

8

votre Carrière

REVUE de TECHNIQUE RADIO

magazine des futurs électroniciens



REVUE HEBDOMADAIRE POUR LA FORMATION PROFESSIONNELLE — 19 / 25 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 EITEUR 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 - Equipement et composants - Les ohmmètres - Ohmmètre à montage en série et en parallèle - Ohmmètre du type série avec résistance en parallèle - Le « Megger » ou mégohmmètre - Utilisation de l'ohmmètre - Mesure de la résistance interne d'un instrument - Multimètres et contrôleurs universels - Volt-ohm-milliampermètre - Examen du circuit et normes d'emploi de deux types d'analyseurs commerciaux - Symboles - Abréviations - Formules - Symboles schématiques - Questions sur la 25^{ème} et 26^{ème} leçons - Réponses aux questions du numéro précédent - Construction d'un contrôleur universel - Conseils pour l'utilisation des contrôleurs universels - Dictionnaire Anglais-Français d'électronique.

Sommaire

★ Courrier technique	page 2
★ Chronique des métiers de la Radio	» 3
★ Le courant alternatif	» 5
★ Mesures des courants alternatifs	» 14
★ Dictionnaire Anglais-Français d'Electronique	» 17
★ Symboles - Abréviations	» 27
★ Formules	» 27
★ Symboles schématiques	» 27
★ Questions sur la 22 ^{ème} et 23 ^{ème} leçons	» 27
★ Réponses aux questions du numéro précédent	» 28
★ Symboles mathématiques communs	» 28
★ Fonctions trigonométriques	» 28
★ Les vecteurs	» 30
★ Résumé du cours télévisé par l'O.R.T.F.	» 33

Courrier technique

H.B. . Essey-les-Nancy (Meurthe et Moselle).

Nous vous remercions de votre intéressante lettre.

Niveau des cours: nous ne sommes pas une école, nous ne préparons pas à un examen donné. Nous rédigeons pour être clair, nous évitons les mathématiques, mais bien de techniciens, même déjà diplômés, y retrouveront les bases, et des moyens de travail (tableaux, graphiques etc...) qu'ils avaient négligés ou qu'ils ne possédaient pas. Dans les 2 cas: « initiation » ou « recyclage de base » nous rendons un service autre qu'une école, mais un grand service, croyons-nous même avec peu de math.

Celui qui « possédera » tout ce que nous allons publier sera un vrai électronicien, capable de mettre en valeur professionnellement un capital de savoir très sérieux. Mais c'est au lecteur de bien lire et d'apprendre plus ou moins sérieusement. Cette très grande liberté du « lecteur de journal » est un moyen neuf et plaisant, mais sérieux d'apprendre.

Fig. 10; page 60, n. 3 - Votre raisonnement est exact, sans retour du circuit détecteur à la masse, l'appareil fonctionne. Mais... mal. En effet il est important de fixer une base aux différentes tensions électriques (très faibles) qui se développent dans les circuits successifs. Le retour de tous les circuits à une masse commune permet de ne pas avoir de signaux « en l'air ». Si l'on a 200 microvolts haute fréquence entre antennes et terre, que l'induction a transmis 200 microvolts HF entre les points extrêmes de L2 et CV, il est intéressant que ce soit 200 microvolts entre le sommet de L2 et la masse, ce qui sera le cas pour notre schéma.

Pourquoi? Parce que l'approche de votre main, des lames mobiles du condensateur variable CV (celles qu'il faut

choisir pour brancher le côté masse de votre circuit) ne dérèglera pas du tout l'accord du circuit oscillant L2/CV. Si le circuit était « en l'air », sans retour à la masse, vous dérégleriez les fréquences par simple approche.

Cette notion de « potentiel de référence », ou « de base » obtenue par les retours des circuits en un point commun est très importante pour réaliser des appareils stables, même, lorsqu'il n'y a pas d'alimentation électrique continue, comme c'est le cas dans ce récepteur simple.

M. BALZ (Ardennes) demande si nous connaissons les films en couleurs (surtout des dessins animés) qui expliquent les théories de l'électronique. Il en a vu dans la salle de projection d'un Salon à Paris en 1964. Les professeurs peuvent-ils se les procurer?

Il s'agit certainement de l'activité pédagogique de la Sté « La Radiotechnique », grand fabricant de tubes électroniques et de transistors (usines à Paris, Suresnes, Chartres, Dreux, Caen, etc...).

Pour former son personnel et pour aider les lycées techniques et même les Universités (celle de Caen, par exemple) la « Radiotechnique » a en effet établi des films à vues fixes. Elle a aussi réalisé des « moniteurs »: grands tableaux où les circuits électroniques « à l'air » viennent s'enficher et se compléter pour former des appareils.

Messieurs les Professeurs (et eux seulement) pourraient écrire à la Radiotechnique, service pédagogique, 130, Av. Ledru-Rollin - Paris 11^{ème} en se référant à « votre Carrière » mais nous ne pouvons garantir la suite. Car cette Société doit traiter avec la Direction des Ecoles à spécialisation électronique.

RETOUR D'AUSTRALIE - par J. LAVERGNE

Dans le numéro 1 de cette revue, nous avons parlé de l'équipement radio d'un long courrier d'après-guerre, puis dans les numéros 2 et 3, un long courrier l'Armagnac FBAVG nous a conduit à Melbourne où allaient s'ouvrir le 22 novembre 1956 les XVI^e Jeux Olympiques. 53 h 49 de vol nous y avaient conduit sans incident. L'avion fut révisé pour le retour, et le 26 novembre nous l'amenions à Mangalore, un aéroport de décollage de Melbourne car les parkings de ce dernier refusaient du monde!

Ce petit aéroport situé à 20 minutes de vol de Melbourne fut atteint en 53 minutes: en effet, après avoir fait un décollage cabré sensationnel, le pilote rendit visite à des amis australiens, fermiers non loin de la route normale Melbourne/Mangalore. La ferme, balisée par des draps disposés en croix devant la maison fut facilement repérée et ce fut un passage à 50 m en pleine vitesse! Si les gens paraissaient ravis, les moutons serrés dans le parc voisin semblaient beaucoup moins apprécier la visite de ce gros volatile particulièrement bruyant! Pendant ce temps, le Contrôle de Melbourne s'affolait, trouvant curieux que nous ne nous soyons pas encore annoncés en vue du terrain de Mangalore, car nous ne les avions pas mis, bien entendu, au courant des nos « fantaisies » touristiques!

Retour en auto de Mangalore, à petite allure, car la vitesse est très limitée et les chauffeurs... disciplinés.

LES JEUX... ET LE TOURISME

Le 22, grâce à l'amabilité de nos passagers, nous avons pu assister à la grandiose cérémonie d'ouverture des jeux, dans un stade immense où 103 000 personnes tenaient à l'aise. Ce fut un spectacle magnifique et inoubliable, parfaitement ordonné, que couronna l'arrivée de la Flamme.

Le lendemain même de notre retour de Mangalore, un avion des Australian Airlines nous amenait à Sydney, capitale des Nouvelles Galles du Sud, plus grande que Melbourne, mais très différente, vivante et gaie comme une ville méridionale et beaucoup moins stricte sur les horaires que la cité olympique. Excursions en ba-

teau sur de curieux fjords, visites de zoos où koalas, kangourous et wallabies, wombats, lézards géants, dingos, platypus, échidnés sont là pour nous rappeler que nous sommes bien en Australie, sans oublier les requins et les raies géantes folâtrant dans l'aquarium!

Ces quelques jours de vraies vacances sont vite passés et le 7 décembre, nous reprenons le chemin du retour, ayant ramené les avions de Mangalore ce même jour.

REVENONS A BORD...

Décollage de Darwin: la piste est bombée et quelques rapaces qui se trouvent au sol en bout de piste ne nous voient arriver que lorsque nous sommes sur eux, lancés à près de 200 km/h. L'un d'eux s'écrase sur le pare-brise, nous faisant instinctivement baisser la tête mais il n'y a pas d'autres dégâts pour nous. Nous retrouvons Singapour où nous faisons quelques achats, les prix étant particulièrement avantageux pour des Européens et nous visitons le célèbre jardin du Baume du Tigre, résultat d'une fortune colossale et d'une imagination délirante. Nous repartons sur Calcutta, écornant seulement la Fir* de Rangoon ce qui facilite le travail avec XZW** en réduisant au minimum les communications; en effet cette station présentait quelques singularités dans le contrôle de la circulation aérienne: la ligne Calcutta/Saigon passait par les verticales de Rangoon et Bangkok. La FIR de Rangoon étant limitée à l'Ouest par le 92° degré Est que notre horaire nous faisait franchir avant l'aube, le contact était donc obligatoire avec XZW en ce point.

Malgré des appels incessants sur toutes les fréquences, XZW ne daignait répondre qu'au moment où nous arrivions en vue de la Grande Pagode Dorée de Rangoon.

Alors, pour compléter son journal de veille, il se faisait transmettre tous les messages qui auraient dû être reçus successivement au passage du 92° Est, au travers d'Akyab et maintenant à la verticale! En outre, l'opérateur de veille suggérait de passer sur fréquences VHF***. La plupart des radios déclinaient cette offre, car l'utilisation de ce genre de communications

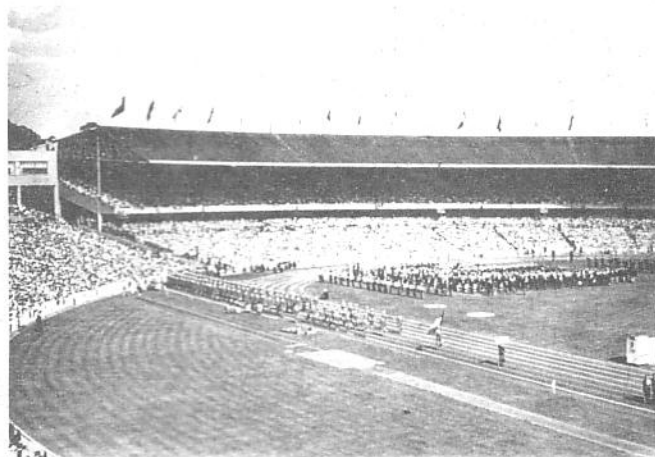


Fig. 1 - (à gauche). Entrée de l'équipe olympique française.



Fig. 2 - (à droite). Vue aérienne des raffineries de Abadan, avec des pétroliers à l'ancre sur le Chatt el Arab.

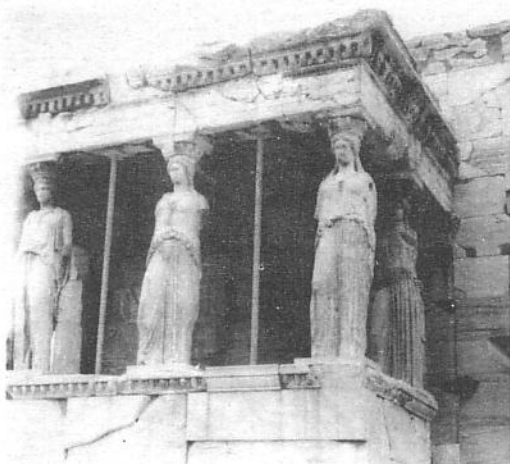


Fig. 3 - Athènes - Les Cariatides de l'Erechthéon.

était grevé d'une assez forte taxe au débit de la Compagnie utilisatrice.

A Calcutta, nous nous ravitaillons en thé. Les douaniers ne veulent pas nous laisser sortir plus d'une boîte par personne, mais quelques négociations parviennent finalement à les fléchir. Opposant des « Sorry, I don't understand » à leur flot d'explications, le co-pilote franchit également le barrage, obtenant satisfaction par la lassitude. Au cours de cette escale, nous récupérons un lot de matériels divers, dont un émetteur - récepteur VHF, confisqué par les Indiens au moment de la guerre d'Indochine et en souffrance depuis ce temps-là dans un coin de l'aérogare.

Nous arrivons à Karachi le 10, à 17 h 39 TU. L'hébergement prévu, le Carlton Hotel, est repoussant malgré son nom pompeux, et nous devons chercher longtemps un logement convenable. Décollage le lendemain à 20 h 34 pour Abadan, toujours aussi froid. Plein de sollicitude, un quidam nous propose à un prix intéressant des boîtes de caviar qu'il place lui-même dans le frigidaire de l'avion. Malheureusement à l'arrivée, ces boîtes se révéleront parfaitement vides !

Si à la descente nous avions trouvé un temps exécrable, complètement bouché, le retour sur ce même plateau d'Iran se fait dans un ciel d'une extrême pureté, la visibilité dépasse 250 kilomètres, nous permettant d'apercevoir la chaîne de l'Elbrouz alors que nous sommes à la verticale du lac de Van, à la frontière turque.

Cette route qui contourne l'Irak, pour les raisons exposées dans le n° 2 de la revue, fait que je n'ai pas à contacter Bassorah/YIA. Nous passons dans sa FIR sur le trajet Beyrouth/Damas/Bahreïn. Or il n'était pas rare d'entendre Bassorah émettre de façon continue: CQ de YIA - QRM 5! Après quelques tentatives pour lui transmettre le message de franchissement de FIR obligatoire, et après avoir eu en retour quelques QRM 5 supplémentaires, nous abandonnons YIA à son sort avec un SRI - QRL ODT QAR. Quelques heures plus tard nous nous posons à Athènes au lieu d'Istanbul, après 9 heures de vol sur des paysages de neige pour la plus grande partie de ce parcours.

Nos passagers sont inquiets et ont peur d'être ramenés à Prague, car les remous des événements de Hongrie ne sont pas encore calmés. En fin de compte, c'est à Milan que nous nous séparerons d'eux. La météo sur le Nord de l'Italie est très mauvaise, et le localiser de

Milan/Malpensa est en panne. Aussi nous retardons le départ et en attendant, nous visitons Athènes et l'Acropole avec nos passagers. Nous ignorons qu'en France, à cause de la qualité de nos passagers, notre retour est suivi par la presse et la radio; et l'absence de nouvelles due à notre départ retardé causera une certaine panique pendant quelques heures.

Nous décollons tout de même à 12 h 33 TU d'Athènes, la météo est de plus en plus mauvaise, la visibilité diminue de 500 m à chaque QAM de Milan que j'écoute toutes les demi-heures. Effectivement ce n'est pas fameux quand nous y arrivons, ce n'est qu'à la deuxième approche, après une remise des gaz à basse altitude, que nous nous posons à Malpensa la nuit tombée et sous une bruine froide réduisant la visibilité à moins de 1 500 mètres.

Arrivés à 17 h 45 TU, nous repartons sur lest aussitôt que possible, tout de même heureux de retrouver Orly et la France après trente-sept jours d'absence. En tout, nous aurons fait 112 heures 24 de vol et parcouru près de 36 000 kilomètres.

* Région de contrôle aérien, voir n° 1, 2 et 3 de « Votre Carrière ». ** Indicatif de Rangoon-Radio.

*** Ondes très courtes (d'ailleurs, vous savez votre cours!).

QUELQUES PRECISIONS.....

Koalas: petits marsupiaux, à l'aspect de petits ours, se nourrissant exclusivement de feuilles d'eucalyptus.

Wallabies: espèce de petits Kangourous.

Wambats: énormes rongeurs semblable d'aspect à la marmotte.

Dingos: chiens sauvages particuliers à l'Australie. Pour protéger les troupeaux de moutons et de bovins des incursions de dingos, le gouvernement australien a dû faire édifier une barrière de 3 500 km de long !

Platypus: animal très curieux, tient de l'oiseau par son bec de canard et ses pattes palmées, du mammifère par sa fourrure et ses griffes, pond des oeufs et allaite ses petits. De moeurs aquatiques, il est plus connu sous le nom d'ornithorynque.

Echidné: hérisson doté d'un bec fouisseur.

CQ de YIA - QRM 5 = Appel à tous de Bassorah - Je suis brouillé 5 sur 5.

SRI - QRL ODT QAR = Je regrette, je suis occupé avec Beyrouth - je quitte votre écoute.

Localizer: axe de guidage, dans le plan vertical de l'ILS (le glide est dans le plan de descente. Voir « Votre Carrière » n. 1).

QAM: Conditions météo actuelles sur un aérodrome. Un QAM comprend, après les identifications de pays et d'aérodrome:

- 1°) la direction et la force du vent: QAN
- 2°) la visibilité horizontale: QBA
- 3°) la nébulosité et la hauteur des nuages: QBB
- 4°) la pression atmosphérique ramenée au niveau de la mer: QNH

Exemple: 07 149 22408 70010 82860 QNH 1018 c'est-à-dire: France Orly 2/8 Couvert Vent du 240/08 noeuds, Visibilité 20 kilomètres - beau temps - pas de précipitations 2/8 Cumulus à 6 000 pieds (1 800 mètres) QNH 1018 millibars.

LE COURANT ALTERNATIF

Un courant alternatif est un courant électrique passant dans un sens donné pendant un temps déterminé puis dans le sens opposé, pendant un temps égal.

A la différence du courant continu (**figure 1A**) qui atteint rapidement une certaine valeur ou amplitude et la maintient constante pendant tout le temps de fermeture du circuit, le courant alternatif varie constamment d'amplitude.

Partant de la valeur zéro, il atteint l'amplitude maximum dans la direction positive pour revenir, ensuite, à zéro (c'est-à-dire que le courant cesse alors de passer), puis atteint l'amplitude maximum dans le sens négatif pour revenir, ensuite, à zéro (**figure 1B**).

On dit, pour cette raison, que le courant alternatif est un courant dont l'amplitude est constamment variable, (prenant, ainsi, toutes les valeurs intermédiaires entre le maximum positif et le maximum négatif), cette variation s'effectuant périodiquement, c'est-à-dire à intervalles réguliers.

Nos lecteurs connaissent déjà ce phénomène: ils se rappelleront certainement qu'ils l'ont rencontré, au cours de la première leçon, lors de l'étude des oscillations, tant mécaniques qu'électriques. Ces oscillations (électriques) sont constituées — a-t-on besoin de le préciser — par des courants alternatifs de fréquence élevées.

Bien que le courant continu ait été le premier à être bien connu et à être diffusé partout, ses applications actuelles, notamment en ce qui concerne l'alimentation directe des circuits électroniques et des appareils électriques, sont limitées; on l'utilise uniquement dans des cas particuliers: alimentation des récepteurs et émetteurs portatifs, appareils à transistors, etc... et, dans ces cas, il est fourni généralement par des piles. D'autre part, les caractéristiques du courant alternatif ne furent parfaitement comprises que vers la fin du siècle dernier; leur utilisation comme source d'énergie constitue un développement relativement récent.

Au premier abord le courant continu paraît présenter de nombreux avantages sur le courant alternatif (pour les applications industrielles); toutefois on se rend vite compte que le courant continu présente certains inconvénients que l'on ne rencontre pas lors de l'utilisation du courant alternatif. Résumons brièvement ces inconvénients:

1) Le courant continu ne peut être transporté à de grandes distances sans subir des pertes considérables de puissance.

En fait, la résistance totale des câbles servant au transport dissipe en chaleur la majeure partie de la puissance, avant même que le courant n'arrive à destination.

Par contre, le courant alternatif peut être transporté sur de grandes distances par les lignes à haute tension, aujourd'hui familières, et transformé, ensuite sur les lieux d'utilisation, en un courant dont la tension et l'intensité conviennent aux usages industriels et domestiques.

2) Le courant continu ne peut être rayonné par une antenne. Et là, nous faisons encore allusion aux principes déjà exposés (1^{ère} et 7^{ème} leçons) concernant les ondes électromagnétiques, leur production dans les circuits oscillants et les émissions et réceptions par radio.

