

5

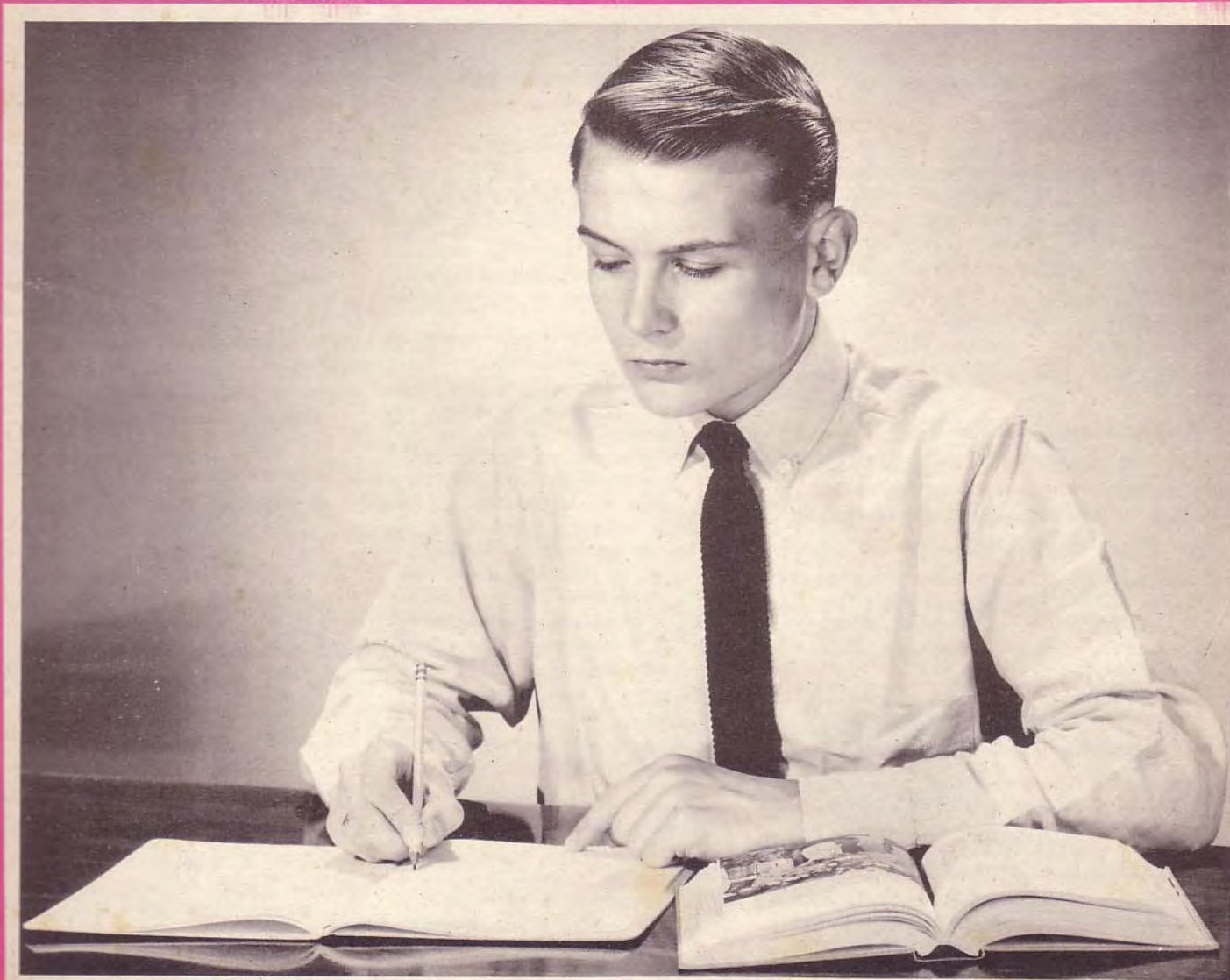
votre Carrière

revue hebdomadaire avec

cours de

TECHNIQUE RADIO

magazine des futurs électroniciens



REVUE HEBDOMADAIRE POUR LA FORMATION PROFESSIONNELLE — 29 MARS/4 AVRIL '65 — 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 EDEITEUR N. 34 du 1^{er} Trim. 1965

DISTRIBUTION: Nouvelles Messageries de la Presse Parisienne - Paris - Directrice de la publication: Mme Etienne Chiron.

vosre Carrière

revue hebdomadaire

Secrétaire de Rédaction: J. LAVERGNE



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

ABONNEMENTS

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

Les anciens numéros peuvent être commandés séparément au prix unitaire.

Aucun envoi contre remboursement.

RENSEIGNEMENTS

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

COPYRIGHT

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

LA SEMAINE PROCHAINE

Courrier technique . Equipement et composants
- Circuits électriques simples - Circuits en série - Circuits en parallèle - Comparaison entre circuits en série et circuits en parallèle - Circuits en série-parallèle - Effets de la résistance de la source - Les appareils de mesure - Principe du fonctionnement des instruments de mesure - Instruments de mesure électromagnétiques et thermiques - Considérations générales - Instruments de mesure pour courant continu - Caractéristiques d'un instrument - Symboles - Abréviations - Formules - Questions sur la 16^{ème} et 17^{ème} leçons - Réponses aux questions du numéro précédent - Calcul rapide de la valeur de 2 résistances en parallèle - Graphique pour le calcul de 2 résistances en parallèle - Terminologie de l'algèbre - Dictionnaire Anglais-Français

Sommaire

★ Courrier technique	page 2
★ Equipement et composants	» 3
★ Magnétisme et électromagnétisme	» 5
★ Moyens de production du courant électrique	» 14
★ Dictionnaire Anglais-Français d'Electronique	» 17
★ Symboles - Abréviations - Formules	» 27
★ Questions sur la 13 ^{ème} et 14 ^{ème} leçons	» 27
★ Réponses aux questions du numéro précédent	» 28
★ Unités magnétiques et définitions relatives	» 29
★ Comparaison entre unités électriques et magnétiques	» 29
★ Conversion des unités magnétiques C.G.S. en M.K.S.	» 29
★ Graphique des caractéristiques de quelques couples thermo-électriques	» 29
★ Valeurs de B, H et μ pour matériaux magnétiques	» 30
★ Caractéristiques de quelques lois magnétiques pour noyau	» 30
★ Caractéristiques principales lois pour aimants permanents	» 30
★ Comparaison entre quelques cellules photo-électriques	» 31
★ Caractéristiques de quelques batteries solaires	» 31
★ Correspondance entre grades °C et grades Fahrenheit	» 32

Courrier technique

L. DUCHARREAUDS demande les effets des aurores boréales sur le trafic radio.

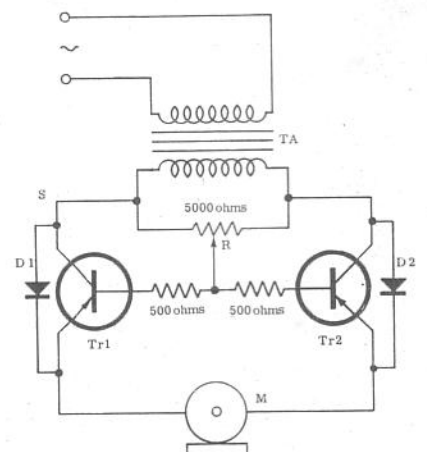
La modification de l'ionisation de l'atmosphère au cours d'une aurore boréale se traduit par une disparition quasi totale de toute propagation; un opérateur situé dans ce secteur a l'impression d'être dans un local totalement isolé, il n'entend que sa propre émission, celle-ci lui faisant d'ailleurs l'effet de ne pouvoir se propager au delà de limites extrêmement rapprochées. Peu à peu, au bout de quelques minutes ou de quelques heures, le silence du récepteur est rompu, le volume des appels et des réponses retrouve le niveau normal du trafic.

Des zones de silence similaires ont été observées en plein jour, et elles coïncideraient avec des éruptions solaires.

S. CLEMENT, nous demande comment on peut alimenter un petit moteur pour courant continu par un réseau de courant alternatif avec possibilité d'en régler la vitesse et d'en inverser le sens de rotation.

Voici la solution que nous lui proposons. Le fonctionnement est le suivant: quand le point S est positif, le redresseur D1 élimine l'action du transistor Tr1, le redresseur D2 se bloque et Tr2 qui conduit le courant agit. Le contraire se produit quand le même point S devient négatif. Tr2 est éliminé et Tr1 conduit le courant.

Considérons maintenant R. Si le curseur se trouve exactement au centre de la résistance, pendant un cycle complet des courants d'intensité égale et de polarité opposée traversent le moteur M et par conséquent le moteur ne tourne



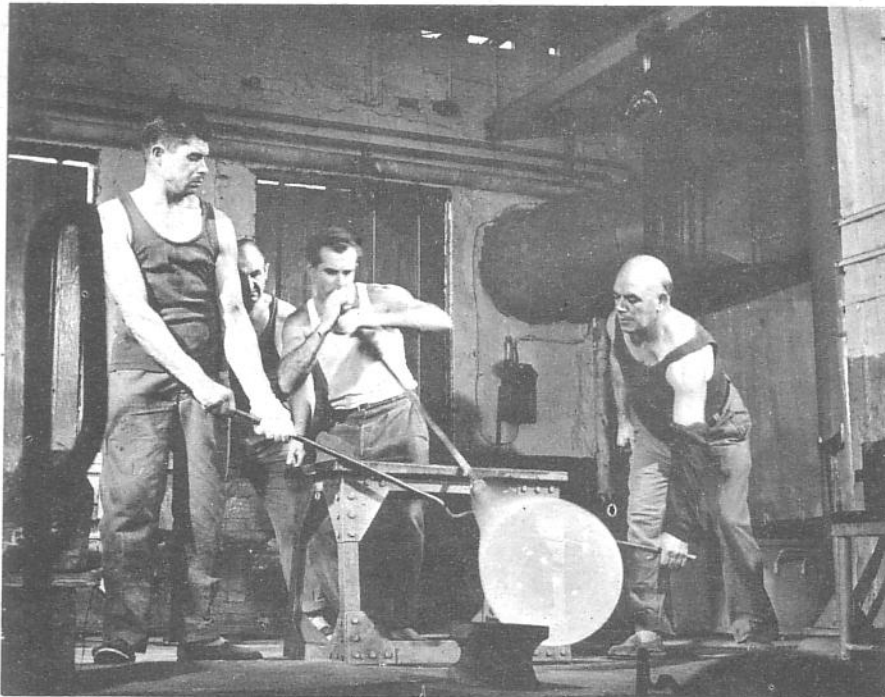
pas. Cependant si l'on déplace le curseur le long de R (supposons vers la gauche), le courant qui passera à travers Tr1 sera plus élevé durant l'alternance pendant laquelle Tr1 est en action, que celui qui traversera Tr2 pendant l'autre alternance. Plus on déplacera le curseur vers l'extrémité, plus le moteur tournera rapidement. Pour inverser le sens de rotation, on déplacera le curseur au delà du point central de R, du côté opposé. Transistors et redresseurs doivent être choisis en relation avec les caractéristiques du moteur M employé.

Équipement et Composants

Comment naissent les tubes-image pour téléviseur

Le travail du souffleur de verre pour les tubes de forme spéciale, tels les tubes de prises de vues, les tubes cathodiques à mémoire, etc...

(Document Sovirel).



LE VIDE GRACE AU VERRE

Les semi-conducteurs, diodes et transistors, paraissent avoir détrôné les tubes électroniques (ou lampes de radio). Cependant ces derniers restent absolument nécessaires et irremplaçables lorsqu'il est nécessaire d'agir sur les électrons à l'intérieur même du dispositif.

On peut, par exemple, remplacer une cellule photo-électrique au Caesium qui émet ses électrons dans le vide d'une ampoule lorsque sa cathode est éclairée, par un cristal semi-conducteur au silicium, avec impuretés de gallium dont le courant d'électrons interne variera selon l'éclairement du cristal.

On peut remplacer un tube électronique, même amplificateur de puissance, à faisceau électronique important, par un cristal semi-conducteur à courant de collecteur très important, sous réserve d'arriver à contenir et limiter l'élévation de température du cristal à l'endroit de la jonction semi-conductrice.

Cela est impossible pour les tubes cathodiques dont nous allons parler. Dans un tube cathodique, par exemple, les phénomènes à observer sont appliqués à des bobines de déviation, dont le champ magnétique variable agit sur le trajet d'un faisceau d'électrons.

Ainsi en est-il pour les tubes cathodiques des oscilloscopes ou des oscillographes sur l'écran, desquels on peut regarder la **forme** des signaux appliqués, leur amplitude, leurs variations en fonctionnement, leur coïncidence avec d'autres phénomènes, etc...

Ainsi en est-il pour les tubes-image des récepteurs de télévision, où le balayage de l'écran, ligne par ligne, est obtenu par déviation magnétique (à l'aide d'un courant qui varie en « dent de scie »).

Il en est de même dans les tubes à rayons X, pour la radiographie des corps, qu'il s'agisse de médecine ou de techniques industrielles.

Il en est ainsi dans les microscopes électroniques où un pinceau d'électrons, très concentrés et très accélérés, vient bombarder une cible et permettre une image optique de l'infiniment petit.

Dans tous ces cas, il faut avoir en liberté (surveillée, contrôlée, orientée !) un long pinceau d'électrons SORTIS de leur source (la cathode chauffante, ou la photocathode illuminée) et promenés dans le VIDE avant d'attendre écran, cible, objet, etc...

La technique du VIDE restera donc nécessaire, malgré l'apparition des transistors, où les électrons restent enfermés dans la structure cristalline.

Et le vide poussé dans les enceintes dites « tubes électroniques », ne s'obtient que grâce au VERRE.

La fabrication des ampoules pour tubes électroniques, tubes-image de TV tubes cathodiques, tubes photo-multiplicateurs, etc...

Le verre est une substance (obtenue par la cuisson du sable, ou silice) extraordinairement complexe, dont il existe des variétés infinies, du verre à vitre au cristal, en passant par les verres trempés, Pyrex, etc...

En allant visiter les VERRERIES de Bagneaux-sur-Loing, en France, près de Nemours, j'ai pris contact avec la plus extraordinaire fabrication pour tubes électroniques.

SOVIREL, la grande compagnie qui réalise aux Verres de Bagneaux les ampoules des tubes-écrans de téléviseurs pour toute la France et l'exportation, y fabrique aussi tous les modèles d'ampoules pour l'électronique, les verres de vos lunettes, les miroirs astronomiques, etc...

Il n'y a que 60 fabricants de tubes-image TV dans le monde entier: sept au U.S.A., cinq au Japon, quatre au Canada, quatre en Italie, trois en Angleterre, trois en Allemagne, trois en U.R.S.S., trois au Mexique, deux en France, deux en Australie, un en Hollande.



Contrôle des ampoules soudées d'un tube-image de télévision.
(Document Sovirel).

Mais ils ne fabriquent pas les ampoules de leurs tubes: ils les achètent à seulement 17 verriers qui fournissent le monde entier en ampoules d'électronique: deux aux U.S.A. pour 60 millions de téléviseurs américains plus l'exportation; cinq en Europe de l'Est, dont trois en U.R.S.S., pour 15 millions de téléviseurs.

Six verriers spécialistes seulement en Europe de l'Ouest: deux en Angleterre, pour 15 millions de téléviseurs; deux en Allemagne, pour 10 millions de téléviseurs; et un en France (SOVIREL) pour 5 millions de téléviseurs (et tant qu'il reste à fournir aux Français) et pour l'exportation, bien sûr, car SOVIREL exporte beaucoup, même aux U.S.A.

Il y a 140 millions de téléviseurs dans le monde et c'est encore bien peu.

QUEL VERRE ?

- être imperméable aux gaz (puisque'il s'agit de VIDE)
- être chimiquement neutre,
- être facile à mettre en forme,
- être soudable à lui-même,
- être soudable parfaitement aux tiges métalliques des électrodes.

Voilà les premières qualités requises.

Ajoutez: l'absence de point de fusion fixe pour un ramollissement contrôlable, une viscosité sans cristallisation lorsqu'on l'échauffe, une structure solide laissant passer les rayons X de la même façon que les structures liquides, etc...

Les « vitrifiants » sont la silice (sable), l'acide borique, etc...

Les « fondants » sont des alcalins: soude, potasse.

Les « stabilisants », qui modifient l'indice de réfraction (précieux pour les verres d'optique) mais qui modifient aussi les propriétés diélectriques (le verre enrobe les électrodes de tubes électroniques, de tubes-image, d'éléments diodes semi-conducteurs); ces stabilisants sont l'oxyde de calcium, de baryum, etc...

Les sels et les métaux enfin: fluorures, plomb, etc...

DE LA FORME DE L'AMPOULE POUR UN TUBE-IMAGE DE TV

Il faut savoir que, dans un tube de télévision, le faisceau électronique qui est émis rectiligne par le canon, doit être dévié pour parvenir à balayer la surface totale de l'écran. C'est de cet angle de déviation que dépend la hauteur de l'ampoule et, par conséquent, la profondeur du poste qu'on a sans cesse cherché à réduire. Le progrès réalisé sur ce point tient en deux chiffres. A l'origine, l'angle de déflexion était de 55°, il est maintenant de 110°. Il a donc doublé.

Or, pour l'électronicien, plus l'angle est grand, plus la déflexion est difficile, ce qui l'a conduit à demander au verrier des tolérances de plus en plus précises sur l'épaisseur du cône, ainsi que sur le contour extérieur et intérieur. Le procédé de la centrifugation est très exactement adapté à la production des cônes d'ampoules TV. De plus, on a pu réduire le diamètre des cols, afin d'économiser de la puissance électrique, obtenir une précision presque mécanique dans la soudure du col, pour permettre un centrage parfait du faisceau électronique.

On est bien loin de l'ampoule soufflée à la bouche, qui ne pouvait, en raison du procédé lui-même, présenter en tous points une telle précision.

DU FORMAT « CARTE POSTALE » AU SUPER GRAND ECRAN

Au fur et à mesure que la télévision connaissait dans le monde un prodigieux essor, le spectateur souhaitait recevoir une image aussi grande que possible. C'est un mouvement irréversible qui se constate universellement. Le succès épisodique de certains postes tous petits ne vient pas contredire cette tendance, car il s'agit là de postes « portatifs » dont l'usage est tout différent de celui du poste familial installé à sa place dans la maison.

Voici, pour quelques pays de l'Europe occidentale, la répartition des postes selon les dimensions de l'image caractérisées par la longueur de la diagonale (50 cm).

