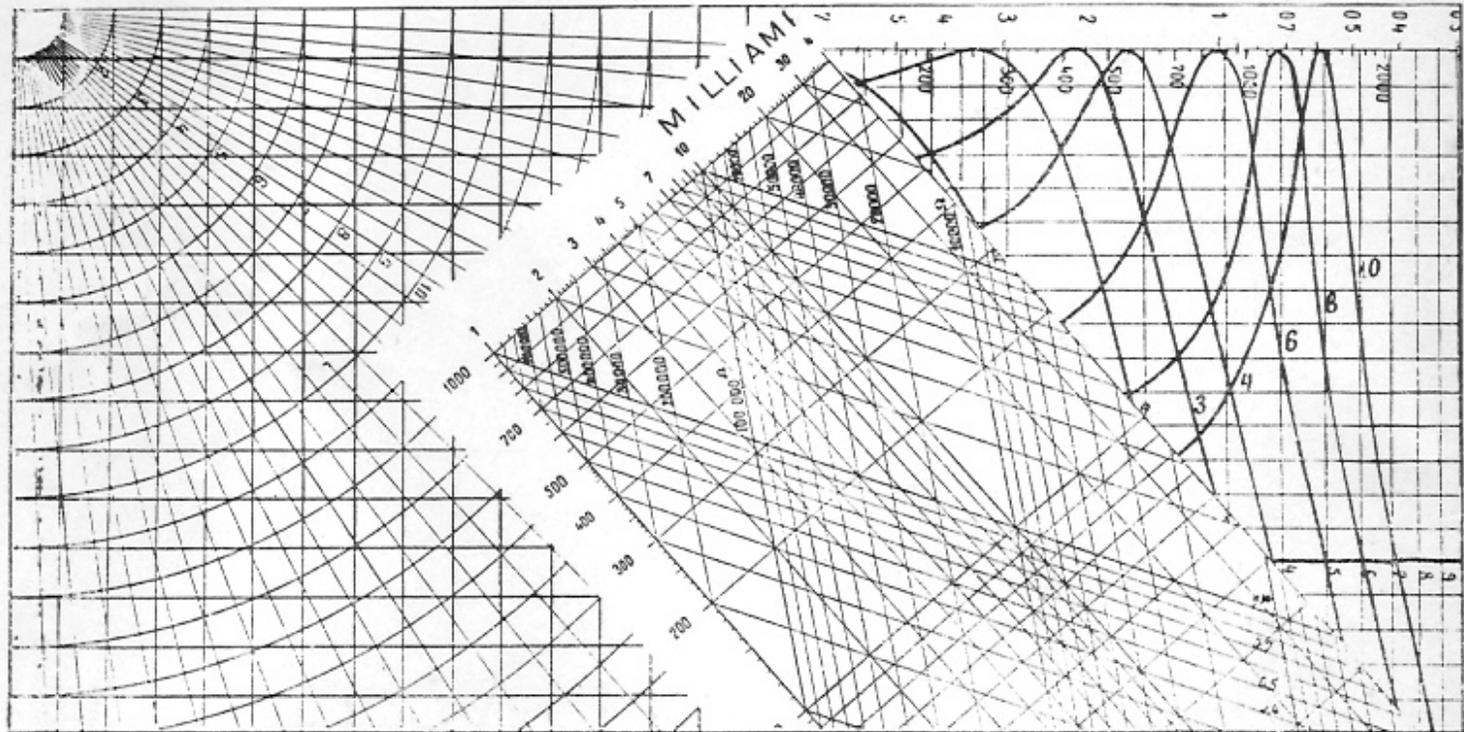


ABACQUES



COURS DE RADIO PAR CORRESPONDANCE

Abaques 1
-Groupe 4-

COURS DE RADIO
EURELEC

LE CALCUL GRAPHIQUE RAPIDE

Dans plusieurs occasions, les calculs numériques relatifs à des formules mathématiques déterminées peuvent être exécutés de façon graphique, c'est-à-dire par des transformations géométriques simples à la portée de tous.

De même que l'ingénieur ou le géomètre emploient pour leurs projets une REGLE A CALCUL, le radiotechnicien peut se servir pendant son travail d'abaques qui simplifient notablement ses calculs.

Peut-être pour le moment, ne voyez-vous pas l'intérêt que peut vous rendre la pratique des abaques, parce que votre préparation en est encore au début mais au fur et à mesure de l'étude, vous vous apercevrez de leur utilité.

Je vous présenterai dans cette leçon un premier aperçu sur les abaques qui, d'une façon générale, résolvent les problèmes numériques qui se présentent le plus fréquemment en radioélectricité.

Tout d'abord il vous faudra apprendre à bien lire les ECHELLES pour ne pas faire de fautes dans l'emploi des abaqués. Commencez par vérifier le nombre de divisions entre les deux valeurs numériques repérées.

Si, par exemple, entre 700 et 1.000 du graphique de la Fig. 1-, il y a deux grands traits, séparés à leur tour par 9 petits traits plus petits, aux premiers correspondent les centaines (c'est-à-dire 800, 900) cependant qu'aux traits plus petits correspondent les dizaines.

Un autre exemple : entre les valeurs 0,15 et 0,20 (graphique b) repérées par des traits longs, sont disposés 4 petits traits de moyenne longueur séparés eux-mêmes par d'autres traits plus petits.

Evidemment les traits de longueur moyenne correspondent aux centièmes et ceux de longueur plus petite aux valeurs intermédiaires (ici aux demi-centièmes).

