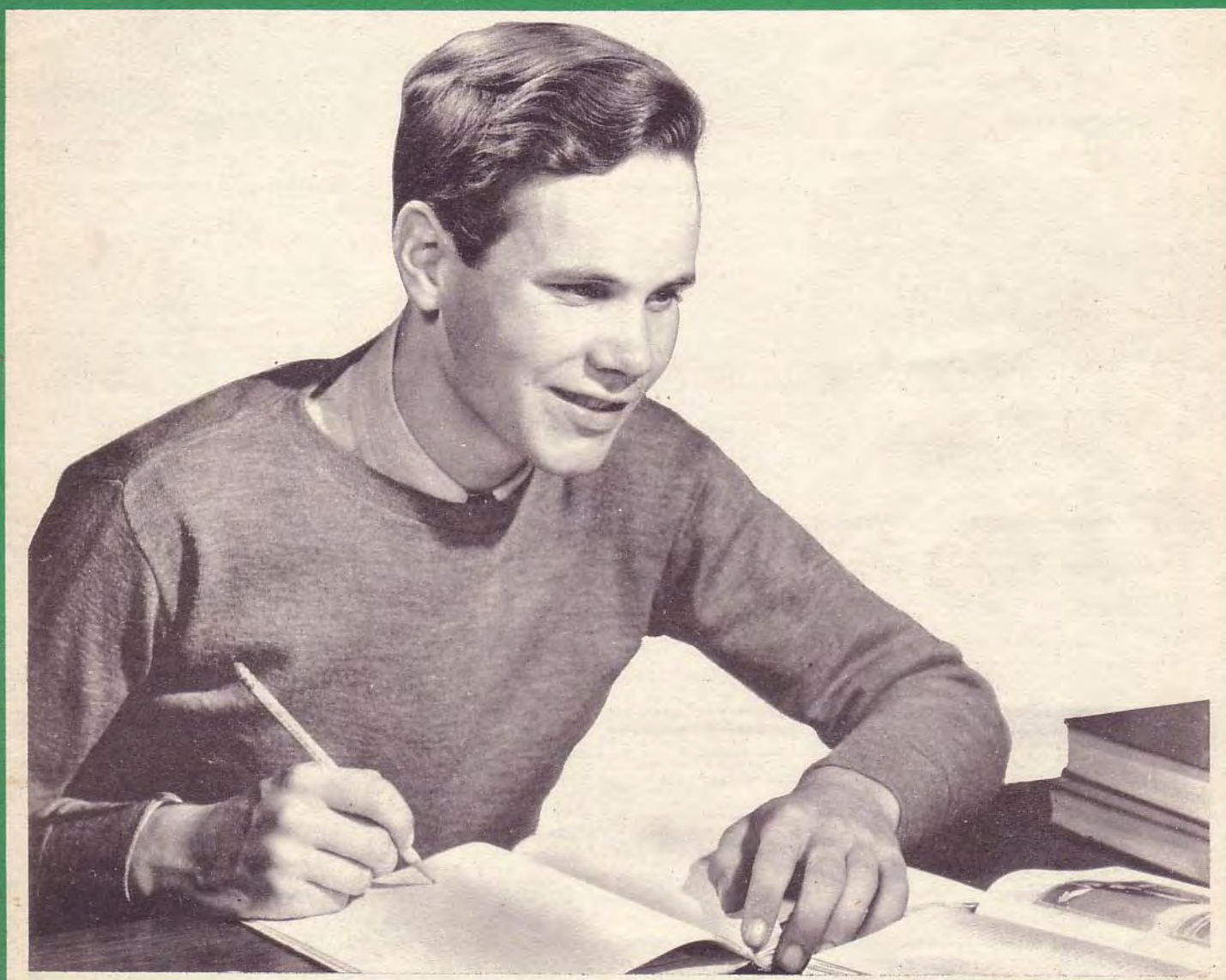


10

votre Carrière

REVUE de TECHNIQUE RADIO

magazine des futurs électroniciens



REVUE HEBDOMADAIRE POUR LA FORMATION PROFESSIONNELLE — 3/9 MAI 1965 — LE NUMERO : 1,60 F.
DIRECTION - ADMINISTRATION - ABONNEMENTS: EDITIONS CHIRON - 40, Rue de Seine - Tél. 633-18-93 - PARIS C.C.P. 53-35.
ABONNEMENTS: FRANCE - 1 AN (52 numéros) 70 F; 6 MOIS (26 numéros) 38 F - ETRANGER - 1 AN (52 numéros) 90 F.
Si vous possédez déjà des numéros, vous pouvez déduire du montant de l'abonnement la somme de 1.20 F par numéro.
PUBLICITE: PUBLEDITEC - 13 Rue C. Lecocq - Paris (15^e) - Tél. BLO 88-04 - DEPOT LEGAL EDITEUR N. 34 du 1^{er} Trim. 1965
DISTRIBUTION: Nouvelles Messageries de la Presse Parisienne - Paris - Directrice de la publication: Mme Etienne Chiron.



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

ABONNEMENTS

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

Les anciens numéros peuvent être commandés séparément au prix unitaire.

Aucun envoi contre remboursement.

RENSEIGNEMENTS

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

COPYRIGHT

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

LA SEMAINE PROCHAÎNE

Courrier technique - Chronique des métiers de la Radio - La capacité - Unité de capacité - Tension de service des condensateurs - Condensateurs en série, en parallèle, dans les circuits à c.c. et à c.a. - Réactance capacitive - Résistance et condensateur en série et en parallèle - Capacité et inductance réparties - Les condensateurs - Symboles - Abréviations - Formules - Symboles schématiques - Questions sur les 31^{ème} et 32^{ème} leçons - Réponses aux questions du numéro précédent - Caractéristiques électriques des principaux isolants - Codes de couleurs des condensateurs - Tolérances sur les valeurs des condensateurs céramiques - Signification des préfixes - Abaque pour le calcul de deux condensateurs en série - Dictionnaire Anglais-Français d'Electronique.

Sommaire

★ Courrier technique	Page 2
★ Chronique des métiers de la Radio	» 3
★ Informations	» 4
★ Les inductances	» 5
★ Les bobinages dans la pratique	» 14
★ Dictionnaire Anglais-Français d'Electronique	» 17
★ Symboles - Abréviations - Formules	» 27
★ Symboles schématiques	» 27
★ Questions sur les 28 ^{ème} et 29 ^{ème} leçons	» 27
★ Réponses aux questions du numéro précédent	» 28
★ Abaques des relations réciproques entre coefficient de self-induction, réactance inductive et fréquence	» 28
★ Abaques pour le calcul rapide des bobinages cylindriques à une seule couche	» 32
★ Equipement et composants	» 33

Courrier technique

R. K. à Dammarie, nous écrit: il y a tant d'émetteurs radio, surtout le soir, sur les petites ondes, qu'ils se gênent et que mon poste est souvent brouillé. Y a-t-il une possibilité d'amélioration de l'écoute? On m'a parlé d'un « piège »... qu'est-ce que c'est?

Vous soulevez le problème de la sélectivité des récepteurs radio. Le n. 3 de « votre Carrière » vous a montré, que pour accorder les circuits du récepteur sur la longueur d'onde de l'émetteur désiré, on choisissait presque toujours le système bobine et condensateur variable, ou bobine avec noyau déplaçable (voir page 11 du n° 3, c'est-à-dire page 55 du Cours).

Plus il y a de circuits accordés dans un récepteur, et sous condition que chaque circuit soit accordé sur la bonne longueur d'onde, celle du « signal » capté ou du signal transformé, plus on obtient un effet de sélection: seules les fréquences choisies passent, et l'émetteur désiré apporte seul son signal au détecteur du poste.

Or il y a toujours une plage de fréquences, plus ou moins large, qui « passe » de chaque côté de la fréquence « porteuse » (centrale ou nominale) de l'émetteur capté.

Heureusement d'ailleurs, car la modulation, les sons à transmettre, élargissent la bande de fréquences, de l'émetteur, de chaque côté de la porteuse, et si l'on avait un poste trop « sélectif », on couperait les fréquences correspondant aux notes aiguës: d'où un « son de tonneau » fort désagréable.

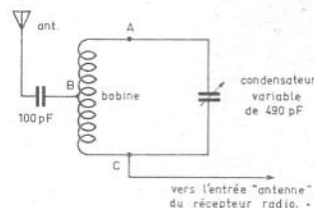
Le piège consiste à placer dans l'arrivée d'antenne, avant d'entrer dans le récepteur, un petit circuit accordé que l'on règle sur la longueur d'onde de l'émetteur gêneur. Cela l'affaiblit, et avec beaucoup de patience, on arrive parfois à régler ensuite le poste, sur les émetteurs voisins, plus faibles, qui

étaient brouillés et qui le seront alors beaucoup moins.

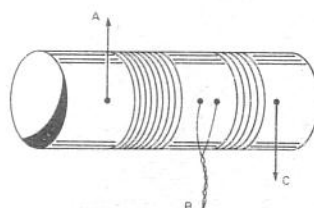
Remarque: un tel piège n'aura aucune action pour les récepteurs fonctionnant sur « cadre », sans antenne extérieure au poste.

Voici le petit schéma du piège:

Il est destiné aux « petites ondes » seulement. Il ne gênera pas pour recevoir les grandes ondes, mais il n'agira que sur les émissions brouilleuses comprises entre 180 et 550 mètres de longueur d'onde (entre les fréquences de 1650 et 545 kilohertz).



La bobine est trouvée facilement dans le commerce (Perlor-Radio par exemple, 16 rue Hérol, Paris 1^{er}) mais on peut la fabriquer tout aussi bien. Par exemple, si le tube de carton a 30 mm



de diamètre, on bobine entre A et C, 90 spires de fil émaillé de 2 à 3/10 de mm, en deux enroulements de 45 spires, bobinés dans le même sens, avec un intervalle de 3 mm entre eux. Le branchement B se fait au point milieu, c'est-à-dire entre les deux enroulements.



L'avènement de l'aviation de ligne à réaction

par L. FALLOU

Le « Comet » sur l'aérodrome de Dakar/Yoff, en décembre 1953. Au premier plan, les Chefs Radio L. Fallou et J. Stephano (à droite).
(Photo J. Stephano).

Après les vols de la B.O.A.C., et après les vols expérimentaux que venait d'effectuer le premier « COMET » F.B.G.S.A. mis en service par les Français sous la pavillon de l'UNION AEROMARITIME DE TRANSPORTS, on disait une fois encore que l'aviation entrait dans une phase nouvelle.

Pour nous, Navigants qui sommes habitués à ces fréquents changements d'avion dûs aux progrès constants, et qui n'en sommes plus à une machine près, nous ne pouvons pas ne pas marquer le coup cette fois, car la transition est de taille.

La dernière machine moderne avec laquelle nous étions familiarisés était le « Constellation » en service sur les lignes françaises depuis 1947. L'audace de l'U. A.T. allait permettre à ses équipages de voler désormais sur des quadrimoteurs du type COMET, les premiers appareils de ce type en service dans le monde.

Ceci amena le bouleversement de bien des habitudes et des conceptions jusqu'ici solidement établies dans l'exploitation aérienne.

Les zones d'informations de vol, véritables frontières radio qui quadrillent le globe en petits morceaux, sont devenues trop petites. Elles sont trop vite « effacées » lorsque l'avion les franchit à haute altitude à près de 800 km/h. Voilà un chiffre qui fait rêver si l'on songe qu'il ne s'agit plus de performance d'avion de chasse, mais bel et bien d'un avion de ligne prévu pour 44 sièges en classe luxe, climatisé d'après la dernière technique moderne et où le passager peut fumer tranquillement, en veston à l'altitude de 40 000 pieds (13 km) et déguster l'apéritif, tandis que le sol défile sous lui à la vitesse précitée, alors que le thermomètre accuse -72° centigrades à l'extérieur.

On ne parle plus de puissance en chevaux par moteur, mais de « kilos de poussée » par réacteur. Plus

question non plus de consommation d'essence en litre-heure. Le carburant ici est le « Kérosene » (pétrole lampant) et, nouveau facteur, la consommation peut varier dans le rapport de 4 à 1 suivant que l'avion vole dans les basses couches ou dans la stratosphère. Le « Comet » peut embarquer 30 tonnes de carburant.

Sur tous les plans c'est donc l'altitude qui est recherchée, et le plus rapidement possible. Le risque de givrage est ainsi réduit, le ciel pur plus vite atteint, le minimum de consommation de carburant obtenu.

La croisière à une altitude donnée n'existe plus. L'avion atteint en moins d'une demi-heure l'altitude de 8 à 9 km. De là, au fur et à mesure de son délestage (perte de poids due à la consommation du carburant) il continue de s'élever peu à peu jusqu'à 12 et 13 km, tandis que sa vitesse relative s'accroît de plus en plus.

La vitesse de régime des réacteurs est de 10 000 tours/minute au décollage, puis de 8 500 environ. Nous voilà loin du temps où l'on gagnait 2 000 tours au maximum et encore, en faisant « sauter les butées », mais il s'agissait du moteur à pistons.

La formation des équipages a été commencée en novembre 1951, s'est poursuivie en 1952, suivie de quelques mois de stage en Angleterre chez le constructeur De Havilland. L'Equipe Technique comprend 4 hommes, le pilote Commandant de bord, le co-pilote, le radio, le mécanicien. La cadence de déroulement du voyage à une pareille vitesse est telle qu'une partie du travail aérien, navigation, radio-navigation doit s'effectuer à une cadence accélérée et ne peut permettre aucune hésitation.

Sur le plan radio, la conception du travail varie elle aussi. Il s'agit de faire vite et de frapper à coup sûr.

Toute descente amorcée par erreur sur un terrain bouché entraîne une grosse pénalité de consommation



Figure 1 - Le premier Comet de la BOAC en présentation à Orly. Remarquer le carénage des entrées d'air et l'absence totale d'antennes sur le toit et la dérive.

de carburant qui grève lourdement le rendement commercial de l'exploitation et réduit l'autonomie de vol, et peut même toucher la sécurité. Le Radio doit donc suivre sans cesse la météo du terrain de destination et du terrain de dégagement. Son travail commence même avant le décollage, il doit entrer en liaison avec la station de destination. C'est là que toute son expérience doit jouer suivant l'heure, le jour, le moment, pour le choix judicieux de la fréquence à utiliser, et ce n'est pas toujours facile.

Il est évident que ces particularités n'excluent pas l'habituel travail de radionavigation, dont le radio a la charge et sur lequel il serait superflu de revenir ici. En somme, le voyage doit être « pensé » puis « exécuté ».

Pour donner une idée des « temps » accomplis, citons parmi ceux relevés durant les vols expérimentaux :

Le 20 décembre sur BOURGET-CASABLANCA 2 h 50 de vol.

Le 27 décembre sur CASABLANCA-DAKAR 3 h 36 de vol.

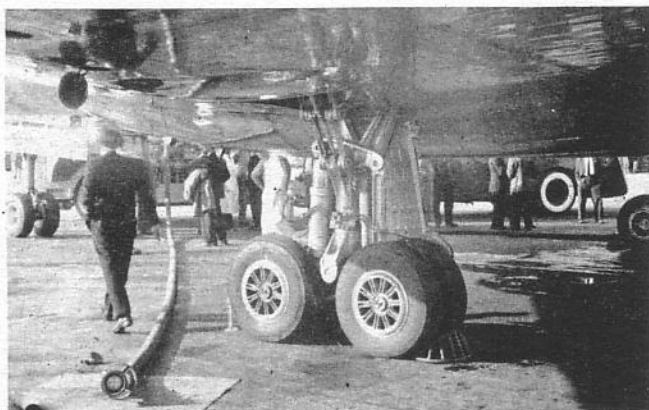
Le 2 janvier; PARIS à la verticale de MARSEILLE au cours d'un vol d'essai sans escale, 0 h 54 de vol.

Le 4 janvier BOURGET-ALGER 2 h 05 de vol.

Ceci va mettre DAKAR à 6 h 30 de vol de PARIS et BRAZAVILLE à 10 heures.

Devant un tel bond en avant, nous ne pouvons qu'envisager comme proche l'ère de fusées postales et non plus comme une utopie, mais comme une possibilité future, les voyages interplanétaires.

Fig. 2 - Détail du train d'atterrissage.



Informations

LE MATERIEL ELECTRO-ACOUSTIQUE ET LA HAUTE FIDELITE

Le matériel électro-acoustique de haute qualité plus connu dans le Grand Public sous le nom de « Haute Fidélité », forme maintenant le complément du récepteur de radiodiffusion.

Alors que le récepteur de radiodiffusion permet de recevoir des programmes diffusés par des stations éloignées avec une qualité de reproduction qui ne peut aller de pair avec la réduction de ses dimensions, le matériel électro-acoustique de haute qualité est essentiellement un matériel installé à demeure et prévu pour reproduire dans les meilleures conditions possibles les programmes de radiodiffusion en modulation d'amplitude, en modulation de fréquence, les disques et aussi les bandes enregistrées par l'amateur lui-même.

Le matériel électro-acoustique a fait l'objet de nombreuses études qui ont permis de transposer sur le plan grand public des matériels qui ont été, pendant une période réservée, à des équipements de matériels professionnels tels qu'il en existe dans les stations de radiodiffusion ou encore dans les équipements de contrôle des studios spécialisés dans l'enregistrement des disques.

