# TOUTE LA T.S.F.

EN

# 80 ABAQUES

**NOMOGRAMMES**
**accompagnés**
**de Formules et Tableaux**


**P.L. COURIER**
**INGENIEUR A.M.**



**EDITIONS BIBLOS**
**38 rue de Fenouillet**
**31140 SAINT ALBAN**

**COPYRIGHT BIBLOS 1999**
**ISBN : 2-913365-03-5**
**EAN : 9782913365032**

Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayant droits ou cause est illicite selon le code de la propriété intellectuelle (Art L. 122-4) et constitue une contrefaçon réprimée par le code pénal. Seules sont autorisées (Art L. 122-5) les copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective; Ainsi que les analyses et courtes citations justifiées par le caractère critique, pédagogique ou d'information de l'oeuvre à laquelle elles sont incorporées, sous réserve, toutefois, du respect des dispositions des articles L 122-10 à L 122-12 du même code, relatives à la reproduction par reprographie.

# AVERTISSEMENT DE L'AUTEUR

De la théorie à la pratique, il y a parfois fort loin. La formation de techniciens, d'élèves-ingénieurs, depuis vingt ans, nous a permis fréquemment de vérifier ce fait.

Un incessant contact avec de futurs praticiens de la Radio nous a, en effet, amené à constater qu'il y avait un fort petit nombre de ceux-ci qui avaient une culture mathématique suffisante pour leur permettre d'établir une formule de calcul : nombreux, par contre, sont ceux capables de la comprendre.

Enfin — et bien que cela puisse, *a priori*, paraître paradoxal — il en est peu qui soient capables d'appliquer rapidement et exactement cette même formule.

Chez certains, la pratique — nous serions tentés de dire l'abus — des mathématiques spéculatives a peu à peu annihilé la connaissance des quatre règles, l'entraînement au calcul mental et, parfois, ce simple et robuste bon sens qui permet au véritable praticien de prédéterminer l'ordre de grandeur ou de valeur des choses dont il s'occupe.

C'est ainsi qu'il nous est arrivé très souvent de corriger des projets d'école où la quantité recherchée était exacte... à $10^3$ près. Cela tenait à ce que nous venons d'écrire et, aussi, à une insuffisante familiarisation avec les unités couramment employées.

On peut dire sans doute que quelques mois ou quelques années de pratique suffiront à corriger le technicien de ces défauts. Aussi bien, ce n'est pas lui faire injure que de lui proposer un ouvrage spécial, comme celui-ci, qui lui permette d'éviter tous risques d'erreurs et le conduise très rapidement au résultat recherché.

Notre ouvrage, à ce point de vue, fait penser à l'ingénieuse machine à calculer, qu'inventa le grand Pascal, il y a trois siècles; il remplace à lui seul des douzaines de règles à calculer établies en vue d'applications diverses aux choses de la Radioélectricité.

Il n'est pas, au surplus, nécessaire d'insister beaucoup pour faire comprendre aux futurs praticiens comme aux techniciens à quelque degré qu'ils soient, que l'utilisation d'abaques permet d'obtenir une énorme économie de temps — et donc d'argent, pour parler comme les Anglais —, de réaliser une autre économie qui n'est point à dédaigner : celle de substance grise.

Les techniciens de notre époque, comme tous leurs semblables, vivent en général une vie de fièvre, une vie accélérée qui les épuise. Contribue aussi à les surmener, la nécessité de se familiariser sans cesse avec des choses nouvelles. En Radioélectricité en particulier, la technique se perfectionne chaque jour, mais en se compliquant.

L'effort est immense qui amène le radiotechnicien à tous les degrés, à se tenir simplement au courant de ce qui s'invente et se fait. Un recueil d'abaques, donc, lui permettra d'économiser ses forces comme une machine permet d'économiser les forces du simple ouvrier, de faire avec moins de dépense physique et de temps, un meilleur travail.

Avant d'aborder la préparation de notre ouvrage, nous n'avons pas craint de relire en entier ce monument de la Nomographie (1), que l'ingénieur R. Soreau, eût le courage de dresser pendant la Grande Guerre, alors que ses trois fils servaient comme officiers, et dont « la rédaction fut pour lui une diversion bienfaisante à une grande douleur et à de cruelles inquiétudes ».

Nous avons, en principe, dans notre recueil d'abaques relatifs à la T. S. F., choisi le système dit à points alignés.

Au dire de R. Soreau — et notre expérience de l'enseignement et de la pratique du calcul rapide et de la nomographie nous a permis de le vérifier — l'abaque par points alignés présente, par rapport aux abaques à faisceaux de droites (ordinaires ou cartésiens logarithmiques), des avantages et des inconvénients.

Selon cet auteur :

« La lecture répétée de l'abaque à points alignés est moins fatigante et plus rapide. Avec des faisceaux, il faut, après avoir trouvé les deux droites cotées correspondant aux données, suivre successivement chacune de ces droites jusqu'à leur point d'intersection, puis suivre la troisième droite passant par ce point jusqu'à la graduation correspondante; il est plus expéditif et plus aisé de trouver les cotes des données sur deux échelles isolées, de mener l'alignement et de lire la cote de son intersection avec la troisième échelle. D'autre part, la graduation effective des échelles peut être notablement plus serrée que celle des faisceaux, au bénéfice de la facilité et de la précision des interpolations à vue. Enfin, le fractionnement d'un abaque en plusieurs parties peut se faire aisément sur la même feuille. Par contre, le tirage déforme le dessin et peut diminuer légèrement la précision, surtout si les trois courbes cotées ne se développent pas dans le même sens; on peut du reste réduire cet inconvénient en prenant quelques précautions dans le tirage à la presse. D'autre part, la feuille qui porte un abaque à points alignés doit être traitée avec plus de ménagement que celle des abaques à faisceaux, qu'on peut plier et même froisser, lire sur un chantier, dans un atelier, etc... Aussi beaucoup d'ingénieurs préfèrent-ils encore ces derniers. »

Dans notre recueil, et pour des raisons précitées, nous présentons donc, en majorité, des abaques à points alignés, mais aussi des abaques à faisceaux parce que nous considérons comme absolument inutile ce que nous appellerions « l'homogénéité mathématique d'établissement » — l'ouvrage étant rédigé à des fins pratiques — et parce qu'il convenait de ne pas dérouter les techniciens familiarisés avec des abaques à faisceaux, généralement établis par de grands laboratoires ou d'importants constructeurs et déjà répandus dans le public. (C'est pour ces raisons, par exemple, que figure dans notre recueil le classique abaque donnant les relations entre la tension aux bornes d'un circuit, sa résistance, la puissance

---

(1) *Nomographie ou traité des abaques*, par R. Soreau. 2 volumes, de 503 et 283 pages, chez Chiron, éditeur, 40, rue de Seine, Paris.

qu'il dissipe et l'intensité qu'il consomme, appelé couramment abaque ERWI).

Dans le même ordre d'idée, nous n'avons pas craint, pour des formules d'emploi courant, d'établir plusieurs abaques de types différents, surtout dans le cas où ces types différents sont également employés.

Nous n'avons pas, d'autre part, été « sidérés » par la recherche d'une précision exagérée, notre travail devant constituer avant tout un outil pratique.

Nous n'avons jamais eu, à ce sujet, la hantise de la 7e décimale seule utile, à notre sens, à quelques savants, aux astronomes, aux navigateurs... et à tous les coupeurs de cheveux en quatre.

Le calcul, comme la technique, subissent ou supportent l'approximation. Viendrait-il à l'idée d'un praticien de bon sens de mesurer *couramment, rapidement, pratiquement*, une tension de l'ordre de 100 volts au millivolt près? D'arrêter la marche d'une machine à bobiner avec la certitude que le coefficient de self-induction de la bobine réalisée est exactement de 180,3478 microhenrys?

Dans l'établissement de nos abaques, nous nous sommes préoccupés plutôt de la facilité d'emploi. *Cependant, si nous n'avons pas cru* devoir employer, pour le tirage et le report, des procédés spéciaux, ni choisir des qualités de papier extravagantes, nous avons cru nécessaire, indispensable, de nous passer de l'intermédiaire du dessinateur qui n'est jamais qu'un traducteur — traduttore, tradittore.

Ajouterons-nous, pour préciser notre pensée quant à la précision et à l'exécution, qu'il existe d'excellents recueils d'abaques publiés à l'étranger sous des formats moyens ou petits? Que nous estimons une erreur d'avoir recours à une trop grande finesse d'échelle? Que nous sommes personnellement et très vite fatigués lorsque nous dessinons avec un double-décimètre gradué au demi-millimètre? Qu'un œil exercé peut lire avec une précision suffisante entre deux repères, même écartés, comme le voyageur expérimenté a la notion assez exacte de la position et de la distance par rapport à des points fixes observés?

Nous avons pensé, enfin, que notre recueil ne serait pas complet, ne constituerait pas un outil de travail suffisant s'il n'était accompagné des formules que traduisent les abaques — avec l'indication précise des unités utilisées en pratique dans les différents pays, de tableaux remplaçant ou complétant certains abaques et permettant, le cas échéant, de vérifier leur utilisation, de nombreux exemples destinés à faciliter cette utilisation.

De même, nous avons parfois renseigné le lecteur sur le mode d'établissement de certains abaques. (Dans beaucoup de cas spéciaux, des radiotechniciens peuvent être amenés à établir des abaques particuliers d'un emploi très fréquent avec réduction ou augmentation du format, restriction ou extension des échelles de calcul).

Ainsi présenté, notre ouvrage s'adresse aux élèves des écoles préparant aux emplois de monteurs, dépanneurs, metteurs au point, aux élèves ingénieurs aussi bien qu'à tous les radiotechniciens qui ont à effectuer quotidiennement des calculs simples ou compliqués.

En terminant cette présentation de notre travail, nous devons adresser nos remerciements à notre éditeur et ami, M. Chiron, qui eut, il y a plusieurs années, le sentiment que ce travail correspondait à un besoin des professionnels de la Radio, qui le présente aujourd'hui à ceux-ci après l'avoir fait imprimer avec infiniment de soins.

Nous nous excusons en terminant auprès de lui d'avoir, par un certain souci de perfection, retardé la réalisation de son désir : la publication de cet ouvage nomographique que nous considérons comme unique en langue française.

P. S. — Je dois remercier mon excellent collègue A. Fouillé, professeur à l'Ecole nationale des Arts et Métiers, qui a bien voulu m'autoriser à reproduire une étude relative aux potentiomètres et aux résistances de réglage et deux abaques (Nos 7 et 8) accompagnant cette étude.

Mon ami le professeur agrégé Georges Fraîche, qui m'a aidé dans la traduction des titres des abaques en plusieurs langues,

MM. René Paillet et Marcel Ghidone, Ingénieur Radio E. R. B. qui m'ont été d'un grand secours pour la réalisation matérielle et la calligraphie des abaques du présent ouvrage.

