les instruments à cadre mobile vendus dans le commerce sont de dimensions et de caractéristiques variées: c'est ainsi qu'il existe des instruments de tableau ayant des dimensions importantes et devant fonctionner en position verticale, d'autres prévus pour fonctionner en position horizontale et d'autres, encore, dont l'aiguille est équilibrée de façon telle que la position de fonctionnement n'a aucun effet appréciable sur la précision des mesures.

Les modèles employés il y a encore quelques années étaient de forme ronde avec une aiguille pourvue d'une pointe en forme de flèche et leur aimant permanent était en forme d'anneau de grandes dimensions. De nos jours, par contre, en raison de progrès réalisés dans le domaine de l'esthétique et dans celui des aimants permanents, ces instruments sont généralement de forme rectangulaire et comportent des échelles de lecture très développées.

Les aimants permanents, sont de petites dimensions et sont construits en alliages spéciaux à haut rendement, permettant, sous des dimensions réduites d'obtenir des puissances qui ne pouvaient être, auparavant, obtenues qu'avec des aimants volumineux et lourds.

Dans une prochaine leçon, nous verrons comment les instruments à bobine mobile peuvent être adaptés, moyennant l'adjonction de certains éléments déterminés, à presque toutes les mesures que le technicien peut être amené à effectuer dans ses travaux de laboratoire. Mis gratuitement en ligne par Alain et André.

SYMBOLES - ABREVIATIONS

E_T = Tension totale
 G_T = Conductance totale
 I_T = Courant total
 P_T = Puissance totale
 R_e = Résistance équivalente
 R_T = Résistance totale

FORMULES

Entre deux résistances en parallèle

$$R_T = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}}$$

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

Dans un circuit en parallèle

$$I_T = I_1 + I_2 + I_3 + \dots$$

$$E_T = E_1 = E_2 = E_3 = \dots$$

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots$$

$$P_T = P_1 + P_2 + P_3 + \dots$$

$$G_T = G_1 + G_2 + G_3 + \dots$$

Dans un circuit en série

$$I_T = I_1 = I_2 = I_3 = \dots$$

$$E_T = E_1 + E_2 + E_3 + \dots$$

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$$

$$P_T = P_1 + P_2 + P_3 + \dots$$

$$G_T = \frac{1}{\frac{1}{G_1} + \frac{1}{G_2} + \frac{1}{G_3} + \dots}$$

SYMBOLES SCHEMATIQUES

 = Interrupteur
 = Thermocouple à élément chauffant isolé
 = Thermocouple à élément chauffant en contact

QUESTIONS sur les LEÇONS N°s 16 et 17

N. 1 - Énoncer les quatre unités le plus souvent utilisées dans les études des circuits électriques.

N. 2 - Donner la formule permettant de calculer l'intensité en fonction de la tension et de la résistance.

N. 3 - Si l'on augmente de 100 à 150 ohms la résistance placée aux bornes d'un potentiel constant de 150 volts, quelle sera la variation subie par l'intensité du courant?

N. 4 - Énoncer les formules qui donnent:

a) la tension, connaissant l'intensité et la résistance.

b) la résistance, connaissant la tension et l'intensité.

N. 5 - Exprimer la puissance en fonction du travail et du temps. Mis gratuitement en ligne par Alain et André.

N. 6 - Exprimer la puissance en fonction de:

a) Tension et intensité.

b) Tension et résistance.

c) Intensité et résistance.

N. 7 - Quelle est la puissance dissipée dans une résistance de 20 ohms parcourue par une intensité de 2 ampères?

N. 8 - Si l'on diminue de 400 à 200 ohms la valeur d'une résistance branchée aux bornes d'une source de tension constante égale à 100 volts, quelle sera la variation subie par la puissance dissipée par cette résistance?

N. 9 - Trois résistances reliées en série, peuvent-elles être parcourues par des intensités différentes?

N. 10 - Deux résistances reliées en parallèle entre elles peuvent-elles avoir, à leurs bornes, des tensions différentes?

N. 11 - Exprimer l'énergie en fonction de:

a) Tension, intensité et temps.

b) Tension, résistance et temps.

c) Intensité, résistance et temps.

d) Coulomb et tension.