Ce matériel répond en général à des spécifications connues qui exigent trois caractéristiques fondamentales :

a) la caractéristique **amplitude/fréquence** qui fixe la gamme des fréquences à reproduire. Cette gamme commence à 30 Hertz pour se terminer à 15 000 Hertz, pour l'essentiel des fréquences acoustiques. Le niveau relatif des fréquences reproduites ne doit pas varier sensiblement au long de cette gamme.

b) la caractéristique **de réponse en amplitude** qui fixe pour l'amplitude maximale délivrée à la sortie de l'amplificateur la linéarité. Cette linéarité s'exprime en %.

c) cette caractéristique de réponse en amplitude conduit aussi à définir l'**aptitude de l'amplificateur** à voir coexister en son sein deux sons purs sans que ceux-ci puissent interférer, et fabriquer, par battement entre eux, des sons parasites qui n'existaient pas à l'origine.

Cette caractéristique constitue l'intermodulation, chiffrée elle aussi en %. Elle doit être la plus faible possible.

Ces caractéristiques ne sont pas les seules; il en existe d'autres, notamment celles qui caractérisent les « bruits » apportés par l'équipement lorsqu'aucune tension d'entrée n'est appliquée à l'amplificateur.

Si les caractéristiques définies aux paragraphes a) et b) sont connues et respectées depuis fort longtemps, celles du paragraphe c) font depuis plusieurs années l'objet des soins les plus attentifs et ceci à tous les niveaux de la chaîne depuis le microphone du studio jusqu'à votre haut-parleur. C'est ce qu'on appelle la haute fidélité.

LES INDUCTANCES

Le terme « inductance » n'est pas nouveau pour nos lecteurs.

En effet, nous avons déjà vu, dans les 7^{ème} et 8^{ème} leçons ce qu'était l'*inductance*, quels étaient les phénomènes s'y rattachant et la manière dont ces phénomènes étaient mis à profit pour la réalisation des circuits oscillants; de plus, nos lecteurs qui ont réalisé les récepteurs à cristal décrits dans ces colonnes ont construit à cette occasion, une ou deux bobines d'inductance.

Partant des éléments de base déjà connus, nous allons tout d'abord résumer les principes fondamentaux; puis, successivement, nous entreprendrons un examen plus détaillé des phénomènes, des lois, des mesures, en un mot de tout ce qu'il est nécessaire de connaître sur ce sujet, dans le cadre de notre Cours.

Nous savons, qu'une **inductance est un élément de circuit qui s'oppose aux variations du courant.**

L'opposition qu'elle présente n'est pas comparable à celle offerte par une résistance, car elle ne s'exerce pas sur le courant lui-même, mais uniquement **sur ses variations**. En effet, l'inductance tend à empêcher le courant d'augmenter ou de diminuer; son influence se manifeste donc sous la forme d'une espèce d'inertie.

Quand on augmente la vitesse d'une voiture, son inertie s'oppose à cette augmentation, et, d'une manière analogue, la force vive de la voiture en mouvement tend à s'opposer à toute action de freinage.

Un phénomène semblable se produit lorsqu'une inductance se trouve placée dans un circuit: elle tend à s'opposer au passage du courant quand on applique une f.e.m. aux bornes du circuit puis, ayant emmagasiné de l'énergie, elle la restitue au circuit pour y maintenir un courant dès que la source de f.e.m. est coupée.

Etant donné que l'inductance ne réagit qu'aux *variations* de courant, elle ne produit une action que sur le courant alternatif ou sur le courant pulsé et non sur un courant continu d'amplitude constante. La réaction produite varie d'ailleurs avec la fréquence du courant.

L'opposition que l'inductance présente au courant s'appelle **réactance inductive** et se mesure en ohms.

Dans le cas, hypothétique, d'une inductance pure — c'est-à-dire sans résistance ohmique — la réactance inductive agit de telle sorte que le courant retarde d'un quart de période — soit 90° — sur la tension.

Mais il est bien évident qu'une telle inductance est purement théorique et ne peut être pratiquement réalisée car tous les conducteurs ont une résistance propre.

Les inductances se présentent sous formes diverses,

mais toutes sont constituées par des enroulements de fil conducteur. L'unité de mesure de l'inductance est le henry.

La valeur de l'inductance d'une bobine augmente avec le diamètre de l'enroulement et le nombre des tours.

Nous savons, en outre, que le fait de placer un noyau métallique (comme le fer, par exemple) au centre d'une bobine, augmente son inductance et qu'il est, ainsi possible de faire varier la self-induction en déplaçant simplement ce noyau métallique par rapport au centre de l'enroulement.

La réactance inductive est directement proportionnelle à l'inductance et si l'on augmente la seconde, la première augmente également et réciproquement.

Les inductances sont employées aussi bien dans les récepteurs que dans les émetteurs. Certaines d'entre elles, utilisées dans les émetteurs doivent être de grandes dimensions car elles supportent des tensions et des courants élevés.

Sur la **figure 1** est représentée une bobine pour émetteur: elle consiste en un simple enroulement de fil (ou pour mieux dire de tube fin, nous verrons plus loin pourquoi) de grand diamètre.

L'aspect des bobines de récepteurs nous est déjà connu. Certaines bobines sont munies d'un noyau ajustable pour que l'inductance puisse être modifiée simplement en enfonçant ou en retirant plus ou moins celui-ci; ce type est appelé *inductance à perméabilité variable*. Des bobines de ce genre sont parfois utilisées dans les récepteurs de radiodiffusion pour réaliser l'accord sur les divers émetteurs.

Dans d'autres types de bobine, l'inductance peut être réglée au moyen de prises pratiquées sur l'enroulement; c'est un type de ce genre qui a été adopté dans notre récepteur décrit dans la 9^{ème} leçon; toutefois, ce système est principalement employé dans les émetteurs.

Une bobine de filtre est une inductance ayant la propriété d'offrir, à dessein, une résistance maximum au courant alternatif et la plus faible résistance possible au courant continu. C'est ainsi qu'une telle bobine placée dans un circuit laisse passer le courant continu, tandis qu'elle bloque le courant alternatif.

La **figure 2** représente un modèle d'inductance bobinée sur un bâtonnet de céramique (dont la perméabilité est sensiblement égale à celle de l'air); elle est utilisée pour empêcher le passage du courant alternatif à Haute Fréquence; dans un circuit on l'appelle « self

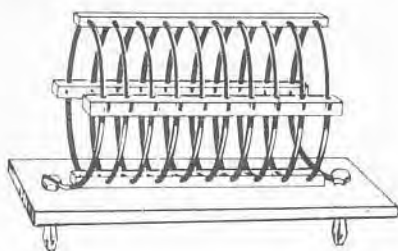


Fig. 1 - Bobine pour émetteur sur ondes courtes. Elle peut être construite soit en fil, soit en petit tube de cuivre argenté; la raison en est indiquée page 226. Montée sur une barrette en matière isolante munie de deux fiches, elle est interchangeable.

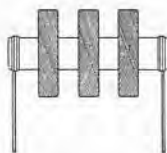


Fig. 2 - On a ici un modèle particulier de bobine, pour haute fréquence, appelé « bobine d'arrêt » ou « self de choc ». Cette bobine est constituée par plusieurs enroulements (trois dans l'air) dits « en nid d'abeilles » bobinés par une machine sur un tube de stéatite.

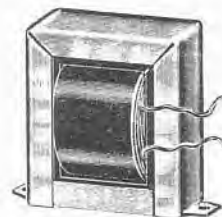


Fig. 3 - Bobine de filtre pour courants à basse fréquence jouant le même rôle, pour ces courants, que la bobine d'arrêt figurée ci-contre faite pour la haute fréquence. Elle est formée par un enroulement sur noyau en tôles magnétiques.

de choc » ou « bobine d'arrêt H.F. ».

De grosses bobines à noyaux en tôles de fer sont employées dans les circuits à Basse Fréquence ou, comme nous venons de le dire, comme filtres dans les circuits d'alimentation pour niveller les variations résiduelles du courant redressé pulsé: l'une d'elles est représentée sur la figure 3. Nous rappellerons enfin que, lorsqu'une inductance est parcourue par un courant alternatif, il se produit autour d'elle un champ magnétique et que, si l'on place auprès d'elle une seconde bobine, ce champ magnétique variable influence cette dernière et y induit une tension alternative.

C'est là le principe du transformateur que nous étudierons plus loin, mais ce phénomène nous est déjà connu et nous l'avons vu appliqué dans les récepteurs pour transférer les courants H.F. d'un circuit à un autre (ex: du circuit d'antenne au circuit d'accord).

SELF - INDUCTION

Lorsque le courant qui passe dans le circuit de la figure 4-A subit des variations, le champ magnétique qui entoure le conducteur formant la bobine L varie également; ces variations influencent à leur tour la bobine dans laquelle est induite une f.e.m. en sens contraire, s'opposant aux variations du courant qui lui ont donné naissance. Etudions maintenant, l'action de la bobine L de la figure 4-A.

Quand le commutateur se trouve dans la position 1 le circuit est constitué par une pile, une bobine et une résistance en série. Lorsque ce circuit est fermé, en mettant le commutateur sur la position 1, le courant commence à passer.

En même temps, il naît un champ magnétique autour de la bobine, produisant une f.e.m. induite en sens contraire, s'opposant à la tension de la pile et, par conséquent, au passage du courant. Il en résulte que ce dernier, par suite de l'opposition produite par la bobine, ne peut atteindre immédiatement sa valeur maximum; il n'arrivera à cette valeur que graduellement, suivant la courbe de la figure 4-B.

Si l'on place ensuite, le commutateur sur la position 2, la pile est mise hors circuit.

Le phénomène décrit plus haut se produit en sens contraire car le champ magnétique diminue et la tension induite s'oppose à la diminution du courant.

Dans ce cas, la f.e.m. induite est dans le même sens que le potentiel appliqué précédemment (par la pile) et elle tend à produire un courant dans le circuit. Pour cette raison l'intensité du courant ne retombe pas immédiatement à zéro quand la pile est débranchée, mais elle diminue suivant une courbe exponentielle (fig. 4-B).

La valeur de la f.e.m. induite est proportionnelle à l'amplitude des variations du courant.

L'inductance L d'une bobine dépend des dimensions et de la forme de celle-ci.

Un conducteur rectiligne n'a pratiquement pas de self-induction, mais celle-ci devient appréciable si ce conducteur est enroulé sur un noyau de fer.

Cette self-induction est indépendante du courant (quand le noyau est antimagnétique) et elle peut être déterminée soit en fonction des dimensions de la bobine, soit en fonction de la perméabilité — c'est-à-dire au pouvoir de concentration du flux magnétique — du noyau.

L'équation permettant de calculer la self-induction d'une inductance bobinée sur un noyau magnétique, à spires rangées et sur une seule couche, est la suivante:

$$L_H = \frac{K \mu S N^2}{10^9 l}$$

dans laquelle, K est égal à 4,44 (quand S est exprimé en cm^2 et l en cm); μ (μ) est la perméabilité d'un noyau magnétique, S est la surface de la section transversale du noyau, N le nombre de tours de l'enroulement et l la longueur de la bobine; L est exprimé en henrys, 4,44 est un coefficient qui dépend de la disposition des spires de la bobine.

Cette formule nous montre que la self-induction (ou inductance propre de la bobine), est directement proportionnelle à la perméabilité, à la surface de la section transversale, au carré du nombre des tours et inversement proportionnelle à la longueur de la bobine.

L'inertie d'un corps solide que nous avons déjà prise

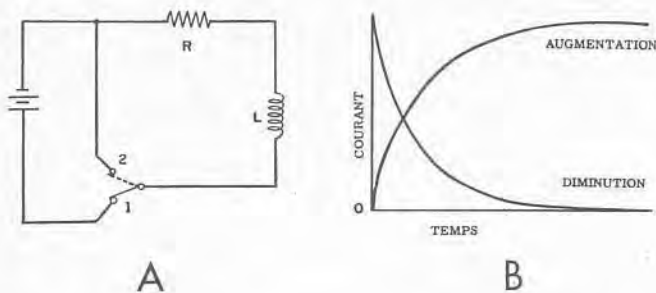


Fig. 4 - Si l'on ferme le circuit sur la pile (inverseur dans la position 1), le champ magnétique créé dans L induit une force électromotrice qui s'oppose à l'augmentation de la tension. Le courant n'atteint pas immédiatement sa valeur maximum mais s'accroît progressivement (courbe « augmentation »). En ouvrant le circuit (position 2), le phénomène s'inverse et le courant ne cesse pas brutalement de passer, mais suit la courbe décroissante « diminution ».

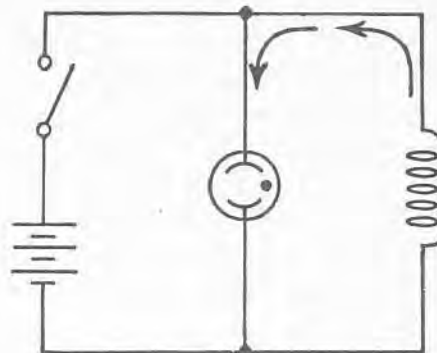


Fig. 5 - Lorsque l'on ouvre le circuit, l'énergie emmagasinée dans la bobine provoque l'illumination de la lampe, qui, lorsque le circuit est fermé, ne peut s'allumer car la tension fournie par la pile est trop faible.

en exemple (automobile en mouvement) présente une analogie particulièrement significative avec l'inductance par le fait que, comme chacun sait, en accélérant le mouvement d'un corps, son inertie tend à le maintenir en marche, comme l'inductance maintient le passage du courant après la mise hors circuit de la pile.

CONSTANTE DE TEMPS

La rapidité de l'établissement du courant dans le circuit de la fig. 4-A dépend du rapport L/R , dans lequel L est la self-induction et R la résistance de la bobine.

Si L est grand et R petit, le courant augmente lentement et vice-versa.

Ce rapport L/R est appelé **constante de temps** et correspond au temps (exprimé en secondes) nécessaire pour que le courant atteigne 63,2% de sa valeur maximum, valeur établie par le calcul.

L'équation est la suivante :

$$T = \frac{L}{R}$$

dans laquelle, T est le temps en secondes, L la self-induction en henrys et R la résistance en ohms.

Etant donné que toute bobine a sa propre résistance au courant continu, la **constante de temps est égale au quotient de la self-induction par la résistance ohmique**.

Prenons un exemple : si une bobine a une inductance de 15 henrys et une résistance de 50 ohms, quelle est sa constante de temps ?

La constante de temps est :

$$T = \frac{L}{R} = \frac{15}{50} = 0,3 \text{ seconde}$$

S'il n'y a aucune autre résistance dans le circuit et si l'on applique une tension de 25 volts, par exemple, l'intensité maximum du courant, calculée au moyen de la loi d'Ohm, sera de :

$$I = \frac{25}{50} = 0,5 \text{ A (500 mA)}$$

de sorte qu'au bout de 0,3 seconde, le courant passera de 0 à 63,2% de 500 mA, soit à 316 milliampères.

UNITE DE SELF-INDUCTION

L'inductance d'une bobine dépend de ses caractéristiques de construction — tout comme l'inertie d'un corps solide dépend de son poids — et est déterminée par le nombre des tours, le diamètre de l'enroulement, l'espacement entre spires et le type de noyau.

Si les spires sont très proches les unes des autres, chacune d'entre elles peut ajouter son champ magnétique à celui de plusieurs autres; par conséquent, l'inductance sera plus forte que celle produite par un même nombre de tours plus espacés.

Le coefficient de self-induction est exprimé en **henry**, en l'honneur de Joseph Henry qui découvrit le phénomène de l'induction électromagnétique. Sa définition est la suivante: **un circuit présente une self-induction de 1 henry lorsqu'une variation de courant de 1 ampère donne naissance à une f.e.m., en sens opposé à celle du circuit, de 1 volt.**

Cette unité étant très grande pour beaucoup d'applications dans le domaine de l'électronique, on utilise fréquemment ses sous-multiples qui sont le **millihenry** (un millième d'henry) et le **microhenry** (ou millionième d'henry).

Les bobines utilisées dans les circuits électroniques ont des coefficients de self-induction extrêmement variables. Par exemple, les filtres d'alimentation nécessitent des inductances de plusieurs henrys et pour les obtenir on utilise des bobines comportant un grand nombre de tours enroulés sur des circuits magnétiques importants.

Les bobines pour Haute-Fréquence par contre, sont généralement bobinées « en l'air » et ne comportent qu'un petit nombre de tours, elles se mesurent en millihenrys ou microhenrys.

Enfin, nous pouvons dire que l'inductance est une propriété physique de la bobine (tout comme la résistance est une propriété des éléments résistifs) qui est, de ce fait, en mesure d'emmagasiner de l'énergie sous forme de champ magnétique, lorsqu'elle est parcourue par un courant.