# PRÉFACE

Le calcul est toujours une chose fastidieuse. Une loi physique quelconque se trouve comprimée en une formule. Pour en tirer des résultats pratiques, c'est-à-dire industriellement utiles, il faut remplacer les différentes lettres par des valeurs numériques. Il convient, d'abord, de bien veiller à ne pas faire d'erreur d'unités : le résultat serait complètement faux. Après quoi, il faut effectuer les opérations... C'est une chose souverainement ennuyeuse... Parfois, d'ailleurs, il sera indispensable d'avoir recours à une table de logarithmes. On a l'impression que, dans toutes ces opérations, on perd son temps...

La *nomographie* ou *science des abaques* est une partie du vaste domaine des mathématiques qui a précisément pour but de vous éviter cette perte de temps et qui, étant donnée une formule ou une loi, se propose de la traduire graphiquement, par des systèmes de droites ou de courbes cotées, de telle sorte qu'il soit possible de déterminer les valeurs numériques correspondant à un cas quelconque (1).

Quand on connaît la loi, on peut tracer l'abaque en calculant une série de valeurs numériques ou en employant des procédés spéciaux dont l'étude dépasse le cadre de cet exposé. Parfois, la loi n'est pas connue, mais l'étude expérimentale du phénomène permet de connaître un nombre suffisant de valeurs numériques pour tracer l'abaque. De l'examen de celui-ci on peut alors, parfois, déduire la formule traduisant le phénomène étudié. La science des abaques peut donc, selon les cas, être inductive ou déductive.

En écrivant son ouvrage, *Toute la T. S. F. en 80 Abaques*, P. L. Courier a voulu avant tout réaliser un véritable outil de travail pour le technicien de la radio.

S'agit-il de calculer rapidement un potentiomètre, de connaître l'impédance effective d'un certain circuit oscillant à la résonance, de déterminer les constantes d'un circuit oscillant, le nombre de spires d'une bobine? Les abaques dessinés par P. L. Courier vous fourniront une réponse instantanée.

En résumé, cet ensemble de 80 abaques équivaut à des millions et des millions d'opérations de toutes sortes. Il représente pour le technicien une économie de temps qu'il est impossible de chiffrer.

(1) Les lecteurs qui voudraient étudier à fond cette question ne pourront mieux faire que de se rapporter à l'œuvre magistrale de Soreau : *Nomographie des abaques*, 2 vol. in-8° de 790 pages, avec 393 figures, dont 143 abaques. (E. Chiron, éditeur, Paris.)

D'aucuns prétendront que la précision des valeurs ainsi obtenues n'est pas très grande... Une expérience constante, et déjà longue, nous a montré que pratiquement, industriellement, on a besoin dans la majorité des cas, *d'un ordre de grandeur*. Par exemple, nous voulons calculer le nombre de spires qu'il faut placer sur un certain noyau magnétique pour obtenir un coefficient de self-induction de 180 microhenrys.

Une formule savante, après un bon quart d'heure de multiplications, de divisions, d'extraction de racine carrée nous affirmera qu'il faut 64 spires 246... Allons-nous croire à ce chiffre et bobiner, avec application, 64 spires et 246 millièmes de spires? Vous savez bien que non. Nous aurons même la prudence de bobiner 66 ou 68 spires... en pensant qu'il sera plus commode d'enlever 2 ou 4 spires que d'en ajouter, s'il le fallait. Dès lors, à quoi nous a servi de calculer la troisième décimale que nous savons, d'ailleurs, être certainement fausse, car les formules ont été établies en tenant compte de certaines simplifications inévitables, et tous les circuits magnétiques ne sont pas rigoureusement identiques.

C'est pour cette raison que beaucoup de techniciens se contentent de calculs faits à la règle. Mais la règle à calcul n'est autre chose *qu'un abaque*. Le calcul à la règle est beaucoup plus rapide que le procédé des calculs arithmétiques. Il est cependant encore plus long que la consultation d'un abaque. Celui-ci nous indiquera que le nombre de spires doit être compris entre 63 et 65, par exemple et, insistons là-dessus, c'est tout ce que nous avons besoin de savoir puisque nous venons de montrer que les chiffres décimaux ne peuvent avoir aucune signification.

On peut étendre ces conclusions à beaucoup d'autres calculs.

A quoi bon savoir que telle résistance dissipe 0.642 watts? Vous savez bien que cela n'est exact que pour une valeur bien définie de la tension anodique. Réglez le récepteur sur une station, l'action du régulateur automatique de sensibilité fait augmenter légèrement la tension, et, à ce moment-là, la résistance dissipera peut-être 0,721 watts. Les variations du secteur produiront le même effet. Alors? que sinifie cette précision?

Si nous voulons envisager les choses du point de vue pratique, nous arriverons aux mêmes conclusions. Le fabricant de résistances nous offre des modèles pour 0,5 watt, 1 watt, 2 watts ou 4 watts. Il nous suffira donc de savoir que la

résistance est comprise entre 0,5 et 1 watt. Or, l'abaque nous permet d'obtenir une précision beaucoup plus grande que cela.

Il y a, certes, des cas où la plus grande précision s'impose. Il faut alors avoir recours au calcul. Mais l'abaque conserve encore une utilité des plus précieuses : il permet une première détermination approximative.

On ne sait pas toujours en effet si le résultat d'un calcul est de l'ordre de 10, de 100 ou de 1.000.000; une erreur de virgule, l'oubli d'un zéro, sont des choses qui peuvent arriver à tout le monde, mais qui peuvent conduire à des résultats catastrophiques. La consultation de l'abaque indiquera immédiatement la présence d'une erreur. Bien mieux, elle constituera une vérification de premier ordre, puisqu'elle permettra de contrôler tout au moins les premiers chiffres significatifs de la quantité calculée.

Pour éviter les pertes de temps et les erreurs de calcul on peut avoir recours à différents moyens. On pourra, par exemple, faire à loisir les calculs corespondant à une certaine formule et les grouper sous forme de « *table numérique* ». La table de multiplication en est un exemple; les tables de logarithmes en sont un autre. Le système n'est pas sans inconvénient. Il n'est, tout d'abord, applicable facilement qu'à une formule à trois variables. On arrive ainsi à une table à double entrée. S'il y a quatre variables, la situation commence à se compliquer. Il faut établir une série de table à double entrée pour chacune des valeurs d'une variable considérée comme paramètre. Il faudrait alors un véritable volume pour chaque formule.

S'il y a plus de quatre variables, la situation devient inextricable.

Enfin, les tables numériques ne parlent pas aux yeux. Aucune loi ne peut se dégager de leur examen. Au contraire, un abaque donne souvent, d'un seul coup d'œil, des renseignements intéressants sur l'action de telle ou telle variable.

■

Il y a, aussi, les machines à calculer Mais ce sont là des engins coûteux et qui ne sont généralement pas très transportables. On n'imagine pas un ingénieur se déplaçant dans un atelier avec une machine à calculer sur les bras. D'autre part, les machines usuelles sont spécialement faites en vue d'opérations simples.

■

La règle à calcul, nous l'avons déjà écrit plus haut, est en somme, la matérialisation de quelques abaques. C'est, pour être plus précis, un abaque avec des éléments mobiles. La règle ne fait nullement double emploi avec le présent recueil, tout au contraire, elle le complète.

■

Il y a aussi des procédés de calcul graphique. Ils ont l'avantage d'être beaucoup plus rapides que les calculs proprement dits. Mais on ne peut pas toujours les appliquer. Ils permettent de résoudre rapidement beaucoup de problèmes relatifs aux courants alternatifs. On cherchera, par exemple, pour une fréquence donnée, l'impédance constante obtenue en mettant en série une bobine de 10 Henrys et de 50 ohms, avec une autre bobine de 50 Henrys et de 500 ohms. Le calcul, sans être délicat, serait néanmoins assez long et comporterait lo résolution d'un grand nombre d'opérations diverses. La solution graphique est immédiate et peut être obtenue en moins d'une minute par simple construction vectorielle.

Mais, nous le répétons, tous les problèmes ne peuvent pas se résoudre de cette manière et, de plus, il faut faire une construction pour chaque cas. Le risque d'erreur est aussi grand que dans le calcul ordinaire.

Néanmoins, ces méthodes (statique graphique) ont un immense intérêt. Elles permettent, dans certains cas, de résoudre des équations dont la solution est inaccessible par le calcul. (Quelques exemples de ce genre sont fournis en appendice du présent ouvrage.)

■

La même loi peut être traduite par des abaques très différents. Les uns sont plus précis, les autres sont plus commodes à consulter.

Le plus simple des abaques, consiste en deux échelles accolées portant chacune une graduation. Etant donnée une valeur sur une échelle, on lit la valeur correspondante de la seconde quantité sur l'autre échelle. On pourra ainsi traduire directement des rapports de puissance en décibels ou inversement. De même on pourra passer des longueurs d'ondes aux fréquences. On comprend de suite que le procédé n'est applicable que lorsqu'il n'y a que deux quantités variables.

L'adaptation de ce procédé aux lois comportant trois variables conduit à une série d'abaques ou, mieux, aux abaques dits *à points alignés*. On trace alors trois échelles parallèles. Etant donnée deux quantités, on trouve la troisième en traçant une droite passant par les deux points connus. La quantité cherchée est donnée par l'intersection de cette droite avec la troisième échelle.

On pourra, de la sorte, traduire par exemple la formule de Thomson qui donne la relation entre la fréquence ou la longueur d'onde propre d'un circuit, son coefficient de self-induction et sa capacité.

Une généralisation de ce procédé conduira à remplacer les droites par des courbes quelconques.

Lorsqu'il y aura quatre variables, on utilisera le procédé de la droite dite « de pivot ». Un premier alignement permettra de déterminer un point de cette droite non cotée. Celui-ci permettra de tracer avec une troisième échelle, un second alignement qui donnera la quantité cherchée.

Ce procédé peut être étendu aux équations à plus de quatre variables. On sera ainsi amené à prévoir plusieurs droites de pivöt. L'apparence de l'abaque deviendra quelque peu compliquée. On tracera alors quelques lignes correspondant à une solution indiquée sur la feuille et qui donneront la « clef » de l'abaque.

■

Il y a aussi les abaques *à entre-croisements*. Au lieu de faire coïncider trois échelles, on trace deux de ces dernières sur deux perpendiculaires qui constituent des axes de coordonnées. La solution est indiquée par la cote constante

d'une courbe qui se trouve au croisement de deux perpendiculaires élevées depuis les axes. C'est le procédé ordinaire du tracé des caractéristiques d'un tube électronique. On peut traduire de la sorte tous les phénomènes à trois variables.

S'il y a plus de trois variables (cas du tube penthode) on sera amené à tracer toute une série de graphiques.

Parmi ces abaques à « entrecroisements », on peut distinguer plusieurs classes différentes (d'après Soreau) :

A. — Les abaques Cartésiens — dont les axes de coordonnées sont rectangulaires et dont le troisième faisceau est constitué par une série de courbes quelconques, correspondant chacune à une valeur constante.

B. — Les abaques à trois faisceaux de droites dont deux faisceaux peuvent, dans certains cas, être perpendiculaires. Ces abaques peuvent toujours se mettre sous la forme, beaucoup plus commode, d'un abaque à points alignés.