N. 12 - Un appareil électrique de 1200 watts fonctionne sous une tension de 120 volts. Quelle est l'intensité absorbée?

N. 13 - Quelle quantité d'énergie, en watts-heures, sera fournie par un accumulateur de 6 volts débitant une intensité de 5 ampères pendant 8 heures?

N. 14 - Quelle est la tension aux bornes d'une résistance de 50 ohms si la puissance dissipée est de 250 watts?

N. 15 - Si une résistance de 100 ohms dissipe 25 watts, quelle est l'intensité du courant la parcourant?

N. 16 - Si l'on augmente la tension aux bornes du filament d'une lampe d'éclairage, l'intensité augmente-t-elle proportionnellement suivant la loi d'Ohm?

N. 17 - Quelle est la condition nécessaire pour qu'un certain nombre de lampes puissent être reliées en série?

N. 18 - Quelle est la condition nécessaire pour qu'un certain nombre de lampes puissent être branchées en parallèle?

REPONSES aux QUESTIONS de la p. 115

N. 1 —

Le magnétisme, c'est-à-dire son pouvoir d'attirer certaines substances comme le fer, l'acier, le nickel, etc...

N. 2 —

L'attraction est maximum aux extrémités et nulle au centre.

N. 3 —

En des lignes imaginaires formant un circuit fermé entre les pôles, le long desquelles se manifeste la force magnétique.

N. 4 —

Du pôle Nord.

N. 5 —

Un circuit fermé le long duquel existent des lignes de force créées par un aimant.

N. 6 —

Un aimant est constitué par de la magnétite ou par un barreau d'acier ou d'alliages spéciaux possédant une aimantation propre. Un électro-aimant est formé par un barreau de fer doux qui s'aimante sous l'action d'un courant passant dans un enroulement placé sur lui.

N. 7 —

Par contact avec un autre aimant ou en le plaçant dans un champ magnétique.

N. 8 —

Le magnétisme subsistant dans un électro-aimant quand le courant qui l'a produit est interrompu.

N. 9 —

Ils sont orientés au hasard. Ils s'orientent tous dans le même sens sous l'effet de l'aimantation.

N. 10 —

Ce sont des groupements de milliards d'atomes dont les pôles sont tous orientés dans la même direction.

N. 11 —

$$B = \frac{I}{A}$$

N. 12 —

Dans le sens de rotation des aiguilles d'une montre.

N. 13 —

En augmentant le nombre des spires, ou l'intensité du courant ou, encore, la perméabilité du noyau.

N. 14 —

En l'entourant d'un matériau magnétique.

N. 15 —

Magnéto-mécanique, électrostatique, thermo-électrique, photo-électrique et chimique.

N. 16 —

Une ligne de force.

N. 17 —

Le stator, le rotor, les enroulements et les balais.

N. 18 —

Quatre axes de tailles: X, Y, Z et AT.

N. 19 —

La taille le long de l'axe AT parce que le coefficient est alors presque nul.