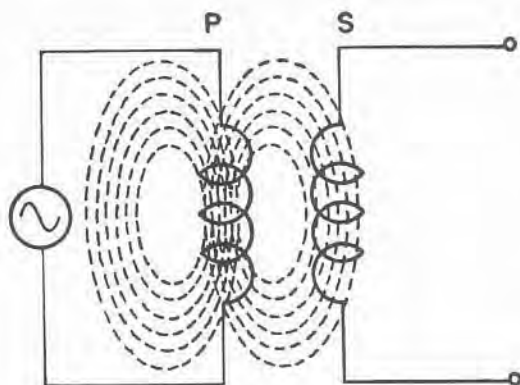


Fig. 6 A - Dans un transformateur sans noyau, si la fréquence du courant est basse, seule une partie du flux influence le secondaire; le reste est dispersé sans profit.

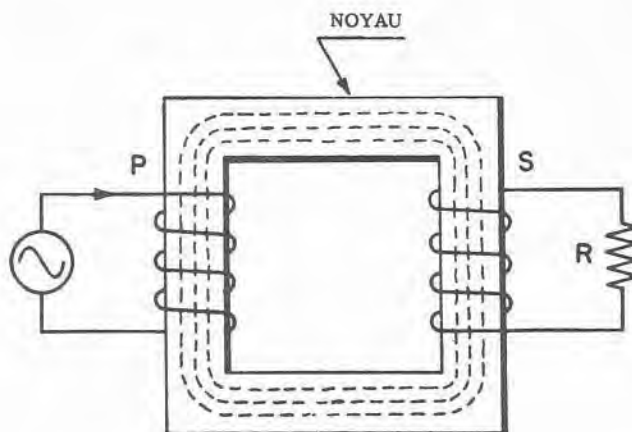


Fig. 6 B - En employant un noyau en fer, les lignes magnétiques sont concentrées et atteignent presque toutes le secondaire; le rendement s'en trouve, évidemment, augmenté.

L'ENERGIE ET LE CHAMP MAGNETIQUE

Nous savons que lorsque le courant passant dans l'enroulement augmente d'intensité, malgré la f.e.m. opposée induite, une certaine quantité d'énergie prélevée sur la pile est emmagasinée dans le champ magnétique; nous savons également que dès que le circuit est ouvert, le potentiel induit se substitue à la tension de la pile, pendant un certain temps, c'est-à-dire que l'énergie accumulée sous forme de champ magnétique est restituée au circuit, ce qui provoque le passage d'un courant dans le même sens que celui qui était fourni par la pile.

Considérons maintenant le circuit de la **figure 5**.

Quand l'interrupteur est fermé, le courant passe dans la bobine, mais la tension est trop faible pour que la lampe s'éclaire. Lorsqu'on ouvre l'interrupteur, on constate que la lampe s'illumine fortement ce qui démontre que la disparition rapide du champ magnétique entraîne la restitution, au circuit, de l'énergie qui l'avait créé.

Nous verrons, par la suite, que lorsqu'un courant sinusoïdal passe dans un circuit constitué par une inductance pure, toute la puissance absorbée par celle-ci, pendant une partie du cycle, est restituée pendant la seconde partie, de sorte que la consommation moyenne de puissance est nulle.

La f.e.m. opposée, ou tension de self-inductance, dépend:

- 1) de l'inductance de la bobine
- 2) de l'amplitude des variations du courant.

On peut donc produire une tension très élevée en produisant des variations rapides de courant dans un circuit présentant une inductance importante.

Ce phénomène est mis à profit dans les téléviseurs, grâce à une forme particulière de la f.e.m., pour produire la très haute tension (15 000 volts et plus) nécessaire au fonctionnement du tube cathodique.

INDUCTANCES EN SERIE ET EN PARALLELE

Lorsque plusieurs bobines (L_1 , L_2 et L_3) sont branchées en série, l'inductance totale, L_T , est égale à la somme des inductances.

Il en est ainsi car chaque inductance s'oppose, pour son propre compte, aux variations du courant passant dans le circuit, et l'effet total est donc égal à la somme des effets partiels.

En d'autres termes, l'inductance totale de plusieurs bobines en série se calcule de la même manière que nous l'avons fait pour des résistances en série:

$$L_T = L_1 + L_2 + L_3$$

Cependant, il convient de préciser que ceci n'est vrai que dans le cas où les diverses bobines sont disposées de telle sorte que le champ magnétique de chacune d'entre elles ne vienne pas s'allier à celui des autres, c'est-à-dire dans le cas où il n'y a aucun couplage entre les enroulements. Nous verrons plus loin que, lorsqu'il y a un couplage inductif, il faut tenir compte d'un facteur M d'induction mutuelle.

Quand plusieurs bobines sont mises en parallèle — en supposant toujours qu'il n'existe aucun couplage entre elles — l'inductance totale est égale à la somme des inverses des inductances de chaque bobine.

Le calcul est le même que celui déjà vu à propos des résistances en parallèle.

$$\frac{1}{L_T} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3}$$

On utilise parfois, des inductances en série dans le circuit d'antenne des émetteurs ou les récepteurs: l'inductance totale mise en série avec l'antenne peut ainsi être augmentée ou diminuée au moyen de prises intermédiaires, ce qui permet d'accorder facilement l'aérien sur la fréquence d'émission ou de réception. Ce type de bobine est appelé *bobine de charge*.

INDUCTION MUTUELLE

Nous savons déjà qu'il est possible d'induire une tension ou un courant dans un circuit en déplaçant

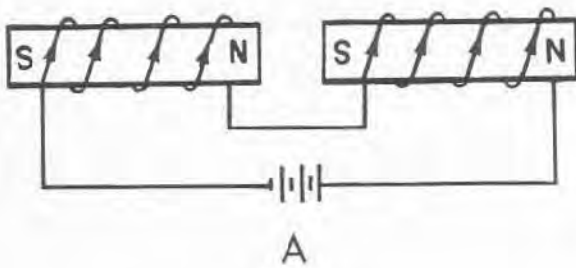


Fig. 7 A - Si l'on relie deux bobines en série en les couplant de telle sorte que les flux soient dans le même sens, l'inductance totale est égale à la somme des inductances plus deux fois la valeur de l'induction mutuelle « M ». On peut appeler cette liaison « liaison favorable en série ».

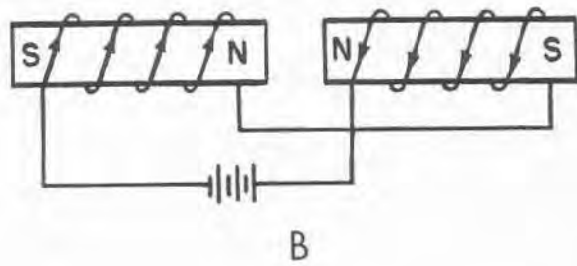


Fig. 7 B - Si deux bobines en série et accouplées sont branchées de telle sorte que les flux soient opposés, l'inductance totale est égale à la somme des inductances moins deux fois la valeur de l'induction mutuelle « M ». On peut appeler cette liaison « liaison défavorable en série ».

un aimant permanent de sorte que les lignes de force du champ magnétique viennent couper le circuit.

Voyons maintenant, comment on peut produire un champ magnétique mobile par un autre moyen.

Si nous faisons passer un courant alternatif dans une bobine, le champ magnétique créé autour d'elle s'accroît ou diminue en suivant les variations d'amplitude de la tension et de l'intensité du courant. Nous nous trouvons donc en présence d'un champ magnétique variable.

Lorsque deux bobines sont placées l'une près de l'autre, de telle manière que le champ magnétique produit par l'une d'elles traverse les spires de l'autre, on dit qu'elles sont *couplées inductivement*. Si alors, un courant alternatif passe dans une des deux bobines, le champ magnétique ainsi créé coupe les spires de l'autre en y induisant une tension. C'est là le principe du **transformateur** que nous connaissons déjà, du moins sommairement.

La bobine qui produit le champ magnétique s'appelle le **primaire** et celle dans laquelle prend naissance la tension induite est le **secondaire**.

L'ensemble des deux bobines, couplées mutuellement constitue un *transformateur*.

L'enroulement secondaire peut avoir le même nombre de spires que le primaire, dans ce cas on dit que le rapport est 1 : 1; il peut avoir un plus grand nombre de spires (transformateur élévateur de tension) ou encore, un plus petit nombre de spires (transformateur abaisseur de tension).

Ainsi qu'on peut le voir sur la **figure 6-A**, dans un transformateur sans noyau magnétique, seule une partie du flux magnétique produit par l'enroulement primaire atteint le secondaire. L'autre partie est produite en pure perte et forme ce qu'on appelle les *pertes par dispersion*; on conçoit facilement qu'elles doivent être réduites au minimum possible.

Ce résultat peut être obtenu en bobinant les deux enroulements sur un noyau en tôle ou poudre de fer (figure 6-B).

Dans un transformateur de ce type, les lignes de for-

ce magnétiques restent concentrées dans le noyau et la presque totalité d'entre elles atteint le secondaire: ceci est dû au fait que le fer doux a une perméabilité magnétique plus grande que celle de l'air, c'est-à-dire que la résistance qu'il oppose au passage des lignes de force est moins grande que celle de l'air.

C'est également pour cette raison qu'une bobine comportant un noyau en substance magnétique présente une inductance plus élevée qu'une bobine, de caractéristiques identiques, ne comportant pas de noyau.

Calcul de l'induction mutuelle. La tension induite dans le secondaire d'un transformateur dont le primaire est parcouru par un courant alternatif déterminé, dépend de trois facteurs: la position des bobines l'une par rapport à l'autre, la distance entre ces bobines et le nombre de tours au primaire et au secondaire.

Tous ces facteurs déterminent l'*induction mutuelle M* du circuit, laquelle est une mesure de la grandeur de la tension induite au secondaire, pour une variation donnée du courant passant dans le primaire.

Si tout le flux produit par une bobine coupe les spires de l'autre, l'induction mutuelle est maximum et on dit que le *couplage est serré*; si au contraire, seule une partie du flux coupe les spires du secondaire, l'induction mutuelle est faible et le *couplage est lâche*.

L'inductance mutuelle — tout comme la self-induction — se mesure en henrys.

Quand une variation de 1 ampère par seconde dans un circuit induit une tension de 1 volt dans un autre, l'induction mutuelle entre ces deux circuits est de 1 henry.

Le rapport entre l'induction effective et l'induction maximum, qu'il serait possible d'obtenir avec deux enroulements donnés, s'appelle *coefficient de couplage « k »*.

Il en résulte que quand $k = 1$, les bobines ont une induction mutuelle maximum.

L'induction mutuelle entre deux bobines peut être exprimée en fonction de leurs self-inductions respectives et du coefficient de couplage:

$$M = k \sqrt{L_1 \times L_2}$$

Par exemple, l'induction mutuelle entre deux bobines

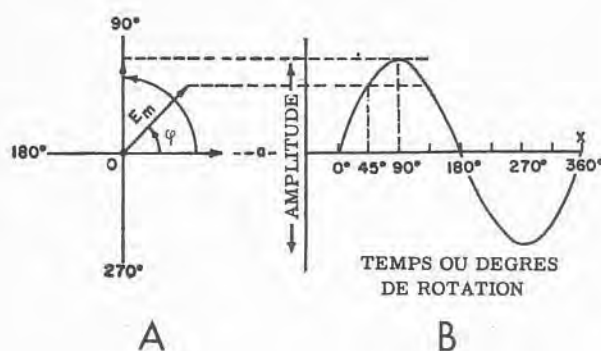


Fig. 8 - Représentation vectorielle (en A) et sinusoïdale (en B) du courant alternatif. En A le vecteur tournant n'est représenté que pour le premier quart de la période.

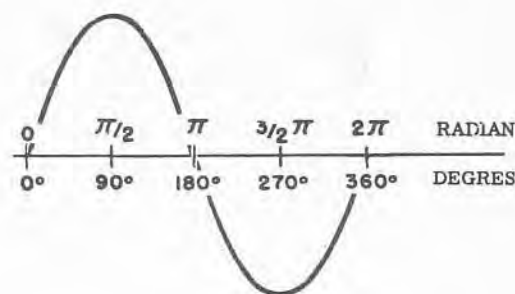


Fig. 9 - L'onde sinusoïdale peut être exprimée en degrés ou en radians (360° ou 2π radians pour un cycle entier).

ayant toutes deux une self de 10 henrys et un coefficient de couplage de 0,8, est:

$$M = k \sqrt{L_1 \times L_2} = 0,8 \sqrt{10 \times 10} = 8$$

Induction mutuelle de deux bobines en série

Lorsque deux bobines sont branchées en série et qu'il n'y a aucun couplage entre elles, l'inductance totale est égale à la somme des inductances; par contre, si un couplage existe, l'inductance totale augmente ou diminue selon que l'induction mutuelle s'ajoute ou se soustrait du total.

Ainsi, si deux bobines couplées sont reliées en série de façon à ce que deux champs magnétiques aient le même sens, l'induction mutuelle M s'ajoute à la somme des inductances et on a:

$$L_T = L_1 + L_2 + 2M$$

La représentation schématique de ce montage est donnée figure 7-A.

L'inductance totale comprend. 1) la somme des inductances des bobines 1 et 2 et 2) l'inductance mutuelle créée par le fait que le champ de la bobine 1 coupe la bobine 2, ainsi que l'inductance mutuelle due au fait que le champ de la bobine 2 coupe la bobine 1.

Par contre, si deux bobines sont reliées en série de sorte que les courants circulent dans des sens opposés, les deux champs magnétiques ainsi produits seront opposés et la valeur de l'induction mutuelle sera à soustraire de la somme des deux inductances:

$$L_T = L_1 + L_2 - 2M$$

La figure 7-B en donne le schéma.

INDUCTANCE ET COURANT ALTERNATIF

Nous savons que la self-induction d'une bobine s'oppose aux variations du courant passant dans l'enroulement.

C'est ainsi que, lorsque l'interrupteur du circuit de la figure 4-A est fermé, le courant n'atteint pas immédiatement sa valeur maximum, de même qu'il ne s'annule pas immédiatement lorsqu'on ouvre l'interrupteur. C'est

pourquoi on dit que, dans un circuit inductif, le courant suit la tension avec un certain retard ou encore, que la tension est en avance sur le courant.

Lorsque tension et courant n'atteignent pas leur maximum en même temps, on dit qu'ils sont **déphasés**.

Avant de poursuivre notre exposé, il est nécessaire de revoir brièvement ce qui a été dit à propos de la production des courants alternatifs, de la différence de phase et des amplitudes respectives des tensions et des courants.

Le courant alternatif

Une tension (ou un courant) alternative — ainsi que nous le savons — change de sens périodiquement; elle part de zéro, atteint un maximum dans le sens positif, puis revient à zéro, passe par un maximum dans le sens négatif, pour retourner, ensuite, à zéro. La figure 8 donne la représentation graphique de ce phénomène.

La courbe sinusoïdale représente les variations de la tension pendant la durée d'un cycle, ou d'une période, (360°), tandis que la figure 8-A en donne la représentation vectorielle.

Nous savons (voir leçon 24) qu'un vecteur représente une quantité ayant une grandeur et une direction déterminées.

La longueur du vecteur indique l'amplitude maximum de la tension. Si nous faisons tourner ce vecteur, avec une vitesse constante, dans le sens inverse de celui des aiguilles d'une montre (sens trigonométrique), sa projection sur l'axe vertical donne les valeurs instantanées et la tension.

L'angle que forme le vecteur tournant Em avec l'axe horizontal Oa , s'appelle *angle de phase*; il est représenté par la lettre grecque φ .

La projection du vecteur sur l'axe vertical — ou encore, la longueur de la perpendiculaire menée de l'extrémité du vecteur sur l'axe horizontal — donne la valeur instantanée e de la tension à cet instant du cycle.

Cette tension instantanée est représentée par la hauteur d'un triangle rectangle dont le vecteur Em est l'hypoténuse et l'axe horizontal du graphique, la base.

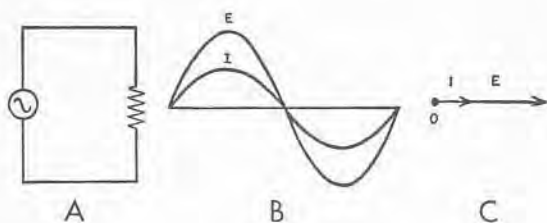


Fig. 10 - Dans un circuit comportant seulement une résistance pure, (figure A), la tension E et le courant I sont toujours en phase (figure B). Le diagramme vectoriel (figure C) montre également que la tension et le courant sont en phase, c'est-à-dire qu'ils augmentent ou diminuent en même temps.

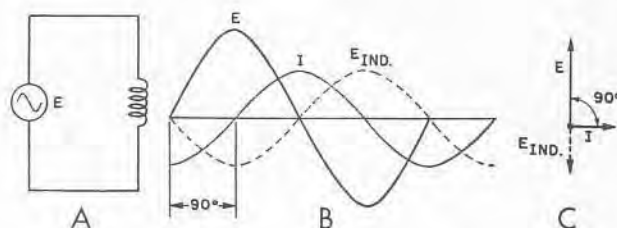


Fig. 11 - Dans un circuit comportant une inductance (figure A), la tension E précède le courant I (figure B); pour une inductance pure, la différence serait d'un quart de cycle, soit de 90° . Le diagramme de la figure C met en évidence un tel déphasage entre les deux vecteurs. Dans la pratique, étant donné qu'une certaine résistance est toujours présente dans les circuits, le déphasage est toujours inférieur à 90° .