C. — Les abaques cartésiens ou non comportant des faisceaux de droites et de cercles.

Enfin, il y a aussi des modifications de présentation que nous signalons sans qu'il soit nécessaire d'insister davantage puisqu'aucun de ces abaques ne figure dans le présent ouvrage. Ce sont les abaques hexagonaux, les abaques à élément mobile, etc...

Dans l'ouvrage de P. L. Courier, on trouvera surtout des abaques à points alignés. Ce sont, à beaucoup près, les plus pratiques. Toutefois, ils ne peuvent convenir dans tous les cas. C'est pourquoi on trouvera également des abaques à entrecroisements des classes les plus simples (cartériens avec échelle linéaire ou logarithmique).

Bien mieux, pour les formules les plus usuelles, on trouvera plusieurs abaques de système différent. Ainsi, selon son goût ou ses habitudes, chacun pourra choisir celui qui lui semble préférable.

■

Pour terminer, nous insisterons sur ce fait que ce recueil est, avant tout, un outil pratique. Il n'est pas destiné spécialement à ceux qui se perdent dans les nuées théoriques. Pour l'utiliser, il n'est même pas besoin de savoir faire une multiplication. *Il suffit de savoir lire.* C'est pourquoi nous estimons que ce travail rendra de multiples services à tous ceux qui touchent, de près ou de loin, à la radio. Grâce à lui, le modeste dépanneur saura quel type de résistance (0,5, 1 ou 2 watts) employer dans tel circuit; il saura quelle valeur donner aux deux bras d'un « pont » pour que la tension écran d'une lampe soit de x... ou y... volts.

Le professionnel et l'homme de laboratoire y trouveront eux aussi, leurs avantages. Ils s'éviteront, à peu de frais, des pertes de temps considérables. Ils auront sous la main un merveilleux outil de contrôle.

Pour terminer, il me semble indispensable de souligner que le présent volume, qui n'a point d'équivalent en France, comble une lacune considérable. M. Chiron, qui en a commencé la préparation il y a plusieurs années et qui l'a édité avec infiniment de soins, a bien mérité de la Radioélectricité. Qu'il me permette ici de le remercier amicalement au nom de tous mes collègues.

Une partie de ces remerciements doit, naturellement, aller à mon excellent ami P. L. Courier qui a présidé au choix et à la réalisation des abaques de ce volume. Il est inutile de préciser qu'il s'agit là d'un véritable travail de bénédictin et, pour en juger, il suffit à nos lecteurs de tourner la présente page.

L. CHRÉTIEN,
*Ingénieur E.S.E.*

# TABLE GENERALE ALPHABETIQUE DES ABAQUES
## (Les chiffres se rapportent au numéro de l'Abaque).


AFFAIBLISSEMENT (Voir: Gain).
AFFAIBLISSEMENT (Conversion d'unités d') : DÉCIBELS, NÉPERS, MILLES DE CABLES. PROFONDEUR DE MODULATION 54
AFFAIBLISSEMENT DANS LE CAS DE CIRCUITS A IMPEDANCES DIFFÉRENTES 56
AMPLIFICATION D'UN ÉTAGE H. F. A RÉSONANCE 57
AMPLIFICATION D'UN ÉTAGE H. F. A TRANSFORMATEUR 58
ATÉNUATEURS EN T ET H (Affaiblissement) 55
BANDES LATÉRALES (Transmission des) 60
BLINDAGE DES BOBINES 29
BOBINE (Courant dans une) 62
BOBINE (Inductance en H. F.) 25
BOBINE RAPPORT DE LA RÉSISTANCE EN H. F. A LA RÉSISTANCE EN C. C 24
BOBINE RÉACTANCE 31
BOBINE (Relations entre les constantes d'une) 28
BOBINE RÉSISTANCE APPROXIMATIVE EN H. F 23
BOBINE RÉSONANCE 32
BOBINES D'ARRÊT ET TRANSFORMATEURS B. F. (C. A.) 66
BOBINES D'ARRÊT ET TRANSFORMATEURS B. F. (C. C.) 67
BOBINE D'EXCITATION DE HAUT-PARLEUR DYNAMIQUE. 80
BOBINES A RÉSISTANCE H. F. MINIUM :
DIAMÈTRE DU FIL PLEIN OU DU FIL CABLE A UTILISER 19, 20, 21, 22
BOBINES CYLINDRIQUES A SIMPLE COUCHE:
SANS NOYAU 15
ONDES COURTES 16
ONDES INTERMÉDIAIRES, MOYENNES ET LONGUES.. 17
A PLUSIEURS COUCHES 18
BOBINES A NOYAU MAGNÉTIQUE:
NOYAUX CUBIQUES OU EN POT 26
NOYAUX POULIE OU EN E 27
CAPACITANCE D'UN CONDENSATEUR 14
CAPAÇITÉ ET SELF INDUCTION D'UN FIL RECTILIGNE 33
CAPACITÉ UNITAIRE ET TOTALE D'UN CONDENSATEUR A AIR 12
CAPACITÉS EN SÉRIE. RÉSISTANCES EN PARALLÈLE 10
CARRÉ, CUBE, RACINE CARRÉE, CUBIQUE, (etc.) Appendice
CELLULE DE DECOUPLAGE (Efficacité d'une ) 65
CELLULE DE FILTRAGE (Efficacité d'une) 79
CHARGE ET DÉCHARGE D'UN CONDENSATEUR. COURANT DANS UNE BOBINE 62
CIRCUIT OSCILLANT (Sélectivité d'un) 59
CIRCUIT OSCILLANT (Résistance équivalente à un) 40
CIRCUIT OSCILLANT DE SUPERHÉTÉRODYNE (Caractéristiques d'un) 70
CONDENSATEUR (Charge et décharge d'un) 62
CAPACITANCE 14
RÉACTANCE 31
RÉSONANCE 32
CONDENSATEUR A AIR (Capacité unitaire et totale) 12
CONDENSATEURS FIXES (Diélectriques solides et liquides) 11
CONDENSATEUR PADDING (Caractéristiques d'un) 71
CONDENSATEUR VARIABLE A LAMES DEMI-CIRCULAIRES 13
CONVERSION DE LONGUEURS D'ONDE EN FRÉQUENCES 35
COUPLAGE PAR RÉSISTANCE-CAPACITÉ (Efficacité du)... 63
COUPLAGE PAR RÉSISTANCE-CAPACITÉ (Constante de temps dans un) 64
COURANTS REDRESSÉS (Voir : Filtrage).
DÉCOUPLAGE (Efficacité d'une cellule de) 65
ÉCHELLES LOGARITHMIQUES Appendice

FIL RECTILIGNE (Résistance en H. F. d'un) 30
FIL RECTILIGNE (Self induction et capacité d'un) 33
FILS DE CUIVRE (Résistance des) 5
FILS MÉTALLIQUES (Résistance des) 6
FILTRAGE (Efficacité d'une cellule de) 79
FILTRAGE DES COURANTS REDRESSÉS.
TENSION DE RONFLEMENT ET CAPACITÉ A L'ENTRÉE 76
FILTRE A BOBINE-CAPACITE 77
FILTRE A RÉSISTANCE-CAPACITÉ 78
FORMULE DE THOMSON ( 20 à 2000 m.) 36
FORMULE DE THOMSON ( 5 à 100 m.) 37
FORMULE DE THOMSON ( 50 à1.000 m.) 38
FORMULE DE THOMSON (600 à 6.000 m.) 39
FRÉQUENCES (Conversion des longueurs d'onde en) 35
GAIN ET AFFAIBLISSEMENT (Puissances - 6,0 à 60 db) 48
GAIN ET AFFAIBLISSEMENT (Tensions et intensités - 120 à + 120 db) 49
GAIN ET AFFAIBLISSEMENT (Puissances-Valeurs - 60 à + 40 db) 50
GAIN ET AFFAIBLISSEMENT (Résistance - courant - 150 à 75 db) 51
GAIN ET AFFAIBLISSEMENT (Résistance - tension - 150 à 75 db) 52
GAIN ET AFFAIBLISSEMENT (Tension - Courant - Résistance : - 150 à 75 db) 53
HAUT-PARLEUR DYNAMIQUE (Bobine d'excitation de) 80
INDUCTANCE D'UNE BOBINE EN H. F 25
INSTALLATIONS DE PUBLIC-ADRESS (Haut-parleurs, Pavillon exponentiel,
Puissance modulée) 69 a et b
LAMPES (Voir : Tubes).
LOI D'OHM. PUISSANCE ÉLECTRIQUE 1, 2
LONGUEURS D'ONDES EN FRÉQUENCE (Conversion des) 35
PADDING (Caractéristiques d'un condensateur) 71
POTENTIOMÈTRES ET DIVISEURS DE TENSION 9
POTENTIOMÈTRES (Résistance de réglage et) 7, 8
PUISSANCE EN COURANT ALTERNATIF 34
PUISSANCE MODULÉE DANS UN ÉTAGE FINAL 47
RÉACTANCE DES CONDENSATEURS ET DES BOBINES.... 31
RÉACTANCE DES CONDENSATEURS ET DES BOBINES (Résonance) 32
RÉSISTANCES DE RÉGLAGE ET POTENTIOMÈTRES 7, 8
RÉSISTANCES EN PARALLÈLE. CAPACITÉ EN SÉRIE 10
RÉSISTANCE ÉQUIVALENTE A UN CIRCUIT OSCILLANT 40
RÉSISTANCES, PUISSANCE CONSTANTE 3
RÉSISTANCES. RÉISTANCE CONSTANTE 4
SÉLECTIVITÉ D'UN CIRCUIT OSCILLANT 59
SELF INDUCTION ET CAPACITÉ D'UN FIL RECTILIGNE 33
SUPER HÉTÉRODYNE (Caractéristiques d'un circuit oscillant de) 70
TRANSFORMATEURS D'ALIMENTATION. NOMBRE DE TOURS DE FIL 72
TRANSFORMATEURS DIAMÈTRE DU FIL ET SECTION DU BOBINAGE 73
TRANSFORMATEURS PERTES DANS LE FER 75
TRANSFORMATEURS PERTES DANS LE CUIVRE 74
TRANSFORMATEURS B. F. ET BOBINES D'ARRÊT (C. A.) 66
TRANSFORMATEURS B. F. ET BOBINES D'ARRÊT (C.C) 67
TRANSFORMATEURS DE SORTIE 68
TRANSFORMATEURS M. F. A SÉLECTIVITÉ VARIABLE 61
TRANSMISSION DES BANDES LATÉRALES 60
TUBES (Caractéristiques des). RELATIONS ENTRE Ri, ù, P, D, Q 41
TUBES EUROPÉENS (Caractéristiques des) 42
TUBES AMÉRICAINS (Caractéristiques des) 43
TUBES (Utilisation des). COURBES DE CONVERSION 44
TUBES EN TENSION (Amplification des). COUPLAGE PAR RÉSISTANCE~CAPACITÉ 45
TUBES - EN INTENSITÉ (Amplification des) 46

# LOI D'OHM. PUISSANCE ÉLECTRIQUE

## CONSTITUTION DE L'ABAQUE

Cet abaque à points alignés permet de résoudre les trois équations de la loi d'Ohm :

$$U = RI ; R = \frac{U}{I} ; I = \frac{U}{R}$$

De plus, par simple alignement, il donne la puissance dissipée par une résistance dans des conditions de fonctionnement bien définies.