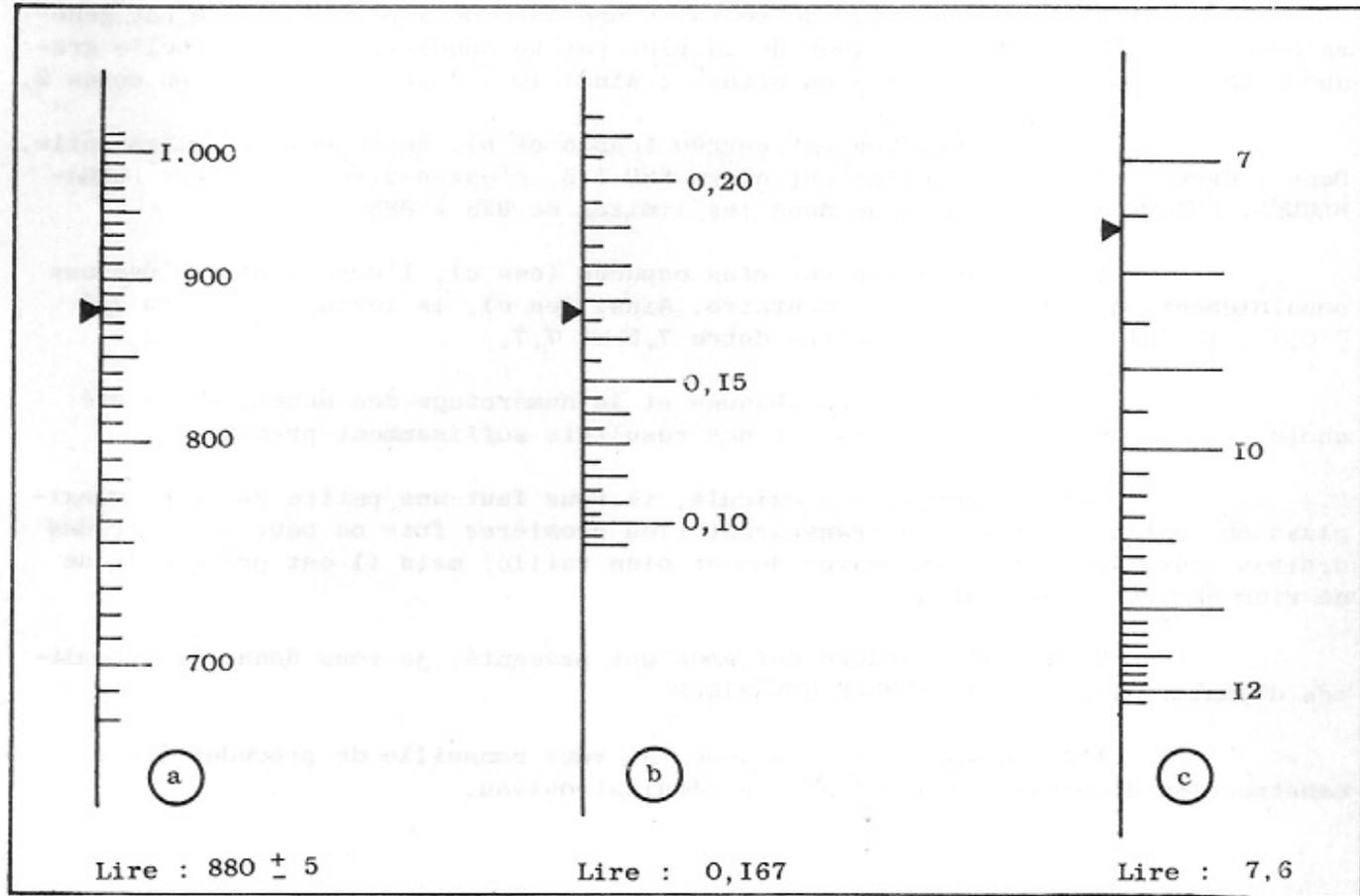
Un dernier exemple : entre 10 et 7 (graphique c), il y a deux traits longs (à côté des nombres 10 et 7), et trois courts. Les premiers correspondent aux valeurs 9 et 8 ; les autres à : 9,5 ; 8,5 ; 7,5.

Dans la figure explicative sont indiqués par un triangle noir, trois cas de LECTURE pris comme exemple.

Il est clair que le résultat ne peut pas être absolument rigoureux.

L'imprécision de lecture correspond à une ERREUR PROBABLE admise.

- Fig. 1 -



Il est très utile de se faire une idée de l'erreur : elle est généralement plus petite que la valeur de la plus petite subdivision de l'échelle graduée. Le signe " \pm " se lit "plus ou moins" ; ainsi 10 ± 2 se lit 10 plus ou moins 2.

Si la graduation est serrée (cas a et b), cette valeur est garantie. Dans l'exemple (a), le résultat est alors 880 ± 5 , c'est-à-dire une valeur PROBABLEMENT EXACTE qui est contenue dans les limites de 875 à 885.

Si la graduation est plus espacée (cas c), l'erreur peut s'évaluer sensiblement, à l'intervalle élémentaire. Ainsi (en c), la lecture fournira $7,6 \pm 0,1$; la valeur exacte s'établira entre 7,5 et 7,7.

Les dimensions des abaques et le numérotage des échelles ont été choisis dans chaque cas pour fournir des résultats suffisamment précis.

Pour effectuer vos calculs, il vous faut une petite règle en plexiglass ou tout autre matériau transparent (les premières fois on peut dessiner des droites très fines, avec un crayon dur et bien taillé, mais il est préférable de ne rien écrire sur les abaques).

Pour chaque abaque qui vous est présenté, je vous donne les modalités d'emploi ainsi qu'un EXEMPLE NUMERIQUE.

Avant d'employer un abaque, je vous conseille de procéder à une construction d'essais, en vérifiant le résultat obtenu.

Ceci est nécessaire pour ne pas courir le risque de rendre complètement faux une série de résultats par suite d'une mauvaise interprétation du procédé à suivre.

- Explications et exemples sur l'emploi des abaqués -

ABAQUE 1- (Tableau hors texte N°1)

LOI D'OHM

Cet abaque est d'emploi très courant et sert à trouver sans calcul les valeurs de la loi d'Ohm, c'est-à-dire les tensions, courants, résistances, lorsque deux d'entre elles sont connues.