Cette hauteur peut se calculer facilement connaissant E_m et l'angle φ , on a :

$$e = E_m \sin \varphi$$

La valeur instantanée e est égale au produit de la valeur maximum E_m par le sinus de l'angle φ .

La figure 8-A montre trois positions du vecteur tournant pendant le premier quart du cycle. Les lignes horizontales sont tirées vers la droite à partir de l'extrémité de E_m , tandis que les lignes verticales sont tracées vers le haut à partir de l'échelle horizontale des temps de la figure 8-B.

Si nous procédions de même pour chaque degré du cycle, et si nous réunissions les points d'intersection des lignes tracées en traits discontinus, nous obtiendrions la courbe de la figure 8-B, c'est-à-dire une sinusoïde. C'est ainsi qu'une onde sinusoïdale peut être figurée par un vecteur tournant.

Il est important de noter qu'un cycle entier correspond à une rotation complète du vecteur. Par suite, la fréquence est égale à la vitesse angulaire de ce vecteur.

En fait, on verra parfois que la fréquence d'une onde sinusoïdale (ou la vitesse angulaire du vecteur tournant équivalent) est exprimée en radians par seconde au lieu de l'être en cycles par seconde ou en hertz.

Puisque 360° valent 2π radians, on pourra avoir une onde sinusoïdale exprimée aussi bien en radians qu'en degrés, comme sur la figure 9.

REACTANCE INDUCTIVE

Tension et courant en phase. Dans un circuit à courant alternatif comprenant une résistance pure (figure 10-A), la tension et le courant sont toujours en phase.

La forme d'onde de tensions et de courants en phase est représentée par la figure 10-B.

Le diagramme vectoriel (figure 10-C) montre que les vecteurs tension et courant sont toujours en phase, c'est-à-dire qu'ils augmentent ou diminuent ensemble et atteignent, en même temps, les amplitudes maximum et minimum.

Selon l'usage, le vecteur courant est dessiné horizontalement car sa valeur effective est constante en tous points du circuit. Pour cette raison, il est employé comme vecteur de référence.

Relations de phase dans les circuits inductifs. Puisque dans un circuit à courant alternatif le courant varie continuellement, il se produit dans une bobine un potentiel induit s'opposant à ces variations.

Si l'on applique aux bornes d'une bobine une tension qui va en augmentant, le courant tend à augmenter également et la f.e.m. opposée tend à s'opposer à cette augmentation. De ce fait, dans une bobine, le courant suit l'augmentation de la tension avec un certain retard.

De même quand la tension diminue, la f.e.m. opposée agit de telle sorte que le courant diminue avec un certain retard sur la tension.

De tout ceci on peut déduire que, ainsi que nous l'avons dit au chapitre précédent, dans un circuit inductif le courant est en retard sur la tension.

Si le circuit était constitué par une inductance pure (figure 11-A), le courant retarderait d'un quart de cycle, soit de 90° , par rapport à la tension, comme le montre la figure 11-B.

Notons (E_{ind}) s'oppose constamment à la tension appliquée (E). Le courant qui passe dans l'inductance ne peut rejoindre la tension à cause de la f.e.m. opposée. L'amplitude de celle-ci dépend de la valeur de l'inductance et de la fréquence de variation du courant.

La figure 11-C, montre que les vecteurs E et I sont déphasés de 90° .

Le vecteur E est à 90° et le vecteur I à 0° .

Le courant I est placé sur l'axe 0° parce qu'étant donné qu'il s'agit d'un circuit série, l'intensité du courant est égale sur tous les points du circuit. En réalité, le circuit de la figure 11-A est purement imaginaire, car chaque bobine a une résistance propre qui doit être représentée en série avec l'inductance; il en résulte que le déphasage entre la tension et le courant est toujours inférieur à 90° .

Toutefois la figure 11 est utile car elle exprime les

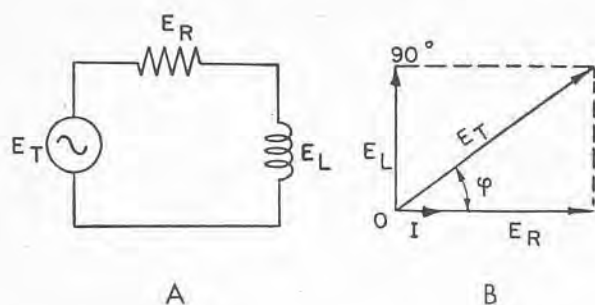


Fig. 12 - Dans un circuit composé d'une inductance et d'une résistance en série (figure A), on doit faire la somme vectorielle de la tension aux bornes de R (en phase avec le courant) et de celle aux bornes de L (déphasée de 90°), pour trouver la résultante E_T (figure B).

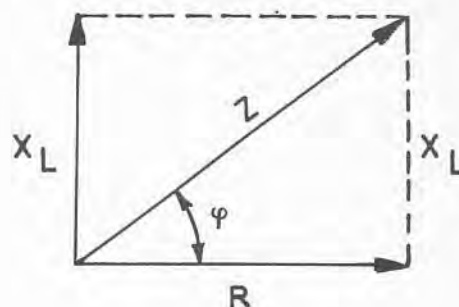


Fig. 13 - Les effets produits par la résistance et la « réactance inductive » peuvent être traduits sous forme de vecteurs: on obtient, ainsi, la valeur de l'impédance (triangle), c'est-à-dire de l'opposition totale du circuit au passage du courant.

relations de phase dans un circuit inductif théoriquement parfait, c'est-à-dire privé de résistance.

L'opposition que présente une bobine au passage du courant alternatif s'appelle **réactance inductive** X_L ; elle se mesure en ohms, comme une résistance.

Le courant passant dans le circuit de la figure 11-A aura une intensité qui peut être calculée par la formule :

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

On notera que cette équation est analogue à celle de la loi d'Ohm, la résistance R étant remplacée par la réactance X_L .

La valeur de la réactance inductive est proportionnelle à la self-inductance de l'enroulement et à la fréquence du courant qui le traverse. L'équation est la suivante :

$$X_L = 2\pi FL = \omega L$$

dans laquelle, F est la fréquence en hertz, L est la self-induction en henrys et ω la lettre grecque (oméga) ω étant la vitesse angulaire de rotation du vecteur E_m de la figure 8A employée comme symbole pour représenter la pulsation du courant, $\omega = 2\pi F$.

La réactance augmente avec la fréquence du courant, puisqu'à une augmentation de la fréquence correspond un plus grand nombre de variations de l'amplitude du courant, dont dépend, à son tour, la f.e.m. opposée.

RESISTANCE ET INDUCTANCE EN SERIE

Considérons, maintenant, un circuit à courant alternatif contenant une résistance et une inductance en série (figure 12-A).

Rappelons que dans un circuit-série, l'intensité du courant est la même en tous les points. Il s'ensuit que l'intensité est la même aussi bien dans la résistance que dans la bobine.

Cependant, la tension aux bornes de la résistance est en phase avec le courant, tandis que celle, qui est présente aux bornes de la bobine, est déphasée de 90° (en

avance). Il en résulte que les chutes de tension aux bornes de chacun des deux éléments du circuit sont déphasées de 90° , comme le montre la figure 12-B.

Pour calculer la tension fournie par la source il faut additionner vectoriellement ces deux tensions.

La chute de tension E_R aux bornes de la résistance étant en phase avec le courant, sera donc représentée par le vecteur E_R sur l'axe 0° .

La chute de tension E_L aux bornes de la bobine est représentée par le vecteur à 90° , dans le sens positif ($1/4$ de période dans le sens inverse de celui des aiguilles d'une montre), ce qui indique que cette tension est en avance de 90° sur le courant.

En construisant le parallélogramme indiqué sur la figure, on forme un triangle rectangle ayant E_R comme base, E_L comme hauteur et E_T (tension résultante) comme hypoténuse.

La tension résultante E_T pourra donc être calculée par l'équation suivante (qui dérive du théorème de Pythagore, bien connu des étudiants):

$$E_T = \sqrt{E_R^2 + E_L^2}$$

L'angle θ représente la différence de phase entre la tension appliquée E_T et le courant passant dans le circuit.

Dans un circuit comprenant une résistance et une réactance inductive, θ représente l'angle de retard, c'est-à-dire le nombre de degrés de retard du courant par rapport à la tension. Nous verrons plus loin que, dans un circuit capacitif, φ représente un angle en avance, c'est-à-dire l'angle avec lequel le courant est en avance par rapport à la tension.

Connaissant E_R et E_L on peut calculer φ au moyen des formules trigonométriques:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\text{côté opposé}}{\text{côté adjacent}} = \frac{E_L}{E_R}$$

Ayant calculé la valeur de $\operatorname{tg} \varphi$ on peut trouver l'angle φ en recherchant sa valeur dans la table trigonométrique (voir page 190).

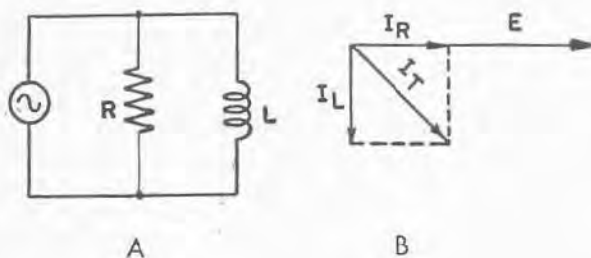


Fig. 14 - Si la résistance et la bobine sont en parallèle (figure A), la tension aux bornes de ces deux éléments est la même, elle est donc portée sur l'axe horizontal du diagramme de la figure B. Le courant I_L retarde de 90° sur la tension E et la diagonale I_T (courant total du circuit) est la résultante de I_L et I_R .

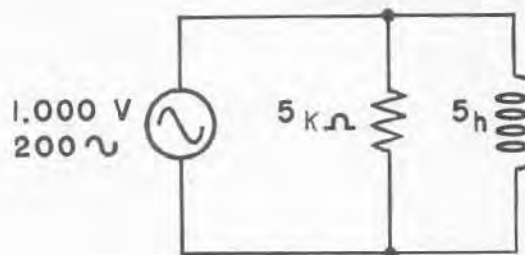


Fig. 15 - Même circuit que celui de la figure précédente mais avec des valeurs numériques permettant de donner un exemple de calcul de la réactance inductive X_L .

IMPEDANCE

Puisque toute bobine a une résistance propre, la résistance totale qu'elle oppose au passage du courant alternatif est nécessairement une combinaison entre sa résistance ohmique et sa réactance inductive.

Cette résistance totale s'appelle **impédance** du circuit inductif. Cette impédance est représentée par le symbole Z et exprimée en ohms.

Réactance et résistance ohmique ne peuvent être additionnées arithmétiquement du fait que, comme nous l'avons vu, elles sont déphasées entre elles; leur somme devra être calculée vectoriellement.

Bien que la résistance et la réactance inductive soient des quantités et non des vecteurs, leurs effets peuvent être exprimés sous forme vectorielle. Cela est dû au fait que toutes deux représentent des chutes de tension lorsqu'on les multiplie par l'intensité du courant passant dans le circuit. Comme cette intensité, I , est la même pour les deux, on peut la négliger et X_L et R peuvent être représentées par un diagramme vectoriel.

La figure 13 montre comment on peut calculer l'impédance d'un circuit inductif.

La résistance R est en phase avec le courant et X_L forme la hauteur du triangle rectangle. L'impédance est représentée par l'hypoténuse, ce qui donne:

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$$

Notons que l'angle de phase d'un circuit inductif est un angle positif compris entre 0 et 90° .

Puisque l'impédance d'un circuit représente l'opposition totale offerte par ce circuit au passage du courant alternatif, les relations entre tension et courant peuvent être établies très simplement par l'équation suivante:

$$I = E : Z$$

dans laquelle, I est l'intensité du courant en A, E est la f.e.m. appliquée au circuit et Z est l'impédance en Ω .

INDUCTANCE ET RESISTANCE EN PARALLELE

Tout comme dans un circuit à courant continu, la tension présente aux bornes de chacune des branches d'un circuit parallèle en courant alternatif est la même pour toutes.

Il en résulte que, dans un circuit en parallèle, la tension appliquée est représentée sur la ligne de référence horizontale du diagramme vectoriel et que les courants sont figurés par des vecteurs tournants, dans un sens ou dans l'autre, par rapport à cette tension.

La figure 14-A donne le schéma d'un circuit constitué par une résistance et une inductance en parallèle. La figure 14-B représente le diagramme vectoriel des courants circulant dans ce circuit.

Le vecteur I_R , représentant l'intensité du courant passant dans la résistance R , a la même direction que le vecteur de la tension, E , puisque tous deux sont en phase.

L'intensité I_L , du courant passant dans l'inductance, est représentée par un vecteur formant un angle de 90° (dans le sens des aiguilles d'une montre), car il est déphasé (en retard) de 90° par rapport à la tension.

En construisant un triangle rectangle ayant I_T comme hypoténuse, on a:

$$I_T = \sqrt{I_R^2 + I_L^2}$$

L'impédance du circuit se calcule au moyen de l'équation suivante:

$$Z = E : I_T$$

Donnons un exemple pratique en analysant le circuit de la figure 15, dans lequel nous avons: $R = 5\,000$ ohms; $L = 5$ henrys; la tension du générateur, étant de $1\,000$ volts, a une fréquence de 200 hertz.

Calculons l'impédance X_L du circuit.

Solution pour X_L :

$$X_L = 2 \pi F L$$

$$X_L = 2 \times 3,14 \times 200 \times 5 = 6\,280 \text{ ohms}$$

Il est possible de convertir la formule polaire de l'impédance totale en ses coordonnées rectangulaires connaissant φ . Le résultat donne des valeurs de R et de X_L qui, placées en série avec le générateur de courant alternatif (alternateur), fournissent à celui-ci la même charge effective.

Cette équivalence de R et de X_L est comparable à un circuit en série équivalent à un circuit en parallèle.

Leçon n° 29

LES BOBINAGES DANS LA PRATIQUE

Dans cette partie du Cours, consacrée aux leçons de caractère pratique, nous examinerons les résultats concrets de l'étude théorique faite dans la leçon précédente. Nous étudierons donc les bobinages du point de vue de leur réalisation pratique, en indiquant leurs principales caractéristiques, leur mode de calcul et les divers procédés utilisés pour leur construction.

Nous entendons ainsi, approfondir les connaissances de nos lecteurs sur ce sujet très important et les mettre en mesure de calculer, avec une approximation suffisante, la self-induction d'une bobine, ou d'une série de bobines, puis de les réaliser dans les meilleures conditions possibles, bien que — il faut le dire — de nos jours, on se procure très souvent ces bobines chez divers constructeurs spécialisés, où on peut les trouver toutes faites.

D'ailleurs, dans le cas où le technicien doit réaliser lui-même certains bobinages, pour des appareils spéciaux, par exemple, les données numériques nécessaires à ces réalisations sont indiquées dans l'article de revue ou le livre décrivant le montage.

Nous commencerons cette étude en exposant les lois, les phénomènes et les principaux facteurs dont il faut tenir compte lors de la construction des bobinages.

L'EFFET DE PEAU

Le courant continu se distribue uniformément dans tout le conducteur et la résistance ohmique (la résistance offerte au courant continu) est directement proportionnelle à la résistivité du conducteur et à sa longueur, et inversement proportionnelle à sa section.

Par contre, le courant alternatif qui circule dans un conducteur rencontre un second genre de résistance (que l'on doit distinguer de la réactance), produite par les courants parasites et par « l'effet de peau ».

L'effet de peau (« skin effect »), appelé aussi « effet Kelvin » du nom du physicien qui le découvrit, consiste dans le fait que le courant alternatif tend à passer par la surface externe du conducteur, évitant de circuler dans la partie centrale.

Un conducteur parcouru par un courant alternatif peut donc être constitué par un tube, au lieu d'un fil plein, car le métal formant la partie centrale du fil plein contribue peu à la conduction du courant. Cet effet est d'autant plus prononcé que la fréquence du courant est plus élevée.

Il résulte de tout ceci que la résistance ohmique d'un conducteur au courant ne pouvant plus être calculée

seulement en fonction de la résistivité propre du métal; *il faut également tenir compte de la fréquence du courant qu'il transporte.*

C'est pour cette raison que certaines bobines — destinées à fonctionner sur des fréquences élevées, avec de forts courants — sont construites en tube de cuivre, argenté extérieurement. Dans ce cas, le tube de cuivre sert principalement de support et ne participe que pour une faible part à la conduction du courant qui passe par la couche d'argent (très bon conducteur) déposée sur la surface externe du conducteur.

Un second procédé permettant d'éviter l'effet de peau, et les pertes qu'il entraîne, consiste à utiliser, pour les enroulements, non pas un conducteur unique, mais un fil divisé constitué par un grand nombre de fils très fins, isolés et torsadés ensemble, ayant chacun une section correspondant à la dimension nécessaire pour l'application envisagée.

C'est ce procédé, particulièrement efficace, qui est employé pour la fabrication de la plus grande partie des bobinages H.F. utilisés dans l'industrie électronique.

Ce conducteur ainsi constitué, s'appelle du fil divisé — on le désigne, parfois sous le nom de « fil de Litz », mais ce terme est impropre car il n'est qu'une traduction fantaisiste du terme allemand « Litzendraht » qui signifie « fil divisé » ou « cordonnet de fil ».