Les résultats sont valables en courant continu et en courant alternatif si les résistances utilisées dans ce cas sont du type « non-inductif ».

Cet abaque est de la plus grande utilité pour résoudre rapidement les calculs de résistances lors de l'établissement d'un schéma, qu'il s'agisse de calculer une résistance de polarisation, une résistance chutrice destinée à ramener à un potentiel donné une électrode quelconque.

## APPLICATIONS

PREMIER EXEMPLE. — *Soit à calculer, par exemple, la résistance de polarisation d'un tube EL3 (pentode BF à chauffage indirect).*

*Le courant cathodique (courant-plaque + courant d'écran) est de 40 mA pour une tension de 250 volts sur la plaque et sur l'écran; la polarisation négative de grille doit être, dans ces conditions, de 6 volts (valeur donnée par un tableau de lampes).*

**La valeur de la résistance à insérer entre cathode et masse va être immédiatement fournie par l'abaque. Il suffit d'aligner les points 40 mA (échelle 1, côté a) et 6 volts (échelle U, n° 3), le résultat se lit au point d'intersection de la règle et de l'échelle R (n° 4, côté a), soit pratiquement 150 ohms.**

**La règle coupe également l'échelle des puissances P (n° 2, côté a) à la valeur 0,24 qui est la puissance dissipée en wats par la résistance cherchée.**

Pour calculer une résistance chutrice quelconque, on procède de la même façon.

DEUXIÈME EXEMPLE. — *Soit à calculer la valeur de la résistance nécessaire pour permettre d'alimenter sous 100 volts, l'écran d'un tube tétraode HF E452T, alors que l'on dispose de 250 volts sur la ligne haute tension.*

**La résistance cherchée doit provoquer une chute de *150 volts*. La consommation de l'écran est de *0,8 mA*. Dans le cas qui nous intéresse, si nous réunissons les points 0,8 mA (côté b de l'échelle 1) et 150 volts (échelle 3), la règle ne coupe pas l'échelle R, mais son prolongement à la partie supérieure. La lecture n'est pas possible.**

**Pour trouver la valeur cherchée sur l'échelle R (n° 4), il suffit de faire le calcul avec une intensité 100 fois plus grande, par exemple, que celle débitée par l'écran, soit 80 mA. Si nous conservons la même chute de tension 150 volts, nous obtiendrons, en alignant ce point lu sur l'échelle 3 et 80 lu sur l'échelle 1a, une valeur de R 100 fois trop petite (1.900 ohms, côté a de l'échelle R). La résistance cherchée a donc pour valeur 1.900 × 100 = 190.000 ohms.**

L'abaque sera également très utile pour calculer la résistance chutrice à insérer dans le circuit filament d'un poste tous-courants.

TROISIÈME EXEMPLE. — *Examinons le cas d'un récepteur à 5 tubes habituel (6A7, 6D6, 6B7, 43, 25Z5). Les filaments absorbent 69 volts en chiffres ronds. Si le récepteur doit fonctionner sur un secteur 120 volts, il faut prévoir en série avec les filaments des lampes, une résistance pouvant chuter 51 volts sous 0,3 ampère.*

**La valeur 0,3 ampère n'est pas prévue sur l'échelle 1; prenons une valeur dix fois plus petite : 30 mA, lue sur l'échelle 1a, et réunissons-la avec 51 volts sur l'échelle 3. Nous trouvons à l'intersection de la règle et de l'échelle R (n° 4, côté a), 1.750 ohms, valeur dix fois trop grande; la résistance cherchée doit donc être 175 ohms.**

Nous n'avons envisagé jusqu'ici que le cas courant du calcul d'une résistance à partir de l'intensité qui la traverse et de la chute de tension qui se produit entre ses extrémités. Il est également possible de calculer une résistance connaissant la valeur P de la puissance qu'elle dissipe et la chute de tension entre ses extrémités.

QUATRIÈME EXEMPLE. — *Calculons, par exemple, la valeur d'une résistance dissipant 40 watts sous 110 volts.*

**Nous savons que P watts = UI. Nous obtiendrons I en réunissant les valeurs 40 (échelle 2, côté a) avec 110 (échelle 3). La règle dépasse l'échelle I, la valeur 40 est trop grande, mais nous arriverons au résultat en prenant une valeur dix fois plus petite, soit 4 watts; il nous suffit de nous souvenir que nous aurons à multiplier par 10, la lecture faite sur l'échelle 1.**

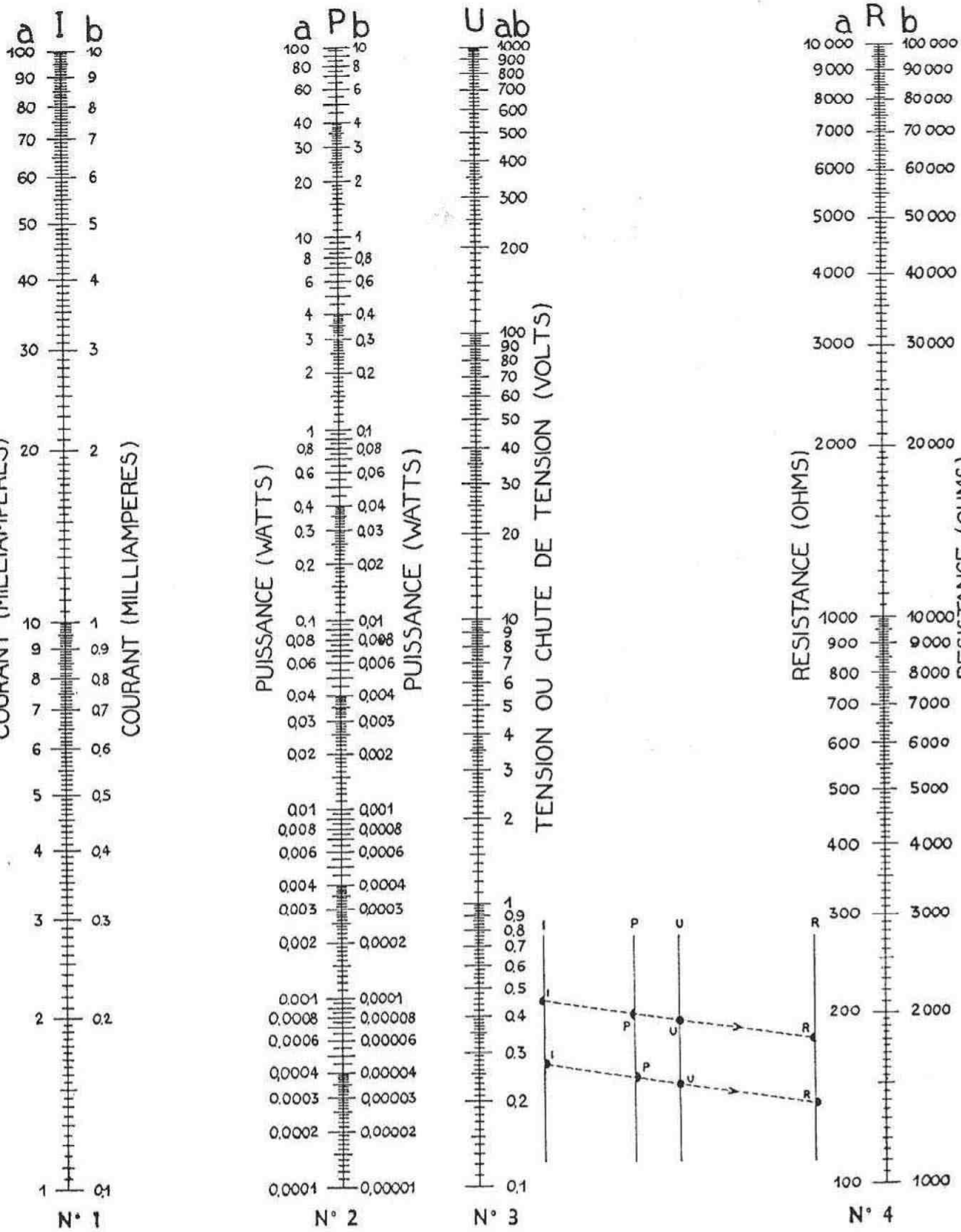
**La règle nous donne 36 mA (côté a, échelle 1). L'intensité cherchée est donc de *0,36 ampère*.**

D'autre part, $R = \frac{U}{I}$.

**Pour connaître R, il nous suffit de réunir la valeur trouvée pour I à 110 volts, ce qui revient à dire qu'en partant de la puissance et de la tension, l'abaque donne en lecture directe l'intensité qui circule dans la résistance et la valeur même de la résistance. La droite réunissant**

*(Voir la suite au bas de la page 4.)*

# LOI D'OHM. PUISSANCE ÉLECTRIQUE



# LOI D'OHM. PUISSANCE ÉLECTRIQUE

## CONSTITUTION DE L'ABAQUE

Cet abaque, qui est du type cartésien logarithmique et qui est connu sous le nom d'abaque ERWI, permet de résoudre les calculs habituels de résistance sans avoir, pour ainsi dire, recours à la règle, comme l'abaque précédent.

En ordonnées sont portées les valeurs en ohms et en mégohms des résistances les plus courantes utilisées dans la construction des postes de T. S. F.

En abscisses sont portées les puissances en watts. Des droites inclinées à 45° vers la droite de bas en haut concernent les intensités utilisées en radio. Les tensions rencontrées sur les postes et les amplificateurs sont définies par des droites inclinées à 45° vers la gauche et de haut en bas. Toutes ces droites se coupent à angle droit et donnent autant de points de lecture qu'il suffit de rabattre soit sur l'axe des ordonnées pour les lectures en ohms, soit sur l'axe des abscisses pour les lectures en watts.

## APPLICATIONS

PREMIER EXEMPLE. — *Soit à calculer, par exemple, la résistance de polarisation d'une EL5 traversée par un courant de 80 mA et produisant une chute de tension de 16 volts.*

**Suivons la droite oblique correspondant à 80 mA; elle coupe la droite oblique correspondant à 15 volts en un certain point qui, rabattu sur l'axe horizontal, donne la valeur 1,25 watt. Cette valeur est légèrement trop faible puisque la droite correspondant à 16 volts se trouverait un peu à droite de celle tracée pour 15 volts. Nous pouvons adopter une valeur de 1,28 watt.**

**Le point d'intersection des deux droites ramené horizontalement sur l'axe vertical donne comme valeur de la résistance utilisée : 200 ohms**

DEUXIÈME EXEMPLE. — *Si nous connaissons la valeur* R *d'une résistance et la chute de tension entre ses extrémités* U, *un simple coup d'œil sur l'abaque nous donnera la valeur du courant qui la traverse* I *et la puissance qu'elle dissipe* P.