Ecrans dont la longueur de la diagonale est:		
	inférieure à 50 cm	supérieure à 50 cm
Allemagne Fédérale	8%	92%
Grande Bretagne	88%	12%
France	20%	80%
Italie	24%	76%

On voit que la seule exception est présentée par l'Angleterre, où le nombre de petits téléviseurs dépasse largement la quantité des grands. Mais il faut se souvenir que le standard anglais n'est que de 405 lignes (625 pour l'Europe et 819 pour la France), qui s'accommode assez mal des grands écrans. L'industrie britannique attend du lancement de sa troisième chaîne en 625 lignes, une augmentation spectaculaire du nombre des écrans de grandes dimensions.

suite dans le prochain Numéro.

MAGNETISME ET ELECTROMAGNETISME

Tout le monde connaît la propriété particulière des aimants qui ont le pouvoir d'exercer une force d'attraction sur le fer, l'acier, le nickel et le cobalt. Cette force d'attraction est appelée **magnétisme** et les substances citées ci-dessus, sur lesquelles s'exerce cette force sont dites **substances magnétiques**.

Les aimants sont employés dans de nombreux dispositifs électriques d'usage courant: nous citerons simplement l'écouteur téléphonique, le haut-parleur, certains types de microphones et les instruments de mesure.

Une aiguille d'acier, aimantée de la façon que nous décrirons par la suite, a deux points d'attraction maximum situés, précisément, à ses extrémités; en son centre, l'attraction est, par contre, nulle.

Les points où l'attraction est maximum sont appelés **pôles magnétiques** et sont, au moins, au nombre de deux par aimant. Mis gratuitement en ligne par Alain et André.

Si nous suspendons l'aiguille aimantée d'une manière telle qu'elle puisse tourner librement dans le plan horizontal (en la posant sur un pivot ou en la plaçant sur un léger support flottant sur un liquide), elle tendra à prendre une position dirigée approximativement dans l'axe Nord-Sud, chacun de ses pôles étant toujours dirigé vers le même pôle terrestre. Celui des deux pôles qui pointe vers le Nord s'appelle pôle Nord et réciproquement. Cette propriété est utilisée dans l'instrument d'orientation bien connu: la boussole.

Autour d'un simple barreau aimanté il existe toujours un **champ magnétique** consistant en des lignes imaginaires le long desquelles agissent les forces magnétiques; celles-ci partent du pôle Nord et atteignent le pôle Sud à travers l'espace environnant, puis rejoignent à nouveau le pôle Nord d'origine à travers l'aimant lui-même: c'est de cette façon que se forme un circuit magnétique fermé.

Par **circuit magnétique** on entend ainsi un **parcours déterminé**, le long duquel se manifestent les lignes de force créées par le magnétisme. Un tel parcours est formé, en majeure partie, de substance magnétique permettant la présence de ces lignes.

Un circuit magnétique est, pour l'essentiel, analogue à un circuit électrique dans lequel passe un courant électrique sous l'effet de la force électromotrice. On peut ainsi noter l'analogie avec le champ électrostatique dont nous avons parlé page 30.

Les aimants peuvent être divisés en trois catégories:

les **aimants naturels** qui se trouvent dans la nature sous la forme d'un minéral appelé « magnétite »; les **aimants artificiels** en acier trempé (ou en alliages spéciaux comme, par exemple, acier-nickel, cobalt, etc.) aimantés artificiellement une fois pour toutes; et, enfin, les **électro-aimants** qui comportent un noyau en fer doux sur lequel est enroulé un conducteur isolé qui lorsqu'il est parcouru par un courant, aimante le noyau. Cette aimantation cesse lorsque le courant est coupé.

AIMANTS NATURELS

On a observé, il y a quelques siècles, que certains minerais (par exemple la magnétite: Fe_3O_4) ont la propriété d'attirer un morceau de fer et, étant donné que la plus grande partie de ces minerais provenait d'Asie Mineure, près de la ville de Magnésie, les Grecs donnèrent à cette substance le nom de Magnétite.

Des aimants naturels furent ensuite trouvés également aux Etats-Unis, en Norvège et en Suisse. la **figure 1-A** en montre l'aspect général.

AIMANTS ARTIFICIELS

Les aimants naturels furent très vite supplantés, dans la pratique, par les aimants artificiels formés d'acier ou d'alliages spéciaux, comme par exemple l'Alnico, composé principalement d'aluminium, de nickel et de cobalt et dont le nom dérive des initiales des noms des trois métaux qui le composent (Al-ni-co). La **figure 1-B** montre un de ces aimants artificiels.

Une barre de fer, d'acier ou d'alliage magnétique, peut être aimantée en la plaçant à l'intérieur d'une bobine comportant des enroulements de fil isolé, au travers desquels on fait passer un fort courant continu comme illustré sur la **figure 2-A**; nous verrons, par la suite, d'une manière plus détaillée comment se produit cette aimantation.

La même barre peut également être aimantée en la mettant en contact avec une autre barre déjà aimantée comme nous le représentons dans la **figure 2-B**; dans ce cas la barre à aimanter possède, après le contact, les mêmes propriétés magnétiques que celles de la barre ayant servi à l'aimantation et, par suite, deux pôles d'attraction se forment à ses extrémités. Un tel procédé permet de former des aimants permanents



Fig. 1 A - Fragment d'aimant naturel.

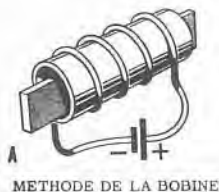


Fig. 2 A - Aimantation de l'acier sous l'effet d'un champ magnétique approprié.

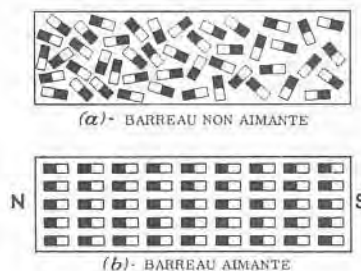


Fig. 3 - Les molécules d'une substance magnétique, non aimantée, forment autant d'aimants orientés au hasard. Sous l'effet de l'aimantation, elles s'orientent toutes dans le même sens; de ce fait, tous les petits champs s'ajoutent et forment la force totale disponible en pratique.

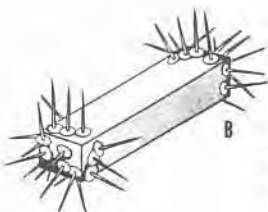


Fig. 1 B - Aimant artificiel en Acier, Nickel ou alliage.

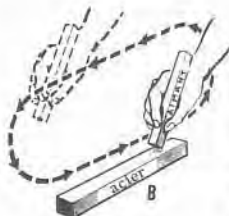


Fig. 2 B - Système d'aimantation par contact avec un autre aimant.

par induction: le magnétisme peut être facilement induit et, par suite, transmis à une barre grâce à l'influence d'un deuxième aimant.

Les aimants artificiels peuvent être classés en deux catégories: les **permanents** et les **temporaires**, selon que l'énergie magnétique se maintienne, ou non, après la cessation de l'application de la force l'ayant produite.

L'acier trempé et certains alliages sont assez difficiles à aimanter et sont dits « à faible perméabilité » car les lignes de force ne se propagent pas facilement en eux — en d'autres termes — elles ne se répartissent pas rapidement dans le métal. Cependant, une fois aimanté, le métal à faible perméabilité conserve la plus grande partie de l'énergie magnétique acquise et constitue, ainsi, un aimant permanent. Les aimants permanents sont très largement utilisés dans l'industrie et dans de nombreuses applications du domaine de l'électronique. Citons, par exemple, les aimants qui sont la partie essentielle des haut-parleurs et qui, comme nous le verrons bientôt, ont un rôle très important même dans les instruments de mesure.

Au contraire, tous les matériaux qui se laissent facilement aimanter, comme par exemple le fer doux et l'acier recuit au silicium sont dits à « haute perméabilité ». Ils ne gardent qu'une très faible partie de l'énergie magnétique dès que la force qui l'a induite a cessé. On les appelle, pour cela, des aimants temporaires. L'acier au silicium et d'autres matériaux similaires sont employés dans la construction des transformateurs, dans lesquels l'énergie magnétique varie continuellement, ainsi que dans les générateurs ou les moteurs, dans lesquels l'intensité du champ magnétique peut changer rapidement.

Le magnétisme restant dans un aimant temporaire après que l'énergie magnétisante ait cessé d'agir est appelé « magnétisme résiduel ». Le fait qu'une petite quantité demeure acquise joue un rôle très important dans certains cas, il permet de construire — ainsi que nous le verrons — des générateurs de courant à auto-excitation.

NATURE du MAGNETISME

D'après une théorie — dite **théorie de Weber** sur la nature du magnétisme — on suppose que chaque molécule d'un aimant est, en elle-même, un petit aimant; toutes les molécules formant une barre non aimantée sont disposées au hasard, comme le montre la **figure 3 (a)**.

Dans ces conditions, l'énergie magnétique développée par chacune d'entre elles est neutralisée par celle des molécules adjacentes; pour cette raison, aucun effet magnétique ne se produit extérieurement. Mais, lorsqu'une telle barre reçoit une force magnétique, ses molécules s'alignent de telle façon que tous les pôles Nord soient dirigés dans le même sens, les pôles Sud l'étant en sens opposé, comme le montre la **figure 3 (b)**. **Mis gratuitement en ligne par Alain et André.**

Si un barreau magnétique est fractionné en plusieurs morceaux, comme le montre la **figure 4**, chacun d'eux devient un aimant complet, dont les pôles ont la même direction que les pôles originaux.

Si, à son tour, un des morceaux est divisé à nouveau, il formera d'autres petits aimants dont la polarité se maintiendra toujours orientée dans la même direction. Si une telle division pouvait être continuée à l'infini, on obtiendrait des morceaux toujours plus petits, mais conservant chacun les caractéristiques d'un aimant, jusqu'à atteindre les dimensions d'une molécule: dès lors il est logique de supposer que chacune d'entre elles est aussi un aimant.

Une des théories sur le magnétisme, plus appropriée encore que la théorie moléculaire, est appelée **théorie du « domaine »** et s'exprime comme suit:

Dans une substance magnétique, les aimants « atomiques » formés par le mouvement de rotation planétaire des électrons autour du noyau ont, en l'absence de tout champ magnétique extérieur une tendance remarquable à s'aligner par groupes de 10^{14} à 10^{15} atomes. Ces groupes d'atomes, dont les pôles sont orientés dans la même direction, sont appelés « domaines ».

Chaque « domaine » est donc le siège d'un champ



Fig. 4 - En sectionnant en plusieurs morceaux une barre aimantée, on obtient des aimants plus courts dont les pôles sont alternés.

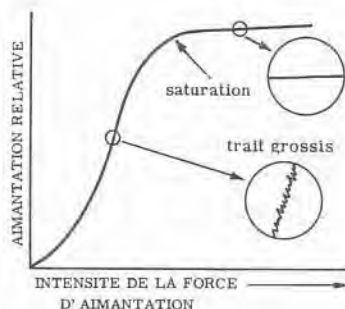


Fig. 5 - Courbe d'aimantation d'un aimant artificiel en fonction de l'intensité de la force d'aimantation. Nous voyons qu'au delà d'une certaine valeur (saturation) l'aimantation n'augmente plus.

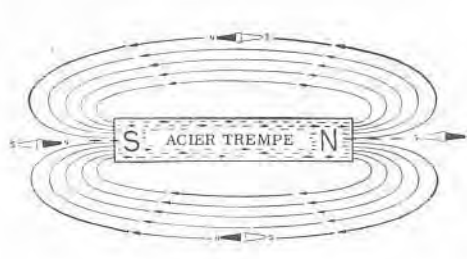


Fig. 6 A - Il est possible de déterminer la polarité d'un aimant au moyen d'une boussole: le pôle Nord de la boussole est en effet toujours pointé vers le pôle Sud de l'aimant.

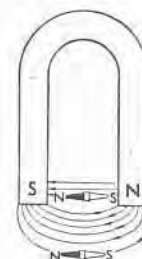


Fig. 6 B Distribution des «lignes de force» dans un aimant typique en fer à cheval; on peut identifier les deux pôles au moyen d'une boussole.

magnétique intense. Tous ces champs sont normalement orientés au hasard, et par suite, on ne constate aucun effet magnétique externe et la substance n'est pas aimantée. Du fait que chacun des minuscules domaines (10^8 d'entre eux peuvent être contenus dans un millimètre cube) ait toujours une aimantation maximum, l'influence d'un champ magnétique extérieur ne peut augmenter son aimantation intrinsèque.

Toutefois, si l'on soumet la substance à l'action d'un champ magnétique extérieur dont on augmente progressivement l'intensité, les domaines s'alignent tous dans la direction du champ extérieur.

La figure 5 représente graphiquement le processus d'aimantation (courbe normale) d'un aimant artificiel en fonction de l'intensité du champ magnétique auquel il est soumis: si le champ magnétique augmente progressivement, par très petites quantités à la fois, et si l'on observe la courbe en détail, on note que cette courbe est très irrégulière jusqu'au point de saturation, dénotant ainsi, une augmentation irrégulière de l'aimantation.

Ces irrégularités sont dues au fait que les domaines ne s'alignent que sous l'effet d'une force d'aimantation par petits paliers successifs, au fur et à mesure que les divers domaines ou groupes, subissent l'influence de la force extérieure alors que celle-ci a atteint le degré d'intensité voulu.

En d'autres termes, on constate qu'en augmentant d'une manière régulière la force d'aimantation, pendant un certain temps, l'aimantation n'augmente pas d'une manière appréciable, mais elle augmente rapidement dès qu'un nombre suffisant de domaines se sont alignés. Ces petites variations successives et irrégulières continuent à se produire jusqu'à ce que le point de saturation soit atteint, c'est-à-dire jusqu'au moment où tous les domaines sont alignés dans la direction de la force extérieure.

CHAMP MAGNETIQUE et LIGNES de FORCE

Si un barreau aimanté est plongé dans de la limaille de fer, une grande partie de celle-ci est attirée aux

extrémités de l'aimant, tandis que quelques particules sont attirées au centre: comme nous l'avons déjà expliqué précédemment, les extrémités où l'attraction est maximum, sont appelées « pôles ».

Il est possible d'observer, en utilisant une boussole, la direction de la force magnétique aux divers points situés à proximité de l'aimant; en effet, l'aiguille de la boussole, étant elle-même un petit aimant, réagira différemment suivant qu'on l'approchera d'un pôle ou de l'autre. Son pôle Nord se dirigera toujours vers le pôle Sud de l'aimant, comme indiqué sur la figure 6 A, ce qui permet une identification rapide des pôles de celui-ci.

Quand la boussole est placée au milieu du barreau, l'aiguille prend une position parallèle au barreau lui-même, tandis qu'en la plaçant successivement en divers points, l'aiguille s'alignera toujours sur le champ magnétique produit par le barreau en ces points. La direction du champ est indiquée par la flèche et c'est dans cette direction que pointerait l'aiguille dès que la boussole pénétrerait dans le champ magnétique.

Les lignes le long desquelles l'aiguille s'oriente sont appelées **lignes de force magnétique**, lesquelles, ainsi que nous l'avons énoncé précédemment, sont présumées partir du pôle Nord, traverser l'espace compris autour de l'aimant et y rentrer par le pôle Sud.

La figure 6 B montre la distribution des lignes de force produites par un aimant replié en fer à cheval (forme classique).

L'espace entourant un aimant et dans lequel passent les lignes de force magnétique s'appelle « champ magnétique ».

Michel Faraday fut le premier savant qui formula cette hypothèse, en le décrivant comme étant un champ de tension constitué par des lignes de force uniformément distribuées.

L'ensemble de ces lignes forme le flux magnétique qui peut être comparé à un courant circulant dans un circuit électrique.

Le nombre des lignes de force par unité de surface est appelé **densité du flux** et est mesuré en nombre de

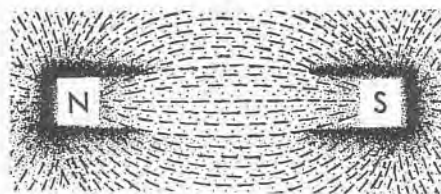


Fig. 7 - On peut mettre en évidence les lignes de force d'un aimant en plaçant une plaque de verre sur l'aimant et en la saupoudrant de limaille de fer. Sous l'effet du champ magnétique, cette dernière se dispose comme le montre la figure.

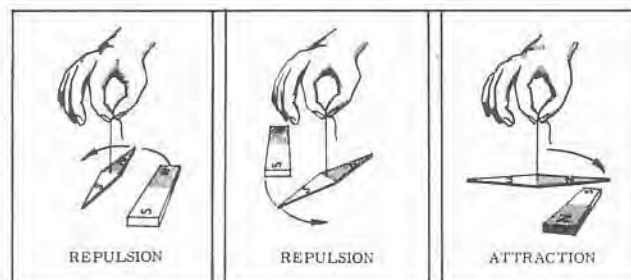


Fig. 8 - Démonstration de l'attraction exercée par des pôles de signes opposés et de la répulsion par des pôles de même signe, au moyen d'un aimant permanent stable et d'une aiguille aimantée pouvant tourner librement autour de son axe.

lignes par centimètre carré au moyen de la formule suivante :

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

dans laquelle B est la densité du flux, Φ (lettre grecque ϕ) est le nombre total des lignes du flux et A la section du circuit magnétique. Si A est exprimé en cm^2 , B est exprimé en lignes par cm^2 , c'est-à-dire en gauss.

Dans les textes modernes on trouve soit le terme « flux » soit l'expression « passage d'énergie magnétique ». Toutefois il faut retenir que le magnétisme n'est pas un courant de particules en mouvement, mais un simple champ d'énergie dans l'espace.

On peut mesurer le nombre des lignes de force par unité de surface en faisant tourner une petite boucle de fil, à vitesse constante, dans un circuit magnétique d'une manière telle que la boucle coupe les lignes de force constituant le champ. Dans ce cas, il se produit, dans le fil de la boucle, une tension proportionnelle à la densité du flux.

On peut obtenir une représentation visuelle d'un champ magnétique en plaçant sur un aimant une lame de verre sur laquelle on a répandu de la limaille de fer. Celle-ci se dispose, le long de lignes reliant les pôles, matérialisant ainsi le champ magnétique autour de l'aimant, ainsi que le montre la figure 7.

Le champ magnétique produit par un aimant de forme symétrique a les propriétés suivantes :

- 1 - Le champ est symétrique, sauf s'il est déformé par la présence d'une autre substance magnétique.
- 2 - La direction des lignes de force est telle qu'elles sortent du pôle Nord et rentrent par le pôle Sud.
- 3 - L'aiguille d'une boussole placée en n'importe quel point du champ magnétique, est toujours déviée d'une manière telle que son pôle Nord pointe constamment dans la direction des lignes de force (c'est-à-dire vers le pôle Sud).
- 4 - L'intensité du champ est maximum près des pôles et diminue lorsqu'on s'éloigne d'eux.