Il se présente comme un fil de cuivre émaillé ordinaire, recouvert d'une couche de soie ou de coton. En découpant une extrémité, on s'aperçoit qu'il est formé d'un nombre assez élevé, entre 10 et 40, de fils dont le diamètre est compris entre 3/100 et 6/100 de mm. Tous ces fils sont émaillés donc isolés électriquement.

Les fils divisés se trouvent dans le commerce sous plusieurs formes répondant aux multiples utilisations de ce conducteur; on les désigne en indiquant le nombre des brins et leur diamètre, par exemple du fil $20 \times 5/100$ ou $25 \times 3/100$, ce qui signifie que ces fils divisés comportent respectivement, 20 brins de fil émaillé 5/100 de mm et 25 brins de 3/100 de mm.

On comprendra facilement que le fil divisé donne de meilleurs résultats en H.F. qu'un fil plein de même diamètre en imaginant que chaque brin se comporte comme un conducteur séparé formant autant de bobines se trouvant branchées en parallèle, puisque tous les brins sont soudés ensemble à leurs extrémités, et sont étroitement couplés: elles forment donc une seule et unique inductance.

Bien que l'effet de peau existe pour chacun des con-

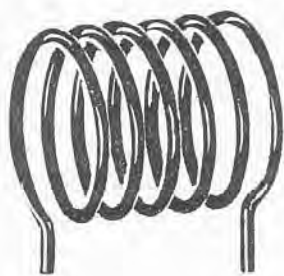


Fig. 1 - Type de bobine solénoïde pour ondes courtes. Elle est caractérisée par de très faibles pertes du fait que le conducteur est bobiné « en l'air ». Elle peut être soudée directement sur les composants auxquels elle doit être reliée.

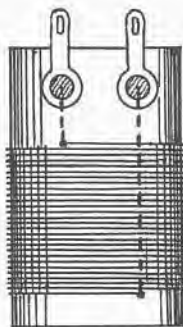


Fig. 2 - Quand une bobine comporte un plus grand nombre de tours, on utilise un support en matière isolante; si le fil est isolé, on peut faire un bobinage à spires jointives.

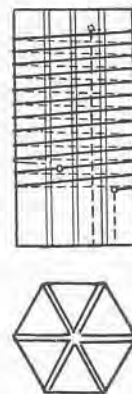


Fig. 3 - Enroulement à spires espacées, sur support hexagonal.

ducteurs, on vérifie aisément qu'en additionnant les surfaces extérieures de chaque brin, on obtient une surface totale bien plus grande que celle que présenterait un conducteur unique de même diamètre. Tout ceci permet de réaliser des bobines présentant une plus faible résistance aux courants H.F. — et donc, un rendement plus élevé — sans augmenter sensiblement leurs dimensions.

Une des difficultés d'emploi du fil divisé réside dans la soudure des extrémités.

En effet, pour bénéficier au maximum des qualités de ce type de conducteur, il est indispensable que tous les brins soient soigneusement soudés ensemble à chacune des extrémités de la bobine; la non soudure d'un seul des brins peut donner un résultat différent, et en tout cas inférieur à celui prévu.

Dans le cas où le fil est formé de conducteurs de 3/100 ou 5/100 de mm, par exemple, il n'est pas facile d'enlever la couche d'émail et de les souder, sans les rompre. C'est pourquoi divers procédés, qui sont plus pratiques et plus rapides que l'opération manuelle effectuée sur chaque conducteur, ont été imaginés.

Un des moyens les plus simples consiste à porter à l'incandescence l'extrémité des conducteurs et de les tremper immédiatement dans de l'alcool. Cette opération détruit le revêtement d'émail et le fil est suffisamment propre pour pouvoir être soudé facilement.

Toutefois cette méthode n'est pas sans présenter certains inconvénients; en effet, certains brins peuvent se brûler ou se rompre si l'on chauffe trop fortement le fil. Cette opération devra donc être faite avec très grand soin et les résultats obtenus ne pourront être considérés comme satisfaisants que lorsque l'opérateur aura acquis une certaine pratique.

Un autre procédé fait appel à un acide spécial, que l'on trouve dans le commerce. On y trempe les brins débarrassés de leur couche de soie ou de coton. Les brins sont écartés en éventail et trempés dans ce liquide qui, en quelques secondes, détache complètement le revêtement d'émail qui peut être enlevé avec un chiffon sec. C'est la manière la plus pratique, donnant aussi la meilleure garantie de succès pour un débutant.

Les courants « parasites » précédemment cités, sont de faibles courants induits dans le conducteur par le courant principal et sont en opposition de phase avec lui. Ils provoquent donc une perte de puissance et en effet, ils peuvent être considérés comme une résistance placée en série dans le circuit.

En particulier, dans le cas de bobines exécutées sur des noyaux magnétiques, le courant passant dans l'enroulement induit des courants parasites dans le noyau. Pour cette raison et pour éviter les inconvénients qui en résultent, les noyaux sont constitués par des tôles fines ou par de petites particules isolées par du papier, par des couches d'oxyde ou du liant isolant, qui empêchent la circulation des courants induits.

DIFFERENTS MODELES DE BOBINAGES

Tout d'abord les bobines peuvent être classées en deux types principaux, celles ayant une **inductance fixe** et celles dont l'**inductance est variable**. Les premières ont une valeur de self-induction déterminée par leurs caractéristiques (diamètre, section du fil, pas de l'enroulement...); les secondes ont par contre, une self-induction dont on peut faire varier la valeur par divers moyens (noyaux magnétiques, prises...).

Une autre subdivision permet de distinguer les bobinages suivant le type de noyau utilisé. Il existe des bobinages « à air », c'est-à-dire enroulés sur un mandrin isolant, en forme de cylindre creux, dont le seul rôle est de maintenir le fil qui se trouve enroulé « en l'air »; ce support peut être supprimé si la rigidité du fil assure une tenue mécanique suffisante à l'ensemble.

D'autres bobinages sont pourvus de noyaux magnétiques (qui peuvent être constitués par un mélange de poudre de fer et de liant isolant ou de ferrite ou ferroxcube, qui seront étudiés plus tard). D'autres encore, sont effectués sur des tôles de fer au silicium.

Les deux premiers types sont employés aux fréquences élevées, à partir de 50 kHz et plus, tandis que le troisième est utilisé exclusivement pour les courants alternatifs de fréquence industrielle, par exemple (le réseau électrique à 50 Hz), ou pour les courants B.F. (fréquen-



Fig. 4 - Support en bakélite moulée (parfois en céramique), permettant de réaliser des bobines pour ondes courtes, avec noyau magnétique.

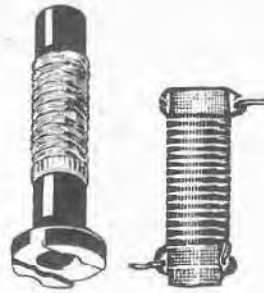


Fig. 5 - Supports en bakélite moulée; on peut voir sur celui de gauche un bobinage du type «nid d'abeilles». Le second présente une rainure en spirale destinée à maintenir le fil à l'écartement voulu.

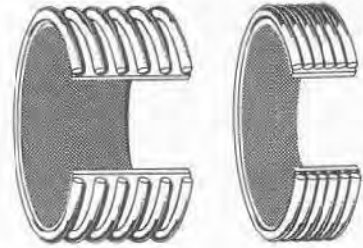


Fig. 6 - On peut également employer un support en céramique pour construire des bobines pour les fréquences élevées; elles peuvent être à spires espacées (fil nu) ou à spires jointives (fil isolé).

ces acoustiques) compris entre 16 et 20 000 hertz.

Les inductances variables peuvent être construites en adoptant certains procédés mécaniques ou électriques propres à faire varier leur self-induction.

On pourrait, par exemple, employer un système permettant de faire varier la distance entre les spires; c'est ainsi qu'une bobine enroulée en spirale, comme un ressort, pourrait être rendue variable en l'étirant ou en la comprimant plus ou moins; la variation de sa self-induction serait produite, dans ce cas, par les divers degrés de couplage ainsi réalisés entre les lignes de force; ce système rudimentaire n'est pas employé pratiquement car il est peu efficace et d'une réalisation difficile.

Nous verrons, plus tard, que dans le cas de bobinages comportant peu de spires en fil rigide (émission ou réception sur ondes très courtes, VHF), on ajuste parfois la valeur d'une bobine en comprimant ou en écartant légèrement les spires.

On peut également faire varier la self-induction d'un bobinage en pratiquant des prises sur l'enroulement, ce qui permet de choisir le nombre de tours permettant l'accord sur une fréquence déterminée (c'est ce modèle que nous avons employé dans notre réalisation du récepteur à cristal).

Enfin, un dernier procédé (le plus fréquemment employé en raison de sa commodité et de son efficacité) consiste à faire varier la self-induction d'une bobine au moyen d'un noyau en substance magnétique.

La plupart des inductances variables utilisées dans les circuits de radio ou d'électronique sont basées sur ce principe. La variation de la self-induction du bobinage est due à la variation de la perméabilité qui est minimum lorsque le noyau est entièrement sorti et maximum, lorsqu'il est complètement enfoncé.

BOBINAGES POUR HAUTE FREQUENCE

Dans cette étude, nous suivrons un ordre logique et chronologique nous référant à l'évolution des bobinages depuis les débuts de la radio.

La figure 1 illustre le type le plus simple, dont nous

connaissions déjà l'aspect. Il est constitué par un conducteur rigide que l'on enroule sur un objet quelconque de forme cylindrique ayant un diamètre convenable. Le bobinage achevé, on retire le mandrin et la bobine, ainsi obtenue est fixée sur un support muni de broches ou sur des colonnettes isolantes. Ce type de bobine, dite « à air », peut être de valeur fixe ou variable: dans le second cas on prévoit des prises sur les spires.

Comme nous le verrons par la suite, ce type d'inductance est employé dans les montages fonctionnant sur des fréquences élevées, c'est-à-dire dans les gammes des ondes courtes et ultra-courtes. On les construit en fil de cuivre argenté d'assez grand diamètre et même, en tube de cuivre argenté suivant la fréquence et l'intensité du courant passant dans le circuit. Elle présente, en particulier, l'avantage (en raison de sa rigidité propre) de pouvoir être soudée directement aux autres composants; permettant ainsi la réalisation de connexions très courtes, absolument nécessaires à ces fréquences.

La figure 2 montre un autre type dénommé « bobine cylindrique » ou « solénoïde ». Il est semblable à celui du paragraphe précédent dont il ne se différencie que par la présence de fil isolé et d'un mandrin permanent.

Ce bobinage est formé d'un fil de cuivre émaillé, recouvert d'une couche de soie ou de coton, enroulé en spires jointives sur un tube isolant. Sa self-induction est naturellement déterminée par le nombre de tours, le diamètre du fil, le diamètre du mandrin, par sa longueur et par l'espacement entre les spires.

Le support sur lequel la bobine est faite n'est pas nécessairement de forme cylindrique; les figures 3 et 4, par exemple, nous montrent des bobinages réalisés sur des mandrins de formes polygonales. Toutefois, la forme cylindrique est généralement adoptée pour des raisons de simplicité.

Les mandrins peuvent être en diverses matières, il en existe en tube de carton bakélisé, en bakélite moulée (figure 5), en céramique ou en stéatite. Les modèles représentés sur les figures 3, 4, 6 et 6 bis sont généralement employés pour les bobinages destinés à

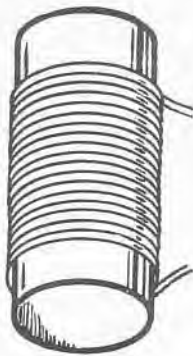


Fig. 7 - Les fils de la bobine peuvent servir à la relier au circuit s'ils sont laissés suffisamment longs.

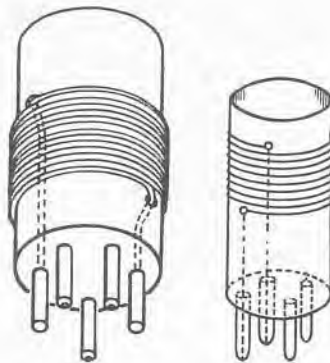


Fig. 8 - Deux bobines réalisées sur supports munis de broches, ce qui rend leur branchement plus facile.

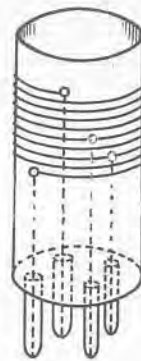


Fig. 9 - Bobine sur support à broches, avec deux prises intermédiaires pour interchangeabilité.

fonctionner sur des fréquences élevées car, la céramique, la stéatite ou le polystyrène ont de telles qualités que les pertes sont réduites au minimum.

L'aspect de ces bobines peut également être différent selon qu'elles comportent des cosses terminales permettant d'y souder les connexions (figure 2), ou que les conducteurs formant l'enroulement sortent de la bobine et servent à la relier directement aux autres circuits (figure 7).

Il existe aussi des bobines dites « interchangeables », qui ne sont employées de nos jours que sur les émetteurs ou sur certains appareils spéciaux et dans lesquelles le mandrin est monté sur un socle pourvu de broches (figure 8). La bobine se place dans un support approprié, recevant les connexions venant des autres éléments du circuit, ce qui permet de la remplacer facilement, sans toucher au circuit, par d'autres bobines adaptés aux différentes gammes de fréquence.

Il convient de préciser maintenant, qu'une bobine, quel qu'en soit son type, n'est pas nécessairement constituée par un seul enroulement.

Nous savons déjà, que l'enroulement peut comporter des prises intermédiaires: dans ce cas, le bobinage présente l'aspect de deux ou de plusieurs bobines (selon le nombre des prises) enroulées sur le même support et reliées en série entre elles (figure 9).

Très souvent (figure 10) plusieurs enroulements séparés — isolés entre eux — sont bobinés sur le même support et l'on a alors, un transformateur pour H.F.

Comme on le sait, le courant passant dans l'un des deux, produit une tension induite dans les autres enroulements couplés inductivement avec un rapport de transformation qui est fonction du nombre de tours de chacun deux. Dans ce cas, on a toujours un enroulement primaire qui induit une tension et un courant, dans les autres enroulements appelés secondaires.

Une bobine cylindrique peut comporter plusieurs couches de fil superposées; on pratique ainsi lorsque — en raison du grand nombre de tours nécessaires — la longueur de l'enroulement peut devenir exagérée. Cette même technique permet d'ailleurs de réaliser des bobines sur des supports de petit diamètre. La figure 11

montre une bobine de ce type et l'on peut noter que l'enroulement superposé est complètement isolé de l'autre, auquel il est couplé par simple induction.

Quand une inductance est composée de plusieurs enroulements, le degré de couplage entre ceux-ci varie d'une manière inversement proportionnelle à la distance qui les sépare: le couplage est d'autant plus serré que la distance entre eux est plus petite.

Le couplage peut être rendu variable, comme on le voit sur la figure 12, qui représente deux bobines exécutées sur deux supports distincts, généralement en carton bakélinisé, qui peuvent coulisser sur un tube ou sur un bâtonnet servant de support principal.

Lors de la mise au point de l'appareil, on recherche le degré de couplage donnant le résultat désiré en rapprochant ou en éloignant un des bobinages de l'autre, puis on le fixe au moyen de quelques gouttes de vernis ou de cire. On peut faire varier, en fortes proportions, la self-induction des bobinages en utilisant des noyaux magnétiques.

Ainsi que nous l'avons dit plus haut, ceux-ci sont constitués par un mélange de fine poudre de matériau magnétique et d'un « liant » en substance isolante, destiné à agglomérer les grains, tout en les isolant les uns des autres. Ils peuvent être de formes très diverses et la figure 13 en représente trois parmi les plus communs.

Les noyaux sont généralement filetés à l'extérieur, ce qui permet de les « visser » à l'intérieur de la carcasse supportant le bobinage. Ils sont pourvus à une de leurs extrémités, soit d'une fente permettant d'introduire la lame d'un tournevis, soit d'une protubérance de section carrée ou hexagonale permettant le réglage au moyen d'une clé spéciale.

Pour terminer nous citerons un type de bobines permettant une variation encore plus grande de la self-induction. Elles sont utilisées principalement — bien que cette technique soit presque abandonnée — pour les circuits d'entrée des récepteurs de radio. Un tel système est appelé « accord par perméabilité variable ». Nous savons en effet, que la self-induction, augmente ou diminue selon que l'on enfonce ou que l'on retire un noyau magnétique à l'intérieur de la bobine.

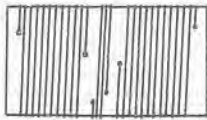


Fig. 10 - Trois enroulements séparés sur un même support (transformateur H.F.)

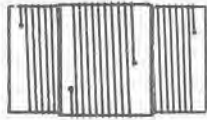


Fig. 11 - Enroulements séparés analogues aux précédents, bobinés sur deux supports concentriques.

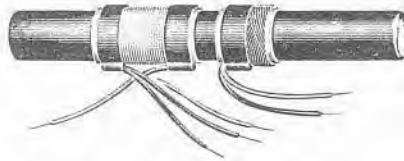


Fig. 12 - Le couplage entre deux bobines peut être rendu variable en faisant coulisser un enroulement par rapport à l'autre. Le support peut être en matériau ferro-magnétique (pour H.F.) ce qui améliore le rendement et le couplage.