Tout le développement de la technique des transmissions par radio, dans l'état actuel de nos connaissances, repose évidemment sur les propriétés du courant alternatif qui peut être rayonné par une antenne et être reçu à très grande distance, sur toute la terre.

On comprit très rapidement que le courant alternatif constituait une source d'énergie bien plus commode que le courant continu parce qu'il pouvait être très facilement converti en courant continu — lorsque cela était nécessaire.

La conversion du courant continu en courant alternatif, bien que possible, n'est pas aussi simple.

Il ne faudrait pas se hâter de conclure, malgré ce qui précède, que le courant continu ne présente industriellement aucun intérêt. Dans certains cas, ainsi que nous le verrons il reste, sinon l'unique, du moins la plus commode des formes d'énergie: c'est ainsi que, par exemple, pour les installations mobiles (voitures, avions), le courant électrique est généralement fourni par des accumulateurs qui ont été décrits en détail dans notre 11^{ème} leçon.

INDUCTION ELECTRO - MAGNETIQUE

Le premier type d'énergie électrique connu fut donc le courant continu produit par les piles.

En 1819, le physicien danois Oersted découvrit par hasard, au cours de ses expériences, qu'une aiguille aimantée, placée dans le voisinage d'un conducteur parcouru par un courant, subissait une déviation comme sous l'effet d'un aimant. Ainsi naquit l'électro-aimant, ainsi appelé pour le distinguer de l'aimant per-

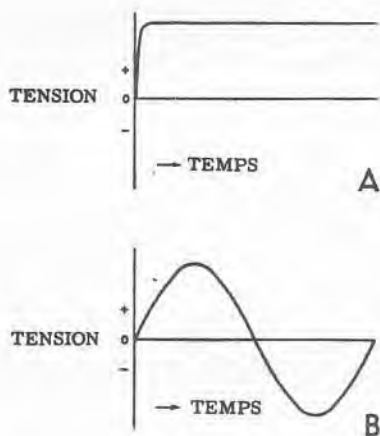


Fig. 1 - Le courant continu a une amplitude constante (A); celle du courant alternatif varie continuellement (B).

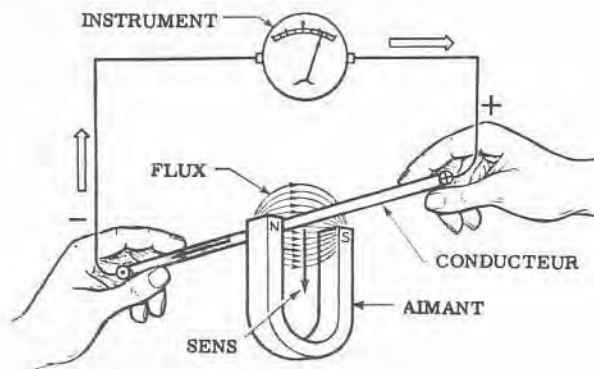


Fig. 2 - Un conducteur qui se déplace entre les pôles d'un aimant est parcouru par un courant qui change de sens lorsque le sens du déplacement change: il se produit ainsi, un courant alternatif.

manent, naturel ou artificiel. Il est important de noter que les lignes de force magnétique et le champ magnétique entourant un conducteur parcouru par un courant sont de même nature que celle engendrées par un aimant naturel.

Les phénomènes électro-magnétiques ont déjà été vus en détail dans notre 13^{ème} leçon.

La découverte d'Oersted révéla que l'électricité et le magnétisme étaient en rapport étroit puisque l'un pouvait être employé pour produire l'autre.

Toutefois, ce ne fut qu'en 1831, soit douze ans plus tard, que M. Faraday en Angleterre et G. Henry, en Amérique, purent démontrer qu'il était possible d'employer un aimant pour produire du courant électrique d'une façon pratique. Rappelons-nous ici, ce qui a déjà été dit sur le fonctionnement de la dynamo au cours de la 14^{ème} leçon.

Faraday, dans ses expériences, aujourd'hui classiques, plaçait un galvanomètre sensible aux bornes d'un enroulement de fil conducteur; en enfonçant un aimant dans la bobine, le galvanomètre montrait que celle-ci était parcourue par un courant, tandis qu'en retirant l'aimant, on produisait un courant de sens contraire.

De plus, le passage du courant ne se produisait que pendant le temps où l'aimant était en mouvement, c'est-à-dire quand les lignes de force coupaient les fils de l'enroulement. Il démontra également que le phénomène se produisait de la même manière si l'aimant était fixe et l'enroulement mobile. C'est de cette façon que fut produit, pour la première fois, le courant alternatif.

La figure 2 montre l'expérience dans le cas d'un conducteur unique et d'un aimant en fer à cheval.

GRANDEUR des F.E.M. d'INDUCTION

On trouve que la tension ou force électro-motrice (f.e.m.) produite est d'autant plus grande que le mouvement est plus rapide et que l'intensité du champ magnétique est plus élevée.

D'après ces observations, il est facile de conclure que la grandeur de la f.e.m. d'induction dépend du

nombre des lignes magnétiques coupées par le conducteur de l'enroulement dans un temps donné et que, pour augmenter la f.e.m. produite il faut, soit augmenter la vitesse du mouvement, soit le nombre des lignes de force ce qui nécessite l'emploi d'un aimant plus puissant.

Ceci peut être résumé dans la loi suivante: **la f.e.m. induite dans un conducteur en mouvement est proportionnelle au nombre des lignes magnétiques de flux coupées en une seconde par le conducteur.**

Pour exprimer la f.e.m. en volts, c'est-à-dire en unité de mesure pratique, au lieu de l'exprimer en unité du système C.G.S. (centimètre, gramme, seconde), il faut multiplier le nombre des lignes de force par le facteur 10^{-8} , comme dans la formule ci-dessous:

f.e.m. induite (en volt) = nombre de lignes coupées en une seconde $\times 10^{-8}$

Premier exemple. Supposons que l'aimant de la figure 3 produise entre ses pôles une densité de flux de 10^9 lignes par centimètre carré, que le conducteur ait une longueur d'un centimètre et qu'il se déplace dans le plan vertical, de haut en bas, à la vitesse d'un centimètre à la seconde. La tension induite dans le conducteur peut se calculer ainsi:

1) La surface balayée en une seconde par le conducteur, perpendiculairement aux lignes de force, est égale au produit de la longueur du conducteur par la hauteur du parcours, soit, dans notre cas, 1 cm^2 (c'est cette surface qui est représentée sur la figure).

Le nombre des lignes qu'elle traverse est donné par le produit de la surface multiplié par le nombre des lignes par cm^2 , soit:

$$1 \text{ cm}^2 \times \frac{10^9 \text{ lignes}}{\text{cm}^2} = 10^9 \text{ lignes}$$

ainsi donc, 10^9 lignes sont coupées par le conducteur en une seconde.

2) La tension e induite dans le conducteur est donnée par la formule:

$$e = \frac{10^9 \text{ lignes}}{\text{seconde}} \times 10^{-8} = 10 \text{ volts}$$

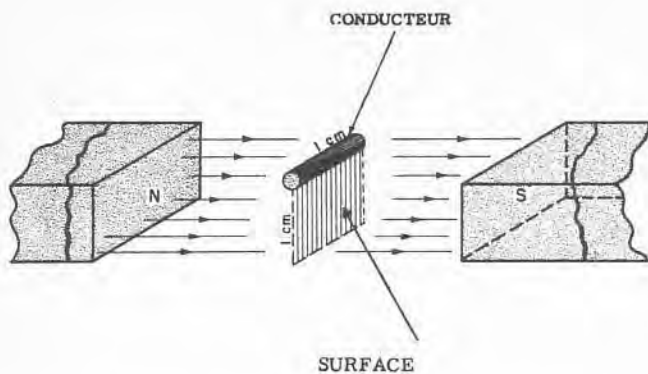


Fig. 3 - Si le conducteur, d'une longueur de 1 cm, se déplace de haut en bas à la vitesse de 1 cm à la seconde, il balaye une surface de 1 cm² qui est traversée par les lignes de forces de l'aimant.

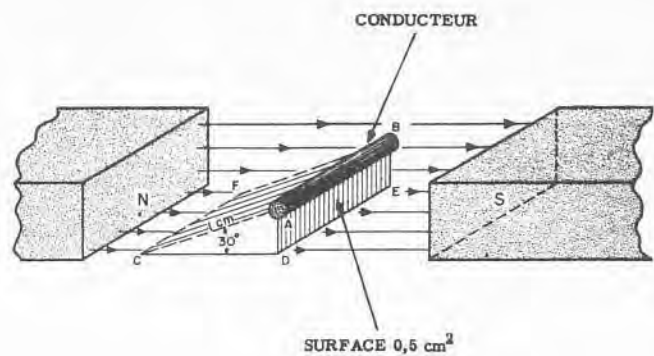


Fig. 4 - Si le conducteur se déplace en direction oblique au lieu de verticale, le nombre des lignes de force qui sont coupées est moins important: pour un angle de 30°, la surface est réduite de moitié par rapport à celle de la figure 3.

Il est mécaniquement peu commode de produire un courant alternatif en faisant mouvoir un aimant par rapport à une bobine et vice-versa, mais l'on peut déjà réaliser un générateur de courant alternatif très simple **en faisant tourner** un enroulement comportant une unique spire, dans un champ magnétique fixe: on peut, de cette façon, réaliser un mouvement continu et uniforme.

La direction de la f.e.m. se renverse lorsque la spire tourne, *puisque quand le conducteur se déplace dans une direction donnée, la tension induite a un sens, et dès qu'il se déplace en direction opposée la tension induite change de sens.*

Toutefois, avant de décrire une méthode pour déterminer la direction de la f.e.m. induite, il est nécessaire de considérer les effets produits par la rotation de la bobine sur l'amplitude de la tension. L'exemple suivant illustrera le fait qu'un conducteur en mouvement coupe un plus grand nombre de lignes magnétiques lorsqu'il se déplace perpendiculairement au champ que lorsqu'il se déplace obliquement.

Deuxième exemple. Supposons que le même conducteur (celui du premier exemple), se déplace maintenant avec la même vitesse de 1 cm à la seconde, mais dans une direction faisant un angle de 30° par rapport aux lignes magnétiques (figure 4).

Calculons la f.e.m. induite dans ce conducteur.

L'aire décrite par le conducteur en 1 seconde est indiquée sur la figure, elle est égale au produit de la longueur du conducteur par la longueur du déplacement, soit encore 1 cm².

Les lignes de force qui traversent cette surface sont coupées par le conducteur en 1 seconde, mais il est évident, en observant la figure, que le nombre des lignes qui sont coupées est inférieur à celui de l'exemple précédent (lorsque le conducteur se déplaçait perpendiculairement aux lignes de force).

Pour trouver la tension induite lorsque le déplacement se fait sous un angle de 30°, il faut calculer le nombre de lignes coupées en 1 seconde et ceci peut se faire de la façon suivante:

1) Construisons, tout d'abord, le triangle rectangle *ACD* comme le montre la figure 4.

L'hypoténuse *AC* de ce triangle a une longueur de 1 cm, puisqu'elle est constituée par le déplacement prévu pour le conducteur qui est, comme dans l'exemple précédent, égal à 1 cm.

Faisons alors appel à la trigonométrie (dont nous exposons les principes fondamentaux dans la 24ème leçon et qui seront suivis d'exposés complémentaires dans une prochaine leçon). Elle nous apprend que l'on peut calculer la longueur du côté *AD* de la manière suivante:

$$\text{Sinus } 30^\circ = AD : AC$$

Les tables trigonométriques (voir page 190) donnent, $\sin 30^\circ = 0.5$, d'où:

$$0.5 = AD : AC$$

En substituant à *AC* sa valeur qui est connue, 1 cm, nous avons:

$$0.5 = AD : 1 \text{ cm}$$

$$\text{ou, encore: } 0.5 \times 1 \text{ cm} = AD$$

$$\text{d'où } AD = 0.5 \times 1 = 0.5 \text{ cm}$$

2) Construisons, maintenant, le rectangle *ABED* de telle manière que *BE* soit parallèle à *AD*, de même longueur et que *DE* soit parallèle à *AB* (figure 4).

Nous obtenons, ainsi, un rectangle dont la longueur est de 1 cm et la largeur de 0.5 cm, donc la surface est égale à 1×0.5 , soit de 0.5 cm².

3) En examinant la figure, il apparaît évident que toutes les lignes de force traversant le carré *ABFC* sont celles qui sont passées dans le rectangle *ABED*. Il en résulte que le nombre des lignes de force coupées par le conducteur *AB*, pendant son déplacement, est égal à celui contenu dans une surface de 0.5 cm².

4) Le nombre des lignes de force qui traversent la surface *ABED* est donné par le produit de la surface en cm² par le nombre de lignes par cm², soit:

$$\frac{0.5 \text{ cm}^2 \times 10^9 \text{ lignes}}{\text{cm}^2} = 0.5 \times 10^9 = 5 \times 10^8 \text{ lignes}$$

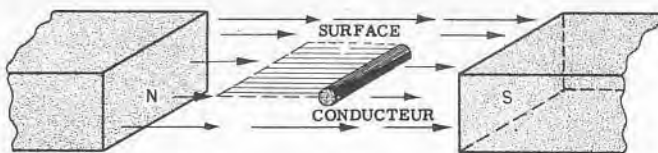


Fig. 5 - Un déplacement horizontal ne coupe aucune ligne.

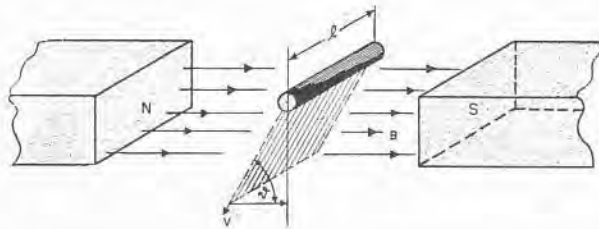


Fig. 6 - Éléments de la formule pour calculer la f.e.m. induite.

5) La tension induite dans le conducteur est donc de :

$$5 \times 10^8 \text{ lignes} \times 10^{-8} = 5 \text{ volts}$$

dans laquelle 10^{-8} est un facteur de multiplication employé pour convertir en volts la f.e.m. induite, ainsi que nous l'avons indiqué plus haut.

De ce qui précède, il résulte que la tension induite dans un conducteur se déplaçant perpendiculairement aux lignes de force est plus élevée que celle induite dans le même conducteur se déplaçant obliquement, en formant un angle de 30° avec les lignes.

En effet, observons la **figure 5**. Il est évident que si le conducteur se déplace dans une direction parallèle au champ magnétique, la surface décrite dans la direction perpendiculaire au champ est nulle (puisque toute la surface balayée par le conducteur est parallèle au champ). Cela signifie qu'aucune ligne de force n'est coupée et que, par conséquent, aucune tension n'est induite dans ce conducteur.

Nous pouvons établir une formule générale, englobant tous les phénomènes décrits jusqu'ici, et permettant de calculer l'amplitude de la f.e.m. induite dans un conducteur ayant une longueur l , se déplaçant avec une vitesse v dans une direction formant un angle δ avec celle des lignes de force.

La densité de flux du champ magnétique dans lequel se déplace le conducteur a une valeur B correspondant au nombre des lignes de force par cm^2 .

La **figure 6** montre tous les paramètres de la formule.

$$e = B \times l \times v \times \sin \delta \times 10^{-8}$$

dans laquelle :

e = f.e.m. induite en volts.

B = densité du flux en lignes par cm^2 .

l = longueur du conducteur en cm.

v = vitesse du conducteur en cm.

$\sin \delta$ = sinus de l'angle formé entre la direction du déplacement du conducteur et celle des lignes de force. (*)

* Voir la table trigonométrique page 192.

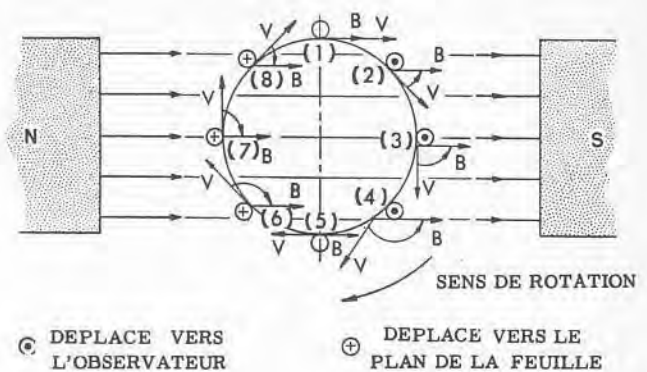


Fig. 7 - Si le conducteur tourne dans un champ magnétique constant, l'amplitude de la f.e.m. induite varie selon l'angle formé par la direction du mouvement et des lignes de force. Le courant se dirige vers l'observateur lorsque le conducteur occupe les positions allant de (1) à (5), en sens inverse pour les positions (5) à (1).

En reprenant ce qui a été dit sur l'amplitude de la f.e.m. induite dans un conducteur tournant dans un champ magnétique, il est possible d'en tirer les conclusions suivantes.

1) la f.e.m. induite a une valeur maximum lorsque le conducteur coupe les lignes magnétiques à 90° ($\sin 90^\circ = 1$).

2) la f.e.m. induite est égale à zéro quand le conducteur se déplace dans une direction parallèle à celle des lignes ($\sin 0^\circ = 0$).

3) si le conducteur se déplace dans une direction qui n'est ni perpendiculaire ni parallèle à celle des lignes de force, la f.e.m. induite dépend de l'orientation de l'angle que la direction du mouvement (dit vecteur de vitesse) du conducteur forme avec les lignes magnétiques; la **figure 7** représente cet angle pour huit positions prises pendant un tour.

4) toute augmentation, soit de l'intensité du champ magnétique, soit de la longueur du conducteur, soit, encore, de sa vitesse de déplacement, entraînera une augmentation de la valeur de la f.e.m. induite.

Le sens de la f.e.m. induite dans un conducteur peut être déterminé au moyen de règles très simples; l'une d'entre elles, parmi les plus connues, est la suivante.

Si l'on place le pouce, l'index et le médium de la main droite à angles droits entre eux, de telle sorte que le pouce indique la direction du déplacement du conducteur et l'index la direction du champ magnétique, le médium indiquera le sens de la f.e.m. induite, c'est-à-dire la direction du champ magnétique. Le médium indiquera le sens de la f.e.m. induite, c'est-à-dire la direction du pôle positif. Cette règle s'appelle « règle de la main de Fleming ».

Sur la **figure 7** on peut observer le sens de la f.e.m. induite dans la section transversale d'un conducteur tournant dans un champ magnétique, dans diverses positions de ce conducteur. La vitesse et la densité de flux sont indiquées, dans chaque position, par des vecteurs et la flèche courbe montre la rotation du vecteur V par rapport au vecteur B .

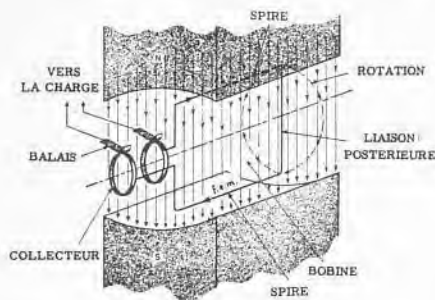


Fig. 8 - La spire tournante, qui représente une bobine dont les extrémités sont reliées à deux anneaux de contact avec les balais, est le siège d'un courant alternatif.