Faisons le calcul par exemple pour R = 0,1 mégohm, U = 100 volts.

**La droite oblique correspondant à 100 volts coupe l'horizontale de 0,1 mégohm en un point par lequel passe une droite d'intensité. Cette droite correspond à la valeur cherchée, soit 1 mA. Si nous rabattons le point de jonction sur l'axe des abscisses, nous obtenons la puissance dissipée par la résistance, soit 0,1 watt.**

TROISIÈME EXEMPLE. — *Connaissant la valeur de la résistance et celle de l'intensité qui y circule, il est aussi simple de calculer la chute de tension aux bornes et accessoirement la puissance dissipée.*

Calculons par exemple pour : R = 4.000 ohms, I = 5 mA.

**La droite oblique correspondant à 5 mA coupe l'horizontale de 4.000 ohms en un point par lequel passe une droite de tension qui correspond à la valeur cherchée, soit 20 volts. La puissance dissipée par la résistance s'obtient comme il a été dit plus haut et a une valeur de 0,1 watt.**

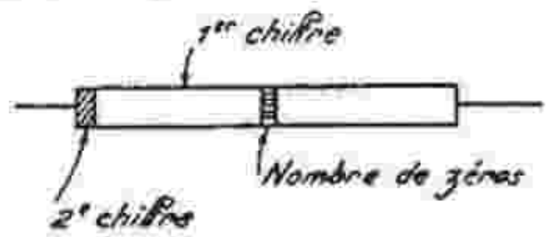
## CODE AMÉRICAIN RMA POUR LES RÉSISTANCES

Manière de lire la valeur des résistances :

1° La couleur du corps de la résistance représente le premier chiffre de gauche;

2° La couleur de l'extrémité représente le 2e chiffre;

3° La couleur de l'anneau représente le nombre de zéros qui doivent suivre;




4° L'absence d'anneau indique que le nombre de zéros à ajouter est représenté par le premier chiffre de la valeur. Les différentes couleurs sont indiquées dans le tableau ci-dessous :

| COULEURS | CORPS | EXTRÉMITÉ | ANNEAU |
|---|---|---|---|
| Noir | — | 0 | — |
| Marron | 1 | 1 | 0 |
| Rouge | 2 | 2 | 00 |
| Orangé | 3 | 3 | 000 |
| Jaune | 4 | 4 | 0000 |
| Vert | 5 | 5 | 00000 |
| Bleu | 6 | 6 | |
| Violet | 7 | 7 | |
| Gris | 8 | 8 | |
| Blanc | 9 | 9 | |

(*Suite de la page 2, Abaque 1.*)

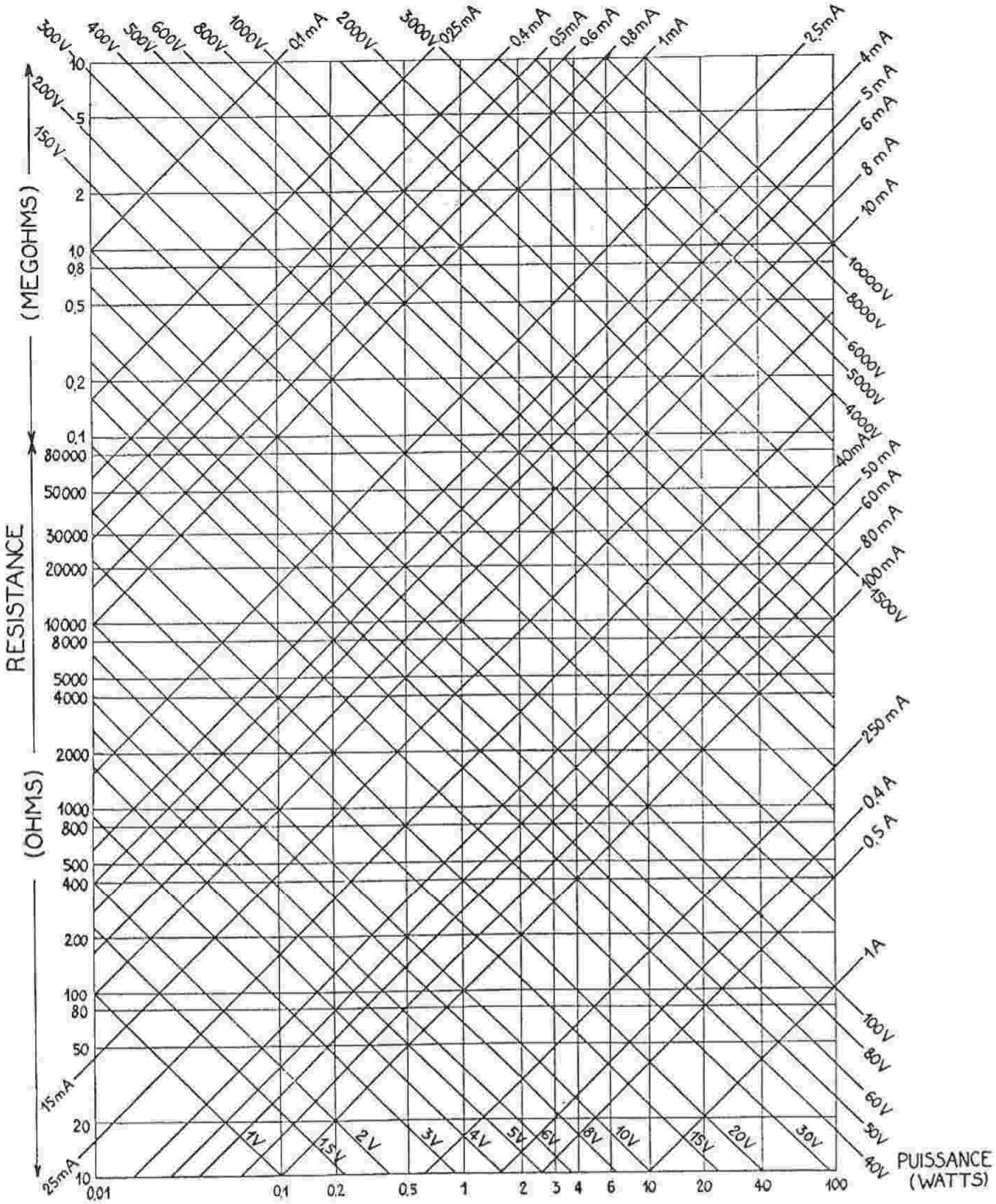
**4 watts et 110 volts donne, sur l'échelle 1, 36 mA (valeur dix fois trop petite) et sur l'échelle 4 (côté a), 3.050 ohms (valeur dix fois trop grande). La résistance R cherchée a pour valeur : *305 ohms*.**

De même, si l'on connaît la valeur d'une résistance R et la chute de tension U entre ses extrémités, on obtient, en réunissant ces deux valeurs, l'intensité qui la traverse et la puissance qu'elle dissipe.

Si l'on connaît la valeur R de la résistance et l'intensité I qui la traverse, on obtient par alignement la chute de tension aux bornes U et la puissance dissipée P.

REMARQUE. — Selon l'ordre de grandeur des valeurs mises en jeu, on utilise le côté A ou le côté B des échelles I, P et R.

# LOI D'OHM. PUISSANCE ÉLECTRIQUE



# RÉSISTANCES. PUISSANCE CONSTANTE

## CONSTITUTION DE L'ABAQUE

Pour le calcul des résistances, on dispose de la formule d'Ohm :

$$U = R\ I$$

dans laquelle U est exprimé en volts, R en ohms et I en ampères.

Dans la pratique de la T.S.F., on exprime plutôt R en milliers d'ohms et I en milliampères; dans ces conditions, la formule d'Ohm peut s'écrire :

$$U = R \text{ milliers d'ohms} \times I \text{ milliampères}.$$

En utilisant ces mêmes unités, la puissance en watts dissipée dans une résistance de R milliers d'ohms traversée par un courant de I milliampères sera :

$$P \text{ watts} = \frac{R\ I^2}{1.000}$$

Quoique simple, l'application de cette formule peut conduire à des erreurs. Nous l'avons traduite en 2 abaques figurés ci-contre, dits à puissance constante et qui permettent de calculer la puissance dissipée lorsque la valeur de la résistance et le courant sont connus.

## FORMULE DE CALCUL

Ces deux abaques sont du type cartésien logarithmique. Ils portent en abscisses les valeurs des intensités, en ordonnées les valeurs des résistances, des obliques tracées sur les abaques correspondant aux puissances.

Le premier abaque est relatif au calcul de résistances de chute ou de polarisation pour des lampes de petite puissance (amplificatrices et détectrices).

Son échelle des intensités est graduée de 1 à 32 milliampères.

Son échelle des résistances est graduée de 100 à 50.000 ohms.

Des obliques ont été tracées pour des résistances comprises entre 0,01 et 5 watts dissipés dans la résistance calculée.

Le second est relatif à des lampes de puissance (BF ou lampes d'amplificateurs).

Son échelle des intensités est graduée de 5 à 160 milliampères.

Son échelle des résistances est graduée de 100 à 20.000 ohms.

Des obliques ont été tracées pour des résistances comprises entre 1 watt et 40 watts dissipés.

## APPLICATIONS

Il est de la plus grande utilité de pouvoir apprécier rapidement la puissance dissipée par une résistance entrant dans la construction d'un appareil de T: S. F. Il est, en effet, parfaitement inutile d'utiliser une résistance pouvant dissiper 4 watts dans une cellule de découplage d'une ligne d'antifading alors qu'une résistance de la plus faible puissance possible pourrait convenir. Il serait ridicule d'adopter comme résistance de polarisation d'un push-pull basse fréquence, une résistance « quart de watt », sous prétexte d'économie.

L'usage des abaques ci-contre évitera toutes ces erreurs, permettra souvent de réaliser une certaine économie sur le prix de revient d'un récepteur et diminuera certainement les risques de pannes.