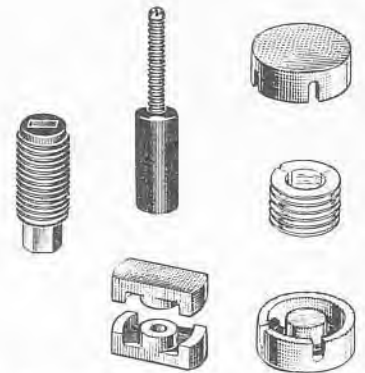


Fig. 13 - Noyaux et mandrins ferro-magnétiques permettant la construction de divers types de bobines. Le premier, à gauche, peut être employé avec le mandrin de la figure 4.

Par des artifices de construction, il est possible de produire une variation de façon à ce qu'une gamme entière d'ondes (la gamme P.O., par exemple) puisse être couverte. Dans ce cas, le noyau n'est pas fileté; il coulisse à l'intérieur du tube supportant l'enroulement et son mouvement est commandé, au moyen d'un mécanisme spécial, par un cadran analogue à ceux utilisés pour l'accord par condensateurs variables. Les noyaux magnétiques utilisés pour cet emploi, sont généralement très longs et de petit diamètre. Ils ressemblent à une mine de crayon.

Les récents progrès réalisés dans le domaine des petits récepteurs portatifs, ont conduit à la création d'un autre modèle de bobinage, (voir figure 14).

Il s'agit d'une bobine d'un aspect peu conventionnel; les enroulements sont réalisés sur un noyau de « ferrite » de forme plate et allongée ce qui permet de les loger, plus facilement que ceux de forme cylindrique, dans les châssis de dimensions très réduites.

Cela n'empêche pas qu'il existe également des bobines semblables sur noyaux cylindriques de ferrite. Dans ce cas, le noyau est en forme de bâtonnet ayant un diamètre de 10 mm et une longueur comprise entre 10 et 20 cm (figure 15).

Ces inductances servent, à la fois, de bobine d'accord (par condensateur variable) et d'antenne (ou plus exactement de ce qu'on appelle « cadre ») en raison de leurs dimensions relativement importantes. Elles donnent un effet directif très marqué et l'on peut constater que l'énergie captée est minimum si l'axe de la bobine est dirigé vers l'émetteur à recevoir, tandis qu'elle est maximum si cet axe fait un angle de 90° avec cette direction.

Le dernier type de bobinage qu'il est utile de connaître, car c'est celui qui est le plus fréquemment employé dans les circuits de Radio, est le type dit « en nid d'abeilles ». La figure 16 en donne un exemple et on voit qu'il tire son nom du fait que l'enroulement forme de petits alvéoles, tout comme dans les ruches.

Ces enroulements se font au moyen d'une bobineuse spéciale qui — pendant la rotation du support — déplace régulièrement le fil d'une extrémité à l'autre de

la bobine, ce qui permet d'obtenir un enroulement à spires croisées avec un pas déterminé.

Les bobines en nid d'abeilles, réalisées le plus souvent en fil divisé, permettent d'obtenir sous un encombrement très réduit, des valeurs élevées de self-induction, une faible capacité répartie et des pertes réduites; tout ceci donnant un rendement excellent.

Les bobines en nid d'abeilles sont employées dans les circuits d'accord des récepteurs de radio, dans les gammes des petites et grandes ondes, ainsi que comme bobines d'arrêt H.F. C'est-à-dire dans tous les cas où un grand nombre de spires est nécessaire.

La figure 17 représente une bobine d'arrêt pour Haute Fréquence dont nous examinerons plus loin, le fonctionnement.

COEFFICIENT DE SURTENSION

Le coefficient de surtension, ou facteur de mérite, « Q » d'une bobine, est égal au quotient de la réactance inductive X_L (c'est-à-dire $2\pi FL$) par sa résistance R (c'est-à-dire les pertes). On a :

$$Q = X_L : R$$

Il est assez difficile de déterminer exactement, par le calcul, le coefficient de surtension, cependant on connaît très bien les caractéristiques que doit posséder une bobine pour présenter un Q élevé.

L'enroulement doit avoir le diamètre maximum; sa longueur ne doit pas être inférieure à la moitié, ni supérieure au double du diamètre.

L'épaisseur du support, qui bien qu'en matière isolante, provoque toujours des pertes, devra être aussi faible que possible. Naturellement, à ce point de vue, les meilleurs bobinages sont ceux « à air », c'est-à-dire sans aucun support.

En outre, le diamètre du fil devra être aussi grand que possible, en restant toutefois, compatible avec les conditions énoncées plus haut; c'est-à-dire la possibilité de loger le nombre de spires calculé — nous verrons comment plus loin — dans la longueur optimum, avec un espacement entre spires inférieur au diamètre du fil.

Lorsque la section du fil, la longueur de l'enroule-

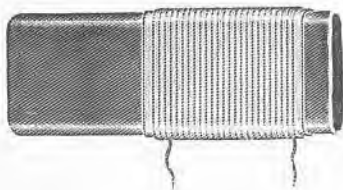


Fig. 14 - Bobine plate réalisée sur un noyau spécial en « ferrite »; elle est employée dans les récepteurs portatifs où elle sert également d'antenne.

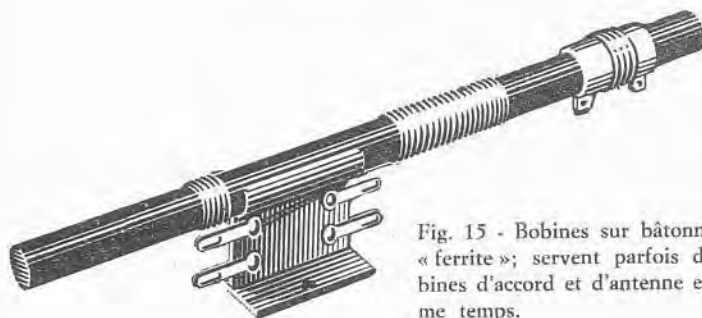


Fig. 15 - Bobines sur bâtonnet de « ferrite »; servent parfois de bobines d'accord et d'antenne en même temps.



Fig. 16 - Deux enroulements du type « nid d'abeilles »; ils permettent d'obtenir des coefficients de self-induction élevés sous des dimensions réduites.

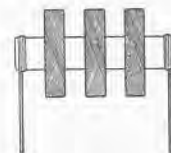


Fig. 17 - Bobine d'arrêt ou « self de choc » H.F. constituée par trois bobines en nid d'abeilles bobinées sur un bâtonnet de céramique.

ment, la distance entre les spires et la nature du support remplissent les conditions énoncées plus haut. le coefficient de surtension Q de la bobine varie approximativement comme le carré du diamètre.

Dans le cas de bobines fonctionnant sur des fréquences élevées, ondes courtes, on utilise de préférence du fil rigide et la bobine est du type cylindrique à une seule couche. Si les spires sont espacées entre elles, on peut employer du fil de cuivre nu argenté, tandis que si elles sont jointives, il faudra que le fil soit émaillé — ou mieux encore, recouvert de soie ou de coton — pour éviter de court-circuiter les spires.

Mais les bobines devant fonctionner sur des fréquences plus basses (ondes longues et moyennes) seront bobinées en fil divisé, sous forme de nid d'abeilles.

Pour que le coefficient de surtension reste constant dans le temps, les bobines doivent être protégées contre l'humidité par immersion dans un vernis spécial ou une cire H.F., ceci principalement dans le cas où le fil est recouvert de soie ou de coton.

Le Q du bobinage est un facteur extrêmement important qui détermine la **largeur de bande** d'un circuit accordé. La courbe de résonance d'un circuit accordé est d'autant plus pointue que le coefficient de surtension est plus grand; la largeur de bande d'un circuit résonnant est définie comme étant la bande de fréquence à l'intérieur de laquelle la tension aux bornes du condensateur d'accord (c'est-à-dire aux extrémités de la valeur correspondant à la résonance exacte).

Cette largeur de la bande est déterminée par le Q du circuit selon la formule:

$$Q = Fr : Fs - Fi$$

et

$$\text{Largeur de bande} = Fs - Fi = Fr : Q$$

dans laquelle, Fr = fréquence de résonance, Fi = fréquence inférieure pour laquelle la tension est égale aux 70,7% de sa valeur à la résonance, Fs = fréquence supérieure pour laquelle la tension est égale aux 70,7% de sa valeur à la résonance, et $Fs - Fi$ = largeur de bande.

CALCUL PRATIQUE D'UNE BOBINE

Nous avons déjà souligné le fait que — pour des raisons évidentes — l'amateur construit rarement lui-même les différents éléments composant l'appareil qu'il veut réaliser comme, par exemple, les condensateurs, les résistances, les bobines, etc... Toutefois, dans certains cas, il peut être nécessaire de faire un bobinage spécial ou de modifier une bobine existante pour obtenir la valeur de self-induction ou toute autre caractéristique requise par un montage particulier.

La méthode de calcul que nous allons exposer concerne exclusivement les bobines cylindriques à une seule couche, car les bobines en nid d'abeilles sont difficilement réalisables sans outillage spécial et, d'autre part, elles se trouvent dans le commerce en un nombre de type suffisant pour satisfaire toutes les exigences. Il existe un grand nombre de formules pour calculer une bobine: certaines sont très précises mais compliquées; d'autres, par contre, quoique moins exactes, sont d'une application plus facile et n'exigent que des calculs très simples à la portée de tous.

Comme il est très simple de modifier le bobinage ainsi calculé pour corriger les petites erreurs éventuelles, c'est cette formule simplifiée que nous appliquerons.

Les caractéristiques les plus importantes d'une bobine sont: la **self-induction** ou **inductance** (en microhenrys, pour les applications les plus courantes en technique radio), les **dimensions** (en millimètres), la **résistance ohmique** (en ohms) et le **facteur de surtension Q** .

Bien qu'il soit possible d'obtenir n'importe quel coefficient de self-induction en se fixant des dimensions déterminées, il convient de se rappeler que les pertes augmentent lorsque les dimensions diminuent et qu'il faut donc tenir compte de tous les facteurs énoncés plus haut, lors des études préliminaires à la construction du bobinage.

La première opération consistera à calculer la valeur du coefficient de self-induction, de l'inductance nécessaire pour s'accorder sur la gamme de fréquence choisie, cette valeur dépendant de la capacité du condensateur variable mis en parallèle sur l'enroulement.

Diamètre du fil en mm	Spires par cm. (enroul. à spires joint.)	
	Fil émaillé	Fil à 2 couches coton
1,30	7,5	6,5
1	9,4	8
0,8	12	11
0,6	15	12
0,5	18,5	14
0,4	23	17
0,32	29	20
0,22	40	23
0,20	45	26
0,16	57	28

NOMBRE de SPIRES par CENTIMETRE en FONCTION du DIAMETRE du FIL

Fig. 18 - Le tableau ci-contre se révèle très utile pour le calcul du nombre de spires contenu dans un centimètre selon le type de fil adopté pour réaliser un enroulement très serré (fil émaillé ou fil recouvert par une double couche de coton). Il peut également servir à choisir le fil en fonction de l'espace disponible et du nombre de spires nécessaires (voir l'exemple donné dans la leçon 29).

Il est évident, disons-le en passant, que dans le cas où l'accord se fera sur une seule fréquence il sera inutile de prévoir un condensateur variable, un condensateur fixe de valeur convenable suffira.

Le calcul proprement dit de la self-induction nécessaire à un accord donné fera l'objet d'une prochaine leçon consacrée à l'étude des circuits oscillants; nous nous contenterons pour l'instant, d'expliquer comment connaissant la valeur de self-induction nécessaire, il est possible, par un calcul très simple, de trouver le nombre de tours que doit avoir la bobine, en fonction des autres caractéristiques mécaniques (diamètre du support, longueur de l'enroulement, diamètre du fil, espacement entre tours...).

La technique moderne s'oriente d'une manière générale, vers une diminution des dimensions des composants et les bobinages ne font pas exception à cette tendance vers la miniaturisation. Les seules bobines qui ne suivent pas ce mouvement sont celles que le lecteur aura l'occasion d'employer pour la construction de postes émetteurs.

Nous donnerons donc un exemple de calcul d'une bobine de dimensions moyennes.

Supposons donc que le diamètre choisi soit 38 mm et que la longueur de l'enroulement ne soit pas supérieure à 50 mm. Ces dimensions ont été choisies arbitrairement. Elles sont principalement fonction de la place disponible dans l'appareil à construire.

Supposons, en outre, que la self-induction requise soit de 185 μ H.

Nous connaissons ainsi la self-induction (L), le rayon de la bobine (r), égal à la moitié du diamètre, soit 19 mm, et la longueur de l'enroulement (l) qui est de 50 millimètres.

La formule ci-dessous donne la valeur de la self-induction en fonction des autres valeurs connues:

$$L = \frac{r^2 N^2}{(228,6 \times r) + (254 \times l)}$$

dans laquelle N^2 représente le carré du nombre des tours. L exprimé en μ H, r et l en mm, les nombres 228,6 et 254 étant des coefficients.

Puisque c'est ce dernier facteur N (nombre de tours) que nous devons calculer, il est facile de transformer la formule, au moyen de quelques opérations algébriques très simples, pour en tirer la valeur de N en fonction des autres valeurs connues.

On procède de la manière suivante:

1) En éliminant le dénominateur de la fraction constituant le second membre de l'équation, on a:

$$L (228,6 r + 254 l) = r^2 N^2$$

2) Cette formule peut être transcrite en inversant les deux membres entre eux, puisqu'ils sont égaux. On a donc:

$$r^2 N^2 = L (228,6 r + 254 l)$$

3) Nous pouvons alors, isoler le facteur N^2 en portant r^2 au dénominateur du second membre, l'équation devient:

$$N^2 = \frac{L (228,6 r + 254 l)}{r^2}$$

4) Enfin, en extrayant la racine carrée des deux membres nous obtiendrons la formule donnant la valeur numérique de N , c'est-à-dire le nombre des tours:

$$N = \sqrt{\frac{L (228,6 r + 254 l)}{r^2}}$$

Si dans cette formule nous substituons aux lettres r et l leurs valeurs numériques respectives, il restera à effectuer les opérations indiquées pour trouver N :

$$N = \sqrt{\frac{185 (228,6 \times 19 + 254 \times 50)}{19^2}}$$

En effectuant les opérations à l'intérieur de la parenthèse, on a:

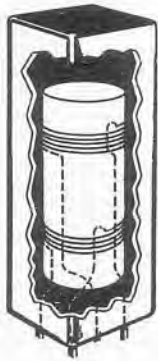


Fig. 19 - Bobine enfermée dans un boîtier métallique faisant office de blindage.

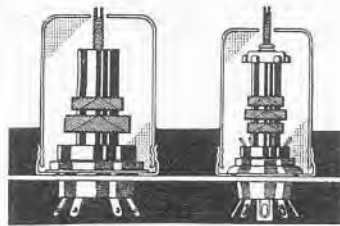


Fig. 20 - Autres bobinages (transformateurs H.F.) en nid d'abeilles dans leurs blindages; les trous supérieurs permettent le réglage des noyaux magnétiques.

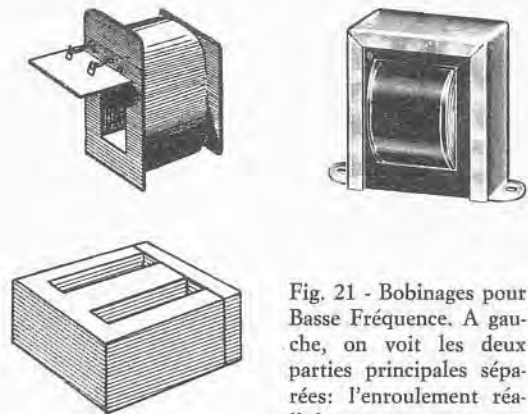


Fig. 21 - Bobinages pour Basse Fréquence. A gauche, on voit les deux parties principales séparées: l'enroulement réalisé sur une «carcasse» spéciale et le circuit magnétique en tôles de fer au silicium.

$$N = \sqrt{\frac{185 (4\,343.4 + 12\,700)}{19^2}} = \sqrt{\frac{185 \times 17\,043}{361}}$$

$$\text{soit: } N = \sqrt{\frac{3\,153\,029}{361}}$$

$$\text{d'où: } N = \sqrt{8\,734}$$

Dans cette dernière valeur numérique, nous avons négligé volontairement les chiffres décimaux car ils n'affectent nullement la précision du résultat.

Il nous suffit de consulter une table des carrés des nombres pour trouver celui qui avec la meilleure approximation possible, correspond au carré de 8 734. Nous trouvons que le nombre 93, dont le carré est 8 649, est celui s'approchant le plus du nombre cherché.

Le nombre des tours de la bobine, calculé par nos soins sera donc:

$N = 93$ (avec une approximation suffisante pour les besoins pratiques).

Connaissant la valeur du coefficient de self-induction, le diamètre, la longueur de l'enroulement et le nombre des tours, il nous reste à déterminer le diamètre du fil à employer et nous pourrions ensuite, passer à la réalisation de notre bobinage.

Le diamètre du conducteur n'a qu'une importance relative dans notre cas, étant donné que les courants passant dans la bobine sont généralement de très faible valeur.

Ce qui compte, par contre, c'est que la distance entre les spires soit constante ou que celles-ci soient parfaitement jointives.