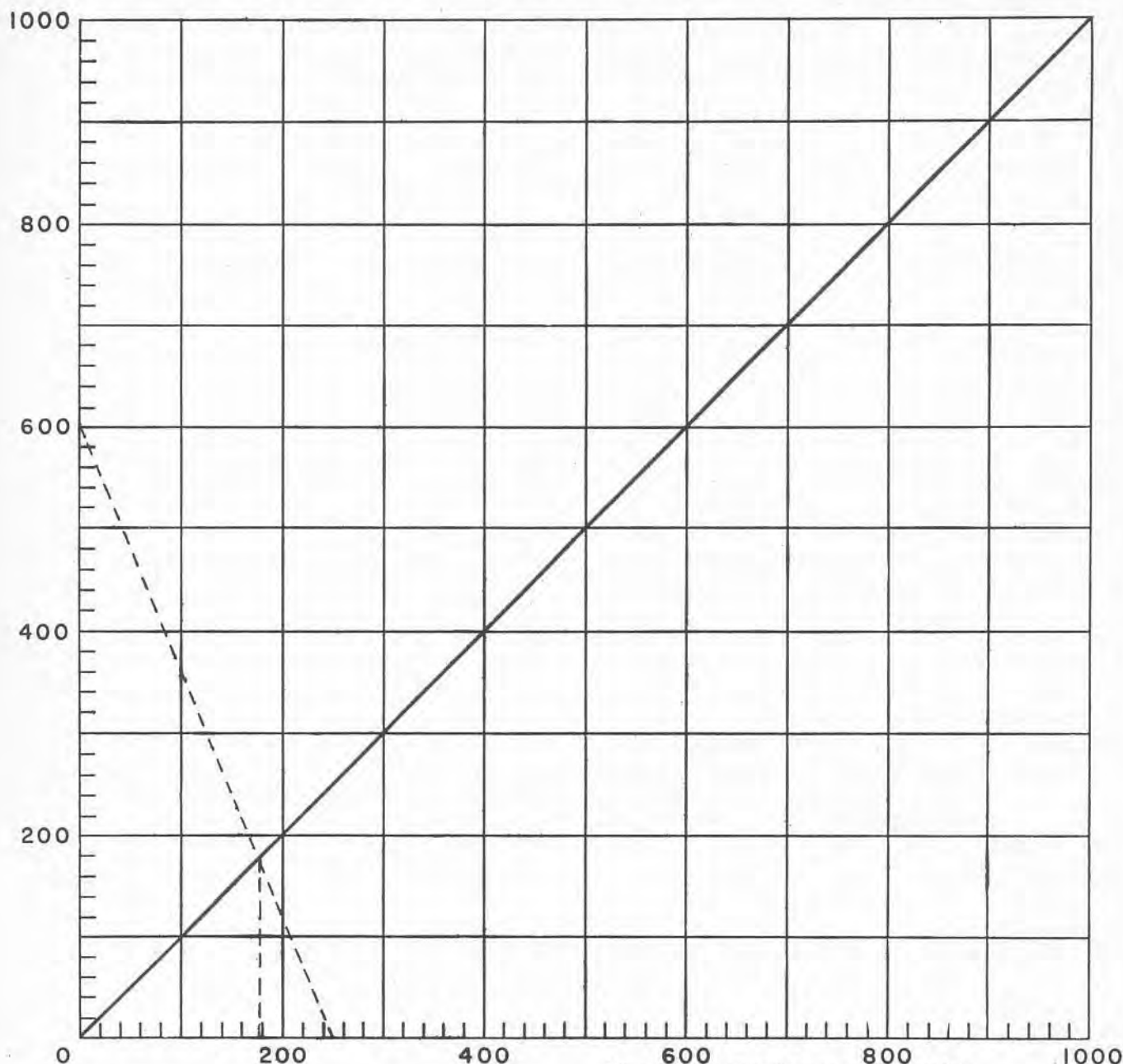
N. 20 —

Deux: à émission et à absorption.

TABEAU 37 - CALCUL RAPIDE de la VALEUR de DEUX RESISTANCES en PARALLELE. Mis gratuitement en ligne par Alain et André.