LOIS de l'ATTRACTION et de la REPULSION

Si une aiguille aimantée est suspendue à proximité d'un barreau aimanté, comme indiqué dans la figure 8, on constate que son pôle Nord est repoussé par le pôle Nord de l'aimant et, d'une manière analogue, on constate qu'une telle répulsion s'exerce entre les pôles Sud respectifs. Toutefois, les deux pôles de signes contraires s'attirent et il est facile d'en déduire les deux premières lois d'attraction et de répulsion.

Première loi : les pôles magnétiques de noms contraires s'attirent.

Deuxième loi : les pôles magnétiques de même nom se repoussent.

La figure 9 montre la direction du flux dans le cas de pôles analogues et de pôles opposés adjacents. Dans le deuxième cas, les lignes ne se rencontrent pas et se comportent comme si elles se repoussaient entre elles.

La troisième loi énonce que la force d'attraction ou de répulsion existant entre deux pôles magnétiques diminue rapidement au fur et à mesure que ces pôles s'éloignent l'un de l'autre.

En réalité, la force d'attraction ou de répulsion varie d'une manière directement proportionnelle au produit des forces des pôles respectifs et inversement proportionnelle au carré de la distance les séparant, à la condition que ces pôles soient suffisamment petits pour être assimilés à des points.

Par exemple, si la distance entre deux pôles Nord est portée de deux à quatre centimètres, la force de répulsion entre eux, devient le quart de sa valeur initiale. Si l'intensité magnétique est doublée, la distance restant la même, la force de répulsion entre les deux pôles aura une valeur double.

CHAMP MAGNETIQUE autour des CONDUCTEURS

En 1819, le physicien danois, Hans Christian Oersted montra qu'il existe une relation précise entre le magnétisme et l'électricité et découvrit que le passage d'un courant électrique s'accompagne de phénomènes ma-

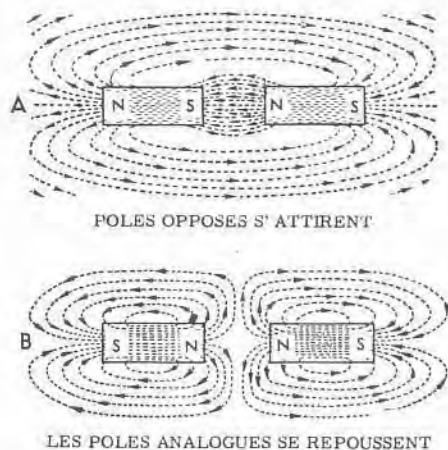


Fig. 9 - Direction des lignes de force de deux aimants rapprochés: les pôles étant opposés (A), les pôles étant de mêmes signes (B). Dans le premier cas, les deux circuits magnétiques s'intègrent.

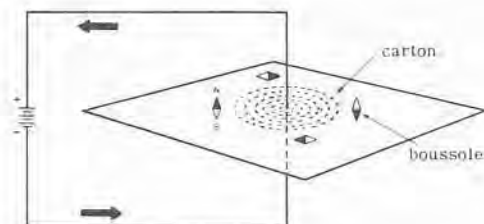


Fig. 10 - Au moyen d'une boussole, on peut constater l'existence et déterminer la direction du champ magnétique créé autour d'un conducteur parcouru par un courant.

gnétiques obéissant à certaines lois.

Si nous disposons une boussole à proximité d'un conducteur parcouru par un courant électrique, l'aiguille se place perpendiculairement au conducteur, montrant ainsi la présence d'une force magnétique.

On peut déceler cette présence en faisant passer un courant électrique dans un conducteur placé à la verticale et traversant un carton horizontal ainsi que le représente la figure 10. L'intensité et la direction de la force sont déterminées en déplaçant une boussole en différents points du carton et en observant le sens de la déviation. On suppose que la direction de la force corresponde à la direction du pôle Nord de l'aiguille; les déviations feront apparaître l'existence d'un champ magnétique circulaire autour du conducteur. Quand le courant se dirige vers le haut, le champ est orienté dans le sens des aiguilles d'une montre (en regardant d'en haut), mais si l'on inverse le sens du courant de telle sorte qu'il se dirige maintenant vers le bas, le champ est orienté dans le sens inverse des aiguilles d'une montre.

La relation entre la direction des lignes de force magnétique autour d'un conducteur et celle du passage du courant dans celui-ci peut être déterminée au moyen d'une règle dite **règle de la main gauche**.

En serrant un conducteur dans les doigts de la main gauche de telle manière que le pouce indique la direction du courant (du — vers le +), les autres doigts indiqueront le sens des lignes de force (figure 11-A).

Il faut noter que ces lignes entourent le fil, mais n'y pénètrent et ne s'en éloignent en aucun point, et que le long du conducteur lui-même il ne se forme pas de pôles magnétiques.

Si on enroule le conducteur pour former une bobine, le courant crée un champ magnétique important à l'intérieur de cette dernière. Le champ magnétique devient encore plus intense si l'on place un corps magnétique, l'acier par exemple, à l'intérieur de la bobine.

Un fil enroulé en spirale, nous le savons déjà, prend le nom de **bobine**, de **solénoïde**, d'**inductance**, de **self**.

Les lignes de flux magnétique entourant chacune

des spires de l'enroulement sont analogues à celles produites par un conducteur rectiligne. Les lignes de flux circulaires se concentrent au centre du solénoïde et produisent le champ intense dont nous avons parlé (figure 11-B).

Dans l'espace compris entre deux spires adjacentes, les lignes de force ont la même intensité mais sont de direction opposée; elles tendent donc à s'annuler réciproquement et très peu d'entre elles, si ce n'est aucune, ne sortiront de la bobine entre les spires.

Comme le montre la figure, les lignes de force du solénoïde passeront toutes par le centre de l'enroulement, sortiront par une extrémité et, par l'extérieur, rejoindront l'autre extrémité.

Ces lignes mettent en évidence la formation de deux pôles aux extrémités, soit un pôle Nord du côté où elles sortent de l'enroulement et un pôle Sud du côté où elles rentrent. Ces polarités — ainsi que la direction des lignes de force — sont déterminées par le sens du courant et le sens d'enroulement du fil.

La méthode suivante peut être employée pour déterminer la polarité d'un solénoïde: en tenant la bobine dans la main gauche de telle manière que les doigts soient dirigés dans le sens du passage du courant, le pouce indiquera la direction du pôle Nord.

Les lois d'attraction ou de répulsion des pôles d'un solénoïde sont les mêmes que celles énoncées plus haut à propos des aimants.

EFFET du NOMBRE des TOURS et de l'INTENSITE du COURANT

L'intensité du champ (c'est-à-dire de la quantité de flux accumulé au centre d'une bobine) dans le cas illustré par la figure 12, peut être augmentée en augmentant le nombre des tours de la bobine, en augmentant l'intensité du courant qui la parcourt ou, enfin, en augmentant les deux à la fois.

On peut également augmenter le flux en plaçant à l'intérieur du solénoïde un noyau constitué par une substance ayant une perméabilité magnétique plus gran-

Fig. 11 A - Détermination de la direction des lignes de force autour d'un conducteur au moyen de la règle dite «de la main gauche».

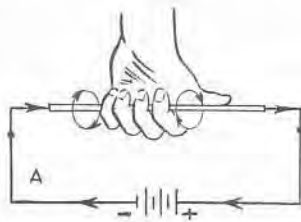


Fig. 11 B - Détermination de la direction des lignes de force d'un électro-aimant.

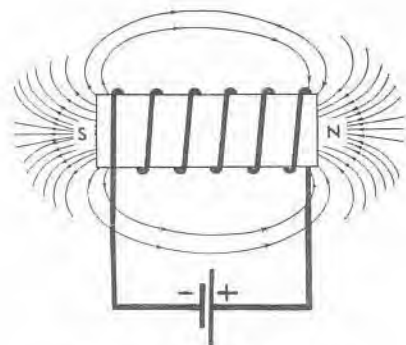
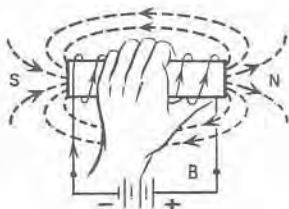


Fig. 12 - On peut augmenter l'intensité du champ magnétique produit par un solénoïde en augmentant soit le nombre des tours de la bobine, soit l'intensité du courant, soit en introduisant un noyau magnétique à l'intérieur.

de que celle de l'air. Nous verrons, par la suite, l'effet produit par un noyau ferro-magnétique sur l'intensité du champ.

Dans le cas d'une bobine sur air, le flux est directement proportionnel à l'intensité du courant passant dans l'enroulement et au nombre des tours de celui-ci et le produit du courant en ampères par le nombre des tours est ce qu'on appelle le facteur **ampères-tours** de la bobine.

Supposons, par exemple, que 1 000 ampères-tours produisent, dans l'air, le champ magnétique désiré; ce résultat pourra être obtenu avec une bobine de 50 spires parcourue par un courant de 20 ampères, ou par une bobine de 500 spires parcourue par un courant de 2 ampères ou encore par une bobine de 1 000 spires parcourue par un courant de 1 ampère, et ainsi de suite.

BLINDAGE MAGNETIQUE

Il n'existe pas de véritable isolant pour le flux magnétique. Si une substance non magnétique est placée dans un champ magnétique, le flux ne subit aucune variation appréciable, il passe à travers la substance elle-même. Par exemple, si nous plaçons une lame de verre entre les pôles d'un aimant en fer à cheval, le champ magnétique n'en sera nullement affecté bien que, du point de vue électrique, le verre soit un bon isolant.

Par contre, si l'on place dans le champ une substance magnétique (comme le fer doux, par exemple), le flux changera de direction pour passer par le fer qui est plus perméable (magnétiquement parlant) que l'air, voir **figure 13**. Selon toutes probabilités le flux, dans un tel cas, sera renforcé, mais jamais diminué.

Les dispositifs très sensibles des appareils électriques et des instruments de mesure utilisant des conducteurs ou des bobines parcourues par le courant, peuvent être influencés par des champs magnétiques extérieurs provoquant ainsi des lectures inexactes. Du moment qu'il est impossible de réaliser un isolement efficace, il est nécessaire d'employer des moyens propres

à détourner le flux extérieur; on place par exemple, autour de l'instrument un capot en fer doux, appelé **blindage magnétique**. Puisque le flux passe dans le fer plus rapidement et avec plus d'intensité que dans l'air contenu à l'intérieur de l'enveloppe protectrice, on peut considérer que l'instrument est isolé du champ magnétique extérieur: ce phénomène est illustré par la **figure 14** représentant une montre enfermée dans un blindage en fer doux et le chemin suivi par le flux magnétique extérieur.

ANALOGIE avec la LOI d'OHM

La loi régissant le comportement du flux dans les circuits magnétiques est analogue à celle, bien connue, qui régit le passage du courant dans les circuits électriques.

Le **flux magnétique**, Φ , est comparable à l'intensité d'un courant (dans la loi d'Ohm) et il représente la quantité de lignes de force présentes dans le circuit magnétique.

Le **maxwell** est l'unité de mesure du flux, une ligne de force équivalant à 1 maxwell.

La **force magnétomotrice**, F , ou **f.m.m.** comparable à la force électromotrice de la loi d'Ohm, est la force provoquant la présence des lignes de flux. Son unité de mesure est l'**ampère-tour**.

La **réluctance** R , analogue à la résistance de la loi d'Ohm, est l'**opposition offerte au flux par le circuit magnétique**.

On a proposé pour unité de réluctance, R , le **rel** qui est la **réluctance offerte par un centimètre cube d'air**.

La réluctance d'une substance magnétique est proportionnelle à la longueur du circuit magnétique et inversement proportionnelle à sa section et à la perméabilité μ de cette substance. Elle est exprimée par la formule:

$$R = \frac{l}{\mu A}$$

dans laquelle l est la longueur en centimètres et A ,

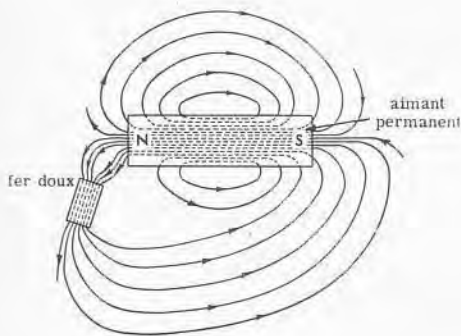


Fig. 13 - La présence d'un corps magnétique (fer doux) dans un champ magnétique, détermine une déviation des lignes de force.

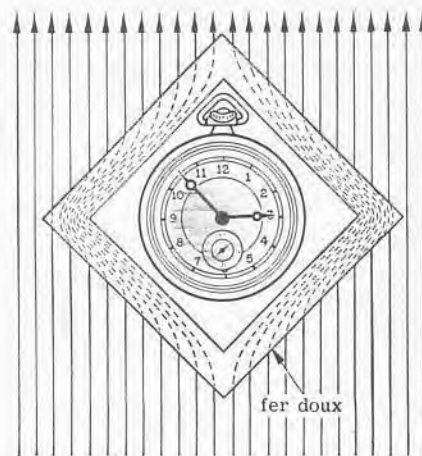


Fig. 14 - Pour soustraire un objet à l'effet d'un champ magnétique, on peut le placer dans une enveloppe en substance magnétique qui absorbe et dévie les lignes de force.

la surface de la section en centimètres carré (cm²).

Une autre unité de force magnétomotrice quelquefois employée est le **gilbert**, représenté par la lettre F .

Le gilbert est la force nécessaire pour produire un flux de 1 maxwell dans un circuit magnétique ayant une réluctance de 1 rel.

La force magnétique en gilberts peut être exprimée en fonction des ampères-tours, par la formule suivante:

$$F = 1,257 IN$$

dans laquelle F est en gilberts, I en ampères et N est le nombre de tours de l'enroulement placé autour du circuit magnétique.

L'unité d'intensité de la force d'aimantation par unité de longueur est représentée par la lettre H . Elle est parfois exprimée en gilberts par centimètre, par la formule:

$$H = \frac{1,257 IN}{l}$$

dans laquelle l est la longueur en centimètres.

La **perméabilité** est représentée par la lettre grecque μ (mu) et nous l'étudierons plus en détail par la suite. Toutefois, il convient d'en donner dès à présent, une définition qui permettra de mieux comprendre la loi suivante (loi de Rowland) et ses applications pratiques.

Donc, la **perméabilité** mesure l'aptitude plus ou moins grande des corps à se laisser traverser par un flux magnétique, la perméabilité de l'air étant prise pour référence et ayant, en conséquence, la valeur 1.

La perméabilité s'exprime donc comme étant le rapport entre la densité du flux en lignes par cm² (gauss, ou B) et l'intensité de la force magnétisante en gilberts par cm de longueur (H). Elle est donnée par la formule suivante:

$$\mu = \frac{B}{H}$$

Selon la loi d'Ohm, l'intensité d'un courant est directement proportionnelle à la tension et inversement

proportionnelle à la résistance du circuit. La formule est celle-ci:

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

La loi de Rowland énonce d'une manière analogue, dans le cas de circuits magnétiques, que le nombre des lignes du flux magnétique, en maxwell, ϕ est directement proportionnel à la force magnétomotrice, en gilbert (F) et inversement proportionnel à la réluctance R , offerte par le circuit magnétique.

En exprimant ceci par une formule, on a:

$$\Phi = \frac{F}{R}$$

L'analogie entre la loi d'Ohm et la loi de Rowland est évidente.

Un autre terme employé dans l'étude des circuits magnétiques est la **perméance**. C'est l'inverse de la réluctance et son symbole est la lettre P .

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

Les valeurs de B , de H et de μ , pour les substances magnétiques les plus usuelles, sont données dans un tableau de la leçon n° 15.

La **perméance** est comparable à la conductance des circuits électriques et peut être définie comme étant la caractéristique des circuits magnétiques permettant aux lignes de force de les parcourir.

Dans la leçon 15 on trouvera un tableau permettant de comparer les unités, les symboles et les équations employés dans les applications de la loi d'Ohm aux circuits électriques et celles de la loi de Rowland aux circuits magnétiques.

Donnons, dès à présent, un exemple d'application pratique de cette dernière.

Supposons que nous devons calculer le nombre d'ampères-tours nécessaires pour produire 20 000 lignes de force dans un anneau d'acier ayant une section de

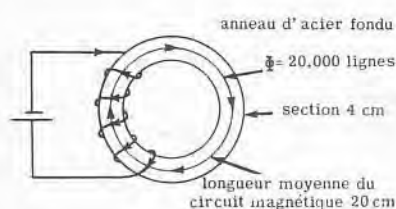


Fig. 15 - Détermination du nombre d'Ampères-tours nécessaires pour produire un flux de 20 000 lignes de force dans un circuit magnétique ayant les caractéristiques ci-dessus (voir texte).

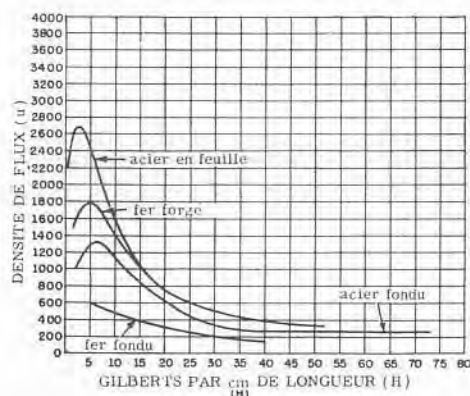


Fig. 16 - Courbe de perméabilité de divers matériaux magnétiques.

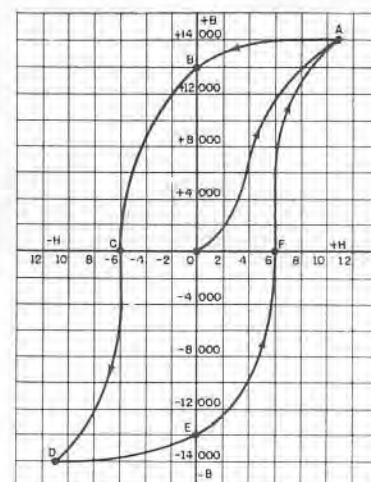


Fig. 17 - Exemple du «cycle d'hystérésis» d'une substance magnétique.

4 cm² et une longueur moyenne de 20 cm (voir figure 15).