PREMIER EXEMPLE. — *Nous voulons savoir la puissance dissipée par une résistance de 4.000 ohms traversée par un courant de 5 milliampères.*

**Nous nous reporterons à l'abaque établi pour les lampes ordinaires. Au croisement de l'horizontale de 4 (4.000 ohms) et de la verticale de 5, nous trouvons une droite qui nous indique la puissance dissipée par la résistance, soit 0,1 watt.**

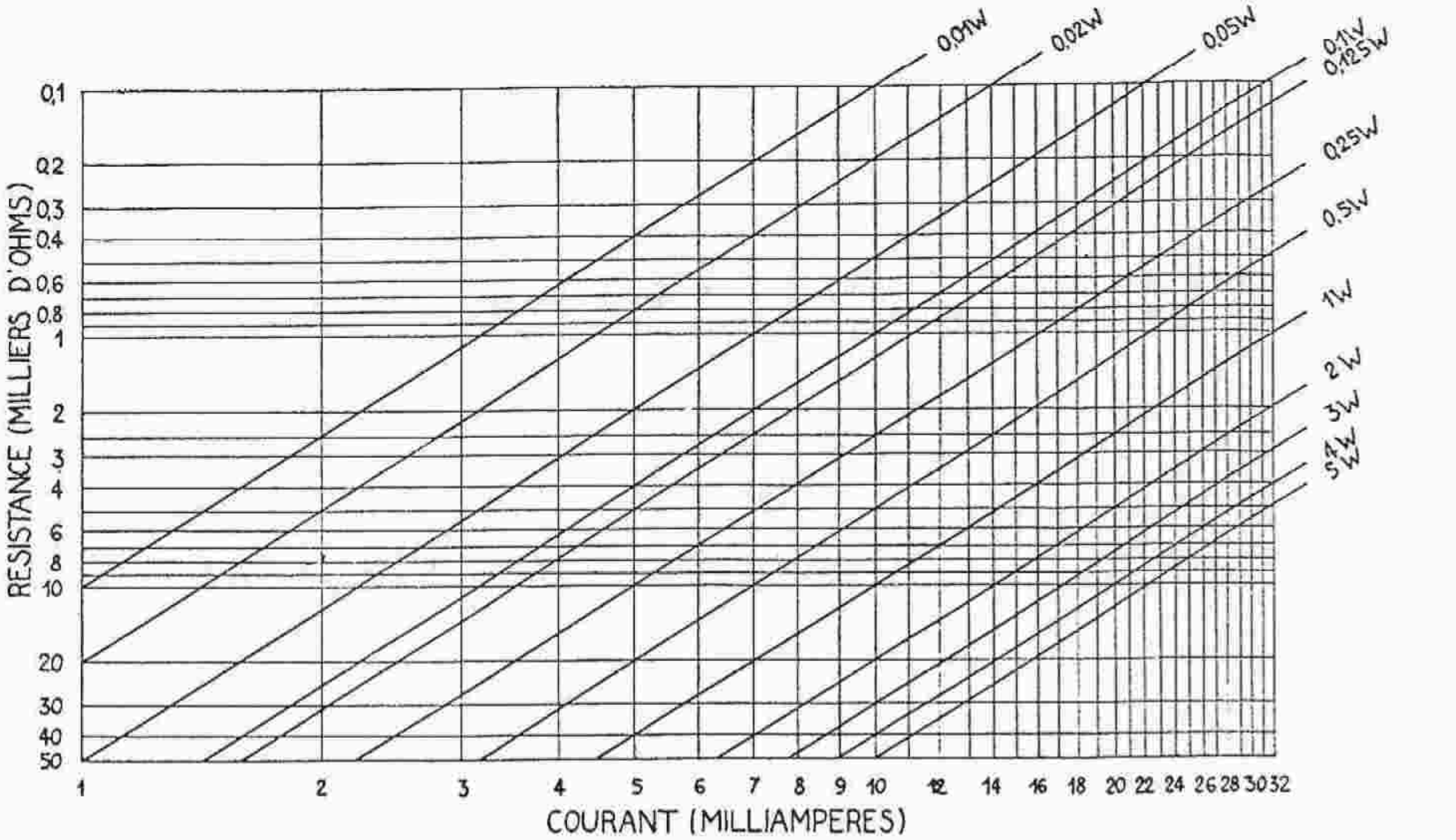
Si la résistance qui nous intéresse se trouve placée entre cathode et masse d'un tube de puissance, nous devrons nous reporter à l'abaque établi spécialement pour ces tubes et dont l'emploi est le même que celui du précédent.

DEUXIÈME EXEMPLE. — *Pour un tube EL5, la résistance de polarisation doit être de 200 ohms, le courant qui traverse cette résistance est de 80 milliampères. Quel type de résistance doit être choisi.*

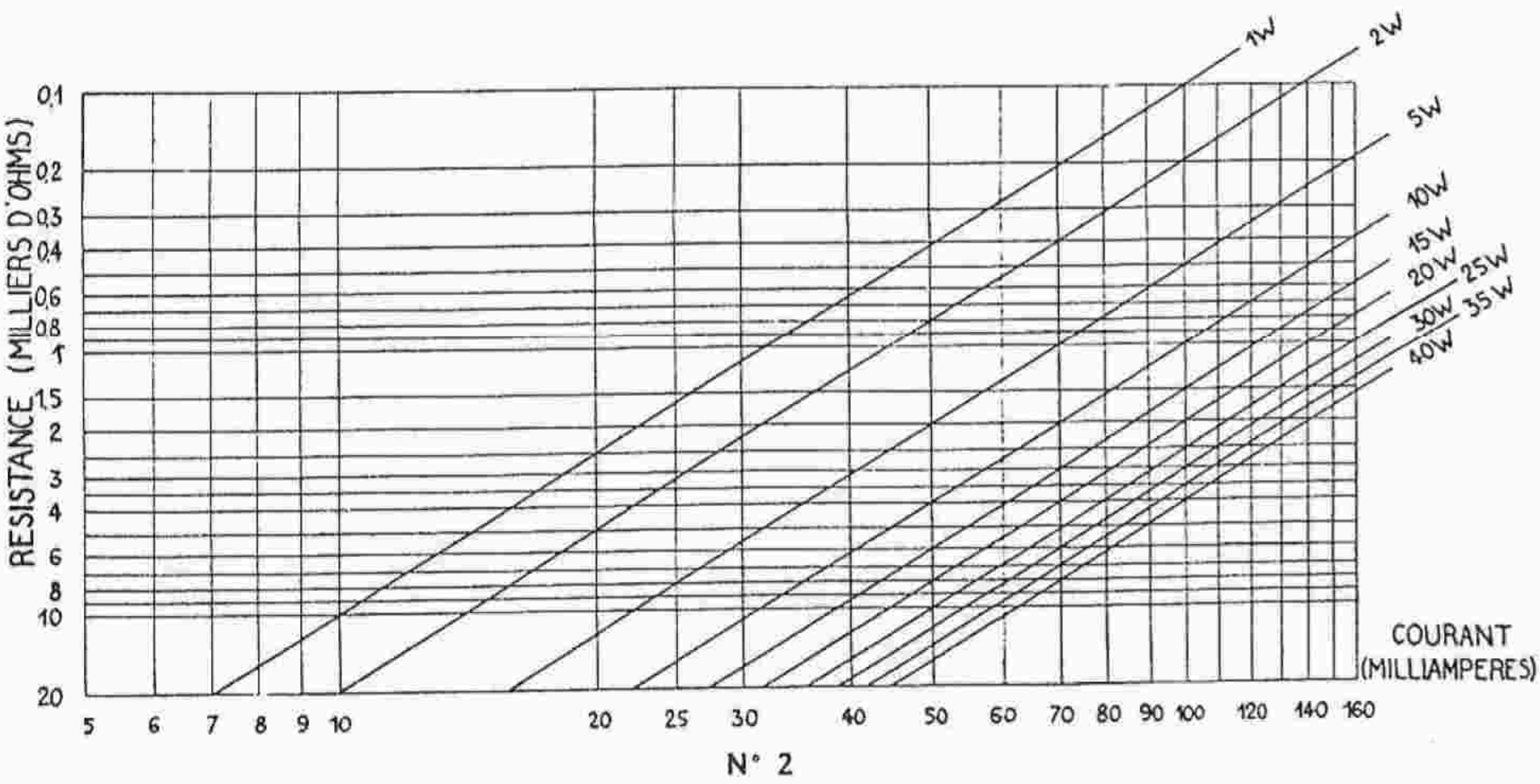
**La verticale de l'intensité (80 milliampères) croise l'horizontale de 0,2 (milliers d'ohms) entre les obliques 1 et 2. Nous choisirons une résistance de polarisation de *2 watts*.**

REMARQUE. — La formule citée ci-dessus peut également se traduire par un tableau comme celui que nous donnons page 88. Il a été établi pour des valeurs de résistances comprises entre 50 et 500.000 ohms et des puissances de 1/2 watt à 5 watts.

# RÉSISTANCES. PUISSANCE CONSTANTE




N° 1




N° 2

# RÉSISTANCE. RÉSISTANCE CONSTANTE

## FORMULE DE CALCUL

La valeur de la résistance en ohms correspondant à une chute de tension de U volts et à un courant de I ampères est donnée par la formule d'Ohm :

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

En T. S. F., où l'unité d'intensité est le milliampère, la formule devient :

$$R = \frac{U}{I} \times 1000$$

U étant exprimé en volts et R en ohms.

Cette formule a été traduite par les deux abaques ci-contre permettant d'obtenir la valeur d'une résistance par simple lecture.

## CONSTITUTION DE L'ABAQUE

Ces abaques sont du type cartésien ordinaire (échelles proportionnelles).

Sur les figures, les intensités en milliampères ont été portées en abscisses et les chutes de tension en ordonnées. Les courbes correpondant aux résistances sont des droites, puisque la formule d'Ohm est linéaire.

L'abaque 4 (N° 1) permet le calcul des résistances de polarisation pour les tubes de faible puissance (amplificatrice et détectrice), et l'abaque 4 (N° 2), le calcul des résistances pour tubes de puissance (BF ou lampes d'amplificateurs).

Sur l'abaque 4 (N° 1) :

L'échelle des intensités est graduée de 0 à 20 milliampères; l'échelle des tensions de 0 à 17 volts, les obliques correspondant aux résistances sont graduées de 200 à 25.000 ohms.

Sur l'abaque 4 (N° 2) :

L'échelle des intensités est graduée de 0 à 100 milliampères; celle des tensions de 0 à 17 volts, les obliques correspondent à des résistances comprises entre 10 et 200 ohms.

## APPLICATIONS

Lors de l'établissement d'un schéma, ces deux abaques permettront de déterminer rapidement la valeur des résistances de polarisation des tubes utilisés connaissant la chute de tension qu'elles doivent produire et l'intensité qui les traverse.

Les tensions, les intensités et les résistances les plus courantes ont été prévues. Bien entendu, pour des valeurs différentes de celles portées sur les abaques, il est possible d'interpoler.

L'emploi de ces abaques est excessivement simple.