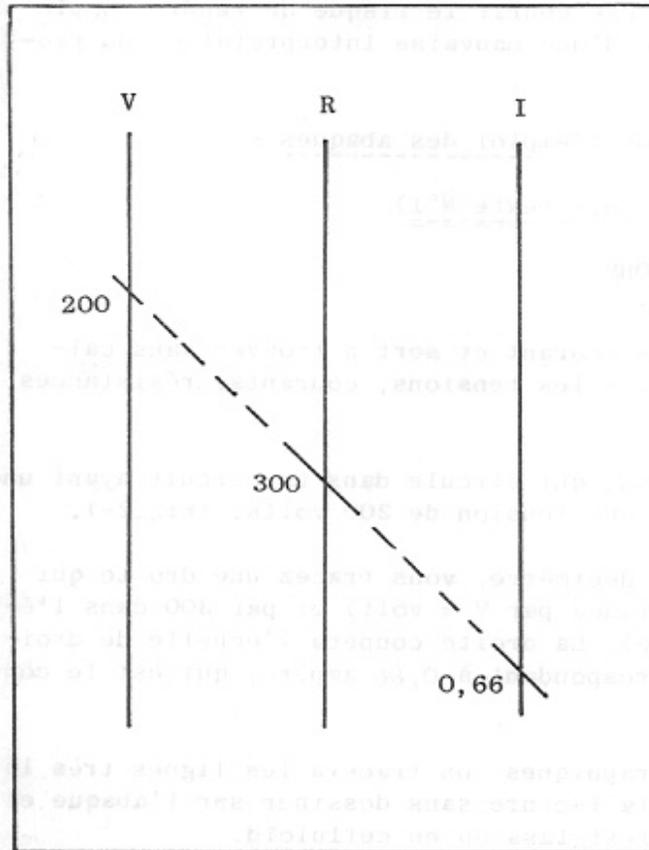
Exemple 1 : Trouvez le courant qui circule dans un circuit ayant une résistance de 300 ohms sous une tension de 200 volts. (Fig.2-).

Avec une règle ou un double-décimètre, vous tracez une droite qui passe par 200 dans l'échelle de gauche (indiquée par V = volt) et par 300 dans l'échelle centrale (indiquée par R = résistance). La droite coupera l'échelle de droite (indiquée par I = courant), au point correspondant à 0,66 ampère, qui est le courant cherché.

Avertissement : Pour ne pas gaspiller les graphiques, on tracera les lignes très légèrement, ou mieux on fera la lecture sans dessiner sur l'abaque et en utilisant une règle en plexiglass ou en celluloïd.

6

Abaque 1



- Fig. 2 -

Exemple 2 : Trouvez la résistance que doit avoir un circuit soumis à la tension de 20 volts pour que passe un courant de 2mA.

Dessinez la droite qui passe par 20 sur la première échelle "V" et 2 mA sur l'échelle "I". La droite coupe l'échelle centrale "R" à 10.000 ohms qui est la résistance cherchée.

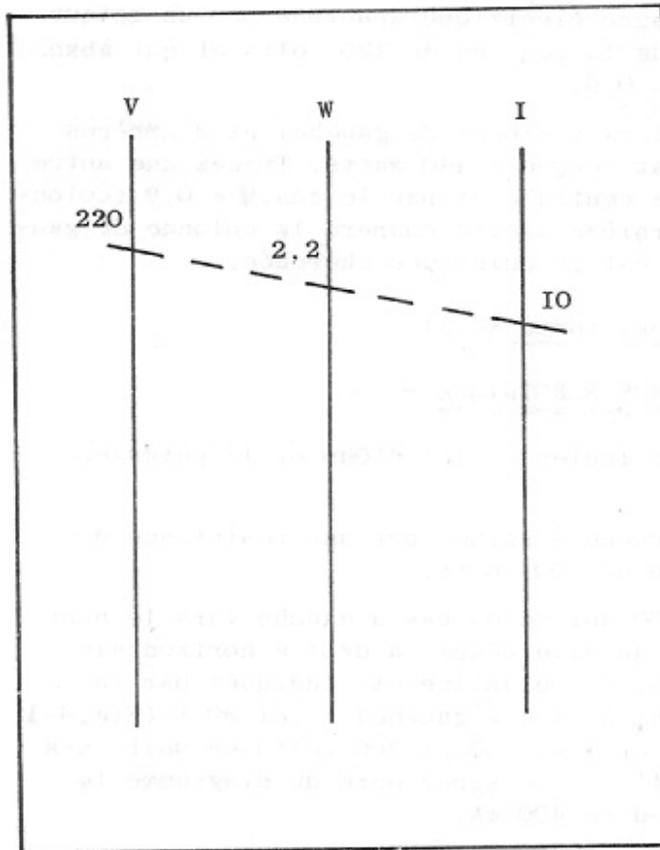
Exemple 3 : Trouvez quelle tension doit être appliquée, à un circuit de résistance 5.000 ohms, pour qu'il passe un courant de 15 mA.

Tracez la droite joignant 15 mA de l'échelle "I" et 5.000 de l'échelle "R".

En prolongeant la droite elle coupera "V" à la tension 75 volts qui est la valeur cherchée.

Abaques 1

7-



ABAQUE 2- (Tableau hors texte N° 2)

- PUISSANCE ELECTRIQUE -

Cet abaque sert à trouver la puissance électrique ohmique :

$$W = V \times I$$

et la puissance électrique sur les lignes à courant alternatif :

$$W = V \times I \cos.\varphi$$

Exemple 4 : Quelle est la puissance absorbée par un radiateur électrique qui, sous la tension de 220 volts, consomme 10 ampères.

Dessinez la droite entre 10 ampères (colonne de droite et numérotage externe) et 220 volts (colonne de gauche). La droite coupera la colonne centrale à 2,2 kW, c'est-à-dire 2.200 W, puissance absorbée par le radiateur (Fig. 3-).

- Fig. 3 -

8-

Abaques 1

Exemple 5 : Trouvez la puissance électrique absorbée par un moteur électrique qui fonctionne sous la tension de 220 volts et qui absorbe 2 ampères avec un $\cos. \varphi = 0,9$.