La densité de flux B est calculée au moyen de la formule :

$$B = \frac{\Phi}{A} = \frac{20\,000}{4} = 5\,000 \text{ lignes / cm}^2$$

d'après le tableau 30 (page 116), nous voyons que la valeur de H pour l'acier est d'environ 3,9. La formule qui permet de calculer H est, comme nous l'avons vu :

$$H = \frac{1,257 IN}{l}$$

de laquelle nous tirons :

$$IN = \frac{Hl}{1,257}$$

en substituant à H sa valeur 3,9 et à l le nombre 20 (cm), on a : **Mis gratuitement en ligne par Alain et André**

$$IN = \frac{3,9 \times 20}{1,257} = 62 \text{ ampères-tours}$$

PROPRIETE des MATERIAUX MAGNETIQUES

Si au lieu du barreau d'acier nous utilisons des feuilles d'acier recuit, nous obtiendrons une aimantation plus intense car la perméabilité est plus grande grâce à la meilleure propagation des lignes de force.

Le rapport entre le flux produit par une bobine sur noyau de fer (ou toute autre substance) et celui produit par la même bobine — le courant étant maintenu d'intensité constante — sans noyau (sur air), donne la **perméabilité** du fer (ou de l'autre substance).

Nous avons dit que la perméabilité de l'air est égale à 1; c'est aussi la valeur de la perméabilité des substances non-magnétiques comme, par exemple le bois, l'aluminium, le cuivre, le laiton, etc...

La perméabilité des matériaux magnétiques varie avec l'intensité de l'aimantation, elle est minimum pour des flux d'intensité élevée (voir tableau 30 et figure 16).

HYSTERESIS

Pour bien comprendre la notion d'hystérésis, observons la figure 17 qui représente justement, un cycle d'hystérésis d'une substance magnétique quelconque.

La force d'aimantation est indiquée en gilberts par cm de longueur le long de l'axe H , en positif et négatif tandis que la densité de flux est indiquée, en gauss, le long de l'axe B , en positif et négatif également.

L'intensité H de la force d'aimantation — appliquée au moyen d'une bobine parcourue par un courant et placée autour du matériau examiné — est variable d'une manière uniforme pendant un cycle de fonctionnement, en partant de zéro. En d'autres termes, on augmente la force d'aimantation dans le sens positif (pour une direction donnée du sens du courant dans une bobine) jusqu'à un maximum de 11 gilberts/cm. Pendant ce temps, la densité de flux B passe de zéro à 14 000, au point A.

Si l'on ramène la valeur de H , progressivement, à zéro, la courbe de la densité de flux ne reprend pas la même valeur, en suivant à la descente la même courbe qu'à la montée mais, au contraire, elle passe par le point B correspondant à la densité 13 000.

La quantité de flux magnétique représentée par la longueur de la ligne OB est l'inertie de la substance magnétique.

Cette rémanence ou retard dans la désaimantation est due à l'aptitude du matériau à conserver une certaine aimantation, après que la cause l'ayant produite ait cessé. Elle est maximum pour l'acier trempé et minimum pour le fer doux.

La valeur de l'aimantation résiduelle, quand H a été réduit à zéro, dépend de la substance en cause et de la densité maximum atteinte par le flux. Dans notre cas, l'aimantation résiduelle est de 13 000 gauss.

Si maintenant nous faisons passer à travers la bobine un courant de sens opposé à celui envoyé au début de l'expérience, de telle sorte que l'intensité de la force d'aimantation atteigne la valeur H , nous consta-

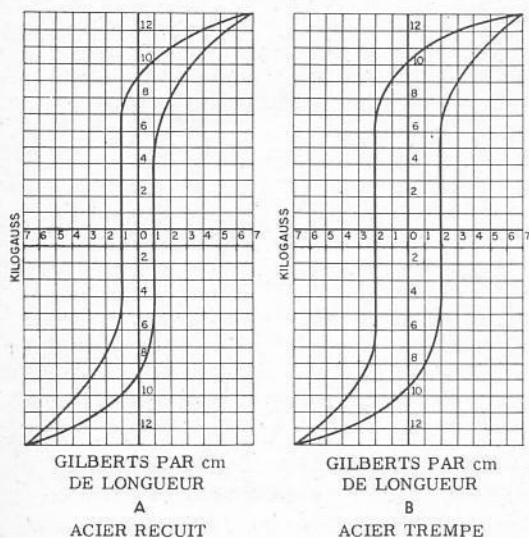


Fig. 18 - Comparaison entre les courbes d'hystérésis de l'acier recuit et de l'acier trempé. On constate que dans l'acier trempé le frottement entre les molécules provoque des pertes plus importantes (surface comprise entre les courbes).

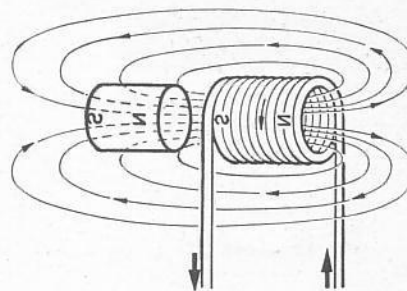


Fig. 19 - Un morceau de substance magnétique s'aimante, sous l'effet des lignes de force d'un champ magnétique, avec une polarité opposée à celle du champ et est attiré par lui.

terons que cette force doit atteindre la valeur correspondant au point V avant que l'aimantation résiduelle ne soit réduite à zéro. La quantité de force d'aimantation nécessaire pour réduire à zéro le magnétisme résiduel représentée par la longueur OC, représente la **force coercitive**. Dans notre cas, elle est de 6 gilberts par cm.

Si, par la suite, on augmente jusqu'à 11 gilberts par cm la valeur de cette force, la courbe descend de C à D, provoquant une aimantation de la substance sous une polarité opposée à la précédente. Si la force d'aimantation est, ensuite, ramenée de nouveau à zéro, la densité du flux magnétique est ramenée au point E. La quantité de flux magnétique représentée par le segment OE caractérise encore l'inertie de la substance, comme indiqué plus haut par le segment OB; l'aimantation résiduelle est de nouveau de 13 000 gauss.

Le cycle se répète si le courant est inversé de nouveau et, en conséquence, l'aimantation suit un cycle semblable à celui du courant qui la produit, mais — comme cela résulte de l'analyse faite ci-dessus — avec un certain retard provoqué par les frottements entre molécules.

Si l'inversion du sens de l'aimantation est lente, la perte d'énergie peut être négligée tandis que si elle est rapide (cas du courant inversant rapidement sa polarité, appelé courant alternatif), la perte d'énergie peut être considérable, particulièrement dans le cas de l'acier trempé. Un autre facteur déterminant des pertes par hystérésis est la densité maximum de flux appliquée au matériau en question.

La figure 18 illustre la comparaison entre les courbes d'hystérésis de l'acier recuit et celle de l'acier trempé. La surface comprise entre chacune d'elles donne la quantité d'énergie perdue pendant chaque cycle; on constate, ainsi, que dans l'acier trempé les frottements entre les molécules provoquent des pertes plus importantes. Il est donc indispensable, dans la construction des transformateurs ou autres dispositifs analogues, d'employer des matériaux à faibles pertes par hystérésis.

ELECTRO-AIMANTS

Un électro-aimant est constitué par une bobine placée sur un noyau en fer doux.

Quand la bobine est parcourue par un courant continu, le noyau s'aimante avec la même polarité qu'aurait le champ magnétique en l'absence de noyau et, si la direction du courant change, le champ magnétique s'inverse également. Mis gratuitement en ligne par Alain et André.

Le noyau magnétique placé à l'intérieur de la bobine joue deux rôles importants: tout d'abord, il intensifie le flux car sa perméabilité est plus grande que celle de l'air et, en second lieu, il concentre considérablement ce flux.

Le flux produit à l'intérieur de la bobine exerce son influence sur les molécules du noyau et, par suite, sur les « domaines » en les contraignant à s'aligner. On constate un phénomène identique si le noyau est approché dans le champ d'un autre aimant, au lieu d'être placé dans une bobine.

Dans le cas du fer doux, dès que le courant d'aimantation cesse, la plus grande partie des aimants atomiques se disperse en prenant des orientations diverses et il se désaimante, tandis que dans le cas de l'acier trempé, la plus grande partie de ces aimants atomiques conserve l'orientation acquise sous l'effet de l'aimantation et, par suite, ce matériau devient un aimant permanent.

Pour fabriquer les électro-aimants on utilise le fer doux ou d'autres matériaux ayant une grande perméabilité et une faible rémanence. On a constaté expérimentalement qu'un morceau de fer doux est attiré avec une force égale par les deux pôles d'un aimant et que — d'une manière analogue — une même attraction est exercée par une bobine parcourue par un courant si tous deux sont orientés de la manière indiquée sur la figure 19.

Comme on peut le voir sur la figure, les lignes de force passent dans le fer doux et l'aimantent par induction et, étant donné que des pôles opposés s'attirent, le noyau est attiré à l'intérieur de la bobine; il s'ensuit que, si le noyau peut se mouvoir librement, il aura tendance à se placer au centre la bobine.

Leçon n° 14

MOYENS DE PRODUCTION DU COURANT ELECTRIQUE

Dans la leçon n. 8 nous avons exposé les moyens de production du courant électrique basés sur les réactions chimiques. Nous avons étudié les phénomènes, les techniques et les caractéristiques des différentes piles et accumulateurs et nous avons fait remarquer que, dans le domaine de l'électronique, ces moyens sont assez peu utilisés, bien qu'ils aient retrouvé tout leur intérêt depuis l'apparition des transistors.

Au sujet des accumulateurs, nous dirons encore quelques mots, comme prévu, sur les divers types de charge. Par la suite — dans cette leçon — nous examinerons les autres moyens de production de l'énergie électrique, ceux mettant en œuvre des phénomènes autres que les réactions chimiques.

TYPE de CHARGE des ACCUMULATEURS

Suivant son état, une batterie d'accumulateurs peut être chargée sous des régimes différents: 1) Charge initiale, 2) normale, 3) d'entretien, 4) intermittente et 5) d'urgence.

Charge initiale. Les plaques d'une batterie neuve livrée sans électrolyte sont en condition de décharge totale et, après remplissage avec la solution, il est nécessaire de les mettre en condition de charge, ce que l'on fait par une plus longue charge qui doit être faite en suivant les instructions du fabricant.

Charge normale. Elle consiste dans la procédure habituelle de charge, pendant le cycle normal de fonctionnement.

On opère ainsi:

- 1 - Déterminer l'intensité du courant de recharge, au début et à la fin de la charge, au moyen des instructions du fabricant ou, à défaut, en recourant à une table spéciale.
- 2 - Ajouter de l'eau dans chaque élément, si nécessaire.
- 3 - Relier la batterie à un tableau de charge (un chargeur) en s'assurant que la polarité est correcte et que les bornes sont bien propres et fortement serrées.
- 4 - Brancher le chargeur et régler l'intensité du courant à la valeur requise en **début** de charge.
- 5 - Contrôler la température et le poids spécifique toutes les heures.
- 6 - Dès que l'ébullition se manifeste, réduire l'intensité du courant à la valeur **finale**.

La charge normale est terminée quand le poids spécifique, corrigé en fonction de la température, présente un écart maximum de 5 points (0,005) avec celui trouvé lors de la charge précédente.

Charge d'entretien. Elle est effectuée périodiquement sous une faible intensité (celle prévue pour la fin de charge) et a pour effet de s'assurer que tout le sulfate de plomb a disparu de sur les plaques et que le poids spécifique de l'électrolyte a atteint sa valeur maximum dans tous les éléments. Une telle charge est poursuivie jusqu'à ce que le poids spécifique (corrigé en fonction de la température) ne subisse aucune variation pendant une période de temps de 4 heures: le contrôle sera effectué toutes les 30 minutes.

Charge intermittente. Il est possible de maintenir une batterie en état de charge totale en la reliant en permanence aux bornes d'une source d'énergie électrique dont la tension est maintenue entre des limites allant de 2,13 à 2,17 volts pour chacun des éléments; le taux de charge est déterminé en fonction de la tension de la batterie et d'une certaine valeur de l'intensité du courant. La tension sera maintenue à une valeur se rapprochant le plus près possible de 2,15 volts par élément.

Ceci constitue le système dit de la « batterie tampon ».

Charge d'urgence: Elle est faite quand il est indispensable de recharger la batterie dans le minimum de temps possible et s'effectue sous une intensité beaucoup plus élevée que la normale. On doit y recourir rarement car elle est néfaste pour la durée de la batterie elle-même. **Mis gratuitement en ligne par Alain et André.**

PRODUCTION D'ELECTRICITE par EFFET
MAGNETO-MECANIQUE

La dynamo

Tout comme les procédés chimiques, les systèmes magnéto-mécaniques de production de courant se révèlent d'une importance capitale, c'est pourquoi nous les étudierons en détail. Les autres procédés étant, actuellement, d'un emploi moins fréquent et moins pratique, nous les décrirons par la suite lorsque nous les rencontrerons au cours d'applications particulières, dans le domaine de l'électronique et, à cette occasion, nous donnerons tous les détails utiles, tant en ce qui concerne les phénomènes mis en jeu que leurs caractéristiques propres.

Les circuits électriques nécessitent pour leur fonc-

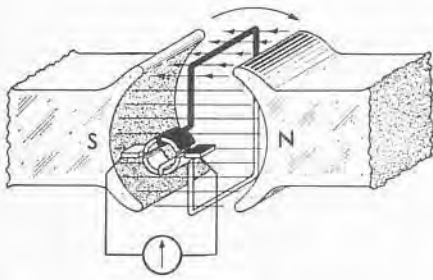


Fig. 1 - Principe de base du générateur de courant continu. Le courant électrique est produit par la rotation d'une spire de conducteur dans un champ magnétique; il est recueilli par deux balais en contact alternatif avec les deux extrémités de la spire.

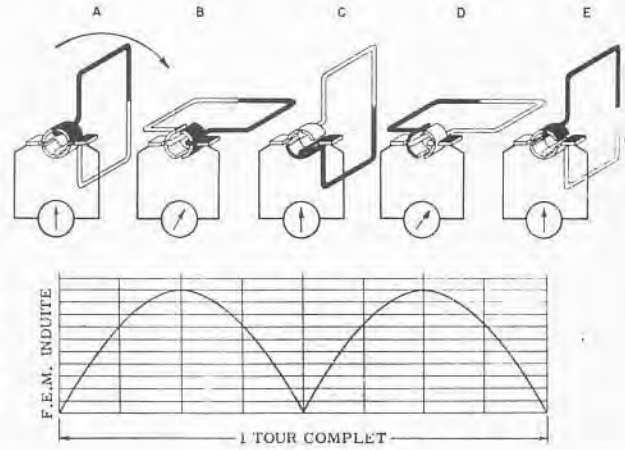


Fig. 2 - Allure générale de la tension produite par le générateur. Chacun des arcs correspond à la rotation de 180°

tionnement, une quantité d'énergie plus grande que celle pouvant être normalement fournie par une batterie, sont alimentés au moyen de machines électriques tournantes appelées «générateurs». Ceci est le cas, en particulier, pour les réseaux d'éclairage, pour les moteurs, pour les fours électriques, etc... qui demandent — cela est bien connu — une quantité d'énergie de beaucoup supérieure à celle pouvant être obtenue par des batteries usuelles.

Ces machines tournantes, ou générateurs, peuvent fournir une quantité d'énergie allant de quelques dizaines de watts à des milliers de kilowatts.

Un générateur de courant est en effet, une machine tournante transformant l'énergie mécanique en énergie électrique. Cette transformation est obtenue par la rotation d'un induit, formé de conducteurs électriques, dans un champ magnétique induisant une f.e.m. dans ces conducteurs. Pour que cela soit possible, il faut que ces conducteurs soient en mouvement par rapport au champ magnétique, ou vice-versa; au cours de leur déplacement, les conducteurs coupent les lignes de force du champ magnétique.

Dans la majeure partie des générateurs de courant électrique, l'induit constitue la partie tournante, ou **rotor**, tandis que la source de champ magnétique est la partie fixe, le **stator**. L'arbre — ou axe de rotor — est soumis à une force extérieure qui en provoque la rotation et, dès que celle-ci commence, l'énergie motrice détermine une différence de potentiel aux bornes de l'enroulement du rotor, donnant ainsi, une tension utilisable pour alimenter un circuit extérieur.

L'énergie mécanique doit être appliquée à l'arbre du générateur aussi longtemps que l'on désire que celui-ci fournisse de l'énergie électrique.

La puissance nécessaire pour faire tourner le rotor est fournie par une source d'énergie dite primaire laquelle peut être une turbine (un moteur à essence ou Diesel ou une machine à vapeur et — dans le cas de véhicules en mouvement — elle peut être prélevée au moyen d'engrenages sur le moteur lui-même, comme cela se fait pour les automobiles, les navires, les avions, etc...

La production de la f.e.m. résulte, comme nous

l'avons dit, du mouvement relatif des conducteurs de l'induit par rapport au champ magnétique: la quantité d'énergie induite est fonction de trois facteurs:

- 1) l'intensité du champ magnétique,
- 2) la longueur des fils de l'enroulement, c'est-à-dire du nombre des spires et du diamètre des conducteurs enroulés sous forme de bobine,
- 3) de la vitesse avec laquelle des conducteurs coupent le champ magnétique, c'est-à-dire de la vitesse de rotation du rotor dans le champ.

Ce sont ces facteurs qui doivent être pris en considération et combinés au mieux lors des études préliminaires à la construction d'un générateur électrique.

GENERATEURS de COURANT CONTINU

Principe de fonctionnement. La figure 1 montre le principe du fonctionnement d'un générateur de courant continu. Mis gratuitement en ligne par Alain et André.

On fait tourner une spire de fil conducteur dans un champ magnétique formé entre deux expansions polaires S et N (c'est-à-dire Sud et Nord), dans le sens indiqué par la flèche. La moitié de la spire, figurée en noir, est reliée au segment semi-cylindrique noir, tandis que l'autre moitié, figurée par un double trait, est reliée au semi-cylindre blanc. Ces deux segments sont isolés l'un de l'autre; ils forment un contacteur sur lequel viennent frotter, de chaque côté, deux balais métalliques fixes, dont chacun se trouve successivement en contact avec les deux segments semi-circulaires, au fur et à mesure que la spire tourne sur son axe.