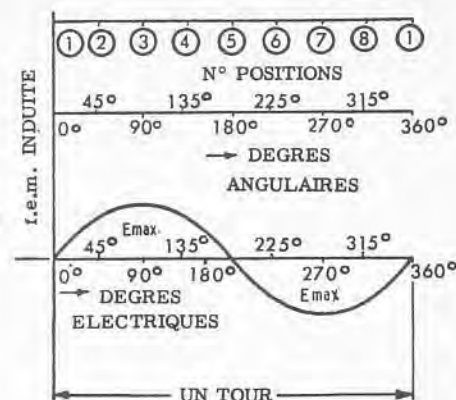
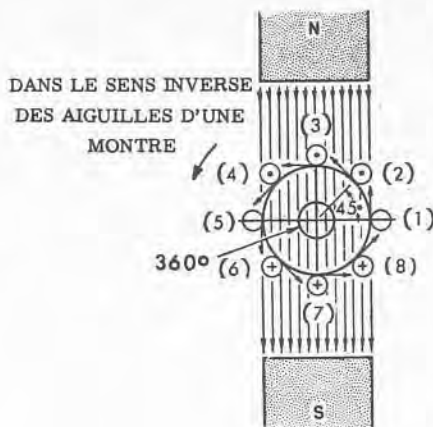


Fig. 9 - Variation de l'amplitude d'une f.e.m. induite dans un conducteur tournant dans le sens inverse de celui des aiguilles d'une montre entre deux pôles d'un aimant. Les positions sont indiquées en degrés.

Il est important de noter que dans les positions de la partie droite de la figure (côté du pôle Sud) les f.e.m. induites sont toutes en direction du plan de la feuille de papier, tandis que dans la partie gauche (côté du pôle Nord), des f.e.m. induites sont toutes en direction de l'observateur.

Dans les positions 1 et 5, le conducteur se déplace parallèlement au champ et la f.e.m. produite est nulle; par conséquent aucune direction n'est indiquée.

La figure 8 donne une idée plus complète de ce qui vient d'être expliqué sur la figure 7.

De cette nouvelle représentation nous pouvons mieux nous rendre compte comment un ensemble de ce genre peut constituer un véritable générateur de courant alternatif qui, dans le cas présent ne comporte que deux pôles, mais peut avoir, comme nous le verrons plus loin, quatre pôles et plus.

Le lecteur a déjà pu se familiariser avec les notions de cycle et de période au cours de nos leçons sur les oscillations; il convient maintenant, d'appliquer ces mêmes notions aux phénomènes examinés ici.

Le mot cycle, par lui-même, indique une rotation et si nous prenons un point de départ quelconque pour la spire ou le conducteur, nous pouvons considérer comme cycle le parcours effectué par ce point pour revenir à son origine, après avoir décrit la circonférence entière.

Si nous considérons alors, l'effet du champ magnétique sur le conducteur qui en tournant, décrit cette circonférence, nous voyons que la f.e.m. induite prend diverses valeurs comprises entre zéro — aux deux points où le mouvement est parallèle aux lignes de force — et un maximum — lorsque le mouvement est perpendiculaire.

En partant, par exemple, du point (1) (figure 9) et en tournant vers la gauche, nous notons que la f.e.m. induite à une valeur 0 (nulle) en ce point, atteint sa valeur maximum au point (3), retombe à 0 au point (5), atteint de nouveau son maximum (négatif) au point (7) et retombe à 0 au point (1).

La figure 9 illustre graphiquement le déroulement

de ce processus en mettant en évidence par la même occasion l'allure régulière de la courbe de la tension produite pendant une rotation complète à vitesse constante.

Puisqu'une rotation complète a un angle de 360° , il est facile de déduire que les différents points de la courbe peuvent être individualisés en indiquant l'angle de rotation à partir du point d'origine.

La courbe reproduisant les variations de la tension s'appelle une **sinusoïde**, elle représente un cycle complet ou périodique. La ligne horizontale sur laquelle sont indiquées les valeurs des angles de rotation (en degrés) et qui correspond aux points pour lesquels la f.e.m. est égale à zéro, s'appelle *l'axe de la sinusoïde*.

Cet axe divise le cycle en deux parties égales, la partie supérieure étant considérée positive et celle inférieure, négative. Ces deux moitiés de sinusoïde s'appellent, comme nous le savons déjà *demi-période* ou *demi-onde*, chacune correspondant à un demi-rotation complète.

Tout ce qui précède concerne le fonctionnement d'un générateur à deux pôles et permet de tirer les conclusions suivantes:

1) la f.e.m. induite dans une bobine qui tourne dans un champ magnétique est une f.e.m. alternative qui varie comme le sens de l'angle de rotation; on l'appelle *tension sinusoïdale*.

2) la f.e.m. est égale à zéro quand chacun des côtés de l'enroulement se trouve au centre de l'espace compris entre les deux pôles.

3) la f.e.m. est maximum lorsque chacun des côtés de l'enroulement se trouve près du centre d'un pôle.

4) la polarité de la tension induite dans le côté près du pôle Nord est opposée à celle induite dans le côté situé près du pôle Sud. De ce fait, les tensions s'ajoutent entre elles et la valeur totale est égale au double de celle produite sur un seul côté.

5) quand l'enroulement a accompli un tour complet, la f.e.m. induite a elle-même, accompli un cycle électrique.

Nous venons de dire que la rotation complète d'un

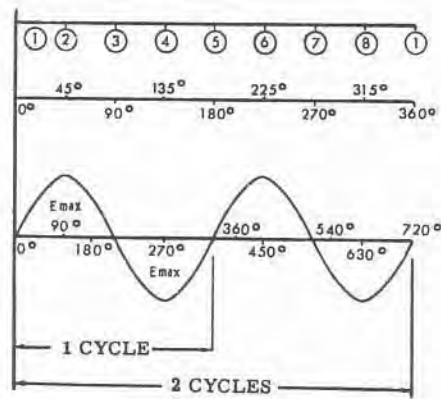
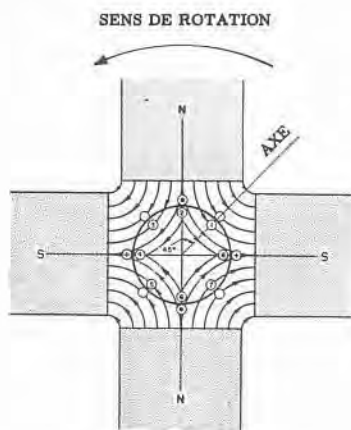


Fig. 10 - Si les pôles sont au nombre de quatre au lieu de deux, on a, dans un tour de 360°, deux cycles complets de la f.e.m. induite au lieu d'un.

enroulement de générateur correspond à un cycle électrique; si cet enroulement fait un seul tour pendant une seconde, la fréquence de la f.e.m. alternative est d'un cycle par seconde; 10 tours à la seconde donneront une fréquence de 10 cycles par seconde, ce qui nous permet de conclure que la fréquence n'est autre que le nombre de cycles par seconde.

En 10 tours, l'enroulement décrit 10 fois 360°, soit 3 600° par seconde; ces degrés mécaniques correspondent aux degrés électriques en ce qui concerne la tension induite. Nous pouvons donc en déduire que, dans un générateur à deux pôles, un degré de la rotation équivaut à un degré électrique.

Si le générateur comporte 4 pôles au lieu des 2 considérés jusqu'à présent, n'importe quel point de la circonférence décrite au cours de la rotation se trouvera 4 fois dans la position correspondant à la f.e.m. = 0, et 4 fois dans la position où la f.e.m. atteindra la valeur maximum: dans ce cas, chaque rotation détermine deux cycles complets.

En d'autres termes, si la fréquence de rotation (mécanique) est de 10 tours à la seconde, la f.e.m. induite aura une fréquence de 20 cycles par seconde (figure 10).

Il est évident que pour un générateur à 6 pôles, un degré de rotation équivaudra à 3 degrés électriques et que, pour un générateur à 8 pôles, le rapport sera 1 à 4.

Il s'ensuit que pour convertir les degrés de rotation (mécanique) en degrés électriques, on devra multiplier les premiers par la moitié du nombre des pôles, soit 1 degré mécanique = $P/2$ degrés électriques.

On en déduit, également, que la f.e.m. induite aura une fréquence de $P/2$ cycles pour chaque rotation complète.

Généralement, le nombre de tours qu'effectue un générateur est exprimé en *tr/mm* (tours par minute) (en anglais, *rpm* = round per minute) et si une bobine fait N tours par minute, cette valeur est égale à $N/60$ tours par seconde, donc le nombre de cycles par seconde d'une f.e.m. induite sera égale à $N/60$ fois $P/2$.

Du moment que le nombre des tours détermine, avec le nombre de pôles, la fréquence (f) du générateur, on a:

$$f = \frac{P \times N}{2 \times 60} = \frac{P \times N}{120} \text{ cycles par seconde}$$

dans laquelle: f = fréquence de la tension produite,

P = nombre de pôles N = tours à la minute.

Il faut que le lecteur sache que les principes concernant les courants alternatifs — énoncés ci-dessus et dans les pages suivantes — sont valables quel que soit le type de générateur. Nous voulons dire, par là, que le courant alternatif n'est pas produit exclusivement par des générateurs rotatifs, tels que ceux décrits plus haut.

En radio, spécialement, le courant alternatif utilisé est d'une fréquence bien plus grande que celle produite par les générateurs rotatifs. On le produit, alors, au moyens de circuits oscillants électriques utilisant un élément bien connu: la lampe thermoïonique. En attendant de commencer leur étude, il convient de retenir, dès à présent, que le terme *générateur* peut également désigner un oscillateur à haute fréquence.

VALEUR INSTANTANÉE et VALEUR de CRETE

La valeur instantanée d'une onde de tension sinusoïdale est la valeur de la f.e.m. produite à chaque instant.

Il faut savoir que toutes les valeurs instantanées des tensions ou des courants alternatifs, sont généralement indiquées par des lettres minuscules, tandis que toutes les valeurs moyennes, efficaces et maximum, sont indiquées par des lettres majuscules; cette différence de notation est mise en évidence dans la figure 11.

0° la valeur instantanée e de la f.e.m. est 0, entre 0 et 90°, la valeur de e augmente depuis 0 jusqu'à un maximum, à 90° elle atteint sa plus grande valeur et est égale à la tension de crête E (maximum) qui s'écrit $E_{\max}$.

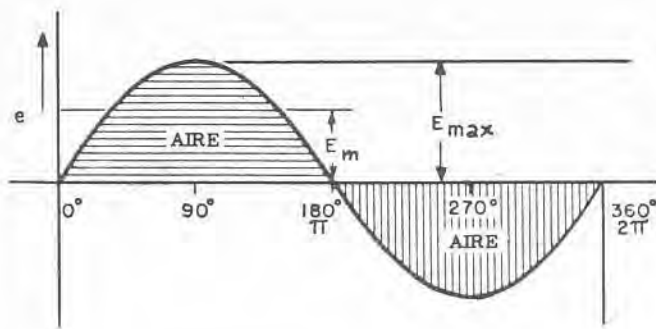


Fig. 11 - Cycle complet d'une onde de tension alternative en mouvement parfaitement sinusoïdale. Dans la représentation d'un courant alternatif, on indique en lettres majuscules les valeurs « moyennes », « efficaces » et « maxima »; en lettres minuscules, les valeurs « instantanées ».

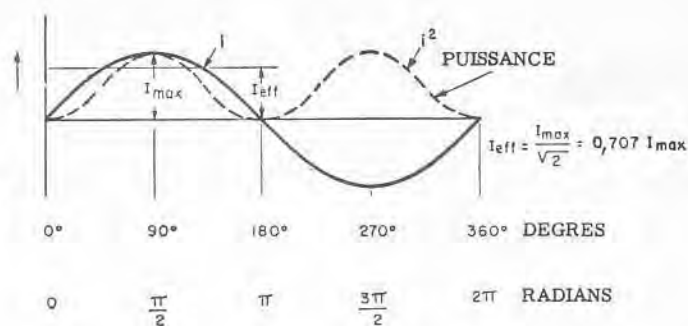


Fig. 12 - La puissance dissipée, dans un circuit électrique, par un courant alternatif peut être représentée par une courbe qui reste toujours positive (ligne en trait) même lorsque le sens du courant est négatif.

Entre 90° et 180°, cette valeur redescend du maximum à 0.

Dans la demi-alternance suivante, elle augmente et diminue de la même façon mais en sens opposé; la tension instantanée de crête $E_{\max}$ peut donc être définie comme étant la tension instantanée maximum, laquelle peut être aussi bien positive que négative.

Dans une tension rigoureusement sinusoïdale, la crête négative est identique à celle positive, mais les deux valeurs sont de signes contraires.

VALEUR MOYENNE

La valeur moyenne d'une tension, ou d'une intensité, dans un cycle complet est égale à zéro, puisque la demi-alternance négative est de valeur égale et de signe opposé à celle positive (figure 11).

Toutefois, l'expression « valeur moyenne » — quand elle est appliquée à une tension ou un courant alternatif — se rapporte seulement à la valeur moyenne d'une seule demi-alternance (demi-onde), la positive ou la négative, et, étant donné que les deux formes géométriques sont identiques, les surfaces circonscrites le sont également.

La valeur moyenne d'une fonction sinusoïdale est définie comme étant le rapport entre la surface circonscrite par une demi-alternance et sa base. La base d'une demi-alternance est de 180°, c'est-à-dire qu'elle équivaut à une longueur de π radians.

Pour calculer facilement la surface d'une telle figure géométrique, on doit la diviser en une série de petits rectangles dont on calculera les surfaces; leur somme donnera, avec une assez grande approximation, la surface totale de la demi-alternance (voir la figure 11).

On trouve, ainsi, que la surface d'une demi-sinusoïde est égale à $2 E_{\max}$, $E_{\max}$ étant la valeur maximum de la tension.

De même on trouve que cette surface est égale à $2 I_{\max}$ dans lequel $I_{\max}$ est la valeur maximum de l'intensité du courant.

La valeur moyenne peut donc être déterminée par la formule suivante:

$$\begin{aligned} \text{Tension moyenne} &= \frac{2 E_{\max} (\text{surface de la demi-période})}{\pi (\text{longueur de la base})} \\ &= \frac{E_{\max}}{\frac{\pi}{2}} = 0,637 \times E_{\max} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Intensité moyenne} &= \frac{2 I_{\max} (\text{surface de la demi-pér.})}{(\text{longueur de la base})} \\ &= \frac{I_{\max}}{\frac{\pi}{2}} = 0,637 \times I_{\max} \end{aligned}$$

VALEUR EFFICACE

Puissance instantanée - Au cours de l'étude du courant continu, nous avons vu que la puissance dissipée en chaleur dans une résistance R est égale au carré de l'intensité multiplié par la résistance, c'est-à-dire à $I^2 \times R$.

Dans le cas où la résistance est parcourue par un courant alternatif, la puissance dissipée n'est pas constante tout au long du cycle, puisque l'intensité du courant varie de zéro jusqu'à un maximum; toutefois, la puissance absorbée à chaque instant est égale au carré du courant instantané i , multiplié par la résistance, soit $i^2 \times R$.

Il convient de noter, dès à présent, que i^2 est toujours positif bien que i puisse avoir une valeur négative, puisque le carré d'un nombre négatif est toujours positif et plus grand que zéro.

Puissance équivalente - De ce qui précède, il résulte que, dans un temps donné (une demi-période, par exemple), une certaine quantité d'énergie est fournie à la résistance sous forme de chaleur et on peut facilement établir qu'une certaine intensité de courant continu traversant la même résistance, pendant le même

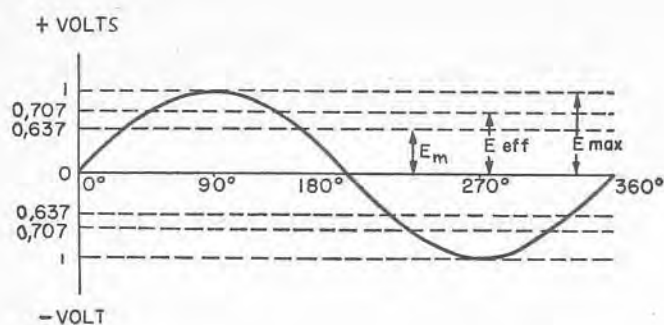


Fig. 13 - Représentation graphique des relations existant entre les valeurs « moyennes », « efficaces » et « maxima » d'un courant alternatif. Notons que les valeurs numériques montrant les ordonnées relatives aux positions sur la courbe au-dessus de l'axe même des abscisses (axe de temps), sont positives. Celles correspondant aux ordonnées de la courbe au-dessous de l'axe des abscisses sont négatives.

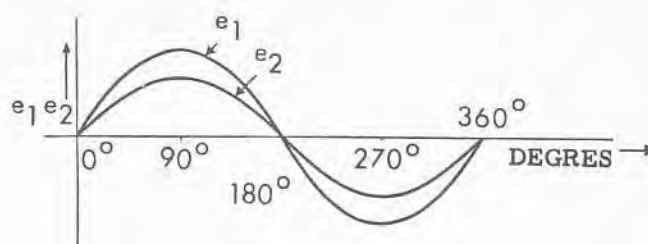


Fig. 14 - Représentation de deux tensions alternatives (e_1) et (e_2) d'égale fréquence mais d'amplitudes différentes, en phase entre elles. Comme on peut le voir, les maxima et les minima coïncident toujours dans le temps (en degrés). Autrement dit, les deux tensions alternatives, indépendamment de leur module, augmentent, diminuent et inversent leur direction en même temps sans aucun retard.

temps, produit une dissipation de chaleur identique à celle produite par le courant alternatif.

Cette intensité du courant continu est définie comme étant la valeur de l'intensité efficace du courant alternatif.

L'intensité efficace correspond à la surface d'une demi-période i^2 divisée par π , c'est-à-dire à la racine carrée de la valeur moyenne de i^2 , appelée valeur efficace (en anglais « rsm » = root mean square).

La figure 12 représente la courbe de i^2 ; comme nous l'avons dit plus haut, toutes les demi-alternances sont positives.

Pour calculer la valeur efficace de l'intensité, il faut procéder de la même manière que pour trouver la valeur moyenne. L'intensité efficace est donc égale à la tension de crête $E_{\max}$ divisée par la racine carrée de 2.

La valeur efficace peut donc être exprimée par les formules ci-dessous :

$$\text{Intensité efficace} = \frac{I_{\max}}{\sqrt{2}} = \frac{I_{\max}}{1,414} = 0,707 I_{\max}$$

$$\text{Tension efficace} = \frac{E_{\max}}{\sqrt{2}} = \frac{E_{\max}}{1,414} = 0,707 E_{\max}$$

On remarquera que les intensités ou les tensions indiquées par les instruments de mesure classiques pour courants alternatifs sont normalement les valeurs efficaces.

Exemple n. 1. La tension mesurée à une prise de courant électrique est de 125 volts : c'est la valeur efficace. Quelles sont les tensions de crête et la tension moyenne ?

$$E_{\text{eff}} = 125 \text{ volts} \quad E_{\text{eff}} = E_{\max} \times 0,707$$

$$125 = E_{\max} \times 0,707 \text{ d'où } E_{\max} = 125 : 0,707 = 176,8 \text{ V}$$

De même :

$$E_{\text{moy}} = E_{\max} \times 0,637 \quad E_{\text{moy}} = 176,8 \times 0,637$$

$$E_{\text{moy}} = 112,62 \text{ volts.}$$

Exemple n. 2. Un appareil électrique à résistance consomme un courant d'une intensité de 4 ampères (valeur efficace). Quelles seront l'intensité maximum

et l'intensité moyenne ?

$$I_{\text{eff}} = 4 \text{ ampères} \quad I_{\text{eff}} = I_{\max} \times 0,707$$

$$4 = I_{\max} \times 0,707 \quad \text{d'où } I_{\max} = 4 : 0,707 = 5,65 \text{ A}$$

De même

$$I_{\text{moy}} = I_{\max} \times 0,637 \quad I_{\text{moy}} = 5,65 \times 0,637$$

$$I_{\text{moy}} = 3,59 \text{ ampères (intensité moyenne)}$$

Dans les exemples précédents, on peut remarquer que la tension de crête et l'intensité maximum dans un circuit électrique, sont notablement plus grandes que les valeurs moyennes de tension ou d'intensité. C'est pour cette raison que les circuits doivent être étudiés pour être en mesure de supporter ces valeurs, bien qu'il ne s'agisse que de valeurs instantanées atteintes seulement deux fois par période.