Rapport $R_2 : R_1$	Multiplieur R_1 par	Rapport $R_2 : R_1$	Multiplieur R_1 par
1,00	0,500	4,10	0,805
1,05	0,512	4,20	0,808
1,10	0,524	4,30	0,811
1,15	0,535	4,40	0,815
1,20	0,545	4,50	0,819
1,25	0,556	4,60	0,821
1,30	0,565	4,70	0,825
1,35	0,575	4,80	0,828
1,40	0,583	4,90	0,830
1,45	0,592	5,00	0,833
1,50	0,600	5,25	0,840
1,55	0,608	5,50	0,846
1,60	0,615	5,75	0,852
1,65	0,623	6,00	0,857
1,70	0,630	6,25	0,862
1,75	0,636	6,50	0,867
1,80	0,643	6,75	0,871
1,85	0,650	7,00	0,875
1,90	0,655	7,25	0,880
1,95	0,662	7,50	0,882
2,00	0,667	7,75	0,885
2,05	0,670	8,00	0,888
2,10	0,677	8,25	0,893
2,15	0,682	8,50	0,895
2,20	0,687	8,75	0,898
2,25	0,692	9,00	0,900
2,30	0,697	9,25	0,903
2,35	0,701	9,50	0,905
2,40	0,706	9,75	0,908
2,45	0,710	10,00	0,909
2,50	0,714	10,50	0,913
2,55	0,719	11,00	0,917
2,60	0,722	11,50	0,920
2,65	0,725	12,00	0,923
2,70	0,730	12,50	0,926
2,75	0,732	13,00	0,929
2,80	0,737	13,50	0,932
2,85	0,740	14,00	0,933
2,90	0,743	14,50	0,935
2,95	0,748	15,00	0,937
3,00	0,750	16,00	0,941
3,10	0,755	17,00	0,945
3,20	0,762	18,00	0,948
3,30	0,767	19,00	0,950
3,40	0,772	20,00	0,952
3,50	0,778	21,00	0,955
3,60	0,782	22,00	0,957
3,70	0,786	23,00	0,959
3,80	0,791	24,00	0,960
3,90	0,796	25,00	0,961
4,00	0,800	30,00	0,967

TABLEAU 38 - GRAPHIQUE POUR LE CALCUL DE DEUX RESISTANCES EN PARALLELE



Au moyen du tableau 37, on peut connaître, avec une bonne précision, la valeur ohmique résultant de deux résistances connectées en parallèle. Connaissant les valeurs des deux résistances, on appelle R_1 la valeur la plus faible et R_2 la valeur la plus élevée. Le quotient de R_2 par R_1 donne un nombre qui, figurant dans la colonne ($R_2 : R_1$) correspond à un autre nombre de la colonne « Multiplier R_1 par ». En effectuant le produit on obtient la valeur ohmique résultant de la mise en parallèle des deux résistances. Si le rapport $R_2 : R_1$ ne figure pas dans la colonne, on choisit la valeur la plus voisine.

Exemple : Deux résistances sont mises en parallèle. La plus faible R_1 est de 2 500 ohms et la plus grande, R_2 , est de 6 000 ohms. On a $R_2 : R_1 = 6\,000 : 2\,500 = 2,4$ ce qui nous donne le coefficient 0,706 par lequel nous devons multiplier R_1 :

$$2\,500 \times 0,706 = 1\,765$$

qui est la valeur de la résistance constituée par la mise en parallèle des deux résistances R_1 et R_2 .

Mis gratuitement en ligne par Alain et André.

Le tableau 38 s'utilise de la manière suivante :

Connaissant les valeurs ohmiques de R_1 et de R_2 , on note les deux points correspondants sur les deux échelles, horizontale et verticale, numérotées de 0 à 1000 (en ohms), mais qui peuvent être multipliées ou divisées, toutes les deux, par un multiple ou un sous-multiple de 10. Reprenons l'exemple précédent : marquons les points correspondant aux valeurs de R_1 (2 500) et de R_2 (6 000). Le premier, sur l'axe horizontal, sera marqué sur la division ($250 \times 10 = 2\,500$ unités), le point sera situé à deux divisions et demi à la droite de 200. Sur l'axe vertical sera noté le point 6 000 (600×10). Traçons, maintenant, une ligne droite joignant ces deux points, elle coupera la droite inclinée à 45° du graphique en un point ; de ce point abaissons une perpendiculaire sur l'axe horizontal, le point d'intersection nous donne la valeur de la résistance résultante, soit environ 1 800, valeur assez proche de celle trouvée précédemment (1 765). Ce graphique est moins précis que le tableau 37 mais, tenant compte des tolérances de

fabrication des résistances, l'approximation est suffisante en pratique.