La partie tournante du générateur de courant continu s'appelle l'**induit** et la production de courant électrique se fait de la façon suivante:

- 1) Dans la position A (figure 2), la spire tourne dans le sens des aiguilles d'une montre, et aucune ligne de force n'est coupée, par suite aucune f.e.m. n'est induite. On notera que les deux segments semi-cylindriques commencent à être en contact avec les balais de leur couleur, mais ils restent encore, pour le mo-

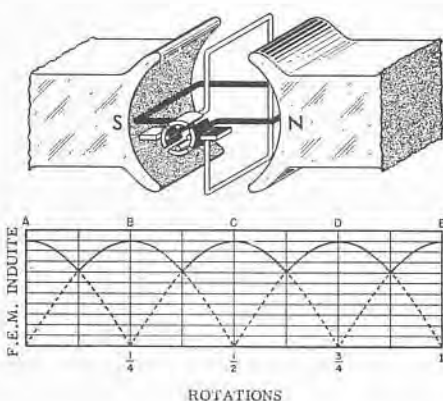


Fig. 3 - En mettant deux spires, perpendiculaires entre elles, au lieu d'une seule, on obtient quatre impulsions de courant au lieu de deux, à chacun des tours.

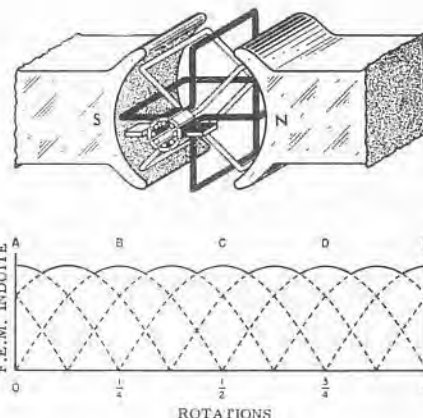


Fig. 4 - En augmentant encore le nombre des spires tournantes, la tension produite tend à devenir presque continue et ne présente plus que de faibles ondulations.

ment, en contact avec ceux de couleurs opposées.

- 2) Dans la position **B**, les lignes de flux sont coupées perpendiculairement, l'amplitude de la f.e.m. induite atteint alors, sa valeur maximum. Les deux balais sont en contact avec les segments ayant la même couleur qu'eux; l'aiguille de l'instrument de mesure qui contrôle le passage du courant se déplace vers la droite, indiquant ainsi la polarité de la tension de sortie.
- 3) Dans la position **C**, la spire a effectué une rotation de 180° . Dans cette position, elle ne coupe aucune ligne de force: la f.e.m. induite est nulle.

Il est important de noter, dans la position **C**, les positions réciproques des balais et des segments; sous l'effet d'une rotation de 180° , le balai noir se trouve à nouveau entre les segments blancs et noirs — en contact avec les deux — exactement comme le balai blanc placé du côté diamétralement opposé. Dès que le rotor a légèrement dépassé la position 180° , le balai noir reste en contact avec le demi-cylindre blanc et le balai blanc avec le demi-cylindre noir.

Par suite de cette action de commutation déterminée par le mouvement des segments par rapport aux balais, le balai noir est toujours en contact avec la partie de la spire qui se déplace de haut en bas, tandis que le blanc est en contact avec celle se déplaçant du bas vers le haut.

Ainsi malgré le changement de direction du courant dans la spire, le commutateur rotatif agit de telle sorte que le courant passant dans le circuit extérieur — dans l'instrument de mesure, dans notre cas — conserve toujours le même sens.

Le graphique de la figure 2 montre l'allure de la tension fournie par le générateur pendant une rotation complète. Récapitulons: le courant, produit dans les conducteurs constituant le rotor, inverse son sens à chaque rotation de 180° , mais l'action combinée du commutateur rotatif et des balais de contact fait en sorte que le courant extérieur conserve une direction, c'est-à-dire une polarité, constante.

A l'instant où chacun des balais est en contact avec les deux segments du commutateur, (position **A**, **C** et

E dans la figure 2) les deux segments se trouvent court-circuités. Si une f.e.m. induite se produisait à cet instant, il en résulterait un passage de courant d'intensité notable qui pourrait endommager le commutateur. C'est pourquoi, les peignes doivent être placés dans des positions telles que le contact avec les deux segments à la fois ne puisse se produire que pendant les moments où la f.e.m. est nulle, c'est-à-dire dans la position appelée « plan neutre ».

Ondulations. La tension produite par le type de générateur décrit ci-dessus varie en amplitude, entre 0 et sa valeur maximum, deux fois pendant chaque rotation complète du rotor (voir figure 2). Ces variations d'amplitude de la tension constituent ce qu'on appelle les « ondulations »; elle peuvent être réduites en employant un plus grand nombre de spires tournantes — c'est-à-dire de bobines — comme nous l'indiquons sur les figures 3 et 4. En augmentant le nombre des enroulements du rotor, l'amplitude des variations entre la valeur minimum et cette dernière tend à prendre les caractéristiques d'un véritable courant continu.

On note, dans les figures 3 et 4, que le nombre des segments de contact formant le commutateur augmente avec le nombre des enroulements; en d'autres termes, il y a deux segments pour un enroulement, quatre pour deux enroulements, six pour trois enroulements,

Tension de sortie. La tension induite dans un rotor formé par une unique spire est très petite; l'augmentation du nombre des enroulements, nous venons d'en parler, est utile pour égaliser la tension de sortie, mais non pour en augmenter l'amplitude. Celle-ci par contre, peut être rendue plus grande en bobinant un plus grand nombre de spires pour chacun des enroulements.

La tension de sortie d'un générateur de courant continu peut être calculée en faisant le produit du nombre des spires de chaque enroulement, par la densité de flux existant entre chaque paire de pôles magnétiques et la vitesse de rotation de l'induit.

Dès maintenant, il faut remarquer que jusqu'ici nous avons parlé exclusivement de générateurs à deux pôles (un Nord et un Sud) mais — nous le verrons par

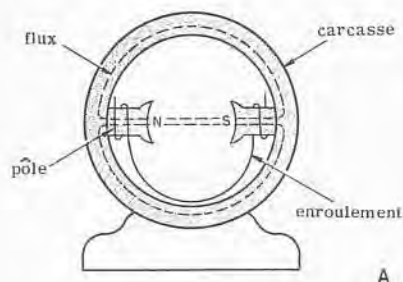


Fig. 5 A - Disposition des pôles et sens des enroulements de l'inducteur d'un générateur à deux pôles. Le circuit magnétique se ferme à travers le rotor non indiqué sur la figure.

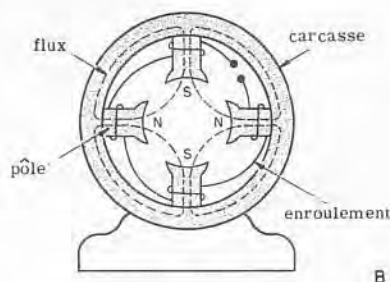


Fig. 5 B - Disposition des pôles et sens des enroulements de l'inducteur dans un générateur à quatre pôles. Bien sûr ici encore, le circuit magnétique se ferme à travers le rotor qui n'est pas indiqué.

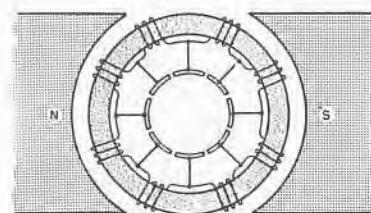


Fig. 6 - Induit (partie tournante) d'un générateur du type à anneau. Les enroulements comportent huit sections: chaque section aboutit à un contact (collecteur) à partir duquel le courant est recueilli par un balais.

la suite, il existe des générateurs pourvus de plusieurs paires de pôles, ce qui contribue à égaliser la tension de sortie exactement de la même façon qu'en augmentant le nombre des enroulements séparés.

GENERATEURS de C.C. dans la PRATIQUE

Comme nous l'avons vu, les éléments essentiels d'un générateur sont: les **pôles inducteurs**, l'**induit rotatif** le **commutateur rotatif** formé de segments (collecteur) et des **balais**.

Toutefois les générateurs utilisés diffèrent pratiquement du type élémentaire décrit plus haut, par diverses particularités que nous allons examiner ci-dessous.

Pôles magnétiques. Les générateurs construits industriellement sont pourvus d'électro-aimants au lieu d'aimants permanents ceci ayant pour résultat d'accroître considérablement le champ magnétique sans, pour autant augmenter les dimensions du stator.

La **figure 5** nous montre l'aspect de deux générateurs comportant respectivement 2 et 4 pôles; la partie extérieure ou armature a deux fonctions bien définies: elle complète le circuit magnétique entre les pôles et elle sert de support mécanique à l'ensemble de l'appareil. Dans les générateurs de petites dimensions, l'armature est formée par un corps en fer unique, tandis que dans les générateurs plus importants, elle est constituée de deux parties solidement réunies entre elles. Le stator doit posséder de bonnes propriétés magnétiques puisque, avec ses expansions polaires, il forme la plus grande partie du circuit magnétique.

Les expansions polaires sont fixées à l'intérieur du stator: elles forment les noyaux sur lesquels seront bobinés les enroulements de champ. Elles sont généralement constituées par un assemblage de tôles laminées, dans le but de réduire les courants parasites, et jouent le même rôle que les noyaux: elles concentrent le flux magnétique produit par les électro-aimants.

Le stator tout entier — c'est-à-dire aussi bien l'armature ou carcasse extérieure que les expansions polaires — est construit en fer ayant de hautes qualités magnétiques ou encore, en acier laminé.

Les bobines d'induction sont formées par un grand

nombre des spires de fil isolé. Elles sont bobinées sur des supports spéciaux dont la forme permet le logement et la fixation rigide sur les expansions polaires. Le courant d'excitation qui les traverse provient d'une source extérieure, ou encore de la tension produite par le générateur lui-même. Il n'existe aucune liaison électrique entre les bobines d'induction et les expansions polaires.

Les enroulements de l'inducteur sont reliés de telle façon que les pôles successifs soient de polarité contraire: à chaque pôle Nord doit correspondre un pôle Sud et, par conséquent, les pôles d'un générateur doivent toujours être en nombre pair.

Il convient de noter que les expansions polaires, visibles sur la figure 5, sont placées à l'intérieur de la carcasse. Ceci réduit l'espace existant entre elles et le rotor, avec, pour conséquence, une augmentation du rendement car l'air offre une réluctance notable au champ magnétique. Lorsque les expansions polaires s'étendent de la manière qui vient d'être décrite, on les appelle « pôles saillants ».

Le rotor. Ainsi que nous l'avons vu précédemment, le rotor est la partie tournante du générateur. Il est formé par des bobines enroulées sur des noyaux en fer, un commutateur et toutes les parties mécaniques associées. Le noyau de fer a pour effet de concentrer le champ magnétique et, dans ce but, il est construit en fer laminé pour éviter les courants parasites.

Il existe deux types de rotor, le type en **anneau** et le type en **tambour**.

La **figure 6** illustre un type de rotor en anneau formé par un corps en fer, un enroulement à huit sections et un collecteur à huit segments.

Dans le rotor en tambour, les enroulements sont placés dans des fentes pratiquées dans le noyau et il n'existe aucune liaison électrique entre les enroulements et le noyau (voir **figure 7**). On emploie de telles fentes pour améliorer la tenue mécanique du rotor. Les enroulements sont maintenus dans les fentes au moyen de bandes de matière isolante (carton ou fibres spéciales). Les connexions entre les différents enroulements sont réalisées au moyen de fils reliés aux segments du collecteur. Mis gratuitement en ligne par Alain et André.

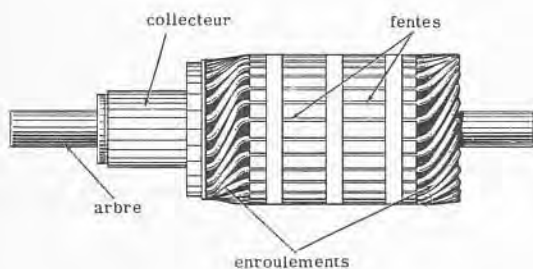


Fig. 7 - Rotor du type en tambour. Les enroulements sont placés dans des fentes: ici aussi, les extrémités des diverses sections sont reliées à autant de segments (du collecteur) isolés les uns des autres.

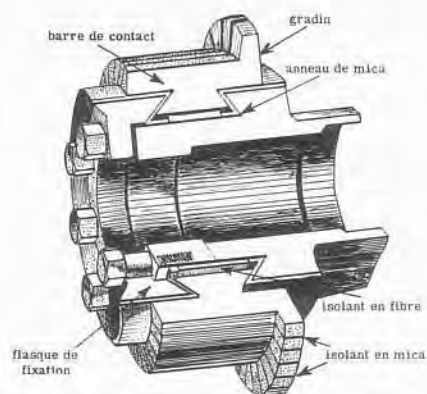


Fig. 8 - Vue en coupe d'un collecteur placé à une extrémité du rotor (voir figure 7). On peut distinguer les barres de contact en cuivre, les supports isolants, la flasque de fixation et le logement réservé à l'arbre. En raison de son mode de fonctionnement, le collecteur est parfois appelé commutateur.

Le collecteur. La figure 8 représente la section transversale d'un collecteur classique.

Il est fixé à une extrémité du rotor (voir figure 7) et est formé par des segments en cuivre électrolytique dur, isolés entre eux par de minces feuilles de mica. Ces segments sont rigidement maintenus en place au moyen d'anneaux en acier profilé ou de flasques. Une couche isolante en mica est également placée entre les segments et les anneaux ou les flasques. La partie saillante de chacun des segments prend le nom de **gradin** et les extrémités des enroulements du rotor y sont soudées. En l'absence de ces gradins, les connexions sont soudées sur une protubérance existant à une des extrémités de chaque segment.

Les balais sont en contact direct avec la surface externe du collecteur et forment ainsi, un moyen de liaison avec le circuit extérieur. Ils sont constitués par un mélange de charbon spécial et de poudre de cuivre fortement pressé et sont maintenus dans la position requise par des supports spéciaux isolés de la masse métallique.

Pendant la rotation, les balais frottent sur le collecteur, sur lequel ils sont maintenus en contact au moyen de ressorts, et le jeu de leurs supports leur permet d'en suivre les irrégularités. La liaison au circuit extérieur se fait au moyen de connexions flexibles formées par des fils de cuivre souple tressés. Les balais sont, d'autre part réglables, ce qui permet d'ajuster la pression sur le collecteur et leur position par rapport aux segments du collecteur.

Commutation. En faisant tourner le rotor d'un générateur de c.c. une tension apparaît dans les enroulements, à mesure que ceux-ci passent devant les expansions polaires. Cette tension peut être recueillie par l'intermédiaire des balais. Au fur et à mesure que les segments qui font face aux enroulements, viennent en contact avec les balais, deux actions simultanées se produisent: tout d'abord le courant — conséquence de la tension induite dans les bobines — est recueilli et, en second lieu, les bobines qui se trouvent dans les espaces interpolaire sont court-circuitées et les liaisons aux bobines sont inversées.

L'ouverture et la fermeture continue des connexions avec la bobine dans laquelle circule le courant induit impose l'emploi de balais ayant une très faible résistance de contact. En outre, les balais doivent être construits avec un matériau tel, que les frottements soient réduits au minimum car, dans le cas opposé, le collecteur serait soumis à une usure excessive. C'est pourquoi les balais sont constitués par un aggloméré peu dur mais conçu toutefois, pour assurer une durée de fonctionnement assez longue. La résistance de contact du charbon (élément prédominant dans la structure du balai) étant assez grande, la surface de contact sur le collecteur doit être importante et celle du collecteur doit être aussi lisse que possible. On doit éviter d'une manière absolue d'employer des produits lubrifiants, en ce point, et lors des opérations de polissage du collecteur il est nécessaire d'éviter toutes fentes ou rayures sur la surface.

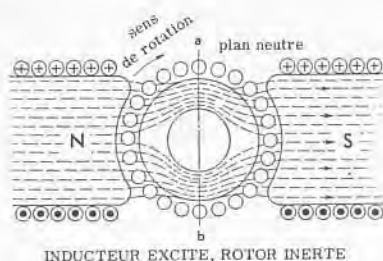
En théorie, on ne devrait pas constater de production d'étincelles pendant le fonctionnement, toutefois, les courants induits dans les bobines du rotor donnent naissance à un champ magnétique qui s'oppose à celui créé par les enroulements du stator. La présence de ce champ opposé provoque un déplacement du plan neutre.

La figure 9 montre comment se produit cet effet appelé « réaction du rotor ».

Dans la section A sont représentées les lignes de flux produites par les deux pôles au moment où aucun courant ne passe dans les enroulements du rotor. Ces lignes sont courbées en raison de la présence de l'armature en fer placée entre les deux pôles; ceci est une distorsion normale du champ magnétique dans un générateur. La ligne *ab* indique l'axe zéro du champ.

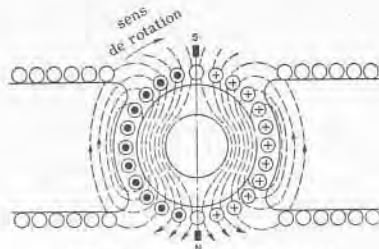
La section B montre les lignes de flux produites par le courant passant dans les seuls enroulements du rotor; on suppose, en d'autres termes, que les bobines de l'inducteur ne sont pas excitées et, par suite aucun champ magnétique ne se manifeste entre les expansions polaires. **Mis gratuitement en ligne par Alain et André.**

La section C, pour terminer, montre le champ résultant de la combinaison des deux flux précédemment



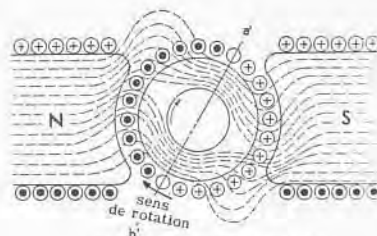
INDUCTEUR EXCITÉ, ROTOR INERTE

Fig. 9 A - Les courants circulant dans les bobines du rotor créent un champ magnétique qui s'oppose à celui produit par les enroulements du stator, cela provoque le déplacement du plan neutre. Sens des lignes de force en l'absence de courant dans le rotor.



ROTOR EXCITÉ, STATOR INERTE

Fig. 9 B - Lignes de force produites par le courant circulant dans les enroulements du rotor: sens de rotation. On suppose que les bobines de l'inducteur ne sont pas excitées et par suite, aucun champ magnétique ne se manifeste entre les expansions dans l'air.



STATOR ET ROTOR EXCITÉS

Fig. 9 C - Champ magnétique résultant de la superposition des deux champs que nous avons illustrés dans les deux figures précédentes (stator et rotor). Comme on peut le voir, l'axe zéro du champ se trouve, dans ce cas, incliné ce qui provoque la présence d'étincelles sur le collecteur.

décrits: le flux A produit par les pôles et le flux B produit par le courant passant dans le rotor.