FORMULES de CONVERSION

Dans la 24^{ème} leçon sont groupées toutes les formules se rapportant aux sujets traités dans les deux autres leçons (conformément à notre habitude). Le lecteur trouvera donc, à la page 187, toutes les formules résumant nos exposés des pages précédentes et donnant un moyen rapide pour convertir une valeur en une autre.

La figure 13 représente, d'une manière graphique, les relations existant entre ces valeurs.

LE TEMPS

Ainsi que nous l'avons expliqué lors de l'étude de l'onde sinusoïdale, le temps pendant lequel se développe un cycle de courant ou de tension alternatif est généralement exprimé en degrés électriques.

On dit, ainsi, que 90° correspondent à un quart de cycle et représentent un laps de temps dépendant de la fréquence de la tension, c'est-à-dire du nombre de cycle complet. Si la tension considérée a une fréquence de 50 cycles, un cycle complet se produit pendant un temps égal à un cinquantième de seconde. Donc 90° — c'est-à-dire 1/4 de cycle — représentent le 1/4 de la cinquantième partie d'un seconde soit 1/200^{ème} de seconde.

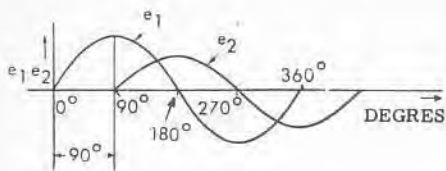


Fig. 15 - Représentation de deux tensions alternatives de même fréquence, d'amplitudes différentes, déphasées de 90°. « e1 » en effet est en avance de 90° sur « e2 ».

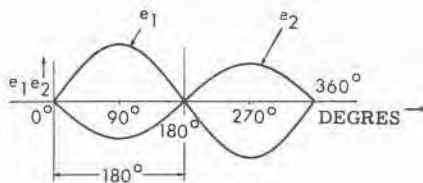


Fig. 16 - Représentation de deux tensions alternatives de même fréquence, d'amplitudes différentes, déphasées de 180°. A une crête positive de la première correspond une crête négative de la seconde et inversement.

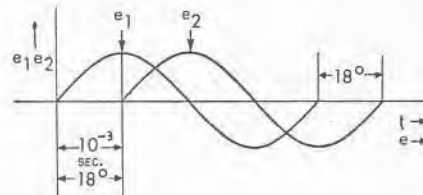


Fig. 17 - Les deux tensions alternatives de fréquence 50 hertz, produites par deux générateurs, sont déphasées de 18° si l'un de ces générateurs entre en fonction un millièmme de seconde avant l'autre.

On dit, également, que la phase de cette tension est de 90°, soit d'un deux centième de seconde. On appelle donc phase, la différence, dans le temps, entre n'importe quel point du cycle et le début du cycle lui-même.

Le début du cycle correspond normalement au point dont l'amplitude est égale à zéro, dans la direction positive.

La notion de phase, bien qu'elle soit peu employée lorsqu'on ne considère qu'une seule tension, est d'une grande importance pratique lorsque deux, ou plusieurs, tensions ou courants alternatifs sont, présents dans un même circuit il est nécessaire de préciser à chaque instant leurs positions relatives dans le temps.

Avance et retard - Si deux générateurs de courant alternatif à 50 c/s son mis simultanément en fonctionnement et sont reliés à un même circuit, les deux tensions variables augmenteront et diminueront, et inverseront leurs sens, en même temps: on dit dans ce cas, que les deux tensions **sont en phase** (figure 14).

Si, par contre, un des générateurs démarre 1/200 de seconde après l'autre, les deux tensions ne varieront pas simultanément, mais, au contraire, avec un intervalle de temps bien défini qui peut être exprimé en degrés puisqu'il s'agit d'une fraction de cycle. On dit, dans ce cas, que les deux tensions provenant des générateurs sont **déphasées** et que la première est en avance sur la seconde (ou encore, que la seconde est en retard sur la première), d'un nombre de degrés qui exprime la différence de temps, soit 90°.

La figure 15 illustre ce phénomène et montre comment la tension e2 est en retard sur e1, du fait que le point de départ de la première est 90° à droite de la seconde. Dans l'intervalle de temps compris entre 180° et 270°, e2 est positive et e1 est négative.

On notera que l'axe X — appelé axe des temps — va de gauche à droite, de telle sorte que chacun des points se trouvant à la droite d'un autre est en retard par rapport à ce dernier.

La figure 16 donne un exemple de deux tensions déphasées de 180° l'une par rapport à l'autre: elles atteignent bien, en même temps, les valeurs 0 et ma-

ximum, mais e1 est en direction opposée à e2; elles sont toujours de signes contraires et quand l'une est positive, l'autre est négative.

Si ces deux tensions sont d'amplitude égale et passent dans le même circuit, leur résultante est égale à zéro car les deux tensions s'annulent réciproquement. Par contre, si elles sont en phase (comme le montre la figure 14), la tension résultante est égale à la somme des deux tensions.

Pour des déphasages inférieurs à 180°, la tension résultante est la somme vectorielle des deux tensions.

Différence de phase - Il est important de remarquer que, lorsque la différence de phase entre les points de départ des deux tensions citées plus haut correspond à un cinquantième de seconde, c'est-à-dire à un cycle, les deux tensions **restent en phase**.

De ce fait, une différence de 1 cycle 1/4, par exemple, peut être indiquée comme une différence de la seule fraction de cycle, c'est-à-dire 1/4 de cycle, soit 90°. Il s'ensuit que si la différence de temps est un nombre entier, multiple de 1 cycle, les tensions sont en phase, tandis que dans tous les autres cas la différence de temps est simplement indiquée par la partie fractionnaire d'un cycle.

En outre, la différence de phase est notée couramment de 0 à 180° car, en effet, n'importe quel angle supérieur à 180°, par exemple 210° d'avance pour le premier générateur, peut être converti en une différence de 150° de retard pour le second, la somme de ces deux valeurs étant bien égale à 360°.

Angle de phase - Le temps de retard, e2 supposons (t° secondes), peut être converti en un angle de retard exprimé en degrés électriques au moyen de l'équation suivante:

$$\text{Degrés électriques} = t \text{ (secondes)} \times \text{fréquence} \times 360^\circ$$

Par exemple, si deux générateurs à 50 c/s sont mis en service avec une différence de 1 milliseconde, leur déphasage est égal à 10^{-3} seconde, et leur déphasage électrique est égal à 10^{-3} fois, 50 fois 360°, soit 18°.

On peut donc dire que le second générateur est en retard de 18° sur le premier (figure 17).

Leçon n° 23

MESURES DES COURANTS ALTERNATIFS

AMPEREMETRES et VOLTMETRES pour C.A.

Pour faire des mesures en courants alternatifs de fréquences peu élevées on emploie couramment trois types d'instruments: les instruments à *fer mobile*, qui peuvent mesurer aussi bien les courants continus que les courants alternatifs, mais qui ont peu de sensibilité; les instruments à *cadre mobile* pourvus d'un redresseur à oxyde de cuivre (ce redresseur ayant pour objet de convertir le courant alternatif en un courant continu pouvant être mesuré par un instrument sensible à cadre mobile) et les *voltmètres électroniques*, ou voltmètres à lampe, qui seront étudiés, plus tard, d'une manière détaillée.

Avant de passer en revue les deux premiers types d'instruments que nous venons de citer, nous résumerons brièvement ce qui a été dit sur les courants alternatifs, ceci dans le but de comprendre plus facilement comment on peut les mesurer.

Nous avons déjà appris ce qu'est le courant alternatif, comment il se comporte, dans quelles conditions on peut le produire, etc...

Nous savons que le courant alternatif circule périodiquement, d'abord dans un sens, puis dans l'autre, comme le montre la **figure 1**. Le temps pendant lequel son amplitude passe de 0 à un maximum positif, revenant à zéro pour atteindre un maximum négatif et retournant à zéro, correspond au temps d'un cycle ou d'un hertz.

On sait aussi, que la partie du cycle pendant laquelle le courant circule dans le même sens (voir figure) est appelée « alternance », « demi-période » ou « demi-onde », et que la fréquence n'est autre que le nombre de cycles/seconde: on sait qu'un courant alternatif peut avoir une fréquence quelconque.

La représentation graphique d'un courant ou d'une tension variant en fonction du temps est appelée « forme d'onde ».

La **figure 2** montre les variations d'amplitude et le sens à chaque instant. Il existe des formes d'onde diverses, en dehors de la forme sinusoïdale qui est la seule que nous ayons étudié jusqu'à présent; ce sont les formes d'onde en dents de scie, rectangulaires etc.

Valeur efficace d'une onde sinusoïdale

La valeur moyenne, arithmétique, d'une période complète d'une onde sinusoïdale est égale à zéro, puisque les deux demi-périodes qui la composent sont égales

et de signes contraires. Mis gratuitement en ligne par Alain et André.

Les termes « positif » et « négatif » sont un moyen commode pour indiquer que le courant change de sens; toutefois, il est bon de se rappeler que, du point de vue du fonctionnement des circuits, le courant passe pendant les deux demi-périodes et accomplit la même quantité de travail dans chacune d'elles.

Si un courant a une forme sinusoïdale, son amplitude varie constamment pendant chaque alternance.

Le problème des mesures en courant alternatif se ramène à ceci: les unités fondamentales des mesures électriques, c'est-à-dire le volt et l'ampère, sont basées sur le courant continu; il faut donc chercher comment on peut comparer les valeurs de tensions et des intensités des courants alternatifs à celle mesurées en c.c.

Tout d'abord, il apparaît évident que l'on ne peut prendre en considération, pour cela, les valeurs de crête, car celles-ci ne durent qu'un bref instant au cours de chaque alternance.

Ainsi, pour déterminer un rapport bien défini entre courant continu et courant alternatif, on a étudié les effets thermiques produits par ces deux courants.

On a constaté alors, qu'une tension ou une intensité égale à 0,707 fois la valeur de crête d'un courant alternatif, produit le même effet thermique, dans une résistance donnée: en d'autres termes, on peut dire qu'un courant alternatif produit un effet thermique (dégagement de chaleur) égal à celui que produit un courant continu ayant une valeur correspondante à 0,707 de celle du courant alternatif (crête).

Tout ceci a été étudié et illustré dans la leçon précédente et il a été démontré, également, comment le coefficient 0,707 dérive de la racine carrée de 2. Toutefois, il ne sera pas inutile de donner encore quelques exemples faciles d'applications de cette formule de conversion car, si elle est présente à notre esprit, la compréhension du fonctionnement des instruments de mesure en alternatif s'en trouvera facilitée.

Supposons, par exemple, qu'un circuit est parcouru par un courant sinusoïdal dont l'intensité de pointe est de 5 ampères: un tel courant, nous le savons, produit un dégagement de chaleur égal à celui que produirait un courant continu d'une intensité de $5 \times 0,707 = 3,535$ ampères.

La valeur de crête, ou valeur maximum, multipliée par le facteur de conversion 0,707, s'appelle **valeur efficace**; en conséquence, 3,535 ampères est la valeur efficace d'un courant ayant une valeur de crête de 5 ampères.

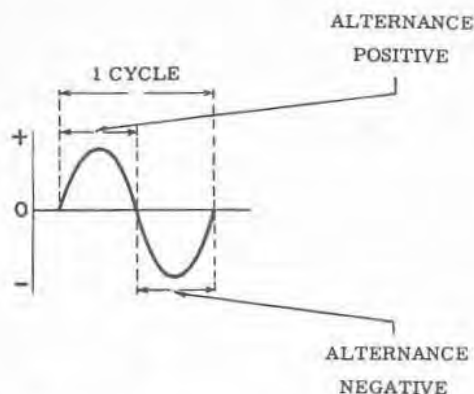


Fig. 1 - Représentation de l'allure caractéristique d'un courant alternatif avec son inversion de polarité pendant un cycle (deux alternances). La forme d'onde, c'est-à-dire la variation dans le temps est, sinusoïdale dans ce cas.

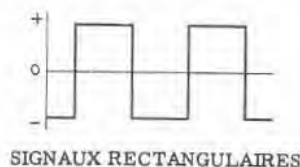
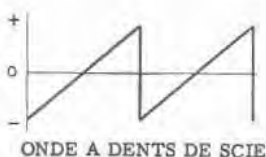


Fig. 2 - Un courant alternatif n'est pas toujours de forme sinusoïdale. En électronique on rencontre fréquemment des courants en dents de scie ou de forme rectangulaire, tels que ceux représentés sur cette figure. L'augmentation ou la diminution de l'amplitude de ces courants suivent des lois différentes.

$$I_{\text{eff}} = 0,707 I_{\text{max}}$$

$$I_{\text{max}} = \frac{I_{\text{eff}}}{0,707} = 1,414 I_{\text{eff}}$$

L'effet thermique d'un courant est dû à la fonction de la puissance dissipée donnée par la formule $P = I^2 R$ qui permet de calculer, la puissance dissipée en chaleur dans une résistance. Cette quantité de chaleur varie comme le carré de l'intensité et elle est maximum quand l'onde sinusoïdale atteint sa valeur de crête.

Pour trouver la quantité de chaleur dissipée pendant une période du courant, on doit élever au carré chacune des valeurs instantanées du courant. On trouve ainsi une valeur moyenne de ces valeurs, dont on extrait, ensuite, la racine carrée: celle-ci donne la valeur efficace et correspond à 0,707 fois la valeur de crête.

Les instruments de mesure pour un courant alternatif sont étalonnés de façon à indiquer la valeur efficace de la tension ou du courant dont on mesure respectivement l'amplitude ou l'intensité. Si, par exemple, un instrument indique un courant de 70,7 mA, cela veut dire que l'on mesure un courant alternatif dont la valeur de crête est de 100 milliampères.

Nous devons également mentionner deux autres valeurs, bien connues, concernant le courant sinusoïdal: **la valeur moyenne** et **le facteur de forme**. En faisant la moyenne des valeurs instantanées de la tension pendant une alternance, nous avons déjà vu que:

$$E_{\text{moy}} = 0,637 E_{\text{max}}$$

La valeur efficace est évidemment plus élevée que la valeur moyenne puisque:

$$E_{\text{eff}} : E_{\text{moy}} = 0,707 : 0,637 = 1,11$$

Le **facteur 1,11** — appelé **facteur de forme** d'un courant sinusoïdal — est donc le rapport entre la tension moyenne et la tension efficace.

On retiendra que les valeurs efficaces et moyennes dont nous venons de parler ne concernent que les courants et les tensions sinusoïdales.

INSTRUMENT À FER MOBILE

Les seuls types d'instruments à fer mobile encore employés de nos jours sont ceux à ailettes — ou palettes

— mobiles qui, bien que pouvant mesurer aussi bien le courant continu que le courant alternatif, ne sont généralement utilisés que pour les mesures en alternatif car, nous l'avons vu, des instruments plus sensibles et plus précis existent pour le courant continu.

Les instruments à fer mobile sont principalement employés pour la mesure des tensions et des intensités des courants alternatifs de fréquences peu élevées, c'est-à-dire des « courants industriels ».

Nous avons étudié, au cours de la 17^{ème} leçon, le principe de fonctionnement de ce type d'instrument; nous donnerons ici, quelques précisions supplémentaires pour compléter, le sujet. Répétons encore que ces instruments à fer mobile sont très peu employés en électronique.

L'équipement mobile est conçu suivant un principe déjà exposé, c'est-à-dire que deux ailettes de fer doux se repoussent mutuellement lorsqu'elles sont aimantées avec la même polarité.

Elles sont placées à l'intérieur d'une bobine qui joue le rôle d'un électro-aimant quand elle est parcourue par un courant. Les lignes de force partent du pôle Nord de l'enroulement, se recourbent vers l'extérieur de la bobine, diverses lignes de force passent à travers des ailettes de fer, car celles-ci ont une réluctance plus faible que celle de l'air; sous l'action de ce champ magnétique dense, les deux ailettes se repoussent mutuellement.

Si le sens du courant que l'on mesure, et qui aimante les ailettes, change pendant la seconde alternance, le phénomène de répulsion subsiste car, la polarité magnétique du champ et des ailettes de fer doux changeant également de sens, ces dernières continuent à se repousser.

Ce principe est utilisé dans les instruments à ailettes radiales comme dans ceux à ailettes concentriques. La différence entre ces deux types a été montrée dans notre 17^{ème} leçon; nous y revenons ici, pour donner quelques explications complémentaires.

Dans les deux types nous trouvons des ressorts de rappel qui présentent une opposition, judicieusement

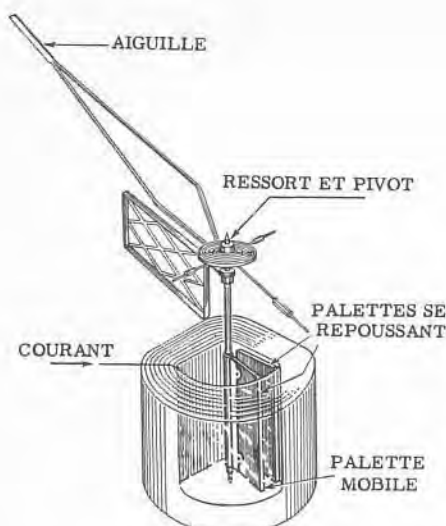


Fig. 3 - Instrument de mesure à fer mobile à ailettes radiales. L'aiguille est fixée sur l'axe supportant l'ailette mobile; l'autre ailette est fixe.

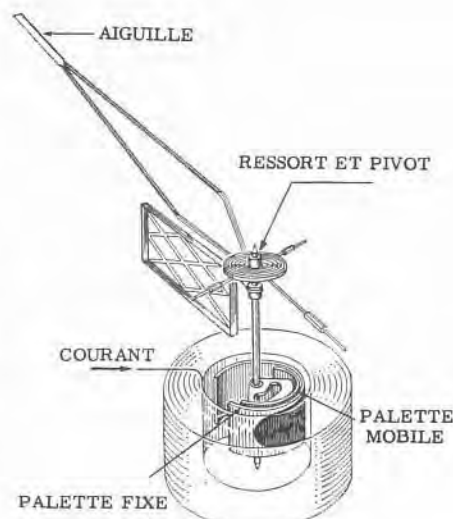


Fig. 4 - Instrument de mesure à fer mobile à ailettes concentriques. Les deux ailettes sont placées l'une dans l'autre: l'axe supportant l'aiguille est solidaire de l'ailette mobile placée à l'intérieur.

calculée, au déplacement de l'équipage mobile et qui ont pour effet de ramener l'aiguille à la position zéro quand le courant cesse de passer dans l'instrument.

L'aiguille se déplace donc jusqu'au point où la force de répulsion des ailettes est égale à celle que lui oppose le ressort.

Dans les instruments à ailettes radiales, deux plaquettes de fer doux sont placées à l'intérieur de la bobine; l'une d'elle est fixe, tandis que l'autre, montée sur un axe, peut tourner librement entraînant l'aiguille indicatrice (figure 3). L'axe tourne dans des crapaudines de saphir (ou de rubis), tout comme dans les montres, ce qui permet d'avoir un minimum de frottements et d'usure.