Notons que le rapport 93 : 5 (c'est-à-dire 93 spires pour 5 cm de long) correspond à 18,6 tours par centimètre. On constate que ce nombre s'approche du nombre 18,5 dans la colonne des fils émaillés et de celui de 20, dans la colonne des fils recouverts de deux couches de coton, qui figurent dans le tableau de la figure 18.

Profitons de cette occasion pour préciser que nous publierons un tableau plus complet et plus détaillé dans la leçon consacrée au calcul des transformateurs. Ces valeurs dans notre cas, correspondent à un fil

d'un diamètre de 0,5 mm, s'il est émaillé, et de 0,32 mm s'il est recouvert de coton.

Dans le cas de bobines destinées à la réception ou à l'émission sur Ondes Courtes, lesquelles sont bobinées avec un fil de grosse section avec espacement entre tours adjacents, il convient de rechercher un compromis entre la section du fil à employer et le nombre de spires par centimètre. Ceci permettra de calculer avec exactitude l'espacement nécessaire entre les spires.

Sachant, par exemple, qu'il devra y avoir 5 spires par cm, on pourra utiliser un fil de 1 mm de diamètre en espaçant les spires de 1 mm entre elles.

BLINDAGE DES BOBINES

Toute bobine en fonctionnement est entourée d'un champ magnétique, produit par elle, qui peut influencer certains autres composants du circuit placés à proximité. De la même façon, elle peut être influencée par des champs alternatifs voisins.

Par cette raison, en de nombreux cas, il est nécessaire d'enfermer le bobinage dans un boîtier métallique, cylindrique ou carré, formant ce qu'on appelle un **blindage** dont l'effet est d'éviter tout rayonnement électromagnétique.

La figure 19 montre une bobine blindée vue en coupe. Les dimensions du boîtier, qu'il soit cylindrique ou carré, doivent être telles que les parois soient suffisamment éloignées de l'enroulement pour ne pas modifier la valeur de la self-induction ou diminuer le rendement. Le blindage peut être considéré comme un enroulement en court-circuit accouplé à la bobine; les courants induits circulant dans sa masse produisent des pertes qui doivent être réduites au minimum.

En plaçant un bobinage dans son blindage, on constate que les pertes sont faibles si la distance entre l'enroulement et les parois du boîtier est supérieure au rayon de la bobine. Si la distance est plus petite, le coefficient de self-induction diminue de 10% environ, quand le rapport entre la longueur et le diamètre est égal à 0,5; de 13% lorsqu'il est égal à 1 et le 17% quand il est égal à 2. Un blindage plus petit augmenterait

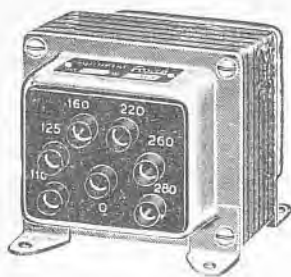


Fig. 22 - Autotransformateur pour tensions du réseau électrique. Le principe de son fonctionnement sera exposé dans une leçon ultérieure.

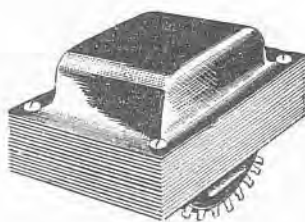


Fig. 23 - Deux transformateurs. Le modèle de gauche est employé pour l'alimentation des appareils de Radio et est monté directement sur le châssis où une ouverture a été pratiquée pour le recevoir. L'autre modèle est parfois utilisé en fréquences acoustiques (basse fréquence).

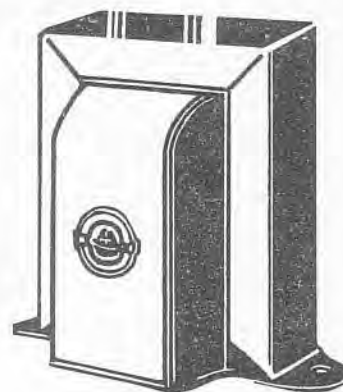


Fig. 24 - Les transformateurs sont très souvent enfermés dans des blindages métalliques qui contribuent, en même temps, à protéger les enroulements.

les pertes et diminuerait la self-induction dans des proportions bien plus grandes.

Comme dernier exemple, indiquons qu'un blindage dont le diamètre ne serait supérieur que de 10% à celui de la bobine, réduirait la self-induction de plus de 70%.

La figure 20 montre d'autres modèles de bobinages blindés. On peut y voir les ouvertures pratiquées dans le blindage pour permettre le réglage des noyaux au moyen d'un tournevis.

En Haute Fréquence, l'action du blindage doit être avant tout, électrostatique, c'est pourquoi on le réalisera en métal bon conducteur (cuivre, laiton, aluminium...).

Pour que le blindage puisse être efficace, tant pour isoler la bobine des champs extérieurs, que pour protéger les autres composants du circuit du rayonnement de la bobine, il faut qu'il soit relié électriquement à un point de potentiel électrostatique zéro. Ce point est généralement fourni par le châssis métallique supportant tous les éléments de l'appareil qui forme le retour commun de « masse ».

BOBINE POUR BASSE FREQUENCE

Les bobines qu'il nous reste à étudier dans cet examen général, sont celles fonctionnant aux fréquences des courants industriels (réseau électrique) ou aux fréquences acoustiques couvrant la gamme dite B.F. Ces bobinages sont analogues aux bobines cylindriques vues plus haut, mais elles comportent un bien plus grand nombre des spires à couches multiples et toujours bobinées sur un noyau magnétique (fer au silicium ou autres alliages de plus grande perméabilité).

Dans le cas d'un enroulement unique — avec ou sans prises intermédiaires — ces bobines prennent les noms de self, bobines B.F. ou self de filtre car, ainsi que nous le verrons, elles peuvent opposer une véritable barrière au passage du courant alternatif, tandis qu'elles permettent le passage du courant continu.

La figure 21 en montre le détail; on peut noter les enroulements bobinés sur une carcasse spéciale et le paquet de tôles magnétiques formant le noyau.

Une autre bobine du même genre est l'autotransformateur. C'est un organe qui, comme le transformateur, sert à transformer une tension alternative en une autre de valeur différente (voir figure 22).

On y voit une plaquette d'entrée sur laquelle figurent plusieurs indications de tensions. Sur l'autre face — non visible sur la figure — se trouve une plaquette identique sur laquelle on peut recueillir la tension de sortie.

L'autotransformateur comporte un enroulement unique (à la différence du transformateur qui en possède deux ou plus) pourvu de différentes prises permettant de l'alimenter sous différentes tensions. Lorsqu'il est alimenté, on peut prélever sur l'autre plaquette, les tensions désirées selon les branchements auxquels on procède.

On peut donc en déduire logiquement que l'entrée et la sortie d'un autotransformateur sont réversibles, puisqu'il n'existe aucune différence entre elles.

Enfin, le transformateur est un type plus complexe — comportant deux ou plusieurs bobinages séparés — qui permet de prélever et d'utiliser les tensions induites dans un enroulement appelé « secondaire », par un autre enroulement, le « primaire ».

La figure 23 en montre deux modèles différents. Nous ne nous étendrons pas davantage à ce sujet qui fera l'objet d'une leçon très détaillée.

Les bobines pour basses fréquences ont naturellement, elles aussi, un rayonnement extérieur, produit par le champ magnétique interne, et elles sont également sensibles aux champs magnétiques extérieurs. C'est pour cette raison qu'elles doivent être blindées (figure 24). Les fréquences en jeu étant beaucoup moins élevées que celles auxquelles sont soumises les bobines pour H.F., le blindage devra être réalisé en métal offrant une plus grande perméabilité magnétique, le fer par exemple.

SYMBOLES - ABREVIATIONS

e	= Tension instantanée
H	= Henry
k	= Coefficient de couplage
L	= Coefficient de self-induction (en μH , mH , H)
L_T	= Inductance totale
M	= Induction mutuelle
mH	= Millihenry (1/1 000 de H)
Q	= Facteur de surtension
r	= Rayon d'une bobine
RL	= Circuit avec résistance et inductance
S	= Section en cm^2
T	= Constante de temps
X	= Réactance (en général), en ohms
X_L	= Réactance inductive, en ohms
Z	= Impédance, en ohms
φ	= Angle de phase
μH	= Microhenry (1/1 000 000 de H)

FORMULES

$$e = E_{\max} \sin \varphi$$

$$I = E : X_L$$

$$L = (k\mu SN^2) : (10^8 \times l)$$

Bobines en série, non couplées:

$$L_T = L_1 + L_2 + L_3 + \dots$$

Bobines en parallèle, non couplées:

$$\frac{1}{L_T} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3} + \dots$$

Deux bobines en parallèle, non couplées:

$$L_T = \frac{L_1 + L_2}{L_1 \times L_2}$$

Deux bobines en série, couplées avec leurs champs magnétiques dans le même sens:

$$L_T = L_1 + L_2 + 2M$$

Deux bobines en parallèle, couplées avec leurs champs magnétiques en sens opposés:

$$L_T = L_1 + L_2 - 2M$$

$$L = \frac{r^2 N^2}{(228,6 \times r) \times (254 \times l)} \quad M = k \sqrt{L_1 \times L_2}$$

$$T = \frac{L}{R} \quad Q = \frac{X_L}{R}$$

$$X_L = 2\pi FL \quad X_L = \omega L \quad Z = \sqrt{R^2 + X_L^2} \quad \omega = 2\pi F$$

SYMBOLES SCHEMATIQUES



= Bobine B.F. sur circuit magnétique.



= Bobines pour B.F. sur circuit magnétique, couplées entre elles (transformateur)

QUESTIONS sur les LEÇONS N°s 28 et 29

N. 1 — Dans quel cas une tension auto-induite se produit-elle dans une bobine ?

N. 2 — Quelle influence exerce, sur le courant d'un circuit, une f.e.m. induite ?

N. 3 — De quoi dépend l'amplitude d'une f.e.m. induite ?

N. 4 — De quelle façon la self-induction d'un bobinage varie-t-elle si l'on modifie le nombre des tours d'un enroulement ?

N. 5 — Si une bobine ayant une self-induction de 40 henrys est couplée à une bobine de 200 henrys, le coefficient de couplage étant égal à 0,7, quelle sera l'induction mutuelle ?

N. 6 — Comment se comportent le courant et la tension dans un circuit purement inductif ?

N. 7 — Quelle est la réactance inductive d'une bobine de 10 henrys parcourue par un courant ayant une fréquence de 60 hertz ?

N. 8 — Quelle est l'impédance d'un circuit en série comprenant une réactance inductive de 60 ohms et une résistance ohmique de 35 ohms ?

N. 9 — Pour quelle raison aucune puissance n'est-elle dissipée dans une inductance pure ?

N. 10 — Si une résistance et une bobine sont placées en série et qu'une tension de 400 volts est appliquée aux bornes du circuit, sachant que la chute de tension aux bornes de la résistance est de 270 volts, calcule la valeur de IX_L ?

N. 11 — Quelle est la valeur en millihenrys et en microhenrys, d'une inductance de 0,05 henrys ?

N. 12 — Quel est le phénomène électrique qui s'oppose au passage d'un courant constant dans un circuit ?

N. 13 — Quel est le coefficient de self-induction d'une bobine dont la longueur est de 20 cm, le diamètre de 5 cm, le nombre de tours étant de 2 400 et la perméabilité égale à 1 ?

N. 14 — Quelle est la valeur du coefficient de couplage entre deux bobines si 30% du flux magnétique produit par la première atteint la seconde ?

N. 15 — Donner la formule de l'induction mutuelle entre deux bobines en fonction de la self-induction de chacune d'elles et du coefficient de couplage ?

N. 16 — Quelle est la self-induction totale, en henry, d'un circuit en série formé de trois bobines de 10 henrys, parfaitement blindées (c'est-à-dire non couplées) ?

N. 17 — Quelle est la self-induction totale d'un circuit en parallèle composé de trois bobines de 15 henrys chacune, parfaitement blindées (c'est-à-dire non couplées) ?

REPONSES aux QUESTIONS de la p. 211

N.1 — Un instrument permettant de mesurer la valeur, en ohms, en kilohms ou en mégohms, d'une résistance électrique.

N. 2 — Dans l'ohmmètre du type série, la résistance inconnue est placée en série avec l'instrument et, de ce fait, la variation minimum de l'aiguille indique la résistance la plus forte. Dans le type en parallèle, la résistance inconnue est placée en parallèle sur l'instrument et la plus grande valeur ohmique correspond à la déviation maximum de l'aiguille.

N. 3 — Pour permettre des mesures très étendues de résistance. Cela ne serait pas possible sur une échelle unique en raison de l'imprécision des lectures.

N. 4 — En augmentant l'intensité du courant passant dans le circuit.

N. 5 — En augmentant la tension fournie par la pile d'alimentation de l'instrument ou en augmentant la sensibilité de celui-ci.

N. 6 — En multipliant les chiffres indiqués par l'aiguille, par un facteur de multiplication dépendant de l'échelle choisie.

N. 7 — Parce que le vieillissement de la pile et les inévitables variations de constantes dues aux changements de température, font varier l'intensité du courant passant dans l'instrument, lorsque que les pointes de touche sont mise directement en contact entre elles.

N. 8 — On doit s'assurer qu'aucune tension n'existe aux bornes des composants à mesurer.

N. 9 — Parce que dans le cas contraire, la pile déchargerait de façon continue et se déchargerait rapidement.

N. 10 — Un instrument pouvant servir à faire diverses mesures.

N. 11 — Deux: par contacteur ou au moyen de douilles séparées.

N. 12 — En ampèremètre, car la résistance des contacts du contacteur peut entraîner des erreurs de mesure.

N. 13 — On devra lire sur le calibre 500 volts.

N. 14 — Sur le calibre le plus élevé; on pourra, ensuite, choisir le calibre donnant la lecture la plus précise, sans danger pour le galvanomètre.

N. 15 — En ajoutant une résistance additionnelle extérieure, calculée au moyen du facteur ohms/volt de l'instrument.

N. 16 — Parce que l'on risque de tordre l'aiguille et de griller la bobine mobile.

N. 17 — Il n'est pas possible de le mesurer, mais on peut le contrôler. En effet, en utilisant l'ohmmètre sur son calibre le plus élevé, la valeur ohmique, en fin d'échelle, est de l'ordre de plusieurs mégohms; si, dans ce cas la déviation de l'aiguille est totale, cela indique que l'isolement est bon. Mais il n'est pas, cependant, possible de déterminer à quelle tension se produira le claquage de l'isolant.

N. 18 — Il doit pouvoir mesurer: 1) les tensions et les courants continus; 2) les tensions alternatives; 3) les résistances.

TABEAU 41 - ABAQUE DONNANT LES RELATIONS RECIPROQUES ENTRE COEFFICIENT DE SELF-INDUCTION REACTANCE INDUCTIVE ET FREQUENCE

Les trois abaques suivants, sont d'une très grande utilité pratique en ce qu'ils permettent de calculer rapidement, sans aucune formule, le coefficient de self-induction, la réactance inductive ou la fréquence de résonance d'une bobine, si l'on connaît deux quelconques de ces facteurs.

Ces abaques sont établis pour toutes les valeurs comprises entre 0,002 microhenry et 2 000 henrys, entre 0,01 ohm et 10 mégohms et enfin, entre 1 hertz et 1 000 mégahertz.

Pour plus de clarté, un exemple d'utilisation est donné pour chacun d'eux. L'inconnue sera lue à l'intersection de la droite et de l'échelle correspondante. Ainsi que nous l'avons appris dans les leçons précédentes, la réactance d'une bobine est donnée par la formule:

$$X_L = 2 \pi F L$$

d'où l'on peut tirer:

$$L = \frac{X_L}{2 \pi F} \quad \text{ou} \quad F = \frac{X_L}{2 \pi L}$$

Prenons l'exemple indiqué sur le premier abaque. Supposons que nous devons calculer la réactance inductive, en Ω , d'une bobine dont le coefficient de self-induction est égal à 0,02 μH (fréquence de 78 MHz).

En appliquant la première formule indiquée plus haut, nous aurons:

$$X_L = 2 \times 3,14 \times 78\,000\,000 \times 0,00000002 = 9,79 \text{ ohms}$$

Si nous traçons sur notre abaque (premier exemple) la droite unissant la valeur 0,02 μH à 78 MHz, nous trouvons sur l'échelle des réactances, la valeur 10 qui correspond, avec une approximation suffisante à celle obtenue par le calcul.

Deuxième exemple, si nous devons calculer le coefficient de self-induction d'une bobine dont la réactance a une valeur de 2 000 ohms, à une fréquence de 10 kHz, nous nous servirons du deuxième abaque sur lequel nous tracerons une droite réunissant les deux valeurs connues, sur leurs échelles respectives; le point d'intersection de cette droite avec l'échelle de gauche nous donnera immédiatement la valeur cherchée, soit 30 mH.