Il est important de noter que l'axe zéro du champ résultant est déplacé, comme l'indique la ligne a' b'. Un tel déplacement détermine la nouvelle position du plan neutre. Le déplacement du champ principal agit de telle sorte que les bobines du rotor qui allaient être court-circuitées par les balais, subissent l'influence d'un champ d'intensité réduite qui induit, en elles, une faible tension.

Cette faible tension est court-circuitée par les balais, ce qui provoque la formation d'étincelles qui peuvent, à la longue, détériorer le collecteur. Cette réaction augmente en même temps que le courant absorbé par la charge s'élève et le phénomène prend de plus grandes proportions.

Dans le but de remédier au déplacement du plan neutre, on peut adopter divers expédients:

1) On peut faire tourner l'ensemble des balais pour les aligner avec la direction prise par le plan et, étant donné que ce déplacement est fonction de la charge, on peut en déduire que, en employant cette solution, il sera nécessaire de régler la position des balais chaque fois que la charge changera de valeur. Ce moyen est peu pratique et il est préférable de recourir à d'autres systèmes. **Mis gratuitement en ligne par Alain et André.**

2) Les pôles peuvent être incurvés en épanouissement polaire, permettant ainsi d'augmenter faiblement la distance radiale entre la surface des pôles et l'induit tournant aux extrémités des pôles eux-mêmes (figure 10). Dans ce cas, l'augmentation de la distance entre les parties métalliques dans les angles remédie, dans un certain sens, à la tendance qu'éprouve le champ à se déplacer sous l'effet de la réaction du rotor.

3) On peut placer des pôles de commutation dans l'espace inter-polaire. Ces pôles sont plus petits et plus rapprochés que ceux du champ principal et les enroulements bobinés sur eux sont reliés en série avec ceux du rotor et connectés de telle manière que le champ magnétique auquel ils donnent naissance soit opposé au champ produit par la réaction du rotor.

4) Les surfaces des expansions polaires peuvent être pourvues de fentes longitudinales dans lesquelles on peut placer les enroulements. Ceux-ci sont alors reliés de telle façon que le champ qu'ils produisent s'oppose à celui du rotor. **Mis gratuitement en ligne par Alain et André.**

Les générateurs de courant continu peuvent être classés suivant les moyens mis en œuvre pour fournir le courant nécessaire à l'inducteur. Quand ce courant est emprunté à une source séparée d'énergie, le générateur (dynamo) est dit à excitation séparée. En principe, cette source extérieure est constituée par un petit générateur auxiliaire appelé « excitateur ».

Si, au contraire, le courant d'inducteur est produit par la dynamo elle-même, on dit qu'elle est du type à auto-excitation. Dans ce cas, on trouve d'autres classifications selon que l'excitation se fait en série, en parallèle ou en série-parallèle.

PRODUCTION D'ELECTRICITE par EFFET ELECTRO-STATIQUE

La raison pour laquelle on peut produire de l'électricité par l'utilisation des principes de l'électrostatique peut être comprise en se référant à la structure atomique de la matière: nous savons déjà — et il est facile de réaliser l'expérience — que l'ébonite, le verre et diverses autres substances semblables, s'électrisent sous l'effet d'un frottement avec des substances diverses, en produisant des charges électriques de signes opposés. Les recherches expérimentales ont démontré, par exemple, que la soie arrache des électrons aux autres corps par frottement. Ainsi, un morceau de verre est privé d'une partie de ses électrons lorsqu'il est frotté avec un chiffon de soie. Dans ce cas, le verre prend un potentiel positif, ainsi que nous l'avons vu à la page 25.

Lorsqu'un morceau de verre ou d'ébonite est frotté avec un morceau de laine ou de soie il s'électrise d'une façon suffisamment intense pour exercer une force d'attraction sur le papier et sur d'autres corps analogues (voir page 29); certaines substances plastiques nouvelles (l'astralon, par exemple) créées à la suite des récents progrès effectués dans cette branche, montrent une

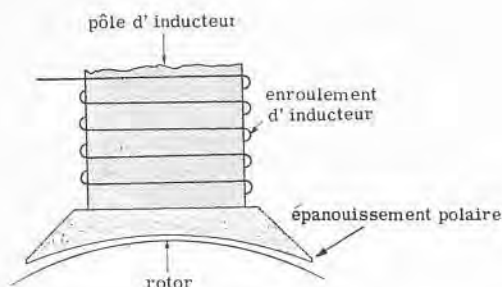


Fig. 10 - Ici, le biaisement aux bords d'une expansion polaire, est mis en évidence. Il est capable d'atténuer le déplacement dans le champ à cause de la réaction du rotor.

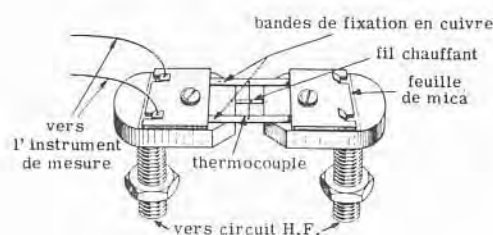


Fig. 11 - Production d'électricité par effet thermo-électrique: thermocouple. Celui illustré ici est destiné à la mesure des courants H.F. On fait passer ceux-ci dans un conducteur dont la température augmente en fonction de l'intensité du courant qui le traverse. L'élévation de température se transmet au couple bi-métallique qui produit alors, un courant continu secondaire pouvant être mesuré par un instrument du type courant.

aptitude toute particulière à exercer, dans les mêmes conditions une attraction identique. Ceci démontre que ce procédé de production d'électricité par frottement de deux corps convenablement choisis, s'il est exploité d'une manière rationnelle, peut être utilisé pour fournir de l'énergie électrique « électrostatique ».

Dans l'exploitation pratique de l'électricité statique, on utilise rarement des machines la produisant de cette façon (par frottements) car celles-ci en effet, peuvent donner un potentiel très élevé mais sous une intensité extrêmement faible; ceci signifie, en fin de compte, que l'énergie disponible est très petite et ne peut convenir aux usages courants.

L'effet électrostatique, c'est-à-dire l'attraction produite par un potentiel, est toutefois employé dans le cas où l'on veut déplacer des substances légères d'un point à un autre. Des exemples d'exploitation de ce procédé sont donnés par la peinture électrostatique, le recueil des poussières et des fumées, l'impression xérographique, etc... dans tous ces cas, on produit l'effet désiré en appliquant une tension très élevée entre la partie devant recueillir la substance et la substance elle-même, ou son point d'émission. La haute tension nécessaire est produite en des modes différents, par une machine génératrice d'effet électrostatique, cette forme de production étant, dans ce cas, la plus pratique.

Nous mentionnerons, toutefois, à titre d'information, l'existence de véritables générateurs électrostatiques destinés presque toujours à être utilisés à des fins purement didactiques: (écoles, laboratoires de physique, etc...). Dans ces appareils, un système de démultiplication par engrenages ou autres transmissions mécaniques (presque toujours actionnés à la main), font tourner rapidement un disque (ou un ruban) formé d'une matière convenant le mieux à la production d'électricité par frottement. La friction se produit, pendant la rotation, contre une partie fixe construite en une matière produisant l'effet contraire.

L'électricité ainsi obtenue est envoyée dans un condensateur où elle s'accumule progressivement jusqu'à ce que, le potentiel ayant atteint la valeur voulue, se produise une décharge entre deux électrodes placées

face à face et à une certaine distance l'une de l'autre. Il est possible d'obtenir, de cette façon, des tensions de l'ordre de 300 000 volts et plus, sous une intensité de 8 à 10 μ A (millionièmes d'ampère).

PRODUCTION D'ELECTRICITE par EFFET THERMO-ELECTRIQUE

Le thermocouple

Quand on réunit ensemble deux métaux différents et que l'on chauffe le point de contact, il se produit une f.e.m.: un tel assemblage de métaux s'appelle un **thermocouple**. Mis gratuitement en ligne par Alain et André.

L'effet thermo-électrique trouve une application, entre autre, dans les appareils pour la mesure des intensités (ampèremètres), servant à mesurer les courants à Haute Fréquence, dans un émetteur par exemple. L'ampèremètre, qui est l'instrument de mesure proprement dit, est actionné par la f.e.m. produite par le thermocouple, lequel, à son tour, est chauffé par le courant à haute fréquence devant être mesuré (figure 11).

De récents développements ont remis en valeur ce mode de production de l'énergie électrique, connu depuis longtemps (Seebeck — 1821) mais jamais employé, jusqu'à présent, à des fins pratiques (hormis l'utilisation du thermocouple de mesure, dont nous avons parlé plus haut).

Il est intéressant de remarquer, dans un tel système, l'absence totale d'organes en mouvement: c'est la chaleur qui est directement convertie en électricité. Pour mémoire, nous dirons que l'on pense sérieusement à mettre en oeuvre, d'une manière industrielle, le principe opposé au moyen duquel, en appliquant un courant, on peut obtenir un notable abaissement de la température: ceci conduit à la réalisation de réfrigérateurs statiques.

Le mérite du vif et nouvel intérêt qui se manifeste en faveur de ce système doit être attribué aux semi-conducteurs (substance ayant une conductibilité intermédiaire entre celle des conducteurs et celle des isolants) qui, employés à la place du couple de métaux différents, donnent un rendement près de dix fois su-

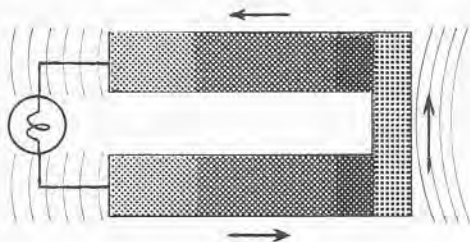
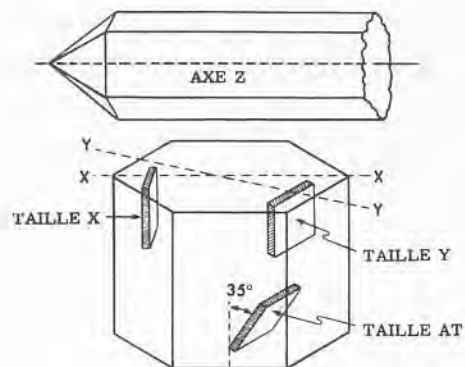


Fig. 12 - Élément thermo-électrique à semi-conducteurs. Il fonctionne suivant un principe analogue à celui du thermocouple précédent, mais possède une sensibilité dix fois meilleure. Un courant prend naissance lorsque l'on chauffe le côté où les deux semi-conducteurs, de types différents, sont reliés l'un à l'autre, l'effet est réversible.



Mis gratuitement en ligne par Alain et André.

Fig. 13 - Représentation des trois principaux types de taille d'un cristal piézo-électrique. Les cristaux taillés suivant l'axe AT sont les moins sensibles aux variations de température.

périeur. C'est ainsi qu'en chauffant une extrémité d'un semi-conducteur, un courant électrique prend naissance: dans certains types, l'extrémité restée froide devient négative (l'extrémité chauffée étant positive), dans d'autres types, c'est l'extrémité froide qui est positive (semi-conducteurs n ou p.) Le sens du courant ainsi produit, est naturellement, toujours dirigé de l'extrémité positive à la négative (comme dans une pile) pour les deux types.

Maintenant, si nous prenons deux semi-conducteurs de types opposés et si nous réunissons leurs extrémités chaudes (figure 12) le courant produit par le type « p » ira de l'extrémité froide vers la chaude et le contraire se produira dans le type « n ». Si nous réunissons les deux extrémités libres aux bornes d'un circuit d'utilisation (une lampe, par exemple), le courant passera dans le circuit pendant tout le temps que nous chaufferons le point de jonction des deux semi-conducteurs.

La tension disponible est seulement de quelques dixièmes de volt, mais il est évident qu'en reliant entre eux plusieurs couples de ce genre, on peut obtenir des centaines de volts. Le rendement obtenu jusqu'ici, est d'environ 10%, mais on pense pouvoir l'augmenter. L'emploi d'un tel générateur de courant se justifie pleinement pour de nombreuses applications; par exemple on construit, aux Etats-Unis, un modèle (réservé pour le moment aux seuls besoins militaires) capable de fournir une puissance de 100 watts. Son poids est de 19 kg et il est normalement alimenté par une bouteille de gaz méthane, mais il peut également être alimenté au moyen d'autres combustibles.

Les futurs développements dans ce domaine se feront vers l'utilisation de la chaleur solaire.

PRODUCTION D'ELECTRICITE par EFFET PIEZO-ELECTRIQUE

Les cristaux

Certains cristaux développent des charges électriques entre leurs faces lorsqu'ils sont soumis à des pressions ou des tensions mécaniques: ce phénomène prend le nom d'effet piézo-électrique. Les charges électriques

produites sont proportionnelles à la force appliquée au cristal et la polarité se renverse avec l'alternance de la pression et de la tension. Un tel effet est réversible, c'est-à-dire que si l'on applique une tension électrique à deux armatures entre lesquelles est placé le cristal, on produit un mouvement mécanique et, si on applique une tension dont la polarité s'inverse périodiquement, le cristal entre en vibrations.

On utilise l'effet piézo-électrique — nous le verrons plus tard en détail — dans les microphones à cristal et les reproducteurs (pick-up). Grâce à la réversibilité du phénomène, on peut transformer une pression en charge électrique (comme dans les microphones et les «pick-up») ou bien transformer une tension électrique en pression (comme dans les écouteurs piezo-électriques).

La quantité d'énergie produite est fonction des caractéristiques propres du cristal ainsi que de l'intensité de la force mécanique à laquelle il est soumis. Les types de cristaux les plus courants utilisés à cet effet sont le quartz, le sel de Rochelle et la tourmaline. Toutes ces substances, après avoir été convenablement taillées, présentent la propriété énoncée ci-dessus.

La forme du cristal varie selon l'emploi auquel il est destiné. La technique de la taille détermine, à son tour, les caractéristiques de fonctionnement ainsi que la polarité relative de la tension produite: en d'autres termes, selon le type de taille adopté, un des côtés peut prendre un potentiel positif, tandis que l'autre aura un potentiel négatif, lorsque le cristal sera soumis à une pression, et vice-versa.

Certains cristaux sont taillés suivant une forme géométrique telle qu'elle permette la production d'une tension sous l'effet d'une flexion dans un sens déterminé, au lieu d'une pression.

La taille peut se faire suivant divers angles par rapport aux axes X, Y ou Z, c'est-à-dire par rapport aux trois dimensions conventionnelles l'horizontale, la verticale et la profondeur.

La figure 13 montre plus clairement comment, à partir d'un cristal brut de forme hexagonale, on peut obtenir des cristaux en pratiquant les tailles dans les trois dimensions indiquées. Les différents types de tail-

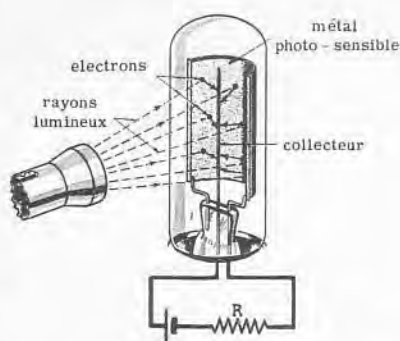


Fig. 14 - Cellule photo-électrique à vide. Une couche de substance photo-sensible émet des électrons (lorsqu'elle est éclairée) qui sont recueillis par une autre électrode (collecteur). Les électrodes sont réunies, par l'intermédiaire d'une résistance de charge R , au — et au + d'une source de tension continue.

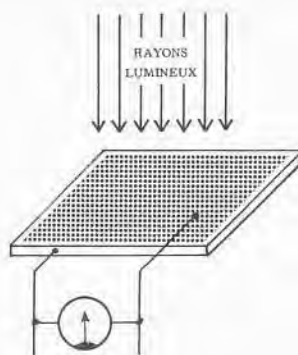


Fig. 15 - Production d'un courant par la « cellule solaire ». Elle est formée d'une substance (Sélénium ou Silicium) qui produit un courant électrique proportionnel (jusqu'à une valeur limite) à l'intensité de la lumière qui la frappe.

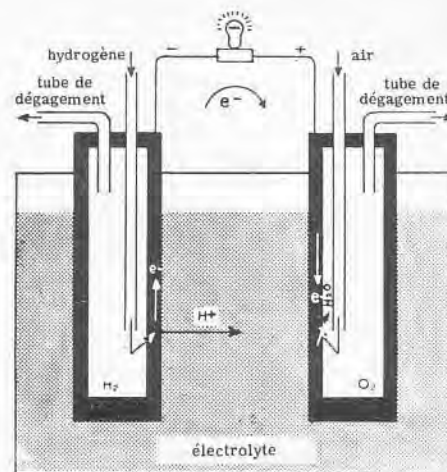


Fig. 16 - Schéma typique d'un exemple de pile à hydrogène et oxygène (composée de deux électrodes poreuses séparées par une solution électrolytique).

le ont été étudiés dans le but de rendre les cristaux ainsi obtenus, insensibles aux variations de la température ambiante, laquelle tend à faire varier les caractéristiques de la tension produite. Le coefficient de température est donc déterminé par le type de taille adopté. Les cristaux taillés suivant l'axe X ont un coefficient de température négatif, tandis que ceux taillés suivant l'axe Y ont un coefficient positif; il existe également un type de taille indiqué par les lettres AT dans la figure (type plus récent) dont le coefficient de température est pratiquement égal à zéro.

L'intensité du courant pouvant normalement passer dans un cristal piézo-électrique va de 50 à 200 milliampères et, lorsque l'intensité maximum admissible est dépassée, les vibrations du cristal prennent une amplitude telle que celui-ci se brise. Ceci se produit naturellement quand le cristal est employé pour produire une énergie mécanique sous l'effet d'une tension appliquée à ses faces. **Mis gratuitement en ligne par Alain et André.**

Du point de vue qui nous intéresse actuellement — c'est-à-dire celui de la production de l'énergie électrique — il est important de souligner que, l'énergie augmentant avec l'intensité de la force mécanique appliquée, celle-ci ne devra pas dépasser l'intensité maximum que le cristal peut supporter afin de ne pas atteindre ce que l'on appelle la « charge de rupture ». Il s'ensuit que la quantité d'énergie produite est elle-même fonction des caractéristiques du cristal.

PRODUCTION D'ELECTRICITE par EFFET PHOTO-ELECTRIQUE

La cellule photo-électrique — Une cellule photo-électrique, ou photo-cellule, est constituée par un disque métallique sur lequel a été déposée une couche de substance photo-sensible. Sur la partie externe de cette couche, on dépose une seconde couche de métal, suffisamment mince pour permettre le passage de la lumière afin que celle-ci puisse atteindre la couche sensible. Le disque métallique forme une électrode et la couche métallique transparente, l'autre. Quand la lumière tombe sur la cellule, une f.e.m. prend naissance

et, si les électrodes sont reliées à une charge, on obtient le passage d'un courant.