PREMIER EXEMPLE. — *Soit à calculer, par exemple, la résistance de polarisation pour un tube 76 (triode à caractéristique américaine). La tension de polarisation doit être de 13,5 volts et le courant anodique a une valeur de 5 milliampères.*

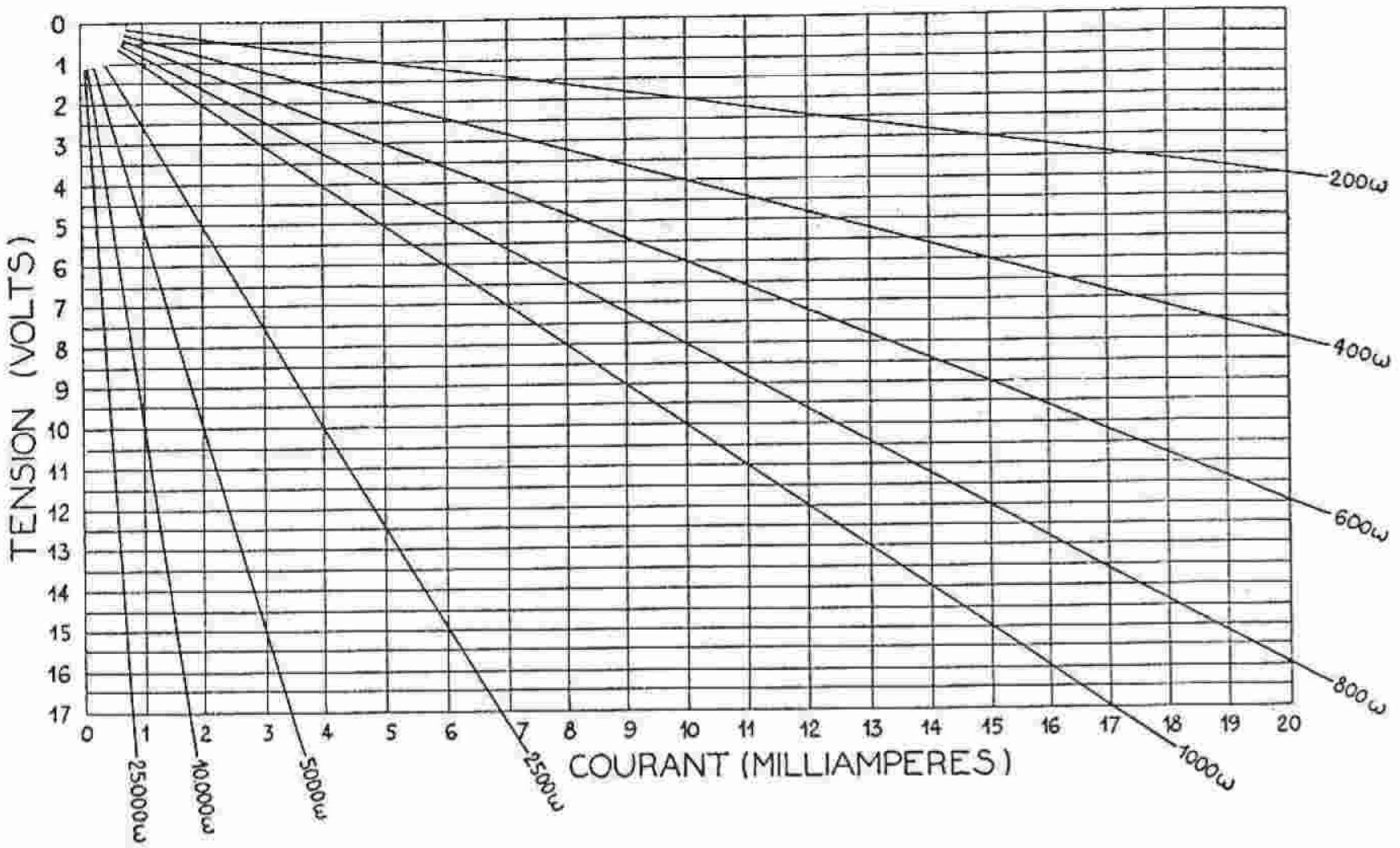
**Sur l'abaque prévu pour les « tubes ordinaires », la verticale de 5 coupe l'horizontale de 13,5 volts au voisinage de la courbe 2.500 ohms. Une valeur de *2.700 ohms* sera donc nécessaire.**

DEUXIÈME EXEMPLE. — *Quelle résistance de polarisation doit être employée pour un tube EL 11 (pentode BF du type métallique européen), le courant traversant cette résistance étant de 40 milliampères et la tension de polarisation de 6 volts.*

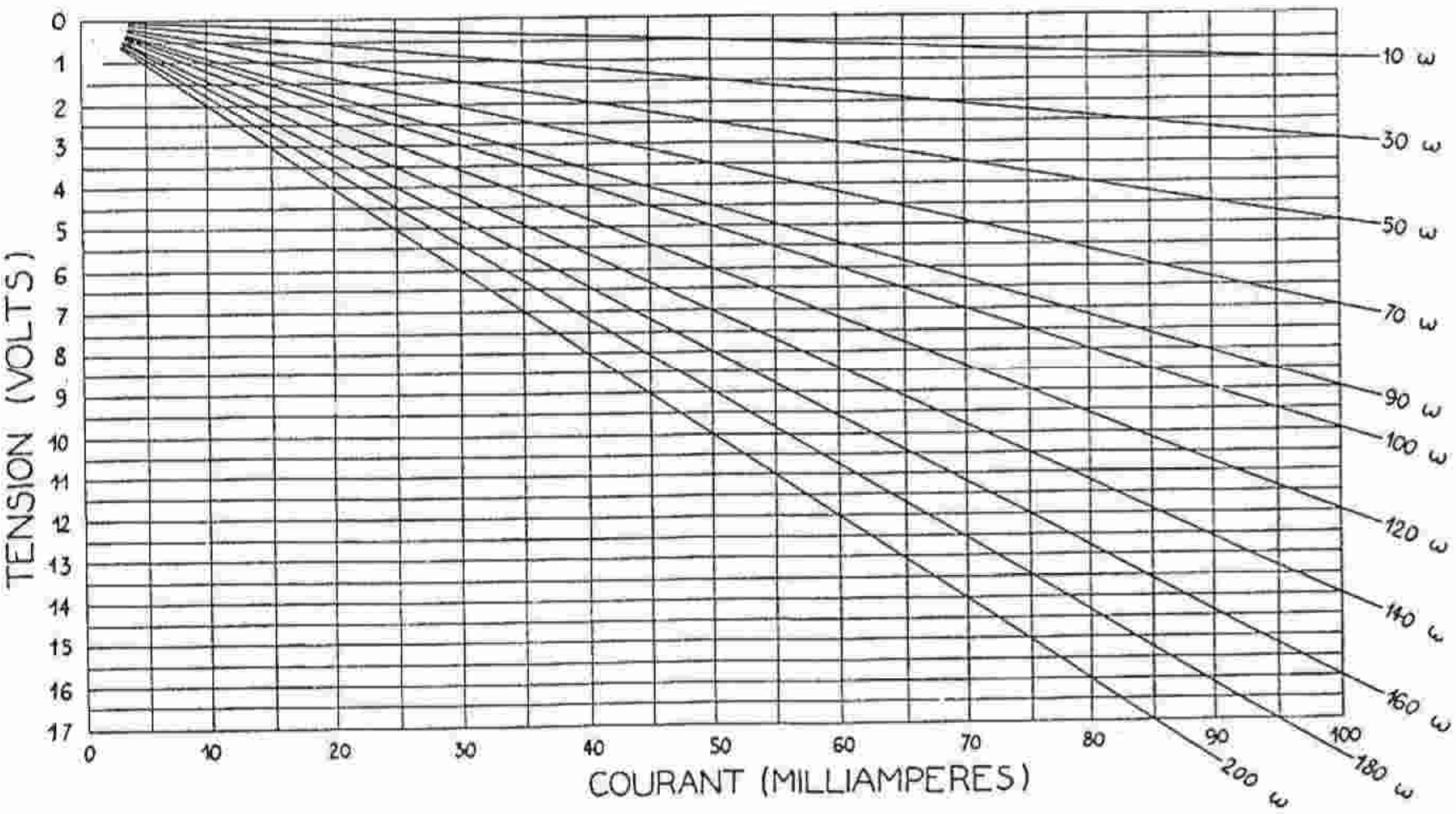
**Nous utiliserons l'abaque 4 (N° 2) : La verticale de l'intensité 40 coupe l'horizontale de 6 en un point compris entre les droites 140 ohms et 160 ohms. La valeur *1.500 ohms* est la valeur cherchée.**

# RÉSISTANCE. RÉSISTANCE CONSTANTE

N° 1




N° 2



# RÉSISTANCE DES FILS DE CUIVRE (Courant continu)

## FORMULE DE CALCUL

Dans le cas d'un conducteur, la résistance R, représente le quotient de la longueur du conducteur par sa section, quotient multiplié lui-même par un coefficient qui dépend de la nature du conducteur et auquel l'on donne le nom de résistivité.

La résistivité est la résistance d'un fil métallique de 1 centimètre de longueur et de 1 centimètre carré de section. La résistivité s'exprime donc, théoriquement, en ohms-centimètres : centimètres carrés; mais pratiquement, elle est donnée en microhms-centimètres : centimètres carrés dans les tables, la résistance d'un fil de 1 cm/1 $cm^2$ étant très faible.

La formule qui donne la résistance d'un conducteur en fonction de sa longueur et de sa section s'écrit :

$$R = \rho \times \frac{L}{S \times 10^6}$$

dans laquelle R est la résistance en ohms, $\rho$ la résistivité en microhms-centimètres-centimètres carrés, L la longueur en centimètres, S la section en centimètres carrés.

Si l'on exprime la longueur en mètres, la section en millimètres carrés (le diamètre étant donné en mm., la même formule s'écrit :

$$R = \frac{\rho \times L}{S \times 10^2}$$

## CONSTITUTION DE L'ABAQUE

La formule précédente ne permet pas d'effectuer rapidement les calculs rencontrés dans la pratique; c'est pourquoi nous avons établi spécialement, pour les fils de cuivre, l'abaque N° 5 qui donne directement la résistance d'un fil connaissant sa longueur, sa section ou son diamètre.

Cet abaque est valable pour des fils en cuivre recuit (résistivité $\rho = 1{,}7$). Pour les fils utilisés en T. S. F., on admet un coefficient de résistivité de 1,54. Ce coefficient varie suivant la nature du cuivre; il est de 1,593 pour le cuivre étalon et de 1,619 pour le cuivre écroui. Certaines qualités de cuivre du commerce ont une résistivité allant jusqu'à 1,8.

L'abaque N° 5 comporte trois échelles : une échelle des longueurs L, exprimées en mètres (échelle 1), une échelle des résistances, R, graduée en ohms (échelle 2), une échelle des diamètres, D, exprimés en mm. (échelle 3); à cette échelle est accolée une échelle des sections S correspondant aux diamètres D.

## APPLICATIONS

PREMIER EXEMPLE. — *Soit à calculer la résistance d'un fil de cuivre de 100 mètres de longueur et de 1 millimètre de diamètre.*

**Réunir 100 sur l'échelle L à 1 sur l'échelle D. La règle rencontre l'échelle R en un point qui donne la résistance cherchée, soit *2,150 ohms*.**

Bien entendu, l'abaque est réversible et permet de trouver la longueur du fil à utiliser, connaissant sa section et la résistance à obtenir, ou la section, connaissant la résistance et la longueur.