Ce graphique est réversible. En effet, connaissant la valeur à obtenir, on trace, à partir du point correspondant sur l'axe horizontal, une perpendiculaire qui va

couper la droite inclinée à 45° en un point. Toutes les droites passant par ce point et qui rencontrent les deux axes du graphique, déterminent des couples de valeurs ohmiques qui, mises en parallèle, donneront la résistance désirée.

NOTIONS ELEMENTAIRES DE CALCUL ALGEBRIQUE

Un des principes directeurs nous ayant guidé lors de la rédaction de notre Cours a été de nous efforcer de traiter les sujets d'une manière telle qu'ils puissent être accessibles à tous, même à ceux de nos lecteurs n'ayant pas poursuivi leurs études au delà de l'école primaire. Ainsi, nous avons pris soin, dans les leçons précédentes de rédiger des notes expliquant le sens des expressions et des termes mathématiques employés dans nos développements. Maintenant, alors que nous allons aborder dans la prochaine leçon — l'étude de circuits plus complexes que ceux vus jusqu'à présent, nous estimons que le moment est venu d'examiner plus en détail certaines règles élémentaires de calcul algébrique.

Rassurons, dès à présent, le lecteur peu familiarisé avec ces calculs en lui disant qu'il s'apercevra bien vite — par des exemples judicieusement choisis — combien les calculs algébriques sont simples et utiles. Ils lui permettront, en effet, de suivre d'une manière plus précise et plus complète nos études futures.

TERMINOLOGIE de L'ALGEBRE

Par **expression algébrique**, on entend n'importe quelle combinaison de nombres, de lettres utilisées comme nombres et de signes qui exprime une valeur totale pouvant être obtenue en effectuant les opérations indi-

quées. Par exemple, $(a+b)$ ou $\frac{x}{2y}$ sont des expressions algébriques dans lesquelles les lettres représentent des nombres.

Nous avons déjà vu que le produit entre deux ou plusieurs nombres est parfois indiqué, en algèbre, par un point au lieu du signe habituel « $\times$ » ou même, souvent, par simple rapprochement des différents facteurs: ainsi, le produit de a par b s'écrit simplement ab ; le produit de 6 par a par b s'écrit $6ab$.

Chaque facteur numérique faisant partie d'un produit est un **coefficient** qui exprime le nombre de fois qu'on entend multiplier la partie de l'expression formée par les lettres: par exemple, $6ab$ veut dire que le produit ab doit être multiplié, à son tour, par le nombre 6. Mis gratuitement en ligne par Alain et André.

En algèbre on a également des **nombres négatifs**, c'est-à-dire, des quantités numériques dont la valeur est inférieure à zéro. Considérons, à ce sujet, la figure 1.

Notons, tout d'abord que les nombres, partant de zéro, s'étendent vers la droite jusqu'à l'infini. Dans l'autre sens, c'est-à-dire vers la gauche, après avoir dépassé le point « zéro », les valeurs numériques se succèdent dans le même ordre mais elles expriment des quantités négatives.

Par ce moyen, il est possible de soustraire deux nombres, le second étant plus grand que le premier: par exemple, 3 (positif) — 5 (négatif) = —2 (négatif).

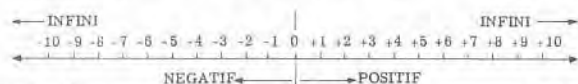


Fig. 1 - Par rapport au point « zéro », nous pouvons avoir des valeurs jusqu'à l'infini, aussi bien dans le sens positif que dans le sens négatif.

Nous appellerons **valeur absolue** d'un nombre, sa valeur numérique indépendamment de son signe, c'est-à-dire sans tenir compte du fait qu'il est positif ou négatif, tandis qu'on désigne par **valeur relative**, la valeur considérée avec son signe, c'est-à-dire par rapport à zéro pris comme point de référence.

N'importe quel nombre, arithmétique ou composé de lettres, ainsi que le produit ou le quotient de deux ou plusieurs nombres, prend le nom de **terme** (algébrique)

ou monôme: par exemple, 4, x , y , $25b$, ab , $\frac{x}{3a^2b}$, —, — sont des termes.