La cellule photo-électrique se comporte donc comme un petit générateur produisant à ses bornes une f.e.m. proportionnelle à l'intensité de la lumière qui la frappe. Cela est utilisé dans les instruments de mesure de l'intensité lumineuse, chers aux photographes.

Il existe un autre type de cellule photo-électrique constituée par une ampoule de verre dont une partie de la surface interne est recouverte d'une couche photo-sensible. Les électrons peuvent être recueillis par une électrode métallique placée au centre de l'ampoule et portée à un potentiel positif. On peut alors, comme le montre la figure 14, recueillir aux bornes de la résistance R une différence de potentiel déterminée par la chute de tension produite par le courant électronique émis sous l'effet de la lumière.

La technique moderne a perfectionné le procédé photo-électrique de production d'énergie électrique. On exploite actuellement l'énergie lumineuse du soleil au moyen de la cellule solaire (figure 15). Celle-ci convertit l'intensité considérable de la lumière solaire — concentrée par un système optique — en courants électriques pouvant atteindre des intensités suffisantes pour alimenter les appareils électroniques. On a placé par exemple, de telles cellules le long des lignes téléphoniques pour alimenter les amplificateurs intermédiaires et elles sont également employées pour alimenter les appareils placés à bord des satellites artificiels.

Ces types de cellules peuvent être au sélénium ou au silicium: dans le premier cas, l'intensité des courants produits est nettement inférieure à celle que permet le second type, c'est pourquoi, malgré un prix de revient plus élevé, celles au silicium sont à préférer lorsqu'on doit obtenir des intensités relativement élevées

PRODUCTION D'ELECTRICITE par PILE A COMBUSTION

La figure 16 donne un exemple de production d'électricité par pile à combustion. Il s'agit d'un système que nous verrons par la suite.

SYMBOLES - ABREVIATIONS

A	= Aire (surface)
B	= Densité de flux magnétique
F	= Force magnétique (en gilbert)
f.m.m.	= Force magnéto-motrice
H	= Intensité de la force d'aimantation par rapport à la longueur du circuit magnétique
l	= Longueur
N	= Nombre de spires d'un enroulement (parf. «n»)
N	= Pôle Nord d'un aimant
R	= Réluctance magnétique (exprimée en rel)
S	= Pôle Sud d'un aimant
Φ	= (Phi) nombre total des lignes de force dans un circuit magnétique
μ	= Perméabilité

FORMULES

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

$$F = 1,257 \text{ IN}$$

$$H = \frac{1,257 \text{ IN}}{l}$$

$$\text{IN} = \frac{H l}{1,257}$$

$$P = \frac{1}{R \text{ (réluctance)}}$$

$$R = \frac{l \text{ (longueur du circuit)}}{\mu A \text{ (perméabilité} \times \text{surface)}}$$

$$\Phi = \frac{F}{R}$$

$$\mu = \frac{B}{H}$$

SYMBOLES SCHEMATIQUES

	= Ampèremètre, galvanomètre, voltmètre
	= Cellule photo-électrique à photo-émission
	= Cellule photo-électrique à absorption

QUESTIONS sur les LEÇONS N°s 13 et 14

N. 1 — Quelle est la caractéristique qui distingue un aimant d'une substance magnétique?

N. 2 — Dans un barreau d'acier aimanté, quels sont les points où l'attraction est maximum? En quel point cette attraction est-elle nulle?

N. 3 — En quoi consiste un champ magnétique?

N. 4 — De quel pôle d'un aimant les lignes de force sortent-elles?

N. 5 — Comment peut-on définir un circuit magnétique?

N. 6 — Quelle est la différence entre un aimant et un électro-aimant?

N. 7 — Citer deux moyens d'aimantation.

N. 8 — Qu'entend-on par « magnétisme résiduel »?

N. 9 — Comment les aimants moléculaires sont-ils orientés dans l'acier non aimanté? Comment s'orientent-ils après aimantation?

N. 10 — Que sont les « domaines »?

N. 11 — Ecrire la formule qui donne la densité du flux B en fonction du flux total Φ et de la section du circuit magnétique.

N. 12 — Si un courant passe dans un conducteur en direction d'un observateur, le champ magnétique entourant ce conducteur est-il dans le sens de rotation des aiguilles d'une montre ou dans le sens contraire, par rapport à l'observateur?

N. 13 — Comment peut-on augmenter le champ magnétique produit par une bobine?

N. 14 — De quelle manière peut-on protéger un dispositif quelconque d'un éventuel champ magnétique extérieur?

N. 15 — Quels sont les principaux procédés de production de l'énergie électrique?

N. 16 — Qu'entend-on par « maxwell »?

N. 17 — Quelles sont les parties principales d'une dynamo? Mis gratuitement en ligne par Alain et André.

N. 18 — Quels sont les axes de taille d'un cristal piézo-électrique?

N. 19 — Quel est l'axe de taille donnant le meilleur coefficient de température?

N. 20 — Quels sont les principaux types de cellules photo-électriques?

REponses aux QUESTIONS de la p. 91

N. 1 —

Trois: en série, en parallèle et en série-parallèle.

N. 2 —

Elle est de 525 volts, en effet, puisque $V = 15\,000 \text{ ohms} \times 0,035 \text{ ampères} = 525 \text{ volts}$.

N. 3 —

L'opposé de la résistance. Elle est désignée par la lettre G et équivaut à $1/R$.

N. 4 —

L'intensité est de 8,18 ampères et peut se calculer en appliquant la formule $I = W/V$. c'est-à-dire $I = 900 \text{ W} / 110 \text{ V} = 8,18 \text{ A}$.

N. 5 —

2 500 micromhos. Le calcul est le suivant: puisque $R = V : I$, la conductance $G = I : V$, soit $G = 0,25 \text{ A} : 110 \text{ V} = 0,0025 \text{ mho}$, c'est-à-dire 2 500 micromhos.

N. 6 —

Un kilowatt-heure représente la dissipation d'un kilowatt en une heure et correspond à $3\,600 \times 10^3$ joules.

N. 7 —

a) = 20 ohms, b) = 25 ohms, c) = 180 watts, d) = 37,5 volts, e) = 52,5 volts et f) = 12 500 micromhos.

N. 8 —

Les cellules primaires ne peuvent être rechargées après qu'elles aient fourni toute leur énergie, tandis que les cellules secondaires peuvent être rechargées un grand nombre de fois.

N. 9 —

Vers l'électrode positive.

N. 10 —

La résistance interne augmente: la tension et l'intensité diminuent et tendent vers zéro.

N. 11 —

Le rôle du bioxyde de manganèse consiste à produire une action dépolarisante, c'est-à-dire à neutraliser le phénomène de polarisation.

N. 12 —

La tension totale obtenue est de 15 V et l'intensité disponible reste égale à 1 ampère.

N. 13 —

Durant la charge, le poids spécifique de l'électrolyte diminue.

N. 14 —

Pour permettre l'évacuation des gaz produits pendant la charge, et éviter que ceux-ci n'endommagent l'élément.

Le tableau 26 donne, sous une forme synoptique, les définitions et les symboles des unités magnétiques. Ainsi chaque fois que le lecteur aura à étudier un circuit magnétique, il pourra — en consultant ce tableau — se remettre en mémoire les principes et les formules fondamentaux.

Ainsi que nous l'avons vu dans la leçon 13, il existe une grande analogie entre les lois régissant l'énergie électrique et celles concernant l'énergie magnétique; c'est pour le montrer et expliquer, par la même occasion, la signification des principales unités de mesure utilisées pour l'étude des circuits magnétiques, que nous avons dressé le tableau 27. Il permet de constater directement le parallélisme étroit existant entre les unités électroniques et magnétiques.

En physique, on adopte communément deux systèmes d'unités de mesure: le système C.G.S., dans lequel les unités fondamentales sont « le centimètre, le gramme et la seconde » et le système M.K.S. dans lequel les unités fondamentales sont « le mètre, le kilogramme et la seconde ». Etant donné que dans certains textes on pourra trouver des quantités et formules exprimées dans l'un ou l'autre système, nous donnons dans le tableau 28 la correspondance.

Les trois tableaux ci-dessus forment un cadre synoptique de la théorie du magnétisme développée dans la leçon 13 et, par suite, il est important que toutes ces unités deviennent familières au lecteur. Leur connaissance parfaite sera une aide précieuse pour la compréhension de tous les phénomènes magnétiques ou électromagnétiques que nous rencontrerons fréquemment au cours de l'étude de l'électronique. Nous verrons, en particulier, quand nous étudierons les transformateurs (qui sont des organes extrêmement importants dans tous les appareils électroniques, sauf quelques rares exceptions) quels rôles jouent la densité de flux, la perméabilité, la force magnétomotrice, etc...

Parmi les différents moyens de production de courant, nous avons étudié le couple thermoélectrique. Ceux-ci sont commercialisés sous diverses formes et dimensions selon leur utilisation.

Les alliages les plus couramment utilisés pour leur fabrication sont groupés dans le tableau 29. Ce graphique permet de trouver la tension en millivolts, fournie par un thermocouple donné lorsqu'il est porté à une température déterminée. Les six courbes du graphique se rapportent à six types de thermocouples constitués d'éléments différents, identifiés comme suit:

— C/SiC = charbon et alliage de silicium et de carbure.

— Fe/Const = fer et constantan.

— Cu/Const = cuivre et constantan.

— Cr/Al = chrome et aluminium.

— Pt/Pt-Re = platine et alliage de platine et de rhénium.

— Pt/Pt-Re-Rh = platine et alliage de platine de rhénium et de rhodium. Mis gratuitement en ligne par Alain et André.

Comme on peut le voir, le couple formé de charbon et d'un alliage de silicium et de carbure est le plus actif: il donne une tension de 100 millivolts (0,1 V), lorsqu'il est porté à une température de 370 °C. Le couple cuivre/constantan — par contre — ne donne qu'une tension de 20 millivolts pour une température de 390 °C.

TABEAU 26 - UNITES MAGNETIQUES et LEURS DEFINITIONS

Terme	Définition	Symbole	Unité
Flux	Nombre total de lignes	Φ	1 maxwell = = 1 ligne
Perméabilité	Rapport entre le facteur Φ du matériau et celui de l'air	μ	= à 1 pour l'air et le vide
Densité de flux	Lignes par unité de surface. $B = \mu H$	B	1 gauss = 1 ligne par cm^2
Force magnéto-motrice	Force tot. produisant le flux	f.m.m.	1 gilbert = = 1,26 A/t
Force d'aimantation ou intensité de champ	Force par cm de circuit magnétique	H	1 oersted = $\frac{1,26 \text{ A/t}}{\text{cm}}$
Réductance	Opposition au flux	R	$\frac{\text{gilbert}}{\text{maxwell}}$

TABEAU 27 - COMPARAISON ENTRE LES UNITES ELECTRIQUES et LES UNITES MAGNETIQUES

Unité de	Circuit électrique	Circuit magnétique
Force	volt, E, ou f.e.m.	gilbert ou f.m.m.
Intensité de flux	ampère, I	flux Φ (en maxwell)
Résistance . .	ohm, R	réductance, (en rel) de Rowland, $\frac{F}{\Phi} = \frac{R}{1}$
Loi	d'Ohm, $I = \frac{E}{R}$	$\Phi = \frac{F}{R}$
Intensité de force	volt par cm	$H = \frac{1,257 \text{ IN}}{1}$
Densité	densité de courant (ampère/ cm^2)	densité de flux (lignes/ cm^2 = gauss)

TABEAU 28 - CONVERSION des UNITES MAGNETIQUES C.G.S. en M.K.S. Mis gratuitement en ligne par Alain et André.

	Unités C.G.S.	Unités M.K.S.
Force de magnétisation F	1 gilbert	$\frac{\text{ampère/tour} \times 4\pi}{10}$
Force d'aimantation H	1 oersted	$\frac{\text{A-tour/mètre} \times 10^3}{4\pi}$
Flux total Φ	1 maxwell	$\text{weber} \times 10^{-8}$
Densité de flux B	1 gauss	$\text{weber/mètre}^2 \times 10^{-4}$

Le tableau 30 donne les valeurs de B (intensité de flux), les valeurs de « μ » (perméabilité) et de H (force d'aimantation) pour divers matériaux employés dans la construction des circuits magnétiques. Ce tableau se révélera particulièrement utile lors des études des blindages de protection (du champ magnétique) ou des pièces polaires employées dans les haut-parleurs, les microphones, les électro-aimants.

Le tableau 31 donne les caractéristiques de certains matériaux employés dans la fabrication des noyaux pour bobines et le lecteur aura l'occasion de s'en servir lorsque nous nous occuperons des transformateurs et self basse-fréquence.

Le tableau 32 donne les caractéristiques principales des alliages les plus communément adoptés pour la fabrication des aimants permanents. Au cours de la leçon 13, nous avons étudié les lois et les formules relatives à ces applications, toutefois, les brèves notes que nous donnons ci-dessous permettront d'interpréter plus facilement ce tableau et de déterminer l'alliage convenant le mieux à la construction d'un circuit magnétique donné.

« Br » est l'aimantation rémanente et est exprimée en gauss, c'est-à-dire en lignes par cm^2 . C'est donc la densité de flux restant dans le métal après aimantation jusqu'au point de saturation. « Hc » est la force coercitive, c'est-à-dire la force d'aimantation qui doit être appliquée à un aimant pour réduire à zéro la valeur de Br. « BH max $\times 10^6$ » est le produit de la force d'aimantation par la densité de flux; elle est exprimée sous la forme d'un produit « multiple par 10^6 » (c'est-à-dire par un million) pour éviter un trop grand nombre de zéros dans la valeur numérique. « Bd » est la densité de flux dans le cycle d'hystérésis externe (voir page 103), appelé également « courbe de désaimantation », correspondant à une certaine valeur de -H (appelée également Hd) au point BH max.

« H sat » est l'intensité de la force d'aimantation nécessaire pour aimanter la substance jusqu'à saturation c'est-à-dire en créant en elle un maximum de lignes de force. Cette valeur est également exprimée en oersted.

TABEAU 29 — CARACTERISTIQUES DE QUELQUES COUPLES THERMO-ELECTRIQUES

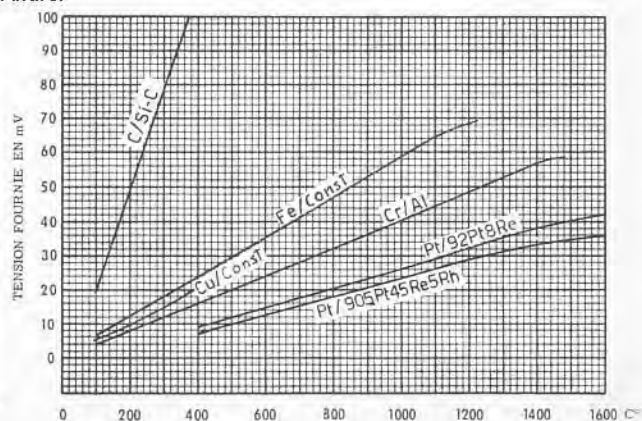


TABLEAU 30 - VALEURS de B, H, μ POUR des MATERIAUX MAGNETIQUES D'USAGE COMMUN

B gauss	Acier laminé		Acier fondu		Fer fondu		Fer forgé		Fonte	
	H	μ	H	μ	H	μ	H	μ	H	μ
3.000	1,3	2.310	2,8	1.070	5,0	600	2,0	1.500	—	—
4.000	1,6	2.500	3,4	1.177	8,5	471	2,5	1.600	5,0	800
5.000	1,9	2.630	3,9	1.281	14,5	347	3,0	1.666	10,0	500
6.000	2,3	2.605	4,5	1.332	24,0	250	3,5	1.716	21,5	279
7.000	2,6	2.700	5,1	1.371	38,0	182	4,0	1.750	42,0	166
8.000	3,0	2.666	5,8	1.380	60,0	133	4,5	1.778	80,0	100
9.000	3,5	2.570	6,5	1.382	89,0	101	5,0	1.800	127,0	71
10.000	3,9	2.560	7,5	1.332	124,0	80,6	5,6	1.782	188,0	53
11.000	4,4	2.500	9,0	1.222	166,0	66,4	6,5	1.692	292,0	37
12.000	5,0	2.400	11,5	1.042	222,0	54,1	7,9	1.510	—	—
13.000	6,0	2.166	16,0	813	290,0	44,8	10,0	1.300	—	—
14.000	9,0	1.558	21,5	651	396,0	38,0	15,0	934	—	—
15.000	15,5	970	32,0	469	—	—	25,0	600	—	—
16.000	27,0	594	49,0	327	—	—	49,0	327	—	—
17.000	52,5	324	74,0	230	—	—	93,0	183	—	—
18.000	92,0	196	115,0	156	—	—	152,0	118	—	—
19.000	149,0	127	175,0	108	—	—	229,0	83	—	—
20.000	232,0	86	285,0	70	—	—	—	—	—	—

Exemple d'emploi

Si nous devons construire une expansion polaire d'un aimant avec un certain métal, par exemple du fer fondu, le tableau nous indique que, en supposant la densité de flux égale à 10 000 gauss (soit 10 000 lignes au cm²), la force d'aimantation est de 124 oersted et la perméabilité de 80,6.

TABLEAU 31 - CARACTERISTIQUES de QUELQUES ALLIAGES MAGNETIQUES UTILISES pour les NOYAUX

Alliage	Perméabilité initiale μ	Perméabilité maximum μ	Intensité du champ max. H	Induction gauss	Saturation gauss
Fer au silicium	500	7.000	1,20	6.000	20.000
Permanorm	2.500	19.000	0,02	4.500	14.000
Megaperm	4.800	26.000	0,08	2.000	8.500
Mumétal	1.200	45.000	0,09	4.000	3.000
Permalloy	10.000	50.000	0,09	4.500	9.000

Exemple d'emploi

Si nous construisons un induit avec des enroulements effectués sur un noyau en fer au silicium, la table nous indique que la perméabilité μ de ce métal est de 500, au minimum, et 7 000 au maximum, et que l'aimantation de saturation se produit pour une densité de flux de 20 000 gauss (20 000 lignes au cm²).

Ces données permettent le dimensionnement électrique et mécanique entre des limites de sécurité.