Tracez la droite entre 220 Volts (colonne de gauche) et 2 ampères (colonne de droite) : la colonne centrale est coupée à 440 watts. Tracez une autre droite qui passe par 440 watts de la colonne centrale et par le $\cos. \varphi = 0,9$ (colonne de droite, numérotage interne) : cette dernière droite coupera la colonne de gauche (W colonne interne) sur 396 (400) W qui est la puissance cherchée.

ABAQUE 3- (Tableau hors texte N° 3)

- LOI D'OHM ET PUISSANCE ELECTRIQUE -

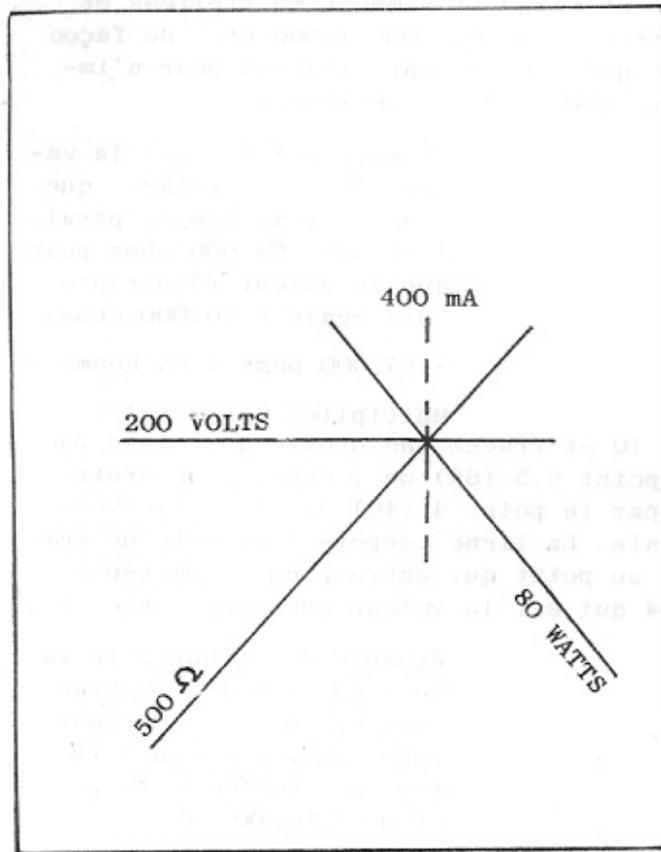
Cet abaque est employé pour calculer la loi d'Ohm et la puissance électrique.

Exemple 6 : Calculez la puissance dissipée par une résistance de 500 ohms soumise à la tension de 200 volts.

Cherchez la droite marquée 500 qui va du bas à gauche vers le haut à droite. Suivez-la vers le haut jusqu'à ce qu'elle coupe la droite horizontale 200 volts (numérotage à droite du graphique). La puissance est indiquée par la droite orientée dans le sens contraire (c'est-à-dire à gauche) : ici 80 W (Fig. 4-). Si au contraire du point d'intersection des droites 500 et 200 volts on suit vers le haut la droite verticale, on trouve sur l'échelle supérieure du diagramme le courant qui traverse la résistance, c'est-à-dire 400 mA.

Abaque 1

9-



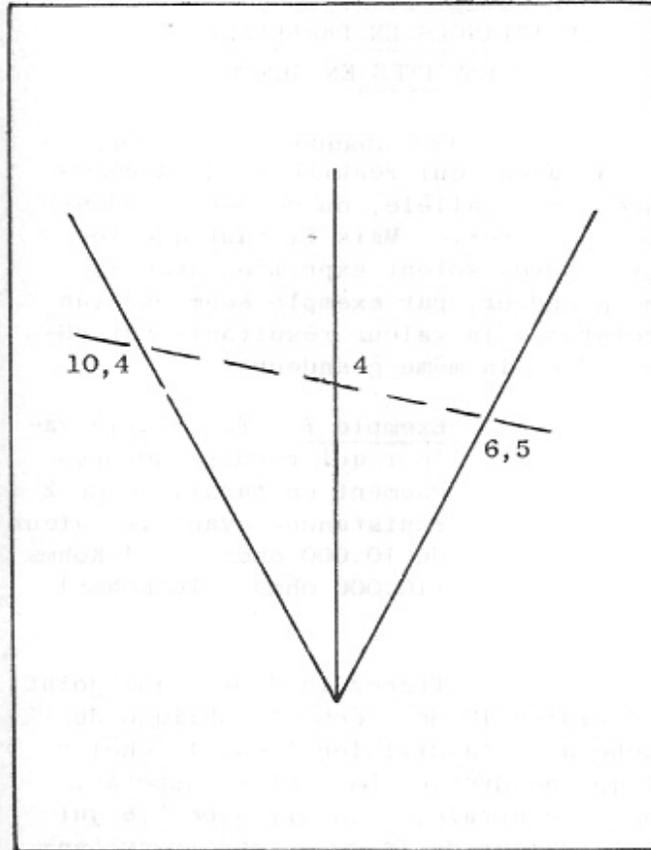
- Fig. 4 -

ABAQUE 4- (Tableau hors texte N°4)
RESISTANCES EN PARALLELE ET
CAPACITES EN SERIE

Cet abaque sert à trouver la valeur qui résulte de deux résistances en parallèle, ou de deux condensateurs en série. Mais il faut que les deux mesures soient exprimées avec la même grandeur, par exemple Kohm ou bien picofarad : la valeur résultante est obtenue dans la même grandeur.

Exemple 7 : Trouvez la valeur qui résulte du branchement en parallèle de 2 résistances ayant la valeur de 10.000 ohms et 14 Kohms (10.000 ohms = 10 Kohms)

Tracez la droite qui joint la division 10 de l'échelle oblique de gauche avec la division 14 de l'échelle oblique de droite. La droite coupera l'échelle centrale, à la division 5,8 qui est la valeur de la résistance résultante exprimée en Kohm.



- Fig. 5 -

Les trois échelles peuvent être indifféremment multipliées et divisées par 10, 100, 1.000 etc. de façon à ce qu'elles soient valables pour n'importe quelle unité de mesure.