Les QUATRE OPERATIONS ALGEBRIQUES

Les termes comportant les mêmes lettres peuvent être additionnés ou soustraits entre eux, comme par exemple: $4x + 5x = 9x$, ou encore $5x + 10x = 15x$, ou bien $4ab - 7ab = -3ab$. Toutefois, dans le cas où les lettres sont différentes, l'opération peut être seulement indiquée: par exemple, l'expression $4x + 5m$, ne peut être résolue qu'en substituant à x et m des valeurs numériques.

Addition

L'addition des termes algébriques suit les règles suivantes:

- 1) La somme de deux ou plusieurs nombres positifs a une valeur positive.
Exemple: $+6 + 3 + 4 = +13$.
- 2) La somme de deux ou plusieurs nombres négatifs a une valeur négative.
Exemple: $-6 + (-3) + (-4) = -13$.
- 3) La somme de deux ou plusieurs nombres de signes différents donne un résultat égal à la différence entre les valeurs absolues et le signe est celui du nombre plus grand.

Soustraction

Dans la soustraction des termes algébriques, le processus est inversé; en effet, pour soustraire une quantité d'une autre, on change le signe de la quantité à soustraire et on additionne les deux termes, comme ci-dessus.

$$\begin{aligned} (-6) - (-3) &= (-6) + (+3) = -3 \\ (-3) - (-6) &= (-3) + (+6) = +3 \\ (-6) - (+3) &= (-6) + (-3) = -9 \end{aligned}$$

Signes de groupement

Il existe en algèbre certains symboles dont le rôle est de grouper plusieurs quantités ou termes devant faire l'objet de la même opération: ce sont la parenthèse (), le crochet [], l'accolade { }, ainsi que la barre de fraction —. Tous ces signes indiquent que les quantités qui y sont incluses doivent être considérées comme une quantité unique.

Dans les expressions complexes comportant plusieurs de ces symboles, on doit effectuer les opérations dans un ordre logique et progressif, afin d'éviter les erreurs de calcul et, surtout, de signe. On commence par effectuer les opérations indiquées entre parenthèses, ensuite on passe à celles contenues entre crochets et, enfin, à celles indiquées par les accolades.

Le signe (—) placé devant une parenthèse change le signe de tous les termes qu'elle contient; par suite, une opération contenant des parenthèses s'exécute de la façon suivante: **Mis gratuitement en ligne par Alain et André.**

Exemple:

$$4a - 3ab - (+3a + 2ab) = 4a - 3ab - 3a - 2ab = 1a - 5ab$$

En ce qui concerne l'expression ci-dessus faisons observer que le signe + placé devant un terme au début d'une expression (ou comme premier terme à l'intérieur d'une parenthèse) est normalement omis, car, dans ce cas, un terme sans indication de signe est considéré comme étant toujours positif.

De même on n'indique pas le coefficient 1 devant une lettre étant entendu que l'absence de coefficient signifie qu'il est égal à 1.

Exemple:

$$3a - [2am - (2a + 5am) + a^2] \quad \text{Éliminons la parenthèse, on a :}$$

$$3a - [2am - 2a - 5am + a^2] \quad \text{Éliminons les crochets, il vient :}$$

$$3a - 2am + 2a + 5am - a^2 \quad \text{Regroupons les termes semblables :}$$

$$5a + 3am - a^2$$

qui est l'expression la plus simple à laquelle on puisse arriver en éliminant les parenthèses et les crochets.

Multiplication

Lors de la multiplication des termes algébriques, il faut tenir compte des signes, des coefficients et des exposants des termes. En ce qui concerne les signes, la règle est la suivante: **le produit de deux termes de même signe est toujours positif, tandis que le produit de termes de signes contraires est toujours négatif.**

Exemple:

$$(+6) \text{ multiplié par } (+4) = +24$$

$$(-6) \quad \gg \quad (-4) = +24$$

$$(+6) \quad \gg \quad (-4) = -24$$

$$(-6) \quad \gg \quad (+4) = -24$$

Le produit de deux puissances d'un même nombre est égal à une puissance ayant pour base le même nombre et pour exposant la somme des exposants.