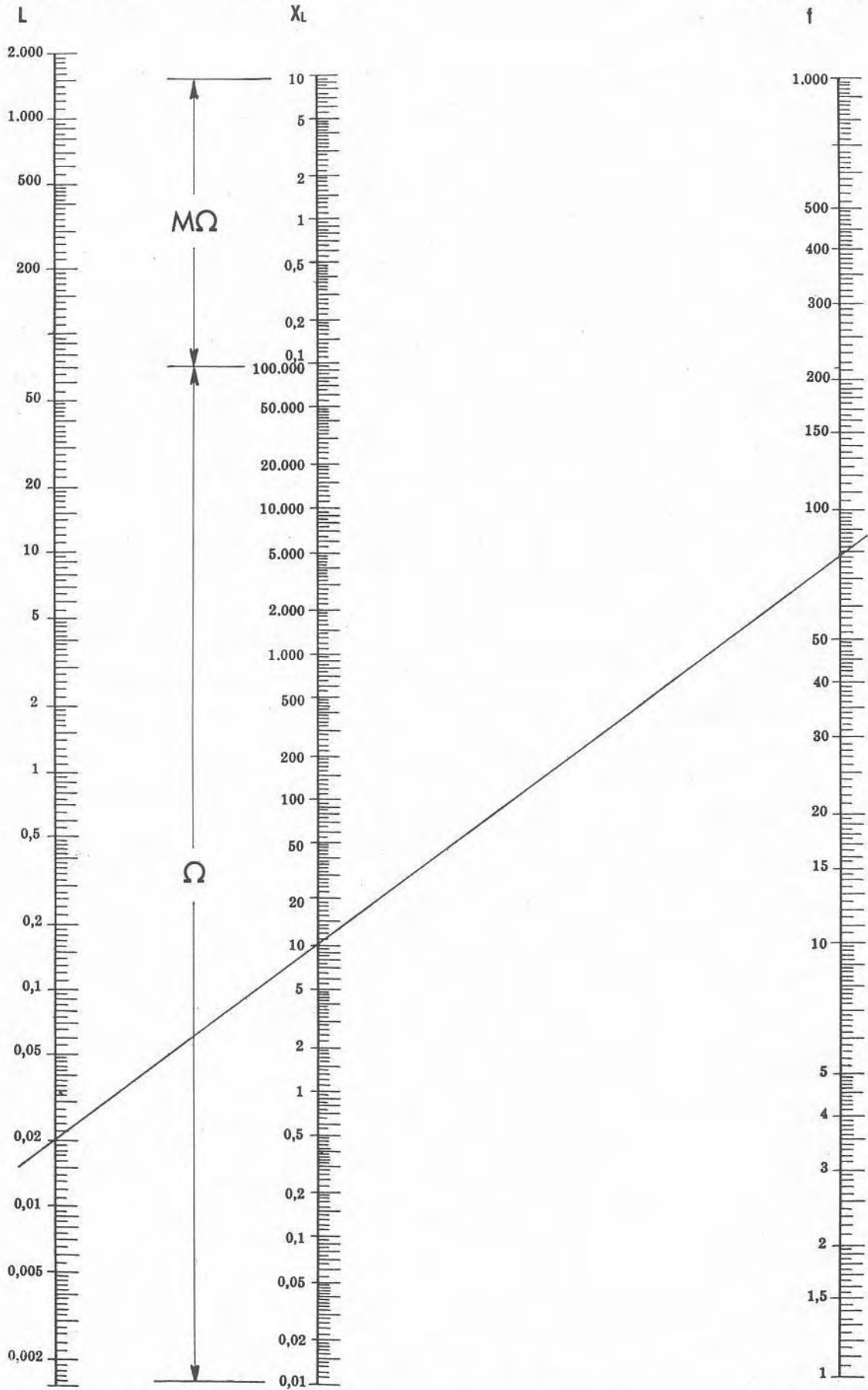
Troisième exemple. Si nous devons trouver la fréquence pour laquelle une bobine ayant un coefficient de self-induction de 2,08 H, présente une réactance de 650 ohms, nous choisirons le troisième abaque, sur lequel nous tracerons une droite réunissant les points correspondants aux valeurs ci-dessus et le point d'intersection de cette droite avec l'échelle de gauche nous indiquera la fréquence cherchée qui est 50 Hz.

Il est bien évident que l'application des formules donne des résultats plus précis que ceux fournis par les abaques; toutefois, pour les besoins de la pratique, les valeurs obtenues par la méthode graphique seront considérés comme très suffisants. Pour la clarté de l'exposé nous avons pris un exemple différent sur chaque, mais il est bien évident que chacun d'eux se prête indifféremment aux trois types de calculs.

INDUCTANCE

REACTANCE

FREQUENCE



MICROHENRYS

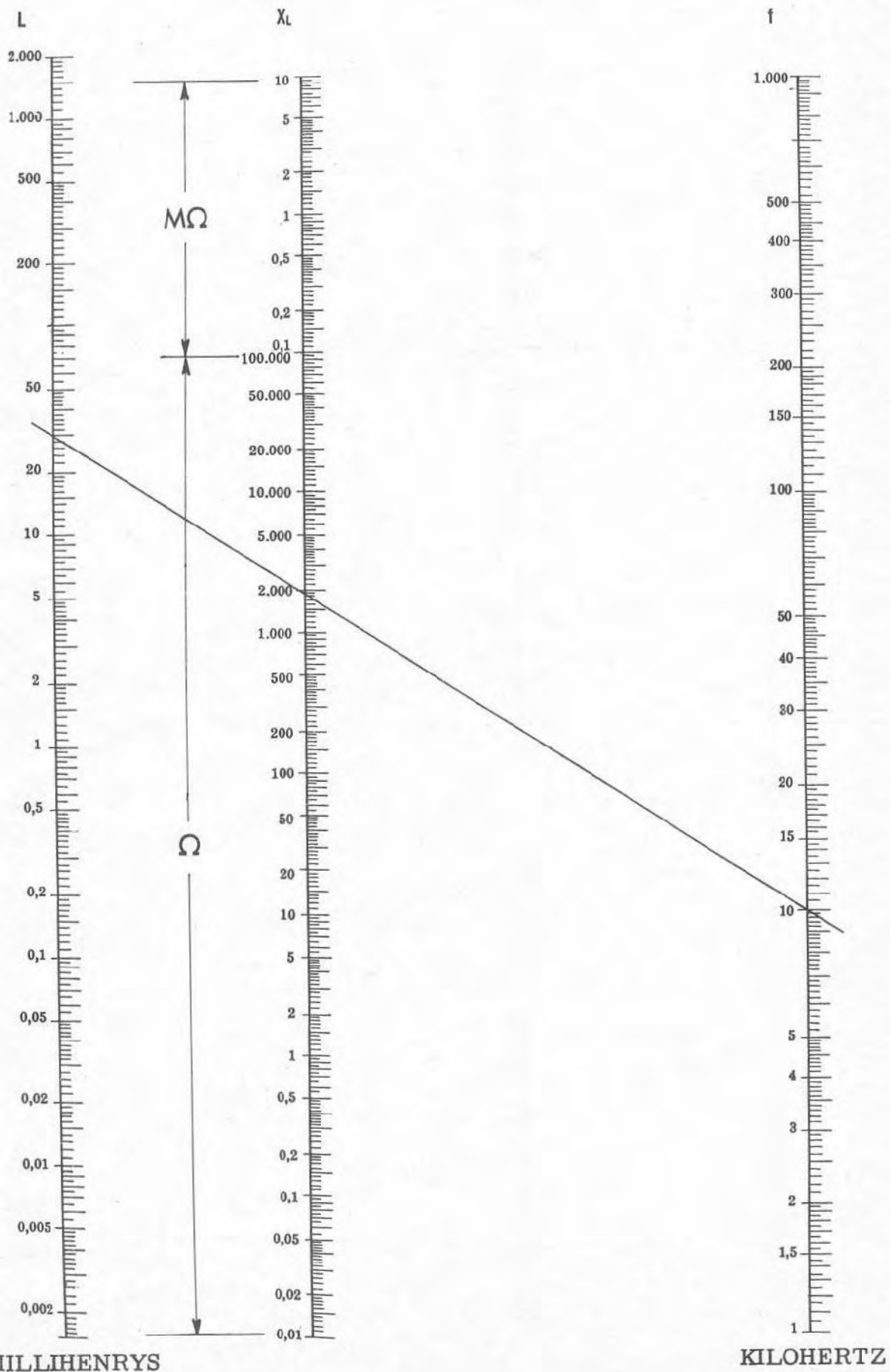
MEGAHERTZ

De 2 000 microhenrys (0,002 millihenry) à 2 000 millihenrys

INDUCTANCE

REACTANCE

FREQUENCE



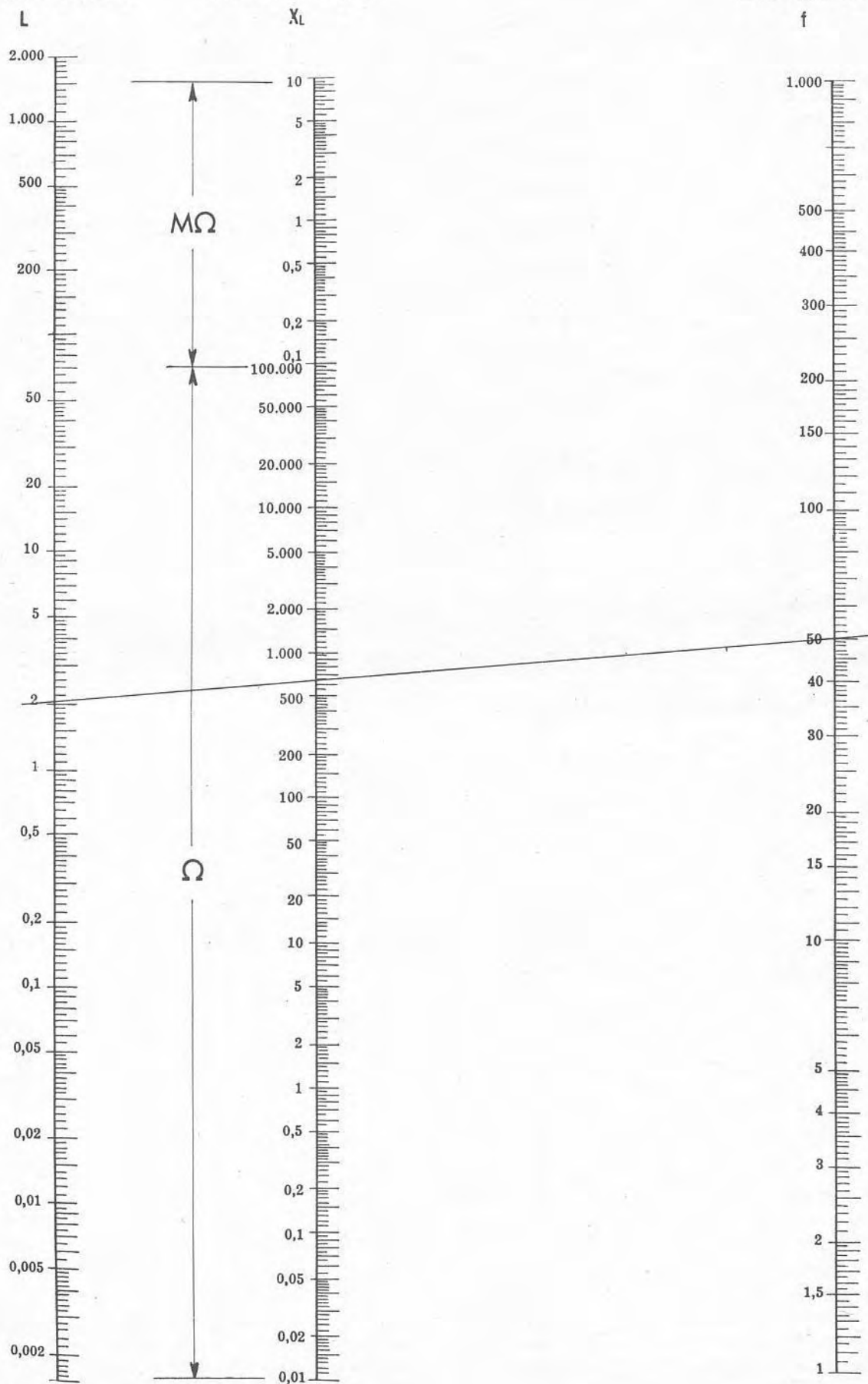
MILLIHENRYS

KILOHERTZ

INDUCTANCE

REACTANCE

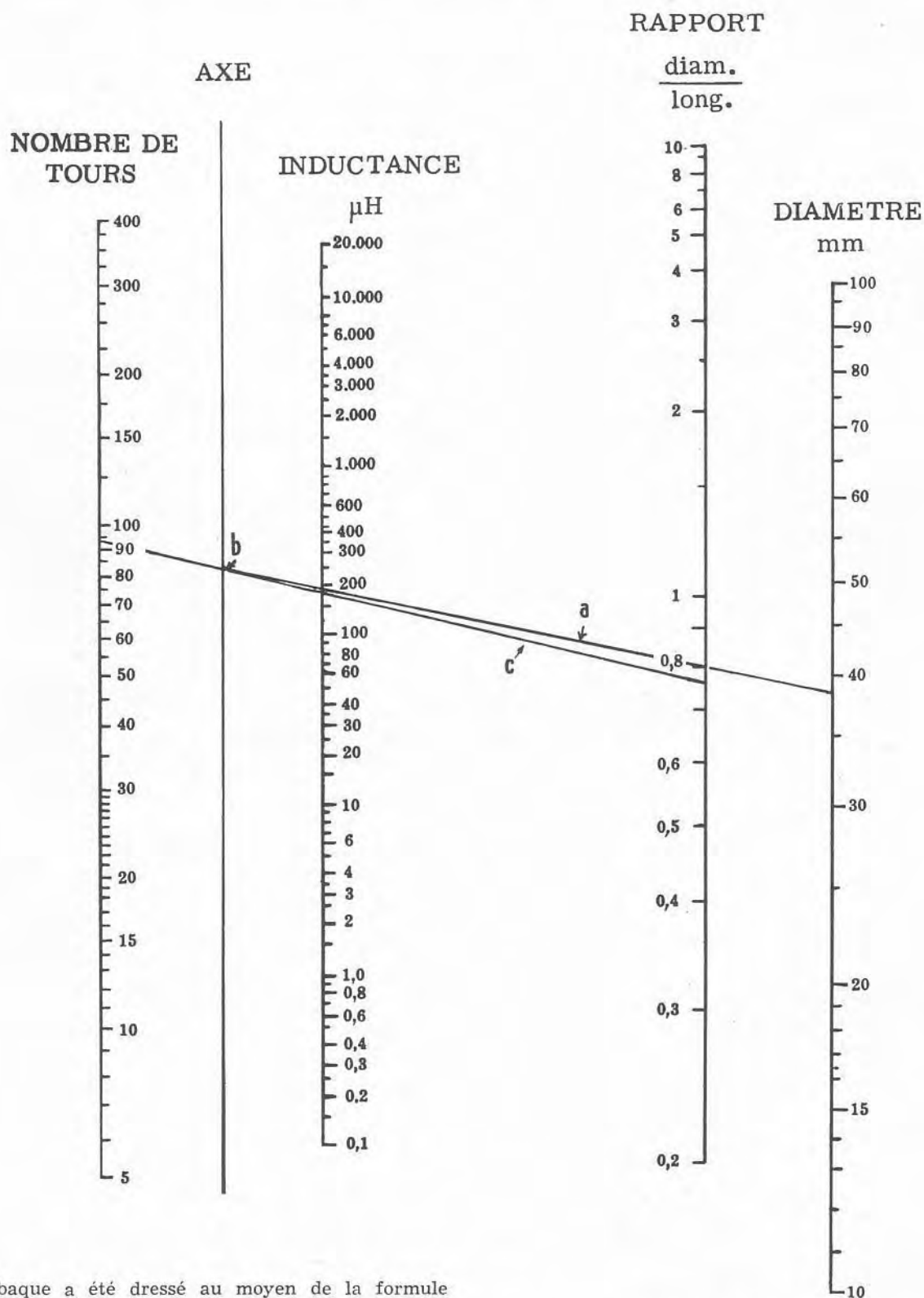
FREQUENCY



HENRYS

HERTZ

ABaque POUR LE CALCUL RAPIDE DES BOBINAGES CYLINDRIQUES A UNE SEULE COUCHE



Cet abaque a été dressé au moyen de la formule donnée dans la leçon précédente; il est d'un emploi très facile. L'exemple donné se rapporte au calcul effectué à la page 230.

Du point correspondant au diamètre (38 mm), on trace une droite (a) passant par le point correspondant à 185 μH sur l'échelle self-induction, ce qui nous donne le point **b** sur l'axe de référence. De ce point, nous traçons une deuxième droite (c) jusqu'en un point de l'échelle rapport *diam./long.* correspondant à la valeur 38 : 50; soit de 0.76. En prolongeant cette droi-

te (c) vers la gauche, elle coupe l'échelle *nombre de tours* au point 93, qui correspond au nombre de tours que devra comporter notre bobine.

Ce graphique est réversible et il sera possible, connaissant les dimensions de la bobine et le nombre de tours, de connaître la valeur de la self-induction en procédant à l'inverse de ce que nous avons fait plus haut. La section du fil à utiliser est donnée par le tableau publié à la page 232.

Notre REVUE 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 18 1/2 pages de texte, figures ou tableaux, dans lesquelles seront traités, entre autres sujets:

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

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

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

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

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

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

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



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



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



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

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