Quand la bobine est parcourue par un courant, les ailettes rectangulaires s'aimantent et se repoussent, celle qui est mobile s'éloigne de celle qui est fixe provoquant le déplacement de l'aiguille qui donne la mesure de l'amplitude de la tension présente aux bornes de la bobine, ou bien du courant qui la parcourt.

Bien que basés sur le même principe, les instruments à ailettes concentriques sont légèrement différents. Les ailettes de fer doux ont, dans ce cas, une forme semi-circulaire (figure 4) et sont dites concentriques parce qu'elles sont placées l'une dans l'autre. L'ailette fixe est placée à l'extérieur, un de ses côtés est légèrement plus petit que l'autre, tandis que l'ailette mobile, placée concentriquement à l'intérieur de la première et montée sur un axe, a ses deux côtés égaux.

Quand un courant passe dans la bobine, les ailettes deviennent le siège de lignes de force concentrées qui sont uniformément distribuées dans l'ailette mobile qui est de forme régulière, et non uniformément dans l'ailette fixe qui est de forme irrégulière. Dans la partie la plus étroite de celle-ci passe un nombre moindre de lignes de force, puisque la quantité de fer étant moins grande, la réluctance est plus importante.

Les lignes de force ainsi concentrées se repoussent mutuellement: l'ailette mobile tournera donc autour de son axe pour rétablir l'équilibre dans leur distribution, jusqu'à ce que la distance maximum soit atteinte entre les lignes. La partie mobile se dirigera

vers la partie la plus étroite de l'ailette fixe, car c'est dans cette direction que les lignes de force sont les moins denses.

Dans ce cas, également, le déplacement est proportionnel à la quantité de courant et la force de répulsion tendra à équilibrer la force contraire, exercée par le ressort de rappel, qui ramènera l'aiguille au zéro dès que le courant aura cessé de passer dans la bobine.

Dans les petits instruments, du type à ailettes radiales, la bobine est logée dans un boîtier métallique fermé et l'équipement mobile s'adapte exactement à l'espace disponible. Dès que se manifeste la force de répulsion, l'ailette se met en mouvement et comprime l'air devant elle, ce qui a pour effet de réduire sa vitesse de déplacement. Quand l'aiguille a tendance à s'arrêter, l'amortissement causé par l'air tend à cesser et l'aiguille exécute une série d'oscillations d'amplitudes décroissantes, jusqu'à l'arrêt complet (ceci constitue un des inconvénients des instruments de ce type).

Dans les instruments de dimensions plus grandes, on fixe sur l'axe une ailette légère en aluminium (figure 5); celle-ci est enfermée dans un boîtier métallique rempli d'air dans lequel elle peut se déplacer librement; la résistance au mouvement est plus grande que dans le cas précédent et, par conséquent, l'amortissement des oscillations est plus efficace et plus rapide. La lecture peut se faire plus rapidement car l'aiguille s'immobilise presque immédiatement sur la position correspondant à la mesure.

Autres caractéristiques

L'action des ailettes concentriques se produit de telle sorte que l'aiguille donne une lecture suivant une loi quadratique plutôt qu'en proportion directe à la quantité de courant.

Par exemple, si le courant double de valeur, l'intensité du champ magnétique dans lequel sont plongées les ailettes double également de valeur: et celles-ci se repousseront avec une force deux fois plus grande pour chacune d'entre elles: il s'ensuit que la force de répulsion développée est quatre fois plus importante.

La répulsion — et par suite, le déplacement de l'ai-

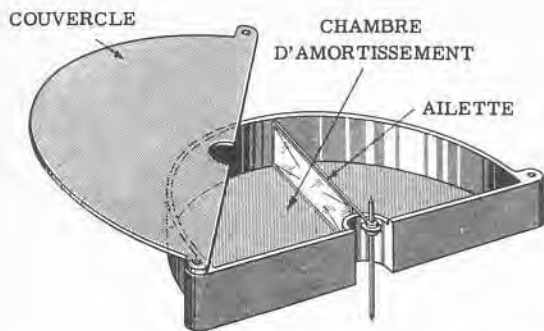


Fig. 5 - Dans les instruments à fer mobile on trouve, parfois, une chambre d'amortissement remplie d'air, contenant une ailette ayant pour effet de freiner les oscillations de l'aiguille. Celle-ci permet une lecture beaucoup plus rapide en évitant d'attendre longtemps avant que l'indice s'arrête sur la valeur correspondant à la mesure.

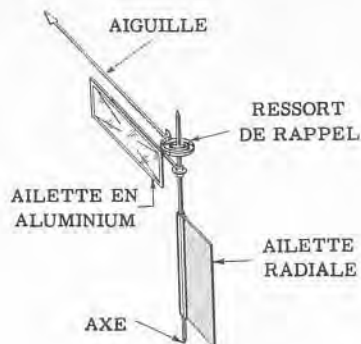


Fig. 5 bis - Détail de l'équipage mobile en utilisant le système d'amortissement décrit dans la figure ci-contre.



Fig. 6 - L'échelle de lecture d'un instrument de mesure à fer mobile, n'est pas linéaire; ses graduations suivent une loi quadratique, ainsi qu'on peut le voir sur ce dessin où, par exemple, la graduation 5 se trouve placée au premier quart de l'échelle totale qui va jusqu'à 10. Ce fait limite naturellement la précision de la lecture dans la partie initiale de l'échelle.

guille — ne varie pas en fonction directe de l'intensité mais en fonction du carré de l'intensité. Donc si celle-ci double de valeur, la répulsion devient quatre fois plus grande; si l'intensité triple, la répulsion devient neuf fois plus importante, etc...

On dit que l'échelle n'est pas linéaire et que la déflexion de l'aiguille se fait suivant une loi quadratique: c'est ainsi que la distance entre les chiffres indiquant les valeurs successives — ou les petits tirets les représentant sur le cadran — est minimum au début de l'échelle et augmente au fur et à mesure qu'on se déplace vers l'extrémité opposée.

Dans une échelle réellement quadratique, n'importe quel point indiquant une valeur double de celle du point précédent représente une déflexion quadruple. Par exemple, la figure 6 montre une échelle dans laquelle la déviation totale de l'aiguille se produit pour une valeur égale à 10, tandis que la valeur 5 se situera seulement au quart de l'échelle (et non au centre); ainsi, un courant deux fois plus grand entraîne une déviation de l'aiguille quatre fois plus importante.

Quand la bobine est parcourue par un courant sinusoïdal, l'amplitude de celui-ci n'est pas constante mais, de par sa nature même, varie constamment: en d'autres termes, si le courant à mesurer a une fréquence de 50 périodes (ou cycles par seconde), son amplitude varie de zéro à un maximum, dans un sens, puis revient à zéro pour atteindre ensuite son maximum dans le sens opposé et revenir à zéro, ce cycle se répétant 50 fois par seconde, les lignes de force changent donc constamment d'intensité et de sens: la force de répulsion réciproque entre les deux ailettes varie donc de zéro à un maximum et retourne à zéro 100 fois par seconde, étant donné que la force de répulsion atteint sa valeur maximum à chaque alternance, que celle-ci soit positive ou négative.

L'aiguille de l'instrument restera, malgré tout, immobile en un point du cadran car son inertie — due à son poids — l'empêche de suivre les variations instantanées. Comme il lui est physiquement impossible de changer de position 100 fois par seconde, cette aiguille prend une position qui indique la valeur moyenne

des lignes de force produites à chaque alternance; cette valeur est à son tour, proportionnelle à la valeur moyenne de l'intensité du courant, c'est-à-dire à 0,637 fois la valeur de crête: l'instrument indique donc la valeur moyenne.

Mais, pour qu'elles aient toute leur signification, les mesures en courant alternatif doivent être indiquées en valeurs efficaces, c'est-à-dire en valeurs produisant le même effet thermique qu'un courant continu de même intensité. C'est pour cette raison que les instruments sont étalonnés en valeurs efficaces et non en valeurs moyennes.

Supposons, par exemple, que l'on doive tracer une échelle pour un nouvel instrument et que, pour cela, nous le branchions aux bornes d'une source de tension sinusoïdale délivrant une tension crête de 100 volts. Dans ce cas, l'aiguille devrait indiquer une valeur moyenne égale à 63,7 volts, mais pratiquement nous inscrirons la valeur efficace, soit 70,7 volts ($E_{eff} = 0,707 \times 100 \text{ V}$) et toute l'échelle sera étalonnée en valeurs efficaces et non en valeurs moyennes.

La plupart des instruments pour courants alternatifs sont étalonnés en courant sinusoïdal (dont la fréquence est égale à celle du réseau électrique, 50 c/s). Cependant les courants rencontrés dans les circuits radio n'ont pas tous une forme sinusoïdale, ni une fréquence de l'ordre de celle du secteur; dans ces conditions les lectures faites ne sauraient être tenues pour exactes, mais elles doivent être considérées comme des indications approximatives.

En général, les instruments à fer mobile ne sont pas utilisés pour la mesure des courants dont la fréquence est supérieure à 100 périodes par seconde.

En effet, la réactance inductive d'une bobine ($X_L = 2\pi f L$) augmente avec la fréquence et produit donc une diminution de l'intensité du courant qui la parcourt; c'est pourquoi un instrument de ce genre donne une lecture fautive si on l'utilise pour effectuer des mesures sur des courants alternatifs dont la fréquence est plus élevée que celle du réseau électrique (pour laquelle il a été étalonné).

De plus, les pertes par hystérésis et par courants

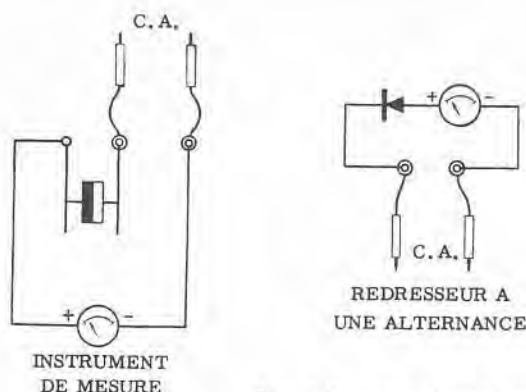


Fig. 7 A - Représentation pratique et schématique de un instrument de mesure à bobine mobile avec redresseur pour la mesure des courants alternatifs. Redressement d'une seule alternance.

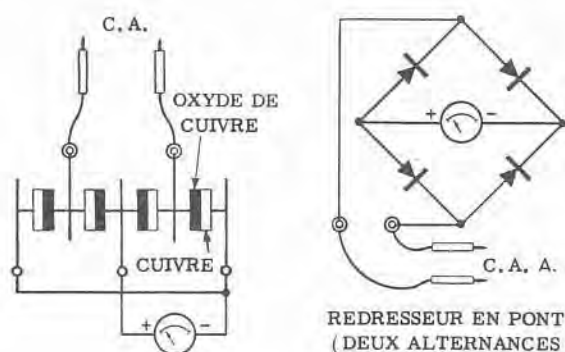


Fig. 7 B - Représentation pratique et schématique d'un instrument de mesure à cadre mobile avec redresseur pour la mesure des courants alternatifs. Le redressement des deux alternances se fait au moyen d'un circuit en pont.

parasites augmentent dans les ailettes, lorsque la fréquence augmente, et constituent une source supplémentaire d'erreurs.

La tolérance indiquée pour les mesures faites avec la plupart des instruments à fer mobile est de l'ordre de 5%.

Une vis de réglage placée sur la face avant de l'appareil agit sur un des ressorts et permet de placer l'aiguille exactement sur le zéro, en l'absence de courant.

Pour éviter qu'un champ magnétique extérieur ne vienne perturber le fonctionnement de l'instrument, et ne fausse les lectures celui-ci est enfermé dans un boîtier métallique (en fer), lequel forme un blindage magnétique.

Dans le cas d'un voltmètre, la bobine de l'instrument est constituée par un enroulement comportant un grand nombre de spires en fil très fin; on peut utiliser une résistance additionnelle en série pour étendre l'échelle de lecture à la valeur désirée.

Dans le cas d'un ampèremètre, le nombre de spires est très réduit et le fil a un grand diamètre. Les ampèremètres à fer mobile peuvent être utilisés pour mesures de fortes intensités sans qu'il soit nécessaire de les munir de résistances « shunt ». Cependant à cause de leur sensibilité insuffisante, ils ne peuvent convenir à la mesure des courants faibles, comme on peut le faire avec les instruments à bobine mobile dont nous avons déjà parlé.

La sensibilité maximum de ce type d'appareil est de l'ordre de 15 mA (au maximum de l'échelle), soit 67 ohms par volt.

En conclusion, on peut affirmer que ce type d'instrument est utile pour mesurer les tensions et les intensités des courants à la fréquence du réseau électrique; il est en outre, assez bon marché, mais ne peut convenir, en général, aux mesures effectuées en électronique surtout à cause de sa faible sensibilité.

INSTRUMENTS à REDRESSEURS

En électronique, la plupart de mesures en courant alternatif de basse fréquence se font au moyen d'instru-

ments à cadre mobile équipés, d'un redresseur à l'oxyde de cuivre. Leur sensibilité et leur précision sont bien supérieures à celles des instruments à fer mobile.

La majorité des « boîtes de contrôle » ou « multimètres » (« tester ») — c'est-à-dire des instruments permettant aussi bien les mesures de courant et de tension en courant continu qu'en courant alternatif — comportent un redresseur sec pouvant être mis en service au moyen d'un commutateur.

L'instrument à redresseur est donc formé d'un instrument à cadre mobile (équipage d'Arsonval) et d'un redresseur dont la fonction est de transformer le courant continu dont la valeur peut alors être lue directement sur le galvanomètre.

Un redresseur à l'oxyde de cuivre est formé d'un certain nombre de disques en cuivre revêtus, sur une de leurs faces, d'une couche d'oxyde. Ils sont séparés par des rondelles de plomb et fortement serrés les uns contre les autres par une tige filetée centrale, isolée. Ce type de redresseur peut être conçu soit pour redresser une alternance, soit pour les deux (fig. 7).

Le rôle du redresseur, nous l'avons dit, consiste à transformer le courant alternatif en une certaine forme de courant continu (dit pulsé); par conséquent, le courant qui en sort, à la différence de celui qui entre, ne change plus périodiquement de sens.

La résistance de conduction du cuivre vers l'oxyde est très faible par rapport à celle de l'oxyde vers le cuivre; la conduction est donc unilatérale, du cuivre vers l'oxyde de cuivre, et le passage du courant ne peut se faire qu'en ce sens.

Le fonctionnement de ce redresseur est tout à fait semblable à celui du détecteur diode que nous avons employé en Haute Fréquence dans les récepteurs de radio très simples, décrits au cours des 7^{ème}, 8^{ème} et 9^{ème} leçons.

Redressement d'une alternance - Quand un courant alternatif est appliqué à un redresseur en série avec une résistance, (figure 8-A), le courant passe de la

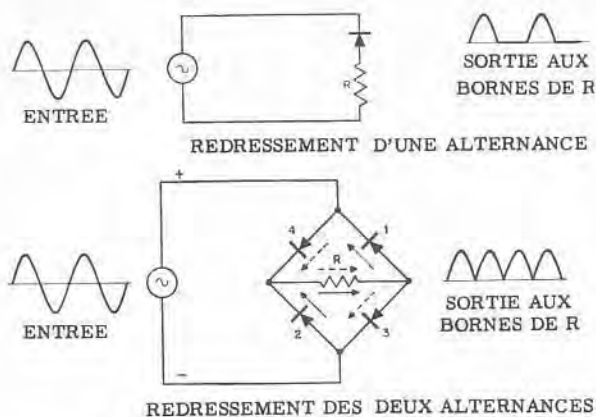


Fig. 8 A et B - Ces figures mettent en évidence la forme du courant à la sortie d'un redresseur pour une alternance (A) et pour les deux alternances (B). Dans le premier cas, on notera l'analogie avec ce qui a été exposé précédemment dans la 7^{ème} leçon, page 53.

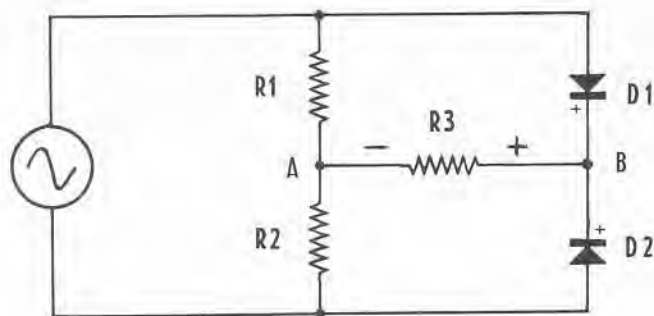


Fig. 9 - Redresseurs en opposition pour le redressement des deux alternances. On obtient aux bornes de R3 une tension continue pulsée égale à la moitié de la tension alternative appliquée à l'entrée du circuit de redressement.

pointe de la flèche (représentant le cuivre) vers le trait gras (représentant l'oxyde de cuivre) et non dans le sens opposé où il rencontre une forte résistance.

Par conséquent, le courant passant dans la résistance ne peut changer de direction, mais comme il ne passe que pendant une alternance sur deux, on dit que c'est un *courant continu pulsé*.

Ainsi donc, si l'on ne redresse qu'une seule alternance, le courant ne passe dans la résistance que pendant une demi-période du courant alternatif et non pendant l'autre. Cela signifie que le courant pulsé (voir figure 8-A) se présente comme un courant alternatif dont on aurait supprimé une alternance sur deux: il part d'une valeur de zéro, passe par un maximum et retourne à zéro, toujours dans le même sens.

Ce courant reste nul pendant l'alternance suivante (qui est de signe opposé à la précédente) puis le processus recommence.

Redressement des deux alternances

On peut faire en sorte que le courant passe dans la résistance pendant les deux alternances, et dans la même direction (redressement de l'onde entière), en employant un redresseur en pont (figure 8-B).

Quand l'alternance positive est appliquée au redresseur, le courant du générateur passe dans le redresseur « 2 », par la résistance R de gauche à droite, passe ensuite dans le redresseur « 1 » dans le sens convenable (du cuivre vers l'oxyde) et retourne au générateur.

Dans l'alternance suivante, la polarité de la tension s'inverse: le courant du générateur traverse le redresseur « 4 », la résistance R (toujours de gauche à droite), puis le redresseur « 3 » et retourne au générateur.

On peut noter que pendant le cycle entier d'un courant alternatif (dont le sens a changé), le courant passant dans la résistance R a circulé dans le même sens de gauche à droite).

Le courant alternatif est donc converti en un courant continu pulsé: il est continu car il ne change plus de sens; il est pulsé car son amplitude reste variable.

Il est également possible de redresser les deux alternances d'un courant alternatif au moyen du système

représenté sur la figure 9, où les redresseurs sont montés en opposition (c'est le montage généralement employé dans les alimentations des récepteurs de radio).

Dans ce cas, la tension du générateur est appliquée à deux résistances, placées en série, de valeur égale, sur lesquelles sont branchés, en parallèle, deux redresseurs identiques montés en sens contraire (sens de conduction opposés).

Quand l'alternance positive est appliquée au redresseur « 1 », le courant rencontre une forte résistance et il ne peut passer qu'à travers le redresseur « 2 », puis par la résistance R3 pour revenir au générateur par la résistance R2.

Au cours de l'alternance suivante, le courant passe par le redresseur « 1 » puis dans R3 (dans le même sens que précédemment) et retourne au générateur par R1.