Exemple:

$$(a^2) \text{ multiplié par } (a^4) = a^6$$

$$(ab^3) \text{ multiplié par } (ab) \text{ multiplié par } (ab^2) = a^3b^6$$

(dans ce cas, l'exposant du premier facteur a est 1; on ne l'écrit pas, mais on en tient compte).

Dans le cas où les termes sont pourvus de signe, il faut appliquer la règle énoncée au début de ce chapitre.

Exemple:

$$(+ab^2) \text{ multiplié par } (+ab) = +a^2b^3$$

$$(+ab^2) \text{ multiplié par } (-ab^3) = -a^2b^5$$

Le coefficient du produit de deux facteurs est égal au produit des coefficients de chaque facteur.

Exemple:

$$6a \text{ multiplié par } 2a \text{ multiplié par } 4a = 48 a^3$$

$$(+6a) \text{ multiplié par } (-2a) \text{ multiplié par } (+4a) = -48a^3$$

Si les lettres diffèrent, leur produit reste indiqué seulement par leur rapprochement, pour le reste on procède comme ci-dessus.

Exemple:

$$2ab \text{ multiplié par } 4a \text{ multiplié par } 2a^2c = 16a^4bc$$

Division

Dans la division, tout comme pour la multiplication, il faut tenir compte des signes, des coefficients et des exposants des termes dont on veut obtenir le quotient.

Dans ce cas également, la règle est la suivante: **le quotient de deux termes de même signe est toujours positif, tandis que le quotient de deux termes de signes contraires est négatif.**

Exemple:

$$(+6) \text{ divisé par } (+2) = +3$$

$$(-6) \quad \gg \quad (-2) = +3$$

$$(+6) \quad \gg \quad (-2) = -3$$

$$(-6) \quad \gg \quad (+2) = -3$$

Le quotient de deux puissances ayant la même base est égal à une puissance ayant pour base le même nombre et pour exposant la différence des exposants.

Exemple:

$$(a^4) \text{ divisé par } (a^2) = a^2$$

$$(ab^3) \text{ divisé par } (ab) = b^2$$

(dans le second exemple, l'exposant de a est 1 et, étant donné que $1-1=0$, le terme a ne figure plus dans le quotient).

Pour obtenir le coefficient du quotient, il suffit de diviser les valeurs absolues des coefficients du dividende par ceux du diviseur en observant — naturellement — la règle des signes.

Exemple:

$$(+6a^3) \text{ divisé par } (+3a^2) = 2a$$

$$(+6a^3) \text{ divisé par } (-3a^2) = -2a$$

EQUATIONS

On entend par équation une expression formée par deux membres d'égale valeur. On affirme ainsi, par ce moyen, une égalité.

La résolution de l'équation consiste à trouver les valeurs numériques des termes représentés par des lettres (les inconnues).

Les règles suivantes doivent être appliquées:

- 1) Si l'on ajoute ou l'on retranche le même nombre aux deux membres d'une équation, celle-ci reste toujours une équation.
- 2) Si l'on multiplie ou l'on divise les deux membres d'une équation par un même nombre différent de zéro, la valeur de l'expression n'est pas changée.
- 3) Si les deux membres d'une équation sont élevés à la même puissance, ou si l'on en extrait une même racine, l'équation ou égalité, est inchangée.

Ces règles permettent d'effectuer des « simplifications », consistant en des *transpositions*, des *inversions de signes* et des *éliminations*.

La *transposition* consiste à faire passer un terme d'un membre dans l'autre après avoir changé son signe. En d'autres termes, il est possible de retirer un terme positif d'un des membres et de le porter dans l'autre avec un signe négatif, et inversement; ceci découle de la règle 1), puisque le terme en question a été soustrait, ou ajouté, aux deux membres.