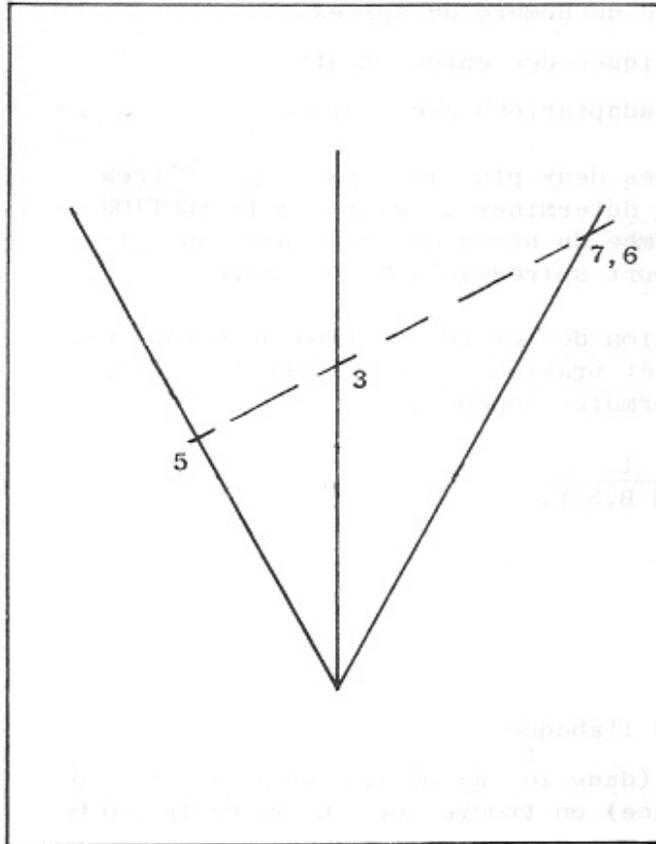
Exemple 8 : Trouvez la valeur de la résistance que l'on doit mettre en parallèle avec 65.000 ohms pour que la valeur résultante soit égale à 40.000 ohms.

- 65.000 ohms = 65 Kohms -

Multipliez les échelles par 10 et tracez une droite qui passe par le point 6,5 (65) de l'échelle de droite et par le point 4 (40) de l'échelle verticale. La ligne coupera l'échelle de gauche au point qui correspond à 104 (soit 10,4 qui est la valeur cherchée : Fig. 5-).

Exemple 9 : Trouvez la valeur qui résulte du branchement en série de deux condensateurs respectivement de 50.000 picofarads et de 100.000 pF

Abaques 1



- Fig. 6 -

Multipliez les échelles par 10.000, tracez la droite qui passe par 50.000 (5) sur l'échelle inclinée de gauche et par 100.000 (10) sur l'échelle de droite. L'échelle centrale sera coupée à la division 33 : la valeur résultante est donc 33.000 picofarads.

Exemple 10 : Trouvez la valeur du condensateur que l'on doit brancher en série avec un condensateur de 50 pF, pour que la valeur résultante soit de 30 pF (Fig.6-).

Divisez l'échelle par 10, tracez la droite qui passe par 5 sur l'échelle de gauche et par 3 sur l'échelle centrale. L'échelle de droite sera coupée au point 7,6 qui, multiplié par 10, donnera la valeur cherchée c'est-à-dire 76 pF.

ABAQUE 5- (Tableau hors texte N° 5)

- TRANSFORMATEURS D'ALIMENTATION : NOYAU -

Le calcul des transformateurs d'alimentation se détermine par étapes successives qui sont :

1)- Calcul des dimensions du noyau de fer.

- 2)- Détermination approximative du nombre de spires.
- 3)- Définition des caractéristiques des enroulements.
- 4)- Calcul de vérification et adaptations éventuelles.

Dans l'abaque N° 5 on trouve les deux plus importants paramètres utilisés dès la première étape du calcul pour déterminer le choix de la SECTION DU NOYAU, c'est-à-dire de la section de la jambe du noyau entourée par les spires de fil de cuivre, ainsi que celui du rapport spires/volt du primaire.

Alors que le calcul de la section de fer (ou section du noyau) est empirique parce que des facteurs économiques et pratiques interviennent, le rapport spires/volt est lié à la première des formules connues.

$$n = \frac{1}{4,44 B.S.F.}$$

B = induction en $\frac{W_b}{m^2}$

S = section en m^2

f = fréquence en Hz.

Voici comment on doit employer l'abaque :

Sur l'échelle de la puissance (dans le cas où les secondaires sont plusieurs, il faut additionner chaque puissance) on trouve tout de suite le poids du noyau en kilo.

En raccordant ce point au centre de la colonne centrale (indiquée par un petit cercle qui correspond à $1,0 \text{ Wb/m}^2$ ou bien à 100 Hz), on coupera l'échelle de gauche en un point qui donnera la valeur de la section nette "S" de fer en cm^2 (graduation extérieure).

En raccordant "S" avec "B" (colonne centrale, échelle de gauche), on coupe la colonne de droite en un certain point, qui aligné avec "f" (colonne centrale, échelle de droite) fournit la valeur SPIRES/VOLT.