Nous verrons, par la suite, l'importance et l'utilité de ce type de redresseur que l'on rencontrera fréquemment dans des réalisations pratiques. Il convient de signaler, dès à présent, que la tension redressée est égale à la moitié (environ) de la tension alternative car, ainsi qu'on peut le voir sur le schéma, on ne redresse que la tension présente aux bornes d'une des deux résistances, R1 pour une alternance et R2 pour l'autre; or, R1 et R2 forment un diviseur de tension et ne retrouvent à leurs extrémités respectives que la moitié de la tension alternative fournie par le générateur.

La tension continue, redressée est recueillie entre les points A et B.

UTILISATION des REDRESSEURS pour la MESURE des COURANTS ALTERNATIFS

En remplaçant la résistance R des figures 8-A et 8-B par un instrument de mesure à cadre mobile, on peut faire des mesures précises en courant alternatif. Celui-ci en effet, transformé en courant continu pulsé, par redressement, passe à travers l'équipage mobile de l'instrument provoquant la déviation de l'aiguille qui indiquera la valeur moyenne de ce courant. Comme dans le cas d'un instrument de mesure à fer mobile, l'inertie de l'équipage mobile immobilisera l'aiguille sur une gra-

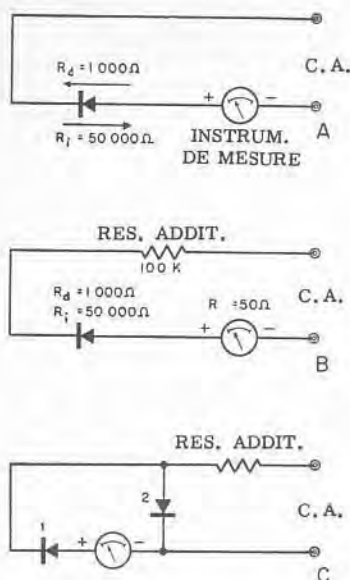


Fig. 10 - Dans le circuit A, la résistance totale est de 1 050 ohms dans un sens et de 50 050 ohms dans l'autre. Mais si l'on ajoute une résistance additionnelle de valeur élevée, comme en B, la valeur totale est de 101 050 dans un sens, contre 150 050 dans l'autre et la différence devient d'un pourcentage faible. Pour remédier à cela, on adopte le schéma de la figure C.

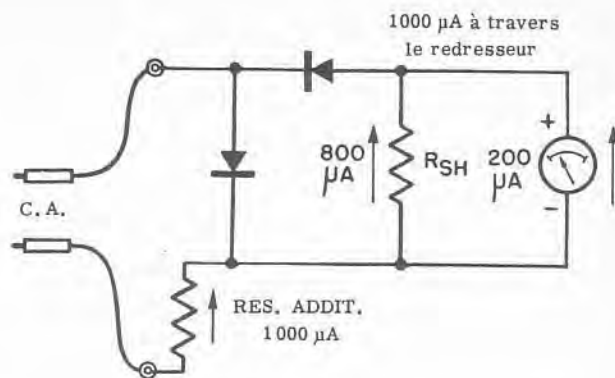


Fig. 11 - Si l'on place un «shunt» (R_{sh}) sur l'instrument, une intensité plus forte passe dans les redresseurs ce qui élimine les inconvénients résultant de leur variation de résistance en fonction de l'intensité qui les traverse.

duction donnée et l'empêchera de suivre les variations instantanées de l'amplitude du courant.

Le courant moyen passant dans la bobine aura une valeur différente selon que l'on redressera une alternance ou les deux.]

Dans le cas où les deux alternances sont redressées (redresseurs en pont de la figure 8-B ou redresseurs en opposition de la figure 9), la valeur moyenne sera égale à 0,637 fois la valeur de crête, puisque le cycle entier est utilisé; l'aiguille prendra donc une position correspondant à la valeur de crête multipliée par 0,637. Cependant, comme nous l'avons vu plus haut, les échelles de l'instrument étant étalonnées en valeur efficace, la lecture indiquera la valeur de crête multipliée par 0,707.

Dans le cas du redressement d'une seule alternance, le courant ne passera dans le cadre mobile que pendant une demi-période. Par suite de son inertie, l'aiguille ne pourra plus suivre les variations d'amplitude se produisant au cours du cycle entier. Sachant que la valeur moyenne du courant pendant une demi-période est égale à 0,637 fois la valeur de crête et, étant donné que pendant l'autre demi-période cette valeur est égale à zéro (puisque le courant ne peut passer dans le redresseur), le courant moyen d'un cycle complet sera donc égal à la somme des courants redressés pendant les deux alternances, divisée par deux.

Le courant moyen du cycle entier sera donc égal à $(0,637 - 0) : 2 = 0,318$ fois le courant de crête. L'aiguille prendra donc une position correspondant à la valeur de crête multipliée par 0,318; cependant, l'échelle étant étalonnée en valeur efficace, la lecture indiquera la valeur de crête multipliée par 0,707 (ceci est possible parce que le rapport entre valeur moyenne et valeur efficace se maintient constant pour toutes les valeurs).

Montages pratiques d'instruments à redresseurs

Pour mesurer les tensions, il faut placer des résistances en série avec l'équipage mobile et le redresseur.

Or, en procédant ainsi, on réduit l'efficacité du redresseur car aucun d'eux n'est parfait et si la résistance opposée au passage du courant dans le sens de con-

duction est très faible, par contre celle opposée dans le sens contraire n'est pas infinie (comme elle devrait l'être théoriquement) et est en général, seulement 50 fois plus élevée.

Voyons maintenant comment le fait d'ajouter une résistance de forte valeur ohmique en série avec un redresseur, diminue son efficacité.

Supposons par exemple, qu'un équipement mobile ayant une résistance propre de 50 ohms, soit placé en série avec un redresseur dont la résistance, dans le sens de la conduction, est de 1 000 ohms. Cet instrument aura donc, dans ce cas, une résistance interne de 1 050 ohms dans un sens, et 50 050 ohms dans l'autre. Pratiquement, le courant ne passera que dans une seule direction (voir figure 10-A). Supposons, maintenant que nous voulions mesurer une tension plus élevée et qu'il soit nécessaire, pour cela, de placer en série une résistance additionnelle de 100 000 ohms (figure 10-B).

Pour une alternance, la résistance totale du circuit comprendra la résistance additionnelle de 100 000 ohms, la résistance de conduction R_d du redresseur (1 000 ohms) et, enfin, la résistance de la bobine mobile R (50 ohms), soit au total 101 050 ohms. Pour l'autre alternance le redresseur ne conduira pas, sa résistance sera de 50 000 ohms, et la résistance totale sera égale à 150 050 ohms (figure 10-B).

Les deux résistances, 101 050 ohms dans un sens et 150 050 ohms dans l'autre, sont peu différentes et, par conséquent, la différence entre les courants passant dans un sens ou dans l'autre sera peu importante: l'aiguille du galvanomètre déviara très peu, indiquant seulement la faible différence entre les deux valeurs des courants.

Pour remédier à cet inconvénient majeur, résultat de la mise en circuit d'une résistance additionnelle de valeur élevée, on utilise généralement deux redresseurs montés suivant le schéma de la figure 10-C. Pendant la première demi-période le courant passe par l'instrument et par le redresseur «1», l'alternance est donc redressée. Pendant la demi-période suivante, le courant passe directement par le redresseur «2» évitant ainsi, de passer par l'instrument et par le redresseur «1»;

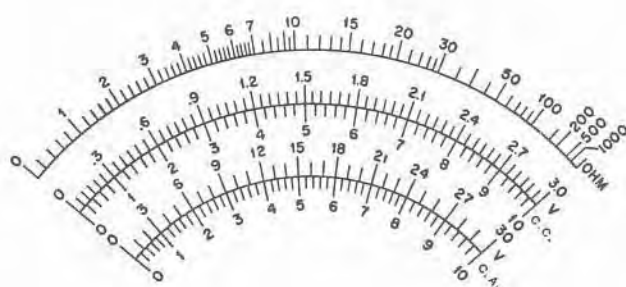


Fig. 12 - Les diverses sensibilités des appareils de mesure (« tester ») au courant alternatif et au courant continu, amènent à une échelle de lecture différente pour les deux types de mesure comme le montre la figure ci-contre. Notons, en particulier, que le cadran en question est divisé en 5 échelles de lecture dont la première en haut, est pour les mesures de résistance en ohms; les deux au centre, permettent de mesurer sur deux échelles différentes du courant continu et les deux dernières font de même pour le courant alternatif.

l'effet néfaste de la résistance additionnelle se trouve donc annulé.

Perfectionnement au circuit

La résistance de conduction d'un redresseur varie d'un élément à un autre; elle est également fonction de l'intensité du courant qui le traverse.

Pour éliminer des inconvénients qui conduiraient à des lectures fausses les circuits d'un instrument de mesure doivent être soigneusement étudiés.

La résistance de conduction peut varier de 2 000 à 500 ohms pour une variation de courant dans le redresseur de 0,1 à 1 mA: si l'on ne prend pas de précautions spéciales, les échelles de lecture ne seront pas linéaires.

On élimine partiellement ce défaut en plaçant un « shunt » sur la bobine mobile et en mettant le redresseur en série avec l'ensemble (figure 11).

Si, par exemple, l'instrument a une sensibilité de 200 μ A et que la résistance du « shunt » est le 1/4 de celle de la bobine mobile, le courant qui traverse ce « shunt » sera quadruple de celui passant dans l'équipage mobile. Quand l'aiguille déviara à fond d'échelle, il passera 800 μ A dans le « shunt » et 200 μ A dans le cadre mobile; l'intensité du courant passant dans le redresseur sera donc de 1 000 μ A — soit 1 mA.

Dans ce cas, même pour de faibles intensités, le redresseur sera traversé par un courant plus important et sa variation de résistance sera négligeable.

Cependant, à cause de la présence du « shunt », tout se passe comme si la sensibilité de l'instrument avait diminué; elle est passée de 200 μ A à 1 mA. De fait, il est fréquent de rencontrer dans le commerce, des boîtes de contrôle ou multimètres dont la sensibilité en ohms/volt est différente en continu et en alternatif; dans les modèles courants, la sensibilité en alternatif est de 5 000 ohms/volt et elle peut atteindre 20 000 ohms/volt, et plus, dans les modèles de précision.

On peut rendre les échelles à peu près linéaires en choisissant convenablement les valeurs des « shunts » et il serait possible d'utiliser les mêmes graduations aussi bien en courant continu qu'en courant alternatif: toutefois la majorité des multimètres comportent des

échelles séparées pour les mesures effectuées en courant alternatif (figure 12).

Les circuits de ces instruments comportent souvent une ou plusieurs résistances variables pour compenser les variations pouvant se produire dans le temps ou à l'occasion d'un remplacement des redresseurs (R1 et R2 de la figure 13).

Pour réétalonner un instrument on lui applique une tension de valeur connue et l'on ajuste ces résistances de manière à obtenir une lecture exacte sur le cadran.

REDRESSEURS à OXYDE DE CUIVRE

Les redresseurs à oxyde de cuivre ont une longue durée de vie s'ils ne subissent aucune surcharge, mais ils sont rapidement détériorés si leur température dépasse 70°. Un élément normal, dont la surface est d'environ 5 mm², peut redresser un courant de 15 mA et supporter une tension de 11 volts.

Précision et réponse en fréquence - Du moment que l'imprécision de l'instrument de mesure s'ajoute à celle du redresseur, la précision de l'ensemble sera de l'ordre de $\pm 5\%$.

Quand la fréquence de la tension ou du courant à mesurer augmente, la lecture — la déviation de l'aiguille — diminue en proportion. Ceci est provoqué par la capacité importante (900 pF environ) du redresseur à oxyde de cuivre: lorsque la fréquence augmente, la réactance capacitive de cette capacité diminue et elle se comporte alors, comme une résistance de faible valeur, en parallèle sur le redresseur lui-même.

C'est ainsi que pour une fréquence de l'ordre de 1 000 hertz, les lectures sont de 0,5 à 1% inférieures à celles obtenues à la fréquence du réseau.

C'est pour cette raison que ce type d'instrument n'est généralement employé que pour mesurer des fréquences inférieures à 16 000 Hz. Si, par exemple, on mesure un courant ayant une fréquence de 5 000 Hz, l'instrument donnera une lecture inférieure de 2,5 à 5% à celle qu'il devrait réellement indiquer (suivant le modèle utilisé).

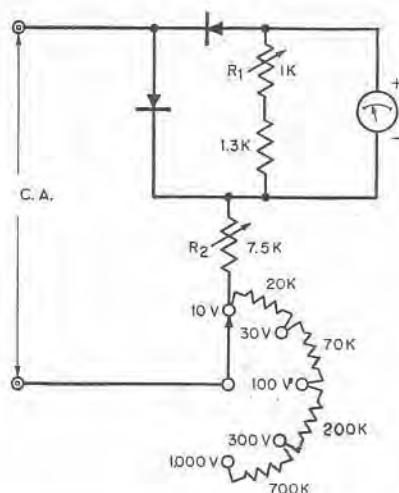


Fig. 13 - R1 et R2 sont des résistances ajustables facilitant l'étalonnage de l'appareil de mesure. En cas de remplacement des redresseurs, l'étalonnage pourra être refait en agissant sur la valeur de ces résistances.

Rappelons enfin, que l'échelle de lecture n'est pas linéaire en son début en raison de la variation de résistance du redresseur en fonction de l'intensité du courant, ainsi que nous l'avons vu plus haut.

Les instruments à redresseurs à oxyde de cuivre peuvent être employés aussi bien pour les mesures de tensions que pour celles d'intensités; toutefois, ils sont plus fréquemment utilisés comme voltmètres.

Ces instruments, dont la sensibilité est supérieure à celle du type à fer mobile, n'ont que très peu d'influence sur les caractéristiques des circuits où doivent se faire les mesures.

COMPARAISON entre les INSTRUMENTS pour COURANTS CONTINUS et ALTERNATIFS

Les instruments pour courant alternatif sont étalonnés en valeur efficace, bien qu'en réalité ils mesurent la valeur moyenne d'un courant sinusoïdal.

Quand un instrument de mesure pour courant alternatif est branché aux bornes d'une tension continue, il donne une lecture égale à 1,11 fois la valeur effective (facteur de forme).

Dans le cas contraire, c'est-à-dire si l'on branche un instrument pour courant continu aux bornes d'une source de courant alternatif, on n'obtient aucune déviation de l'aiguille; équipement mobile, du fait de son inertie, ne peut suivre les variations du courant et l'aiguille reste à zéro tout en vibrant imperceptiblement.

Toutefois, ceci ne signifie nullement qu'il ne passe aucun courant dans l'instrument; il faut faire très attention car, dans des conditions pareilles, il est très facile de détériorer un instrument en lui appliquant une tension alternative plus élevée que celle qu'il peut supporter, bien que l'aiguille n'accuse aucune déviation.

Lors de l'utilisation d'un instrument pour la mesure des courants alternatifs, il est bien évident que nous n'aurons pas à nous préoccuper de la polarité puisque celle-ci s'inverse à chaque instant.

Dans le cas où l'on doit faire des mesures sur des courants alternatifs non sinusoïdaux, il faut contrôler

non seulement l'amplitude, mais également la fréquence et la forme du signal. On utilise alors, d'autres instruments de mesure que nous étudierons en temps opportun; parmi eux, l'**oscilloscope** est celui dont l'emploi est le plus répandu.

Cet instrument dont l'utilité est incomparable sera étudié en détail dans une leçon spéciale et nous y donnerons la description complète d'un oscilloscope moderne pouvant être réalisé par nos lecteurs.

Un autre instrument très important que l'on trouve dans tous les laboratoires et ateliers, est le **voltmètre électronique** ou voltmètre à lampe. Nous n'avons pas encore parlé de la lampe thermoïonique, mais nous y avons fait allusion quelquefois déjà; la lampe est un dispositif des plus précieux en électronique, pouvant remplir d'innombrables fonctions dans les circuits et particulièrement, celle d'amplificatrice.

On peut ainsi, en utilisant les caractéristiques de fonctionnement d'une lampe, réaliser des appareils de mesure de tensions soit en courant continu soit en courant alternatif (même de haute fréquence), dont la sensibilité est très grande et la résistance d'entrée élevée (ce qui évite de perturber le fonctionnement du circuit étudié).

La sensibilité des voltmètres électroniques les plus courants est de l'ordre du millivolt (un millième de volt) et la résistance ou plus exactement l'impédance d'entrée peut atteindre 10-20 Mégohms.

Comme accessoires du voltmètre électronique on trouve divers modèles de « sondes » permettant d'étendre le domaine d'utilisation de ces appareils: ainsi, une sonde spéciale permet de mesurer les tensions avec une bonne précision jusqu'à des fréquences très élevées pouvant atteindre 200 ou 300 Mégahertz. Une autre sonde permet de mesurer les tensions de crête des courants alternatifs, tandis qu'une autre encore, donne la possibilité de mesurer des tensions très élevées (jusqu'à 30 000 volts).

Ces sondes, contenues dans de petits boîtiers, sont extérieures au voltmètre électronique proprement dit et s'intercalent entre l'instrument et le circuit où la mesure doit se faire.

SYMBOLES - ABREVIATIONS

C.A. (ou c.a.)	= Courant alternatif
C.C. (ou c.c.)	= Courant continu
E (ou e) . . .	= Tension
E _{eff}	= Tension efficace
E _m	= Tension moyenne
E _{max}	= Tension maximum (ou de pointe, ou de crête).
I _{eff}	= Intensité efficace
I _m	= Intensité moyenne
I _{max}	= Intensité maximum (ou de pointe, ou de crête).
v	= Vitesse (en général).

FORMULES

F.e.m. induite (en volts) = nombre de lignes coupées par seconde $\times 10^{-8}$

Degrés électriques = t (secondes) $\times f \times 360^\circ$.

e (en volts) = $B \times l \times v \times \sin \vartheta \times 10^{-8}$

$$E_{\text{eff}} = \frac{E_{\text{max}}}{1,414} \quad E_{\text{eff}} = E_{\text{max}} \times 0,707 \quad E_{\text{eff}} = E_m \times 1,11$$

$$E_m = \frac{2 \cdot E_{\text{max}} (\text{surface de l'alternance})}{\text{longueur de la base}} \quad E_m = \frac{E_{\text{max}}}{\frac{\pi}{2}}$$

$$E_m = E_{\text{max}} \times 0,637 \quad E_m = E_{\text{eff}} \times 0,9$$

$$E_{\text{max}} = E_{\text{eff}} \times 1,414 \quad E_{\text{max}} = E_m \times \frac{\pi}{2}$$

$$I_{\text{eff}} = I_{\text{max}} \times 0,707 \quad I_{\text{eff}} = \frac{I_{\text{max}}}{1,414}$$

$$I_m = I_{\text{max}} \times 0,637 \quad I_m = \frac{2 \cdot I_{\text{max}} (\text{surface de l'alternance})}{\text{longueur de la base}}$$

$$I_{\text{max}} = \frac{I_{\text{eff}}}{0,707} \quad I_{\text{max}} = \frac{I_m}{0,637} \quad I_{\text{max}} = I_{\text{eff}} \times 1,414$$

Dans un générateur de courant alternatif:

$$f = \frac{P \times N}{2 \times 60} = \frac{P \times N}{120} \text{ Hz}$$

SYMBOLES SCHEMATIQUES

	= Forme d'onde sinusoïdale
	= Forme d'onde en dents de scie
	= Forme d'onde rectangulaire
	= Deux éléments redresseurs en opposition
	= Quatre redresseurs en pont

QUESTIONS sur les LEÇONS N°s 22 et 23

N 1 — Qu'entend-t-on par courant alternatif? En quoi diffère-t-il du courant continu?