TABLEAU 32 - CARACTERISTIQUES des PRINCIPAUX ALLIAGES pour AIMANTS PERMANENTS

Alliage	Br gauss	Hc oersted	BH (max) x 10 ⁶	Bd gauss	Hd oersted	H sat. oersted
Alni	6.300	520	1,20	4.200	310	2.000
Alnico I°	5.200	750	1,30	3.000	400	3.000
Alnico II°	7.500	580	1,60	4.500	360	2.500
Alnico IV°	6.000	1.000	2,20	3.500	630	3.500
Alnico V°	12.000	560	4,50	9.500	475	—
Alnico VII°	10.200	700	3,60	7.500	480	3.000
Mexalco	12.200	650	4,50	9.800	460	3.000
Ticonal GX	13.500	720	7,50	12.000	625	—
Ticonal G	13.480	583	5,70	11.000	520	—
Ticonal L	13.500	575	5,40	12.000	450	—
Ticonal C	12.500	680	5,00	9.620	520	—
Ticonal K	9.000	1.300	4,00	5.000	800	—
Reco 3A	7.200	645	1,70	4.350	390	—
Magnadur 1	2.000	1.750	0,95	950	1.000	—
Ferroxdure FXD1	2.000	1.700	0,90	—	—	14.000
Ferroxdure FXD2	3.850	1.800	3,20	—	—	14.000

Exemple d'emploi

Dans la plupart des cas, les aimants permanents doivent avoir une puissance maximum sous le plus faible volume possible. Lorsque cette exigence constitue un facteur déterminant, on peut, avec ce tableau, après avoir déterminé la valeur du champ à obtenir, choisir l'alliage convenable et calculer sa section.

Un aimant permanent devant fournir un champ de 20 000 gauss, par exemple, réalisé en alliage Mexalco, aura une section de 20 000 (gauss) : 12 200 (Br) = 1,67 cm². Pour l'aimanter à saturation, ceci pour avoir ensuite l'aimantation rémanente requise, il faudra lui appliquer une force d'aimantation H sat de 3 000 (oersted) $\times$ 1,67 (cm²) = 5 010 oersted.

TABLEAU 33 - CARACTERISTIQUES DE QUELQUES CELLULES PHOTO-ELECTRIQUES

TYPE de CELLULE	S (A/lumen)	A (cm ²)	H (10 ⁻⁴ A/lux)	N (10 ¹⁶ qu/lum.)	I max Q max	f max
Cellule photo-émissive, sous vide 90-AV	0,00005	4	0,0002	1	10 µA	100 MHz
Cellule photo-émissive, à gaz 90-AG	0,00013	4	0,0005	1	10 µA	10 kHz
Photomultiplicateur 50-AVP	500	8	4 000	1	100 mA	100 MHz
Cellule photovoltaïque au sélénium	0,0005	10	0,005	1	50 µW/lumen	2 kHz
Photodiode OAP-12	0,05	0,01	0,0005	20	0,12 W	50 kHz
Phototransistor OCP-71	0,3	0,07	0,02	20	0,10 W	750 kHz
Cellule photoconductrice au CdS CRP-30 (100 V)	16	2,5	40	2	1,2 W	{ pour 30 lux : 3 Hz pour 4 lux : 1 Hz

TABLEAU 34 - CARACTERISTIQUES DE QUELQUES CELLULES SOLAIRES

CONSTRUCTEUR et TYPE	DIMENSIONS en mm	SURFACE ACTIVE cm ²	RENDMENT %	MATIERE SENSIBLE	ENERGIE INCIDENTE 100 mW/cm ²		
					Puis. mW	Tens. V	Cour. A
<i>International Rectifier Corp.</i>							
S 1020	10×20	1,75	4	Silicium	7,00	0,35	17,5
S 1020 A	10×20	1,75	6	»	10,50	0,40	26,0
S 1020 B	10×20	1,75	8	»	14,00	0,40	35,0
S 0520	5×20	0,75	4	»	3,00	0,35	7,5
S 0520 A	5×20	0,75	6	»	4,50	0,40	11,2
S 0520 B	5×20	0,75	8	»	6,00	0,40	15,0
S 0510	5×10	0,37	4	»	1,50	0,35	3,8
S 0510 A	5×10	0,37	6	»	2,25	0,40	5,6
S 0510 B	5×10	0,37	8	»	3,00	0,40	7,5
S 1020 M8	10×20	1,80	8	»	14,40	0,40	36,0
S 1020 M9	10×20	1,80	9	»	16,20	0,40	40,5
S 1020 M10	10×20	1,80	10	»	18,00	0,40	45,0
					ENERGIE INCIDENTE 100 000 lux		
1 B 2	18×11	1,70	—	Sélénium	0,90	0,26	3,5
B 2 M	18×11	1,70	—	»	1,00	0,50	2,0
1 B 5	18×36	4,90	—	»	2,60	0,26	10,0
1 B 10	18×43	8,00	—	»	4,40	0,26	17,0
1 B 15	43×43	14,50	—	»	7,80	0,26	30,0
1 B 20	50×50	21,00	—	»	9,60	0,26	37,0
1 B 30	82×82	60,00	—	»	26,00	0,26	100,0
<i>Hoffman Electronics</i>							
220 C	20×20	3,80	—	Silicium	26,50	0,55	48,0
120 C	20×10	1,80	—	»	12,50	0,55	23,0
110 C	10×10	0,90	—	»	6,00	0,55	11,0
52 C	5×20	0,80	—	»	6,60	0,55	12,0
51 C	5×10	0,40	—	»	3,30	0,55	6,0
55 C	5×5	0,20	—	»	1,65	0,55	3,0
58 C	5×2,5	0,10	—	»	0,72	0,55	1,3
2 A	28	4,75	—	»	33,00	0,55	60,0

Le tableau 33 permet une rapide comparaison entre divers types de cellules photo-électriques. La sensibilité est mesurée sous éclairnement par une lampe à filament de tungstène à une température de couleur de 2 800 °C. Les quatrième, cinquième et sixième colonnes donnent respectivement: le nombre de « quanta » absorbés par lumen (N), la valeur maximum du courant (I max) en µA ou de la puissance dissipée (Q max) en W ou en µW/lumen et la fréquence maximum admissible des variations périodiques de l'intensité lumineuse (F max).

Le tableau 34 rassemble les principales caractéristiques des cellules solaires les plus courantes produites industriellement; certaines d'entre elles sont déjà em-

ployées couramment pour l'alimentation des appareils de radio, des dispositifs électroniques spéciaux placés à bord des fusées et pour la construction de posemètres photo-électriques.

Pour terminer, le tableau 35 permet de convertir rapidement en degrés centigrades les température exprimées en degrés Fahrenheit et vice-versa. Pour éviter les erreurs, il convient de préciser que dans le système américain, la virgule sert à l'espacement entre groupes de trois chiffres décimaux, tandis que le point (qui remplace notre virgule) sépare le nombre entier de la partie fractionnaire. Mis gratuitement en ligne par Alain et André.

TABLEAU 35 -

CORRESPONDANCE des TEMPERATURES en DEGRES CENTIGRADES et DEGRES FAHRENHEIT (et vice versa)

°C	°F	°C	°F	°C	°F	°C	°F	°C	°F	°C	°F	°C	°F	°C	°F	°C	°F
-200	-328.0	-100	-148.0	0	32.0	0	32.0	100	212.0	200	392.0	300	572.0	400	752.0	500	932.0
-201	-329.8	-101	-149.8	-1	30.2	1	33.8	101	213.8	201	393.8	301	573.8	401	753.8	501	933.8
-202	-331.6	-102	-151.6	-2	28.4	2	35.6	102	215.6	202	395.6	302	575.6	402	755.6	502	935.6
-203	-333.4	-103	-153.4	-3	26.6	3	37.4	103	217.4	203	397.4	303	577.4	403	757.4	503	937.4
-204	-335.2	-104	-155.2	-4	24.8	4	39.2	104	219.2	204	399.2	304	579.2	404	759.2	504	939.2
-205	-337.0	-105	-157.0	-5	23.0	5	41.0	105	221.0	205	401.0	305	581.0	405	761.0	505	941.0
-206	-338.8	-106	-158.8	-6	21.2	6	42.8	106	222.8	206	402.8	306	582.8	406	762.8	506	942.8
-207	-340.6	-107	-160.6	-7	19.4	7	44.6	107	224.6	207	404.6	307	584.6	407	764.6	507	944.6
-208	-342.4	-108	-162.4	-8	17.6	8	46.4	108	226.4	208	406.4	308	586.4	408	766.4	508	946.4
-209	-344.2	-109	-164.2	-9	15.8	9	48.2	109	228.2	209	408.2	309	588.2	409	768.2	509	948.2
-210	-346.0	-110	-166.0	-10	14.0	10	50.0	110	230.0	210	410.0	310	590.0	410	770.0	510	950.0
-211	-347.8	-111	-167.8	-11	12.2	11	51.8	111	231.8	211	411.8	311	591.8	411	771.8	511	951.8
-212	-349.6	-112	-169.6	-12	10.4	12	53.6	112	233.6	212	413.6	312	593.6	412	773.6	512	953.6
-213	-351.4	-113	-171.4	-13	8.6	13	55.4	113	235.4	213	415.4	313	595.4	413	775.4	513	955.4
-214	-353.2	-114	-173.2	-14	6.8	14	57.2	114	237.2	214	417.2	314	597.2	414	777.2	514	957.2
-215	-355.0	-115	-175.0	-15	5.0	15	59.0	115	239.0	215	419.0	315	599.0	415	779.0	515	959.0
-216	-356.8	-116	-176.8	-16	3.2	16	60.8	116	240.8	216	420.8	316	600.8	416	780.8	516	960.8
-217	-358.6	-117	-178.6	-17	1.4	17	62.6	117	242.6	217	422.6	317	602.6	417	782.6	517	962.6
-218	-360.4	-118	-180.4	-18	-0.4	18	64.4	118	244.4	218	424.4	318	604.4	418	784.4	518	964.4
-219	-362.2	-119	-182.2	-19	-2.2	19	66.2	119	246.2	219	426.2	319	606.2	419	786.2	519	966.2
-220	-364.0	-120	-184.0	-20	-4.0	20	68.0	120	248.0	220	428.0	320	608.0	420	788.0	520	968.0
-221	-365.8	-121	-185.8	-21	-5.8	21	69.8	121	249.8	221	429.8	321	609.8	421	789.8	521	969.8
-222	-367.6	-122	-187.6	-22	-7.6	22	71.6	122	251.6	222	431.6	322	611.6	422	791.6	522	971.6
-223	-369.4	-123	-189.4	-23	-9.4	23	73.4	123	253.4	223	433.4	323	613.4	423	793.4	523	973.4
-224	-371.2	-124	-191.2	-24	-11.2	24	75.2	124	255.2	224	435.2	324	615.2	424	795.2	524	975.2
-225	-373.0	-125	-193.0	-25	-13.0	25	77.0	125	257.0	225	437.0	325	617.0	425	797.0	525	977.0
-226	-374.8	-126	-194.8	-26	-14.8	26	78.8	126	258.8	226	438.8	326	618.8	426	798.8	526	978.8
-227	-376.6	-127	-196.6	-27	-16.6	27	80.6	127	260.6	227	440.6	327	620.6	427	800.6	527	980.6
-228	-378.4	-128	-198.4	-28	-18.4	28	82.4	128	262.4	228	442.4	328	622.4	428	802.4	528	982.4
-229	-380.2	-129	-200.2	-29	-20.2	29	84.2	129	264.2	229	444.2	329	624.2	429	804.2	529	984.2
-230	-382.0	-130	-202.0	-30	-22.0	30	86.0	130	266.0	230	446.0	330	626.0	430	806.0	530	986.0
-231	-383.8	-131	-203.8	-31	-23.8	31	87.8	131	267.8	231	447.8	331	627.8	431	807.8	531	987.8
-232	-385.6	-132	-205.6	-32	-25.6	32	89.6	132	269.6	232	449.6	332	629.6	432	809.6	532	989.6
-233	-387.4	-133	-207.4	-33	-27.4	33	91.4	133	271.4	233	451.4	333	631.4	433	811.4	533	991.4
-234	-389.2	-134	-209.2	-34	-29.2	34	93.2	134	273.2	234	453.2	334	633.2	434	813.2	534	993.2
-235	-391.0	-135	-211.0	-35	-31.0	35	95.0	135	275.0	235	455.0	335	635.0	435	815.0	535	995.0
-236	-392.8	-136	-212.8	-36	-32.8	36	96.8	136	276.8	236	456.8	336	636.8	436	816.8	536	996.8
-237	-394.6	-137	-214.6	-37	-34.6	37	98.6	137	278.6	237	458.6	337	638.6	437	818.6	537	998.6
-238	-396.4	-138	-216.4	-38	-36.4	38	100.4	138	280.4	238	460.4	338	640.4	438	820.4	538	1,000.4
-239	-398.2	-139	-218.2	-39	-38.2	39	102.2	139	282.2	239	462.2	339	642.2	439	822.2	539	1,002.2
-240	-400.0	-140	-220.0	-40	-40.0	40	104.0	140	284.0	240	464.0	340	644.0	440	824.0	540	1,004.0
-241	-401.8	-141	-221.8	-41	-41.8	41	105.8	141	285.8	241	465.8	341	645.8	441	825.8	541	1,005.8
-242	-403.6	-142	-223.6	-42	-43.6	42	107.6	142	287.6	242	467.6	342	647.6	442	827.6	542	1,007.6
-243	-405.4	-143	-225.4	-43	-45.4	43	109.4	143	289.4	243	469.4	343	649.4	443	829.4	543	1,009.4
-244	-407.2	-144	-227.2	-44	-47.2	44	111.2	144	291.2	244	471.2	344	651.2	444	831.2	544	1,011.2
-245	-409.0	-145	-229.0	-45	-49.0	45	113.0	145	293.0	245	473.0	345	653.0	445	833.0	545	1,013.0
-246	-410.8	-146	-230.8	-46	-50.8	46	114.8	146	294.8	246	474.8	346	654.8	446	834.8	546	1,014.8
-247	-412.6	-147	-232.6	-47	-52.6	47	116.6	147	296.6	247	476.6	347	656.6	447	836.6	547	1,016.6
-248	-414.4	-148	-234.4	-48	-54.4	48	118.4	148	298.4	248	478.4	348	658.4	448	838.4	548	1,018.4
-249	-416.2	-149	-236.2	-49	-56.2	49	120.2	149	300.2	249	480.2	349	660.2	449	840.2	549	1,020.2
-250	-418.0	-150	-238.0	-50	-58.0	50	122.0	150	302.0	250	482.0	350	662.0	450	842.0	550	1,022.0
-251	-419.8	-151	-239.8	-51	-59.8	51	123.8	151	303.8	251	483.8	351	663.8	451	843.8	551	1,023.8
-252	-421.6	-152	-241.6	-52	-61.6	52	125.6	152	305.6	252	485.6	352	665.6	452	845.6	552	1,025.6
-253	-423.4	-153	-243.4	-53	-63.4	53	127.4	153	307.4	253	487.4	353	667.4	453	847.4	553	1,027.4
-254	-425.2	-154	-245.2	-54	-65.2	54	129.2	154	309.2	254	489.2	354	669.2	454	849.2	554	1,029.2
-255	-427.0	-155	-247.0	-55	-67.0	55	131.0	155	311.0	255	491.0	355	671.0	455	851.0	555	1,031.0
-256	-428.8	-156	-248.8	-56	-68.8	56	132.8	156	312.8	256	492.8	356	672.8	456	852.8	556	1,032.8
-257	-430.6	-157	-250.6	-57	-70.6	57	134.6	157	314.6	257	494.6	357	674.6	457	854.6	557	1,034.6
-258	-432.4	-158	-252.4	-58	-72.4	58	136.4	158	316.4	258	496.4	358	676.4	458	856.4	558	1,036.4
-259	-434.2	-159	-254.2	-59	-74.2	59	138.2	159	318.2	259	498.2	359	678.2	459	858.2	559	1,038.2
-260	-436.0	-160	-256.0	-60	-76.0	60	140.0	160	320.0	260	500.0	360	680.0	460	860.0	560	1,040.0
-261	-437.8	-161	-257.8	-61	-77.8	61	141.8	161	321.8	261	501.8	361	681.8	461	861.8	561	1,041.8
-262	-439.6	-162	-259.6	-62	-79.6	62	143.6	162	323.6	262	503.6	362	683.6	462	863.6	562	1,043.6
-263	-441.4	-163	-261.4	-63	-81.4	63	145.4	163	325.4	263	505.4	363	685.4	463	865.4	563	1,045.4
-264	-443.2	-164	-263.2	-64	-83.2	64	147.2	164	327.2	264	507.2	364	687.2	464	867.2	564	1,047.2
-265	-445.0	-165	-265.0	-65	-85.0	65	149.0	165	329.0	265	509.0	365	689.0	465	869.0	565	1,049.0
-266	-446.8	-166	-266.8	-66	-86.8	66	150.8	166	330.8	266	510.8	366	690.8	466	870.8	566	1,050.8
-267	-448.6	-167	-268.6	-67	-88.6	67	152.6	167	332.6	267	512.6	367	692.6	467	872.6	567	1,052.6
-268	-450.4	-168	-270.4	-68	-90.4	68	154.4	168	334.4	268	514.4	368	694.4	468	874.4	568	1,054.4
-269	-452.2	-169	-272.2	-69	-92.2	69	156.2	169	336.2	269	516.2	369	696.2	469	876.2	569	1,056.2
-270	-454.0	-170	-274.0	-70	-94.0	70	158.0	170	338.0	270	518.0	370	698.0	470	878.0	570	1,058.0
-271	-455.8	-171	-275.8	-71	-95.8	71	159.8	171	339.8	271	519.8	371	699.8	471	879.8	571	1,059.8
-272	-457.6	-172	-277.6	-72	-97.6	72	161.6	172	341.6	272	521.6	372	701.6	472	881.6	572	1,061.6
-273	-459.4	-173	-279.4	-73	-99.4	73	163.4	173	343.4	273	523.4	373	703.4				

Notre COURS DE TECHNIQUE RADIO

vous apportera
chaque année :

52 leçons et exposés théoriques

52 leçons de technique appliquée

52 leçons de réalisations pratiques, de schémas et de références

52 exercices de révision, avec réponses aux questions posées

Un Dictionnaire Anglais-Français d'Electronique, etc...

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

Les transistors, les organes les plus récents, les plus révolutionnaires parmi les réalisations de l'Electronique. L'emploi des transistors s'étend rapidement : de très nombreux récepteurs et amplificateurs du commerce en sont dotés et leur nombre est, indubitablement, destiné à aller croissant car, de plus en plus, les transistors remplaceront les lampes 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 Cours, le moment venu, étudiera ce procédé et illustrera ses moindres détails.

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

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

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

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



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



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



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

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