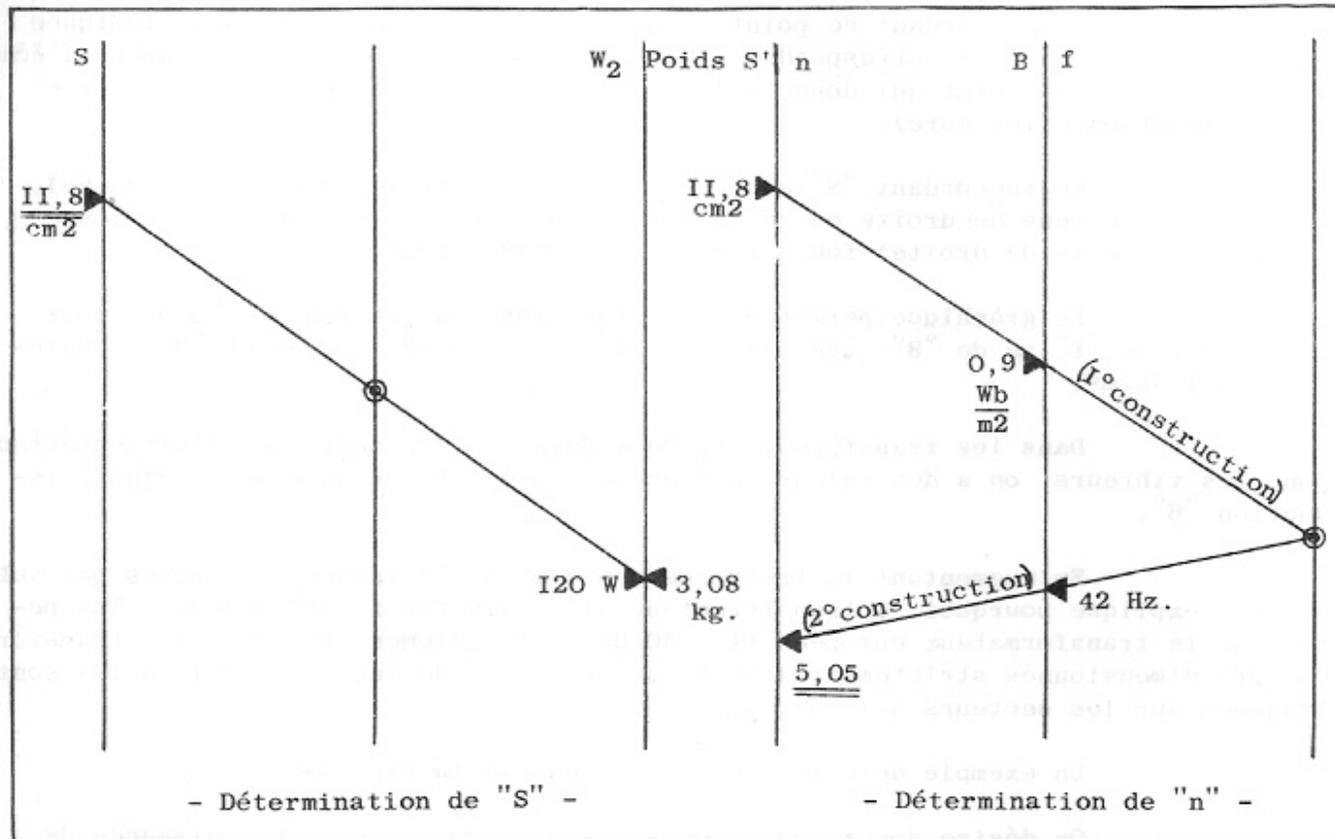
Le graphique permet de calculer ainsi la section pour une valeur quelconque de "f" ou de "B" ; en pratique "f" varie de 42 à 60 Hz et "B" se maintient à 1 Wb/m^2 .

Dans les transformateurs de modulation, de sortie et d'alimentation pour les vibreurs, on a des valeurs différentes pour "f" et on descend dans l'induction "B".

En augmentant la fréquence, on diminue la valeur des spires par volt et ceci explique pourquoi le transformateur américain (où $f = 60 \text{ Hz}$) est plus petit que le transformateur européen ($f = 50 \text{ Hz}$), et également pourquoi les transformateurs dimensionnés strictement à 50 Hz s'échauffent de façon anormale s'ils sont branchés sur les secteurs à 40 Hz.

Un exemple de calcul est représenté à la Fig. 7-.

On désire donner des dimensions à un noyau pour une puissance de 120 W secondaires à 42 Hz, en ayant $B = 0,9 \text{ Wb/m}^2$.



- Fig. 7 -

Abaques 1

15-

Le noyau aura une section de 11,8 cm² nets, mais puisque toute la section n'est pas entièrement en fer, (il y a les entrefers d'air et d'isolants entre une lamelle et l'autre), il est utile d'augmenter de 5 à 10% cette valeur. Nous choisirons :

$$S' = 12,5 \text{ cm}^2.$$

Le poids du noyau sera d'environ 3,100 Kg. (en réalité, avec l'augmentation précédente 3,500 Kg. brut).

On en tire donc avec une deuxième construction géométrique :

$$n = 5,05 \text{ spires/volt.}$$

En fait, dans la majorité des cas, on calcule $B = 1 \text{ Wb/m}^2$ et $f = 50 \text{ Hz}$ pour que la formule qui fournit "n" devienne :

$$n = \frac{1}{4,44 \times l \times S \times 10^{-4} \times 50} = \frac{45}{S}$$

Le nombre de spires/volt est obtenu avec la plus grande simplicité en divisant le nombre fixe 45 par la section nette exprimée en cm².

Par exemple, un transformateur ayant 10 cm² de fer net (égal à peu près à 11 cm² de section brute, c'est-à-dire mesurée effectivement) demande "45 : 10", soit 4,5 spires primaires pour chaque volt.

S'il est prévu sur le 220 volts il faudrait alors $4,5 \times 220 = 990$ spires.

ABAQUE 6- (Tableau hors texte N°6)SECTION DES FILS DANS LES TRANSFORMATEURS

Ayant déterminé avec l'abaque précédent N°5 les spires primaires, on passe immédiatement au calcul des spires secondaires en multipliant la tension que l'on doit obtenir sur les différents secondaires par le rapport spires/volt.

Mais il est nécessaire d'AUGMENTER LÉGEREMENT le résultat pour tenir compte des chutes ohmiques aux primaires et aux secondaires.

Pour les enroulements de basse tension et de chauffage des lampes il est plus que suffisant d'augmenter de 5% le nombre des spires ; pour la haute tension, il faudrait prendre en considération la section de fil, le type de redresseur employé et le courant moyen produit. Cependant on s'approche suffisamment de la vérité en augmentant de :

- 3% les gros enroulements de 200 à 300 mA
- 5 à 6 et même 7% les enroulements plus petits.

Par exemple : un transformateur avec le secondaire de 270 + 270 volts à 80 mA et 6,3 V/2,5 A aura (lorsque $N = 5,5$) :

- 1.570 + 1.570 spires pour la HT
- 36 spires pour la BT.