Il est également possible de retirer un facteur (multiplication) d'un membre pour le porter, comme diviseur, dans l'autre. En d'autres termes, l'*inversion* du signe d'un terme dans les deux membres d'une équation est simplement un autre moyen employé pour multiplier ou diviser les deux par -1 (règle 2).

L'*élimination* consiste à faire disparaître les termes égaux multipliant ou divisant les deux membres d'une équation.

Pour résoudre une équation, il faut, avant tout, effectuer les opérations indiquées (lorsqu'elles peuvent l'être) après quoi, elle sera simplifiée en appliquant les règles générales énoncées plus haut. Une fois réduite à sa forme la plus simple, la résolution de l'équation se fera en isolant le terme inconnu dans le premier membre de l'équation. Le terme inconnu sera alors égal à la valeur indiquée dans le second membre.

Exemple:

- 1) Soit l'équation $x - 5 = 3$, trouver x .
Ajoutons $+5$ aux deux membres (règle 1), on obtient:

$$x - 5 + 5 = 3 + 5 \quad \text{c'est-à-dire } x = 8$$

- 2) Soit l'équation $5x - 4 = 21$, trouver x .
Ajoutons 4 aux deux membres (règle 1), on a:

$$5x - 4 + 4 = 21 + 4 \quad \text{d'où } 5x = 25$$

Divisons les deux membres par 5 (règle 2), on obtient:

$$x = 25 : 5 = 5$$

- 3) Soit l'équation

$$\frac{1}{3}x + 5 = 8, \text{ trouver } x$$

En soustrayant 5 aux deux membres (règle 1) on a:

$$\frac{1}{3}x + 5 - 5 = 8 - 5 \quad \text{d'où } \frac{1}{3}x = 3$$

En multipliant les deux membres par 3 (règle 2), on obtient:

$$\frac{3}{3}x = 9 \quad \text{c'est-à-dire } x = 9$$

- 4) Soit l'équation $\frac{4}{5}x + 5 = 25 - 1\frac{1}{5}x$, trouver x .

En soustrayant 5 aux deux membres (règle 1), on a:

$$\frac{4}{5}x = 20 - 1\frac{1}{5}x$$

Ajoutons $1\frac{1}{5}x$ aux deux membres (règle 1), on a:

$$\frac{4}{5}x + 1\frac{1}{5}x = 20 - 1\frac{1}{5}x + 1\frac{1}{5}x$$

$$\text{d'où } \frac{5}{5}x + 1x = 20 \quad \text{c'est-à-dire } 2x = 20$$

et en divisant les deux membres par 2 (règle 2), on obtient:

$$x = \frac{20}{2} = 10$$

- 5) Soit l'équation $16 - 5(x+3) = 4(2x+1) - 9\frac{1}{2}$, trouver x . Mis gratuitement en ligne par Alain et André.

En supprimant les parenthèses, il vient:

$$16 - 5x - 15 = 8x + 4 - 9\frac{1}{2}$$

$$\text{Simplifions: } 1 - 5x = 8x - 5\frac{1}{2}$$

En soustrayant 1 aux deux membres il vient (règle 1):

$$-5x = 8x - 6\frac{1}{2}$$

En soustrayant $8x$ aux deux membres (règle 1), on a:

$$-13x = -6\frac{1}{2}$$

Etant donné que 6 est égal à $12/2$, le second membre est égal à $13/2$ de telle sorte que, en divisant les deux membres par -13 (règle 2), c'est-à-dire par un nombre négatif, ils deviendront tous deux positifs et le résultat sera:

$$x = \frac{1}{2}$$

Notre COURS DE TECHNIQUE RADIO

vous apportera
chaque année :

52 leçons et exposés théoriques

52 leçons de technique appliquée

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 Cours, 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 Cours, 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.



En un an,
à domicile,
un Cours de Radio
qui vous coûtera
seulement 1 F 60
par semaine



Vous posséderez
une collection
de presque 1460 pages ;
un précieux
manuel encyclopédique
d'électronique.



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.