N 1 — Quels sont les principaux avantages du courant alternatif sur le courant continu?

N 3 — Quelles sont les principales découvertes scientifiques, dans le domaine de l'électricité, dues respectivement à Oersted, Faraday et Henry?

N. 4 — Quels sont les principaux facteurs qui déterminent l'amplitude d'une f.e.m. induite dans un conducteur qui se déplace dans un champ magnétique?

N. 5 — Quelle est la formule permettant de calculer la tension induite dans un conducteur se déplaçant dans un champ magnétique sous un certain angle?

N. 6 — Comment varie l'amplitude de la f.e.m., induite dans un conducteur qui tourne dans un champ magnétique, pour des angles de rotation de 90° et 0° ?

N. 7 — Comment détermine-t-on le sens d'une f.e.m. induite par un champ magnétique?

N. 8 — Quelles sont les caractéristiques physiques d'un générateur à deux pôles?

N. 9 — Pourquoi utilise-t-on une courbe sinusoïdale pour représenter un courant alternatif?

N. 10 — Comment calcule-t-on la fréquence de la tension produite par un générateur, connaissant le nombre de pôles et la vitesse de rotation?

N. 11 — Définir les valeurs des tensions instantanées de crête et efficace.

N. 12 — Quelle est la relation entre le temps et la phase dans un courant alternatif?

N. 13 — Quand deux courants sont-ils en phase ou déphasés?

N. 14 — Quels sont les instruments permettant de mesurer aussi bien les courants alternatifs que continus sans apporter aucune modification et sans ajouter aucun composant?

N. 15 — Comment peut-on mesurer les courants alternatifs au moyen d'un instrument pourvu d'un aimant permanent?

N. 16 — Combien de types de redresseurs existe-t-il?

REPONSES aux QUESTIONS de la p. 163

N. 1 —

a) La résistance totale est de 16,2 ohms environ;
b) l'intensité totale est 7,4 ampères et c) les courants passant dans les résistances sont respectivement : $I_1 = 2$ ampères, $I_2 = 2,4$ ampères et $I_3 = 3$ ampères.

N. 2 —

Le signe de la source de f.e.m. est positif si le premier signe rencontré dans le circuit, en passant par la source même, est positif et inversement. Le signe de la chute de tension aux bornes d'une charge est négatif lorsque l'on suit le circuit dans le même sens que les électrons (ou le courant) passant dans la charge, et vice-versa.

N. 3 —

L'erreur ainsi commise n'influe nullement sur la valeur de l'intensité du courant donnée par le calcul. Par contre le signe sera faux.

N. 4 —

Les valeurs ohmiques des résistances A, B, C et D sont respectivement: 5 000, 3 330, 4 000 et 2 220 ohms.

N. 5 —

a) Les intensités des courants passant dans R5, R6 et R7 sont respectivement: 7,11 et 17 milliampères.

b) Les tensions aux bornes de R1, R2 et R3 sont respectivement: 70.180, et 350 volts.

N. 6 —

Le rôle d'un atténuateur consiste à réduire — c'est-à-dire à atténuer — la tension, le courant ou la puissance fournie à une charge, sans altérer pour autant le rapport entre tension et intensité (c'est-à-dire la résistance) présent à l'entrée du circuit.

N. 7 —

R_s et la résistance présente entre les bornes A et B sont égales.

R1 a une valeur de 160 ohms et $R2 = 50$ ohms.

N. 8 —

La résistance présente entre a et b et celle entre e et f sont d'égale valeur.

R1 et R3 sont égales, chacune à 20 ohms et R2 à 80 ohms.

N. 9 —

$I_1 = 3$ ampères; $I_2 = 2$ ampères.

————— ☆ ☆ ☆ —————

Dans les expressions de calcul mathématique, on rencontre souvent des symboles que le lecteur n'est pas habitué à employer. Dans ce but, nous donnons le tableau 39 qui rassemble les symboles principaux avec, à côté, la définition correspondante.

Plusieurs de ces symboles ont déjà été employés dans les leçons précédentes et nous rencontrerons les autres par la suite. Ce tableau comblera donc quelques éventuelles lacunes sur les connaissances déjà acquises pour mieux comprendre les prochaines leçons.

TAB. 39 - SYMBOLES MATHÉMATIQUES COMMUNS

Symbole	Définition
=	Egalité entre deux ou plusieurs grandeurs
≠	Inégalité entre deux ou plusieurs grandeurs
>	Inégalité entre deux grandeurs dont la première est plus grande de la seconde (de gauche à droite)
<	Inégalité entre deux grandeurs dont la première est plus petite que la seconde (de gauche à droite)
≧	Egal ou plus grand que...
≦	Egal ou plus petit que...
≈	Approximativement égal à...
≐	Egalité supposée entre deux grandeurs
~	Valeur approximative (presque)
	Parallélisme
⊥	Perpendicularité
÷	Valeur comprise entre ...et (de ...à)
∞	Grandeur infinie
‰	Pour cent
‰‰	Pour mille
Approx.	Valeur approximative
max.	Maximum
min.	Minimum
Δ	Variation d'une quantité (en plus ou en moins)

FONCTIONS TRIGONOMETRIQUES

Dans les triangles rectangles, c'est-à-dire ceux dans lesquels un des angles vaut 90° (soit un angle droit, ou le quart de la circonférence), il existe certains rapports et relations déterminés appelés **fonctions trigonométriques**.

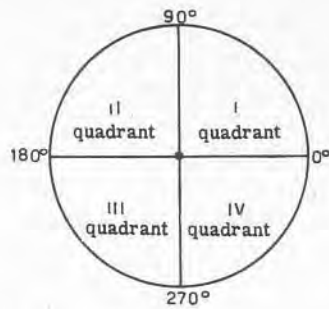
Lorsque pour la représentation graphique de certains problèmes d'électricité ou d'électronique on peut recourir à l'emploi des triangles rectangles (ce qui est le cas pour les courants alternatifs), il est beaucoup plus facile d'arriver à une solution rapide et exacte en employant de telles fonctions.

Avant d'exposer les principes fondamentaux, il est nécessaire de revoir comment se fait, pratiquement, la mesure des angles.

Comme on peut le voir sur la **figure 1**, la circonférence est divisée en quatre parties égales (*quadrants*) par les deux axes perpendiculaires, l'un étant vertical et l'autre horizontal.

Mesure des angles

Fig. 1 - En divisant la circonférence par deux diamètres perpendiculaires, on obtient quatre quadrants de 90°.



La partie droite de l'axe horizontal, par rapport au centre, est prise comme ligne de référence.

Les angles sont décrits au moyen d'une rotation de cette ligne dans le sens inverse de celui des aiguilles d'une montre et se mesurent en degrés; il y a 360 degrés pour la circonférence complète.

En d'autres termes, si l'on fait tourner la ligne de référence autour du centre, dans le sens inverse de celui des aiguilles d'une montre), elle décrit un angle circulaire; un degré en est la 360^{ème} partie.

La circonférence de la figure 1 est donc divisée en quatre quadrants comportant chacun 90° (360 : 4 = 90).

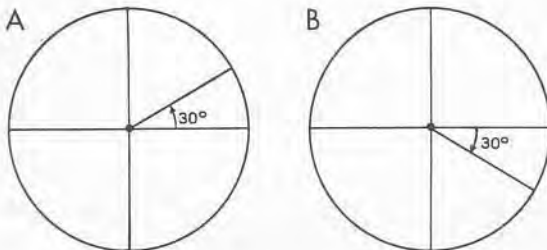


Fig. 2 - Les angles sont positifs dans le sens inverse à celui des aiguilles d'une montre (A) et négatifs dans le sens des aiguilles (B).

La mesure des angles peut se faire également dans le sens des aiguilles d'une montre, mais dans ce cas leurs valeurs numériques sont négatives.

Ceci est illustré par la figure 2; dans la figure 2-A on a représenté un angle positif de 30°, tandis que dans la figure 2-B, nous avons également un angle de 30° mais négatif.

Sinus, Cosinus et Tangente

Supposons maintenant que nous dessinions un rayon allant du centre d'une circonférence à un point quelconque P situé sur celle-ci (figure 3); P se trouve placé dans le premier quadrant.

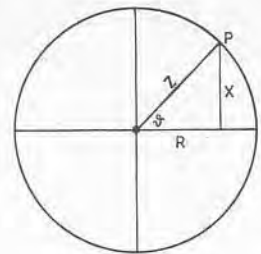
Si à partir de ce point on trace une ligne perpendiculaire à l'axe horizontal, on forme un triangle rectangle.

Désignons le rayon par la lettre Z, le côté vertical — ou hauteur — par X et le côté horizontal — ou base — par R; appelons θ (thêta) l'angle formé par le rayon et l'axe horizontal.

Le rayon du cercle formant l'hypoténuse du triangle rectangle (Z), est appelé parfois *rayon vecteur*, ainsi que nous l'avons vu au cours de notre étude sur le courant alternatif.

Le **sinus** d'un angle dans un triangle rectangle est

Fig. 3 - Au moyen d'un triangle rectangle inscrit dans le cercle nous pouvons définir le sinus, le cosinus et la tangente d'un angle.



égal au quotient de la longueur du côté opposé à cet angle par la longueur de l'hypoténuse.

Ainsi, dans le triangle de la figure 3 on a :

$$\sin \theta = \frac{X}{Z}$$

Le **cosinus** d'un angle est égal au quotient de la longueur du côté qui lui est adjacent par la longueur de l'hypoténuse.

$$\cos \theta = \frac{R}{Z}$$

La **tangente** d'un angle est égale au quotient de la longueur du côté opposé par la longueur du côté adjacent, c'est-à-dire :

$$\tan \theta = \frac{X}{R}$$

Supposons, maintenant que nous dessinions un cercle ayant un rayon égal à 1 unité (figure 4). Nous aurons dans ce cas :

$$\sin \theta = \frac{X}{Z} = \frac{X}{1} = X$$

En conséquence si le rayon, c'est-à-dire l'hypoténuse, est égal à un, la longueur X (côté vertical) sera toujours le sinus de l'angle.

Examinons la figure 5. On y voit en (A) que lorsque l'angle θ est petit, la hauteur X est également petite.

En (B) par contre, l'angle et la hauteur sont plus grands; tandis qu'en (C) — lorsque l'angle atteint 90° — la hauteur est égale au rayon du cercle.

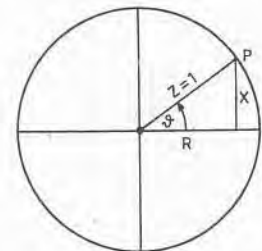


Fig. 4 - Lorsque le rayon est égal à 1 (unité), le sinus de l'angle θ est toujours égal à X.

Puisque dans ce cas, la hauteur est égale au rayon qui a pour valeur l'unité, on a :

$$\sin 90^\circ = \frac{X}{Z} = \frac{1}{1} = 1$$

Ceci est à retenir car on démontre ainsi que le sinus d'un angle de 90° est égal à 1.

À 90° le sinus atteint sa valeur maximum et la hauteur du triangle atteint sa longueur maximum.

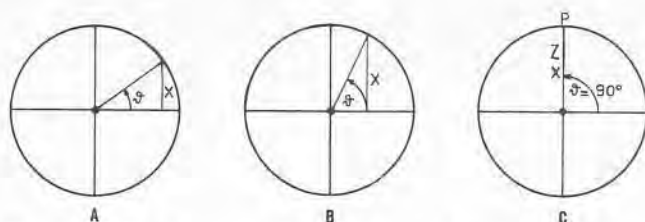


Fig. 5 - Si l'angle est petit (A), X est également petit: il augmente avec l'angle (B) jusqu'à être égal au rayon quand l'angle est de 90° (C).

Il convient de retenir que le sinus d'un angle ne peut être supérieur à 1 puisque la hauteur ne peut être supérieure au rayon.

Au fur et à mesure que l'angle croît de 90° à 180°, la hauteur diminue à nouveau prenant toutes les valeurs intermédiaires entre 1 et 0.

A 180°, le rayon atteint l'axe horizontal et la hauteur devient nulle. Dans ce cas, on a :

$$\sin 180^\circ = \frac{X}{Z} = \frac{0}{1} = 0$$

Lorsque l'angle θ augmente de 180° à 270°, la hauteur X part de l'axe horizontal pour aboutir en un point situé sur la moitié inférieure de la circonférence.

On notera donc que lorsque le triangle rectangle se forme dans le troisième quadrant, la hauteur du triangle est située au-dessous de l'axe horizontal (figure 6-A).

Quand cette hauteur se trouve au-dessous de l'axe horizontal, le sinus de l'angle est négatif. Selon une règle de trigonométrie, le sinus des angles compris entre 180° et 360° est négatif.

Dans la figure 6-B, θ est égal à 270°, la hauteur X est de nouveau égale au rayon Z; il en résulte aussi que le sinus de 270° est égal à 1, mais est négatif. D'où :

$$\sin 270^\circ = -1$$

On constate également qu'un angle positif de 270° est égal à un angle négatif de 90°.

N'importe quel angle positif compris entre 180° et 360° peut être également assimilé à un angle négatif décrit dans le sens des aiguilles d'une montre en partant de l'axe de référence. En effet, on recourt généralement à ce procédé dans l'étude des courants alternatifs, car c'est un moyen plus simple que celui qui consisterait à considérer des angles positifs compris entre 180° et 360°.

Dans la figure 6-C, par exemple, on voit qu'il est plus facile de dire que l'angle a une valeur négative égale à 30°, plutôt que de dire qu'il a une valeur positive de 330°.

Dans le quatrième quadrant, la valeur du sinus de

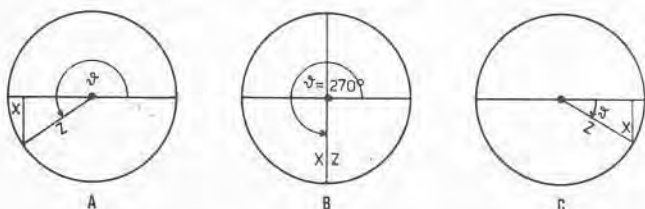


Fig. 6 - Lorsque l'angle est supérieur à 180°, on entre dans les quadrants situés sous l'horizontale: les sinus sont alors, négatifs.

l'angle passe de -1 à 270°, à 0 pour 360°.

Résumons brièvement et voyons quelles valeurs prend le sinus d'un angle lorsque celui-ci passe de 0 à 360°.

Le sinus, qui est égal à 0 pour un angle de 0°, passe par une valeur maximum égale à 1 pour 90°, puis diminue graduellement pour revenir à 0 pour angle de 180°. Sa valeur augmente ensuite, mais dans le sens négatif, pour atteindre un maximum égal à -1 pour 270°, puis diminue à nouveau pour retourner à 0, à 360°.

La courbe sinusoïdale

Sur la figure 7 sont portées toutes les valeurs de $\sin \theta$ pour des angles augmentant par bond de 30°. En réunissant les différents points on obtient une courbe continue, comme le montre le graphique.

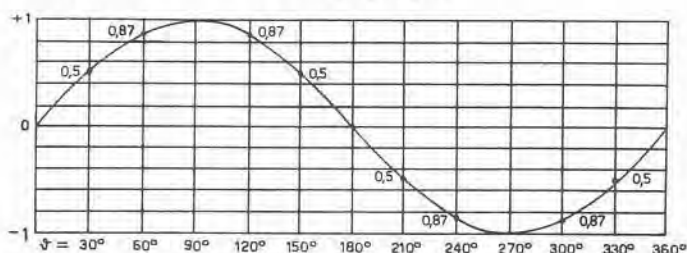


Fig. 7 - La courbe sinusoïdale est formée par la réunion des points représentant les valeurs des sinus de l'angle θ .

Sur l'axe horizontal sont portées les valeurs d'angles, de 30° en 30°, et sur l'axe vertical les valeurs correspondantes des sinus allant de +1 à -1.

Quand on réunit par un trait continu les différents points représentant les valeurs des sinus pour des angles différents, on obtient une courbe mathématique appelée sinusoïde. Cette courbe, nous le savons, est celle que l'on utilise pour représenter graphiquement les courants et les tensions alternatifs rencontrés dans l'étude de l'électronique.

LES VECTEURS

Une quantité vectorielle peut être représentée graphiquement par une droite.

La longueur de la ligne est tracée d'une façon telle qu'elle corresponde à la quantité vectorielle représentée.

La direction de la ligne correspond à celle de la quantité vectorielle et est déterminée au moyen des règles suivantes :

- 1) Tous les angles sont mesurés à partir de l'axe horizontal situé à droite du point d'intersection avec l'axe vertical; ce point est appelé « origine ».
- 2) Tous les angles sont considérés comme étant positifs s'ils sont mesurés dans le sens inverse de celui des aiguilles d'une montre, en partant de l'axe horizontal.
- 3) Tous les angles sont considérés comme étant négatifs s'ils sont mesurés dans le sens de la marche des aiguilles d'une montre.

La figure 8 représente une quantité vectorielle dont l'amplitude est égale à 40 unités et qui fait un angle de 40°; on notera la flèche qui indique le sens du vecteur.

Une amplitude et une direction données suffisent à caractériser un vecteur, et un seul. Un vecteur défini

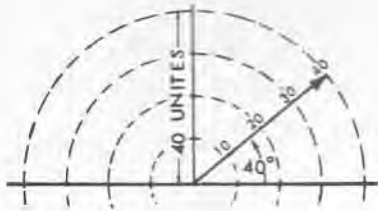


Fig. 8 - Représentation d'une quantité vectorielle de 40 unités en direction de 40°.

de cette façon — en indiquant seulement l'amplitude et la direction — est appelé *vecteur polaire*.

Le vecteur illustré sur la figure 8 peut être identifié comme suit :

$$40/40^\circ$$

qui se lit « 40 avec un angle de 40° ».

Deux règles essentielles sont à retenir.

La première énonce qu'un vecteur peut être déplacé dans une position parallèle à celle d'origine sans subir aucune altération.

On notera que ces déplacements ne changent ni l'amplitude ni la direction et que, par suite, le vecteur conserve ses caractéristiques originelles; toutefois, ces déplacements sont souvent utilisés pour faciliter les calculs.

Somme de vecteurs

On peut faire la somme de deux vecteurs en les plaçant de telle sorte que l'extrémité du premier corresponde au début du second, la direction des deux vecteurs étant la même.

La somme, ou résultante, se mesure à partir de l'origine et est formée par un vecteur dont la longueur est égale à la somme des longueurs des deux vecteurs mis bout à bout sur la même droite.

Soustraction de vecteurs

Deux vecteurs peuvent être soustraits si on les place de telle sorte qu'ils se superposent, l'extrémité de l'un coïncidant avec une extrémité de l'autre.

Ainsi, le plus petit des deux vecteurs sera confondu avec une partie du plus grand. La différence sera égale à la différence de longueur des deux vecteurs.

Multiplication de vecteurs

Le produit de deux quantités vectorielles peut être obtenu en multipliant les amplitudes entre elles et en faisant la somme algébrique des angles.

Par exemple, si nous voulons multiplier $Z_1 = 10/20^\circ$ par $Z_2 = 15/30^\circ$, on procédera de la manière suivante:

$$\begin{aligned}(Z_1) (Z_2) &= (10/20^\circ) (15/30^\circ) \\ &= (10) (15) / 20^\circ + 30^\circ \\ &= 150/50^\circ\end{aligned}$$

Division de vecteurs

La division des vecteurs se fait d'une manière inverse de celle employée pour la multiplication, c'est-à-dire qu'on divise les amplitudes entre elles et qu'on fait la soustraction algébrique des angles.