Alors que le calcul rigoureux du nombre de spires nécessaire pour obtenir une tension déterminée est relativement difficile, il est au contraire facile en pratique d'avoir des résultats satisfaisants, en se bornant aux simples augmentations de pourcentages indiquées.

Maintenant il s'agit de déterminer LA SECTION DES CONDUCTEURS de cuivre utilisés.

Pratiquement, on respecte une certaine densité de courant en ampères/mm², et à chaque diamètre correspond un certain courant maximum. Le courant maximum dépend aussi dans une certaine mesure des dimensions du transformateur parce que plus il est grand, plus il est difficile de le refroidir, et il faut réduire la résistance des enroulements pour limiter la dissipation ohmique.

C'est d'après ces règles qu'est tracé l'abaque N° 6 qui permet de trouver le courant maximum pour un conducteur de cuivre d'un diamètre donné (mesuré soit en mm., soit en mesures anglaises ou américaines).

En effet, l'abaque est double ; le premier est très simple et relie le diamètre d'un fil en mm., avec le calibre américain (colonne centrale, respectivement échelles de droite et de gauche) ou bien le diamètre en mm. et le calibre anglais (colonne de droite).

Exemples :

a) A combien de mm. correspond le fil N° 18 "B & S" ?

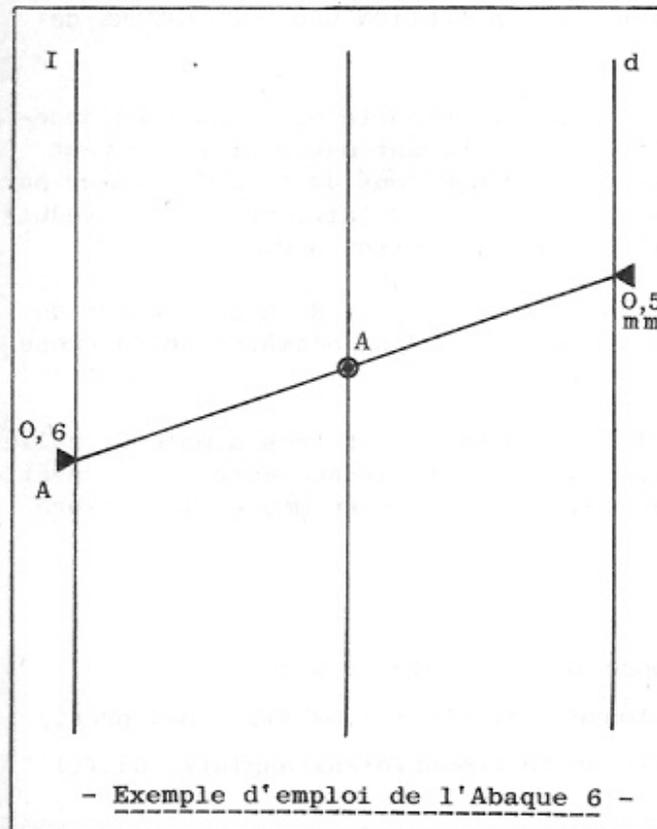
En employant la seule colonne centrale : 1,02 mm. à peu près.

b) Comment indique-t-on, suivant les techniciens anglais, un fil de 0,25 mm. ?

Avec la référence 33 S.W.G.

18-

Abaque 1



- Fig. 8 -

Le deuxième abaque est constitué par les deux colonnes latérales et deux points "A", "B" situés à la partie centrale (il faudrait sur la colonne centrale, mais cela n'a pas de significations spéciales).

En raccordant le point de la colonne droite correspondant au diamètre choisi avec "A" ou avec "B", on obtient une droite qui coupe la colonne de gauche en un point indiquant le courant admissible.

Si l'on emploie le point "A", on admet une densité de courant de 3 A/mm^2 : c'est le cas des transformateurs petits ou moyens.

Avec le point "B" le courant est au contraire déterminé à $2,5 \text{ A/mm}^2$ ce qui est recommandé pour les gros transformateurs ou pour les appareils professionnels.

Exemples : (Fig. 8-)

a) Un conducteur d'un diamètre de 0,5 mm. supporte 0,6 A = 600 mA dans le cas le plus courant (employez le point "A"), ou bien 0,46 A = 460 mA dans le cas de fonctionnement poussé (employez le point "B").

b) Au contraire, si l'on veut un conducteur pour le circuit d'un tube 5Y3, (courant du filament 2 Amp.), il faut un fil de 0,9 mm. (exceptionnellement de 1mm.).

Il est clair que les valeurs trouvées représentent des limites.

Il est inutile de dire qu'un conducteur plus gros que celui recommandé par le diagramme convient également : mais il sera moins économique et plus encombrant.

Par ailleurs cet abaque sert aussi bien pour dimensionner des conducteurs utilisés dans les selfs à air, que dans les transformateurs à noyau de fer de types très différents.

ABAQUE 7- (Tableau hors texte N° 7)

=====

- TRANSFORMATEURS D'ALIMENTATION - VERIFICATION -

(résistance des fils de cuivre)

Cet abaque est un des plus importants pour le technicien, car il lui est d'une grande aide pour le calcul des transformateurs nouveaux ou de remplacement.

Habituellement en construction de série, on effectue la vérification du transformateur calculé selon les critères des abaques 5- et 6-.

Le calcul de vérification se développe sur deux plans différents :

- Un CONTROLE MECANIQUE des dimensions des enroulements
- Un CONTROLE ELECTRIQUE qui tient compte des chutes internes de tension.

Le premier s'effectue en évaluant approximativement l'épaisseur des isolants (carton, papier et papier cristal entre les couches et l'enroulement) ainsi que le nombre de couches et leur composition. Le nombre de couches pour chaque enroulement est obtenu en divisant le nombre total de spires par le nombre de spires par couche.

A leur tour, les spires par couches sont obtenues en multipliant le nombre de spires au cm. par la longueur utile de l'enroulement en cm.

Des tableaux spéciaux fournissent le nombre de spires au cm. pour les différents conducteurs que l'on peut trouver dans le commerce.