TABEAU 40 -

TABLE TRIGONOMETRIQUE pour la recherche des fonctions d'un angle

A la page 171 nous avons mentionné, pour la première fois, la table trigonométrique dont l'utilité est primordiale pour la recherche des fonctions d'un angle.

Ces tables peuvent être utilisées de la façon suivante.

Pour les angles compris entre 0 et 45°, on cherche la valeur de l'angle dans la **première colonne**. Les valeurs des différentes fonctions de cet angle se lisent sur la ligne correspondante, dans les colonnes désignées par les indications portées dans le haut de la table (Exemple: pour un angle de 42°, le sinus est 0,66913).

Pour les angles supérieurs à 45°, jusqu'à 90°, leur valeur se cherche dans la **dernière colonne**. Les fonctions correspondantes sont celles indiquées dans le bas de la table (Exemple: pour un angle de 48°, le sinus est 0,74314).

Pour les angles supérieurs à 90°, on soustrait de 180° la valeur de l'angle désiré et on cherche la fonction de l'angle ainsi obtenu par soustraction; on fera précéder cette fonction du signe —.

degrés	sinus	cosinus	tangente	cotangente	degrés
0° 00'	0,00000	1,00000	0,00000	∞	90° 00'
0° 10'	0,00291	0,99999	0,00291	343,77371	89° 50'
0° 20'	0,00582	0,99998	0,00582	171,88540	89° 40'
0° 30'	0,00873	0,99996	0,00873	114,58868	89° 30'
0° 40'	0,01164	0,99993	0,01164	85,93979	89° 20'
0° 50'	0,01454	0,99989	0,01455	68,76009	89° 10'
1° 00'	0,01745	0,99985	0,01746	57,28998	89° 00'
1° 10'	0,02036	0,99979	0,02036	49,10388	88° 50'
1° 20'	0,02327	0,99973	0,02328	42,96408	88° 40'
1° 30'	0,02618	0,99966	0,02619	38,18848	88° 30'
1° 40'	0,02908	0,99958	0,02910	34,36777	88° 20'
1° 50'	0,03199	0,99949	0,03201	31,24158	88° 10'
2° 00'	0,03490	0,99939	0,03492	28,63625	88° 00'
2° 10'	0,03781	0,99929	0,03783	26,43160	87° 50'
2° 20'	0,04071	0,99917	0,04075	24,54176	87° 40'
2° 30'	0,04362	0,99906	0,04366	22,90377	87° 30'
2° 40'	0,04653	0,99892	0,04658	21,47040	87° 20'
2° 50'	0,04943	0,99878	0,04949	20,20556	87° 10'
3° 00'	0,05234	0,99863	0,05241	19,08114	87° 00'
3° 10'	0,05524	0,99847	0,05533	18,07498	86° 50'
3° 20'	0,05814	0,99831	0,05824	17,16934	86° 40'
3° 30'	0,06105	0,99813	0,06116	16,34988	86° 30'
3° 40'	0,06395	0,99795	0,06408	15,60478	86° 20'
3° 50'	0,06685	0,99776	0,06700	14,92442	86° 10'
4° 00'	0,06976	0,99756	0,06993	14,30067	86° 00'
4° 10'	0,07266	0,99736	0,07285	13,72674	85° 50'
4° 20'	0,07556	0,99714	0,07578	13,19688	85° 40'
4° 30'	0,07846	0,99692	0,07870	12,70621	85° 30'
4° 40'	0,08136	0,99668	0,08163	12,25051	85° 20'
4° 50'	0,08426	0,99644	0,08456	11,82617	85° 10'
5° 00'	0,08716	0,99619	0,08749	11,43005	85° 00'
5° 10'	0,09006	0,99594	0,09042	11,05943	84° 50'
5° 20'	0,09296	0,99567	0,09335	10,71191	84° 40'
5° 30'	0,09586	0,99540	0,09629	10,38540	84° 30'
5° 40'	0,09874	0,99511	0,09923	10,07803	84° 20'
5° 50'	0,10164	0,99482	0,10216	9,78817	84° 10'
6° 00'	0,10452	0,99452	0,10510	9,51438	84° 00'
6° 10'	0,10742	0,99421	0,10805	9,25530	83° 50'
6° 20'	0,11031	0,99390	0,11099	9,00983	83° 40'
6° 30'	0,11320	0,99357	0,11394	8,77689	83° 30'
6° 40'	0,11609	0,99324	0,11688	8,55555	83° 20'
6° 50'	0,11898	0,99290	0,11983	8,34496	83° 10'
7° 00'	0,12187	0,99255	0,12278	8,14435	83° 00'
7° 10'	0,12476	0,99219	0,12574	7,95302	82° 50'
7° 20'	0,12764	0,99182	0,12869	7,77035	82° 40'
7° 30'	0,13053	0,99144	0,13165	7,59575	82° 30'
7° 40'	0,13341	0,99106	0,13461	7,42871	82° 20'
7° 50'	0,13629	0,99067	0,13758	7,26873	82° 10'
8° 00'	0,13917	0,99027	0,14054	7,11537	82° 00'
8° 10'	0,14205	0,98986	0,14351	6,96823	81° 50'
8° 20'	0,14493	0,98944	0,14648	6,82694	81° 40'
8° 30'	0,14781	0,98902	0,14945	6,69118	81° 30'
8° 40'	0,15069	0,98858	0,15243	6,56055	81° 20'
8° 50'	0,15356	0,98814	0,15540	6,43484	81° 10'
9° 00'	0,15643	0,98769	0,15838	6,31375	81° 00'
9° 10'	0,15931	0,98723	0,16137	6,19703	80° 50'
9° 20'	0,16218	0,98676	0,16436	6,08444	80° 40'
9° 30'	0,16505	0,98629	0,16734	5,97576	80° 30'
9° 40'	0,16792	0,98580	0,17033	5,87080	80° 20'
9° 50'	0,17078	0,98531	0,17333	5,76937	80° 10'
10° 00'	0,17365	0,98481	0,17633	5,67126	80° 00'
10° 10'	0,17651	0,98430	0,17933	5,57633	79° 50'
10° 20'	0,17937	0,98378	0,18233	5,48451	79° 40'
10° 30'	0,18224	0,98326	0,18534	5,39552	79° 30'
10° 40'	0,18509	0,98272	0,18835	5,30928	79° 20'
10° 50'	0,18795	0,98218	0,19136	5,22566	79° 10'
degrés	cosinus	sinus	cotangente	tangente	degrés

degrés	sinus	cosinus	tangente	cotangente	degrés	degrés	sinus	cosinus	tangente	cotangente	degrés
11° 00'	0,19081	0,98163	0,19438	5,14455	79° 00'	28° 00'	0,46947	0,88295	0,53171	1,88073	62° 00'
11° 10'	0,19366	0,98107	0,19740	5,06584	78° 50'	28° 10'	0,47204	0,88158	0,53545	1,80760	61° 50'
11° 20'	0,19652	0,98050	0,20042	4,98940	78° 40'	28° 20'	0,47460	0,88020	0,53920	1,85462	61° 40'
11° 30'	0,19937	0,97992	0,20345	4,91516	78° 30'	28° 30'	0,47716	0,87882	0,54296	1,84177	61° 30'
11° 40'	0,20222	0,97930	0,20648	4,84300	78° 20'	28° 40'	0,47971	0,87743	0,54673	1,82906	61° 20'
11° 50'	0,20507	0,97875	0,20952	4,77286	78° 10'	28° 50'	0,48226	0,87603	0,55051	1,81649	61° 10'
12° 00'	0,20791	0,97816	0,21256	4,70463	78° 00'	29° 00'	0,48481	0,87462	0,55431	1,80405	61° 00'
12° 10'	0,21076	0,97754	0,21560	4,63825	77° 50'	29° 10'	0,48735	0,87321	0,55812	1,79174	60° 50'
12° 20'	0,21360	0,97692	0,21864	4,57363	77° 40'	29° 20'	0,48989	0,87178	0,56194	1,77955	60° 40'
12° 30'	0,21644	0,97630	0,22169	4,51071	77° 30'	29° 30'	0,49242	0,87036	0,56577	1,76749	60° 30'
12° 40'	0,21928	0,97568	0,22475	4,44944	77° 20'	29° 40'	0,49496	0,86892	0,56962	1,75558	60° 20'
12° 50'	0,22212	0,97502	0,22781	4,38969	77° 10'	29° 50'	0,49748	0,86748	0,57348	1,74375	60° 10'
13° 00'	0,22495	0,97437	0,23087	4,33148	77° 00'	30° 00'	0,50000	0,86603	0,57735	1,73205	60° 00'
13° 10'	0,22778	0,97371	0,23393	4,27471	76° 50'	30° 10'	0,50252	0,86457	0,58124	1,72047	59° 50'
13° 20'	0,23062	0,97304	0,23700	4,21933	76° 40'	30° 20'	0,50503	0,86310	0,58513	1,70901	59° 40'
13° 30'	0,23345	0,97237	0,24008	4,16530	76° 30'	30° 30'	0,50754	0,86163	0,58905	1,69766	59° 30'
13° 40'	0,23627	0,97169	0,24316	4,11256	76° 20'	30° 40'	0,51004	0,86015	0,59297	1,68643	59° 20'
13° 50'	0,23910	0,97100	0,24624	4,06107	76° 10'	30° 50'	0,51254	0,85866	0,59691	1,67530	59° 10'
14° 00'	0,24192	0,97030	0,24933	4,01078	76° 00'	31° 00'	0,51504	0,85717	0,60086	1,66428	59° 00'
14° 10'	0,24474	0,96959	0,25242	3,96165	75° 50'	31° 10'	0,51753	0,85567	0,60483	1,65337	58° 50'
14° 20'	0,24756	0,96887	0,25552	3,91364	75° 40'	31° 20'	0,52002	0,85416	0,60881	1,64256	58° 40'
14° 30'	0,25038	0,96815	0,25862	3,86671	75° 30'	31° 30'	0,52250	0,85264	0,61280	1,63185	58° 30'
14° 40'	0,25320	0,96742	0,26172	3,82083	75° 20'	31° 40'	0,52498	0,85112	0,61681	1,62125	58° 20'
14° 50'	0,25601	0,96667	0,26483	3,77595	75° 10'	31° 50'	0,52745	0,84959	0,62083	1,61074	58° 10'
15° 00'	0,25882	0,96593	0,26795	3,73205	75° 00'	32° 00'	0,52992	0,84805	0,62487	1,60033	58° 00'
15° 10'	0,26163	0,96517	0,27107	3,68909	74° 50'	32° 10'	0,53238	0,84650	0,62892	1,59002	57° 50'
15° 20'	0,26443	0,96440	0,27419	3,64705	74° 40'	32° 20'	0,53484	0,84495	0,63299	1,57981	57° 40'
15° 30'	0,26724	0,96363	0,27732	3,60588	74° 30'	32° 30'	0,53730	0,84339	0,63707	1,56969	57° 30'
15° 40'	0,27004	0,96285	0,28046	3,56557	74° 20'	32° 40'	0,53975	0,84182	0,64117	1,55966	57° 20'
15° 50'	0,27284	0,96206	0,28360	3,52609	74° 10'	32° 50'	0,54220	0,84025	0,64528	1,54972	57° 10'
16° 00'	0,27564	0,96126	0,28675	3,48741	74° 00'	33° 00'	0,54464	0,83867	0,64941	1,53987	57° 00'
16° 10'	0,27843	0,96046	0,28990	3,44951	73° 50'	33° 10'	0,54708	0,83708	0,65355	1,53010	56° 50'
16° 20'	0,28123	0,95964	0,29305	3,41236	73° 40'	33° 20'	0,54951	0,83549	0,65771	1,52043	56° 40'
16° 30'	0,28402	0,95882	0,29621	3,37694	73° 30'	33° 30'	0,55194	0,83389	0,66189	1,51084	56° 30'
16° 40'	0,28680	0,95799	0,29938	3,34223	73° 20'	33° 40'	0,55436	0,83228	0,66608	1,50133	56° 20'
16° 50'	0,28959	0,95715	0,30256	3,30821	73° 10'	33° 50'	0,55678	0,83066	0,67028	1,49190	56° 10'
17° 00'	0,29237	0,95630	0,30573	3,27485	73° 00'	34° 00'	0,55919	0,82904	0,67451	1,48256	56° 00'
17° 10'	0,29515	0,95545	0,30891	3,24214	72° 50'	34° 10'	0,56160	0,82741	0,67875	1,47330	55° 50'
17° 20'	0,29793	0,95459	0,31210	3,21008	72° 40'	34° 20'	0,56401	0,82577	0,68301	1,46411	55° 40'
17° 30'	0,30071	0,95372	0,31530	3,17869	72° 30'	34° 30'	0,56641	0,82413	0,68728	1,45501	55° 30'
17° 40'	0,30348	0,95284	0,31850	3,14792	72° 20'	34° 40'	0,56880	0,82248	0,69157	1,44598	55° 20'
17° 50'	0,30625	0,95195	0,32171	3,11842	72° 10'	34° 50'	0,57119	0,82082	0,69588	1,43703	55° 10'
18° 00'	0,30902	0,95106	0,32492	3,07768	72° 00'	35° 00'	0,57358	0,81915	0,70021	1,42815	55° 00'
18° 10'	0,31178	0,95015	0,32814	3,04749	71° 50'	35° 10'	0,57596	0,81748	0,70455	1,41934	54° 50'
18° 20'	0,31454	0,94924	0,33136	3,01783	71° 40'	35° 20'	0,57833	0,81580	0,70891	1,41061	54° 40'
18° 30'	0,31730	0,94832	0,33460	2,98869	71° 30'	35° 30'	0,58070	0,81412	0,71329	1,40195	54° 30'
18° 40'	0,32006	0,94740	0,33783	2,96004	71° 20'	35° 40'	0,58307	0,81242	0,71769	1,39336	54° 20'
18° 50'	0,32282	0,94646	0,34108	2,93189	71° 10'	35° 50'	0,58543	0,81072	0,72211	1,38484	54° 10'
19° 00'	0,32557	0,94552	0,34433	2,90421	71° 00'	36° 00'	0,58779	0,80902	0,72654	1,37638	54° 00'
19° 10'	0,32832	0,94457	0,34758	2,87700	70° 50'	36° 10'	0,59014	0,80730	0,73100	1,36800	53° 50'
19° 20'	0,33106	0,94363	0,35085	2,85023	70° 40'	36° 20'	0,59248	0,80558	0,73547	1,35968	53° 40'
19° 30'	0,33381	0,94268	0,35412	2,82391	70° 30'	36° 30'	0,59482	0,80388	0,73996	1,35142	53° 30'
19° 40'	0,33655	0,94173	0,35740	2,79802	70° 20'	36° 40'	0,59716	0,80212	0,74447	1,34323	53° 20'
19° 50'	0,33929	0,94078	0,36068	2,77254	70° 10'	36° 50'	0,59949	0,80038	0,74900	1,33511	53° 10'
20° 00'	0,34202	0,93989	0,36397	2,74748	70° 00'	37° 00'	0,60182	0,79864	0,75355	1,32704	53° 00'
20° 10'	0,34475	0,93898	0,36727	2,72281	69° 50'	37° 10'	0,60414	0,79688	0,75812	1,31904	52° 50'
20° 20'	0,34748	0,93807	0,37057	2,69853	69° 40'	37° 20'	0,60645	0,79513	0,76272	1,31110	52° 40'
20° 30'	0,35021	0,93716	0,37388	2,67462	69° 30'	37° 30'	0,60876	0,79335	0,76733	1,30323	52° 30'
20° 40'	0,35293	0,93625	0,37720	2,65109	69° 20'	37° 40'	0,61107	0,79158	0,77196	1,29541	52° 20'
20° 50'	0,35565	0,93534	0,38053	2,62791	69° 10'	37° 50'	0,61337	0,78980	0,77661	1,28764	52° 10'
21° 00'	0,35837	0,93443	0,38386	2,60509	69° 00'	38° 00'	0,61566	0,78801	0,78129	1,27994	52° 00'
21° 10'	0,36108	0,93352	0,38721	2,58261	68° 50'	38° 10'	0,61795	0,78622	0,78598	1,27230	51° 50'
21° 20'	0,36379	0,93261	0,39055	2,56046	68° 40'	38° 20'	0,62024	0,78442	0,79070	1,26471	51° 40'
21° 30'	0,36650	0,93170	0,39391	2,53865	68° 30'	38° 30'	0,62251	0,78261	0,79544	1,25717	51° 30'
21° 40'	0,36921	0,93078	0,39727	2,51715	68° 20'	38° 40'	0,62479	0,78079	0,80020	1,24969	51° 20'
21° 50'	0,37191	0,92987	0,40065	2,49597	68° 10'	38° 50'	0,62706	0,77897	0,80498	1,24227	51° 10'
22° 00'	0,37461	0,92896	0,40403	2,47509	68° 00'	39° 00'	0,62932	0,77715	0,80978	1,23490	51° 00'
22° 10'	0,37730	0,92805	0,40741	2,45461	67° 50'	39° 10'	0,63158	0,77531	0,81461	1,22758	50° 50'
22° 20'	0,37999	0,92714	0,41081	2,43422	67° 40'	39° 20'	0,63383	0,77347	0,81948	1,22031	50° 40'
22° 30'	0,38268	0,92623	0,41421	2,41421	67° 30'	39° 30'	0,63608	0,77162	0,82434	1,21310	50° 30'
22° 40'	0,38537	0,92532	0,41763	2,39449	67° 20'	39° 40'	0,63832	0,76977	0,82923	1,20593	50° 20'
22° 50'	0,38805	0,92441	0,42106	2,37504	67° 10'	39° 50'	0,64056	0,76791	0,83415	1,19882	50° 10'
23° 00'	0,39073	0,92350	0,42447	2,35585	67° 00'	40° 00'	0,64279	0,76604	0,83910	1,19175	50° 00'
23° 10'	0,39341	0,92259	0,42791	2,33693	66° 50'	40° 10'	0,64501	0,76417	0,84407	1,18474	49° 50'
23° 20'	0,39608	0,92168	0,43136	2,31826	66° 40'	40° 20'	0,64723	0,76229	0,84906	1,17777	49° 40'
23° 30'	0,39875	0,92076	0,43481	2,29984	66° 30'	40° 30'	0,64945	0,76041	0,85406	1,17085	49° 30'
23° 40'	0,40142	0,91985	0,43828	2,28167	66° 20'	40° 40'	0,65166	0,75851	0,85912	1,16398	49° 20'
23° 50'	0,40408	0,91892	0,44175	2,26374	66° 10'	40° 50'	0,65388	0,75661	0,86419	1,15715	49° 10'
24° 00'	0,40674	0,91800	0,44523	2,24604	66° 00'	41° 00'	0,65609	0,75471	0,86929	1,15037	49° 00'
24° 10'	0,40939	0,91708	0,44872	2,22857	65° 50'	41° 10'	0,65829	0,75280	0,87441	1,14363	48° 50'
24° 20'	0,41204	0,91616	0,45222	2,21132	65° 40'	41° 20'	0,66048	0,75088	0,87955	1,13694	48° 40'
24° 30'	0,41469	0,91523	0,45573	2,19430	65° 30'	41° 30'	0,66266	0,74896	0,88473	1,13029	48° 30'
24° 40'	0,41734	0,91430	0,45924	2,17749	65° 20'	41° 40'	0,66483	0,74703	0,88992	1,12369	48° 20'
24° 50'	0,41998	0,91337	0,46277	2,16090	65° 10'	41° 50'	0,66697	0,74509	0,89516	1,11713	48° 10'
25° 00'	0,42262	0,91244	0,46								

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

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

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

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

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

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

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

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

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



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



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



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