Pour les fils isolés émail au silicone (les plus employés aujourd'hui), le tableau de la Fig. 9- vous donne les renseignements : un fil de diamètre 0,3 mm. recommande 29 spires par cm.

Par exemple si on a choisi une carcasse ayant une "fenêtre" de mm. 32 x 90, la longueur utile de l'enroulement est à peu près de 8 cm. ; une couche de fil de 0,3 mm. par exemple sera composée de $29 \times 8 = 232$ soit environ 230 spires et l'épaisseur de la couche, isolant compris, sera d'à peu près 0,4 mm.

Abaque 1

21-

<u>∅</u>	<u>sp/cm</u>	<u>∅</u>	<u>sp/cm</u>
0,08	98	0,45	20
0,10	81	0,50	18,1
0,18	67	0,60	15,2
0,14	59	0,70	13,2
0,15	55	0,80	11,5
0,16	52	0,90	10,3
0,18	47	1,00	9,3
0,20	43	1,20	7,7
0,22	39	1,40	6,6
0,25	35	1,50	6,2
0,30	29	1,60	5,9
0,35	25,4	1,80	5,2
0,40	22,5	2,00	4,7

- Fig. 9 -

S'il faut 2.200 spires, nous aurons $2.200 : 230 = 10$ couches (une est incomplète, mais du point de vue dimensions c'est comme si elle était complète) qui occupent à peu près 4 mm. d'épaisseur.

Puisque l'enroulement doit être isolé des enroulements précédents et suivants, il faut même compter l'isolant (papier presspahn) qui s'ajoute.

Naturellement les dimensions que l'on a ainsi calculées sont très précises et sont seulement réalisables avec une machine à bobiner parfaite et une personne avertie. D'une façon plus courante, il faut réduire le nombre de spires au cm.

LA VERIFICATION ELECTRIQUE des transformateurs tend surtout à déterminer les chutes ohmiques dans les différents enroulements.

On a également des chutes réactives qu'on pourrait mesurer, mais leur calcul sortirait des limites que je me suis fixé pour ce cours.

Le calcul des chutes ohmiques revient à une mesure de la résistance de l'enroulement.

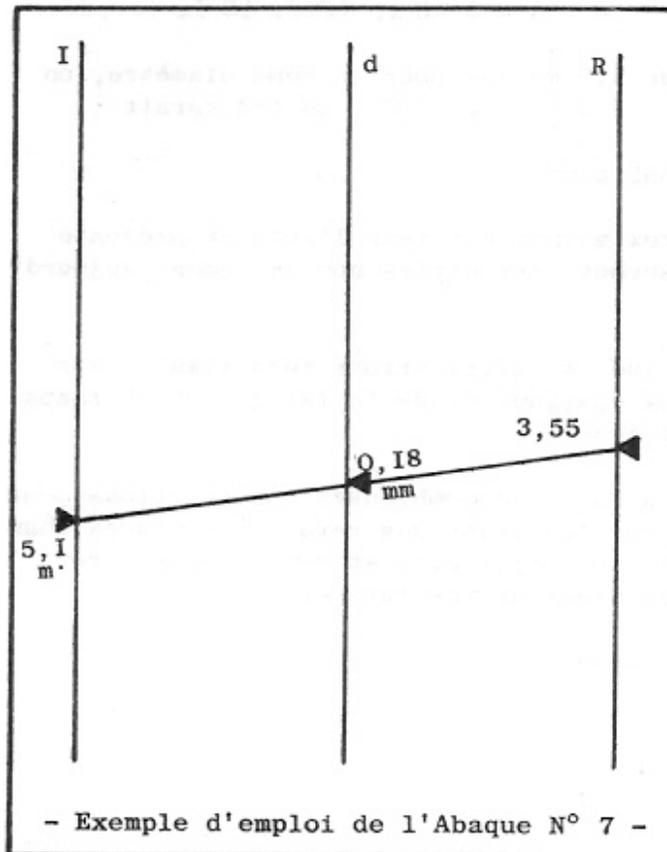
Des tableaux spéciaux fournissent la résistance au km. ou au mètre du conducteur ; on évalue la longueur du fil en multipliant le développement moyen de la spire par le nombre de spires, et par une simple multiplication on obtient la résistance.

Il n'est pas facile d'obtenir des résultats précis, puisque le calcul

Abaque 1

23-

- Fig. 10 -



du développement moyen de la spire n'est pas simple pour des raisons évidentes.

Cependant le résultat obtenu permet de calculer la chute de tension due à la résistance interne et d'augmenter en proportion le nombre de spires de l'enroulement pour la compenser.

Les calculs ne sont pas difficiles mais fastidieux.

L'abaque 7- permet d'aller vite en déterminant "R" résistance du conducteur, en fonction de son diamètre "d" et de sa longueur " ℓ ".

Il s'agit comme d'habitude de trouver l'intersection sur la colonne droite de la droite qui joint les deux points qui expriment la longueur du conducteur (colonne gauche) et son diamètre (colonne centrale).

Exemple : $\ell = 5,10 \text{ m.}$; $d = 0,18$; $R = 3,55 \Omega$ (Fig. 10-).

Si l'on avait une longueur de 510 mètres pour le même diamètre, on poserait " $\ell = 5,10$ " et on multiplierait le résultat par 100 : on trouverait :

$$3,55 \times 100 = 355 \text{ ohms}$$

Je suis sûr que vous découvrez maintenant tout l'intérêt présenté par ces abaqués : vous verrez qu'ils vous seront très utiles non seulement aujourd'hui mais dans le futur.

Gardez-les avec soin, ainsi que les explications relatives à leur emploi ; sachez bien les utiliser : ils vous épargneront de la fatigue et du temps en vous évitant des calculs compliqués et longs.

Exercez-vous dès maintenant à faire de nombreuses constructions pour rechercher des valeurs simples : plus tard en consultant des revues techniques vous trouverez des abaqués pour résoudre des calculs compliqués, et vous n'éprouverez alors aucune difficulté pour les utiliser au mieux de vos intérêts.