DEUXIÈME EXEMPLE. — *Quel est le diamètre d'un fil de cuivre ayant une longueur de 35 mètres et une résistance de 2 ohms?*

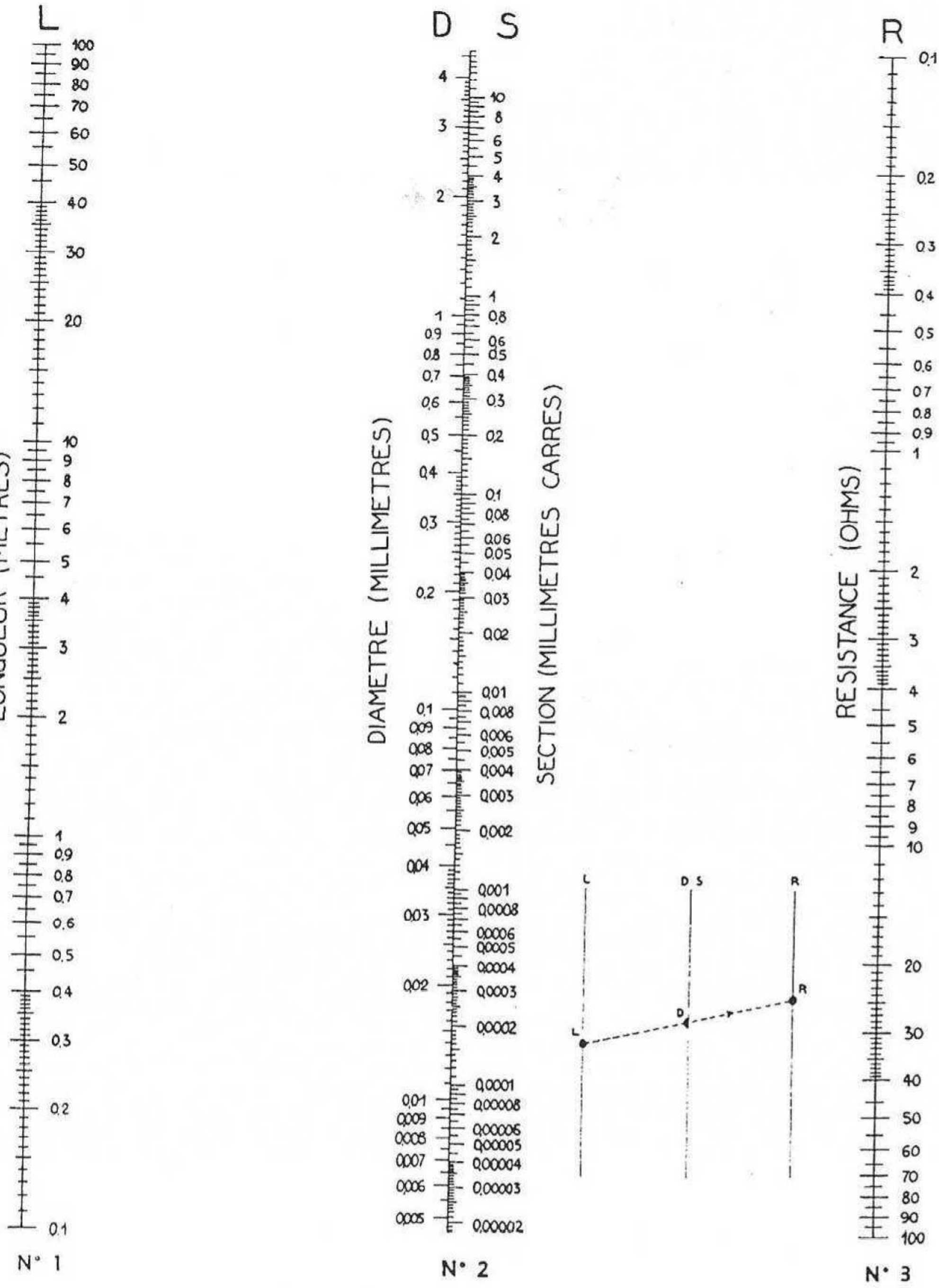
**Alignons 35 lu sur l'échelle L et 2 lu sur l'échelle R, l'intersection avec l'échelle D nous donne la valeur trouvée : *0,615 mm*.**

TROISIÈME EXEMPLE. — *Quelle est la longueur d'un fil de cuivre de 2 mm. de diamètre, ayant une résistance de 0,35 ohm?*

**Alignons 0,35 lu sur l'échelle R et 2 lu sur l'échelle D, l'intersection avec l'échelle L nous donne la valeur de la longueur cherchée, *64,7 mètres*.**

REMARQUE I. — Nous donnons page 89 (Tabl. II) un tableau indiquant les valeurs des caractéristiques de fils en cuivre à haute conductibilité. Ce tableau a été établi pour une valeur de $\rho$ égale à 1,67 environ.

# RÉSISTANCE DES FILS DE CUIVRE (Courant continu)



# RÉSISTANCE DES FILS MÉTALLIQUES (Courant continu)

## FORMULE DE CALCUL

Nous avons vu (abaque n° 5) que la résistance d'un fil métallique s'obtient au moyen de la formule :

$$R = \rho \frac{L}{S \times 10^6}$$

dans laquelle $\rho$ est la résistance du fil en microhms : centimètres: centimètre-carré, L, la longueur du fil en centimètres, S la section du fil conducteur en centimètres carrés, R la résistance du fil en ohms.

L'abaque n° 6 concerne les métaux utilisés couramment soit pour la constitution des bobinages ou des résistances utilisés en T. S. F. et en électricité.

Elle comporte trois échelles, dont deux doubles :

Echelle 1 gauche : échelle des longueurs, L, graduée en mètres;

Echelle 1 droite , échelle des résistances, R, graduée en ohms;

Echelle 2 gauche : échelle des diamètres du fil, D, graduée en centimètres.

Echelle 2 droite : échelle correspondant aux résistivités des différents métaux usuels (sur celle échelle, au lieu de porter la valeur d'une constante de calcul correspondant à la résistivité de chaque métal, on a simplement inscrit en face d'un repère le nom de ce métal; cette façon de faire rend l'emploi de l'abaque encore plus simple et commode).

Echelle 3 : échelle de réflexion.

## CONSTITUTION DE L'ABAQUE

PREMIER EXEMPLE. — *Soit à calculer la résistance d'un fil de Maillechort 18 0/0, de 10 mètres de longueur et de 0,1 mm. de diamètre.*

**Réunir à la règle 10 pris sur l'échelle L à 0,1 pris sur la partie gauche de l'échelle D. La règle coupe l'échelle de réflexion en un certain point. Réunissons ce point à l'indication du coefficient de résistivité du maillechort 18 0/0 donnée sur la partie droite de l'échelle D. La règle coupe l'échelle R en un point 365. La résistance du fil considéré est de *365 ohms*.**

DEUXIÈME EXEMPLE. — *Quelle est la longueur d'un fil Nichrome 3 ayant un diamètre de 2,3 mm. (0,23 cm.) et une résistance de 21,4 ohms à 20 degrés centigrades.*

**Aligner 21,4 lu sur l'échelle 1 droite (échelle R) et le repère de l'échelle 2 droite correspondant à l'alliage Nichrome 3, nous coupons l'échelle de réflexion en un certain point. Aligner ce point et le diamètre, 0,23 lu sur l'échelle des diamètres (échelle 2 gauche), nous coupons l'échelle L (échelle 1 gauche) aux environs de 100.**

**La valeur cherchée est : 100 mètres.**

REMARQUE I. — La valeur de la résistivité des métaux usuels et les autres constantes électriques et mécaniques relatives aux fils usuels sont indiquées dans le tableau placé en annexe page 90.

REMARQUE II. — La résistance d'un fil conducteur varie avec la température (sauf pour les métaux à résistance constante tels que le constantan et la manganine).

Pour les fils subissant de fortes variations de températures (fils pour résistances électriques d'appareils de chauffage par exemple) il est intéressant de pouvoir calculer la résistance (celle-ci déterminant la consommation) à des températures fort différentes. Pour effectuer ce calcul, on pourra s'aider du tableau ci-dessous.

VALEUR DE LA RÉSISTANCE AUX DIFFÉRENTES TEMPÉRATURES D'UNE RÉSISTANCE DONT LA VALEUR EST DE 1 OHM A ZÉRO DEGRÉ

| | 20° | 100° | 200° | 300° | 400° | 500° | 600° | 700° | 800° | 900° | 1000° |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Résistance en ohms | | | | | | | | | | |
| Nichrome .... | 1.000 | 1.0185 | 1.0417 | 1.0645 | 1.0828 | 1.0928 | 1.0960 | 1.1022 | 1.1123 | 1.1257 | 1.1423 |
| Nichrome III | 1.000 | 1.0120 | 1.0265 | 1.0408 | 1.0555 | 1.0653 | 1.0657 | 1.0650 | 1.0760 | 1.0880 | 1.1033 |
| Nichrome IV | 1.000 | 1.0078 | 1.0170 | 1.0265 | 1.0360 | 1.0440 | 1.0373 | 1.0319 | 1.0334 | 1.0392 | 1.0482 |
| Alliage 193 . | 1.000 | 1.036 | 1.197 | 1.292 | 1.365 | 1.425 | 1.473 | 1.504 | 1.538 | 1.585 | ..... |
| Advance ... | 1.000 | 0.9992 | 0.9995 | 1.002 | 1.006 | 1.020 | 1.039 | ..... | ..... | ..... | ..... |
| Nickel Pur . | 1.000 | 1.43 | 2.06 | 2.83 | 3.52 | 3.87 | 4.15 | 4.41 | 4.73 | 5.04 | 5.38 |

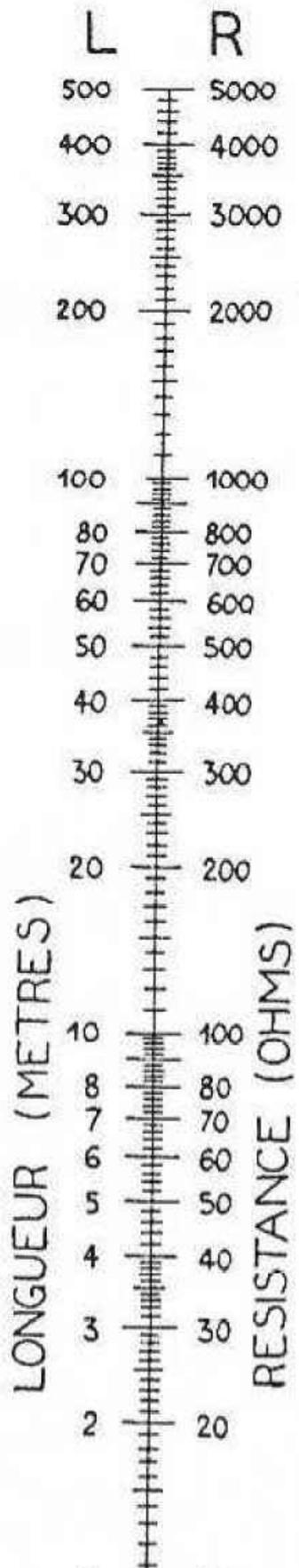
REMARQUE III. — La résistance d'un fil à $t$ degrés, $R_t$, se calcule en fonction de la résistance à zéro degré $R_0$ à l'aide de la formule :

$$R_t = R_0 (1 + \alpha t)$$

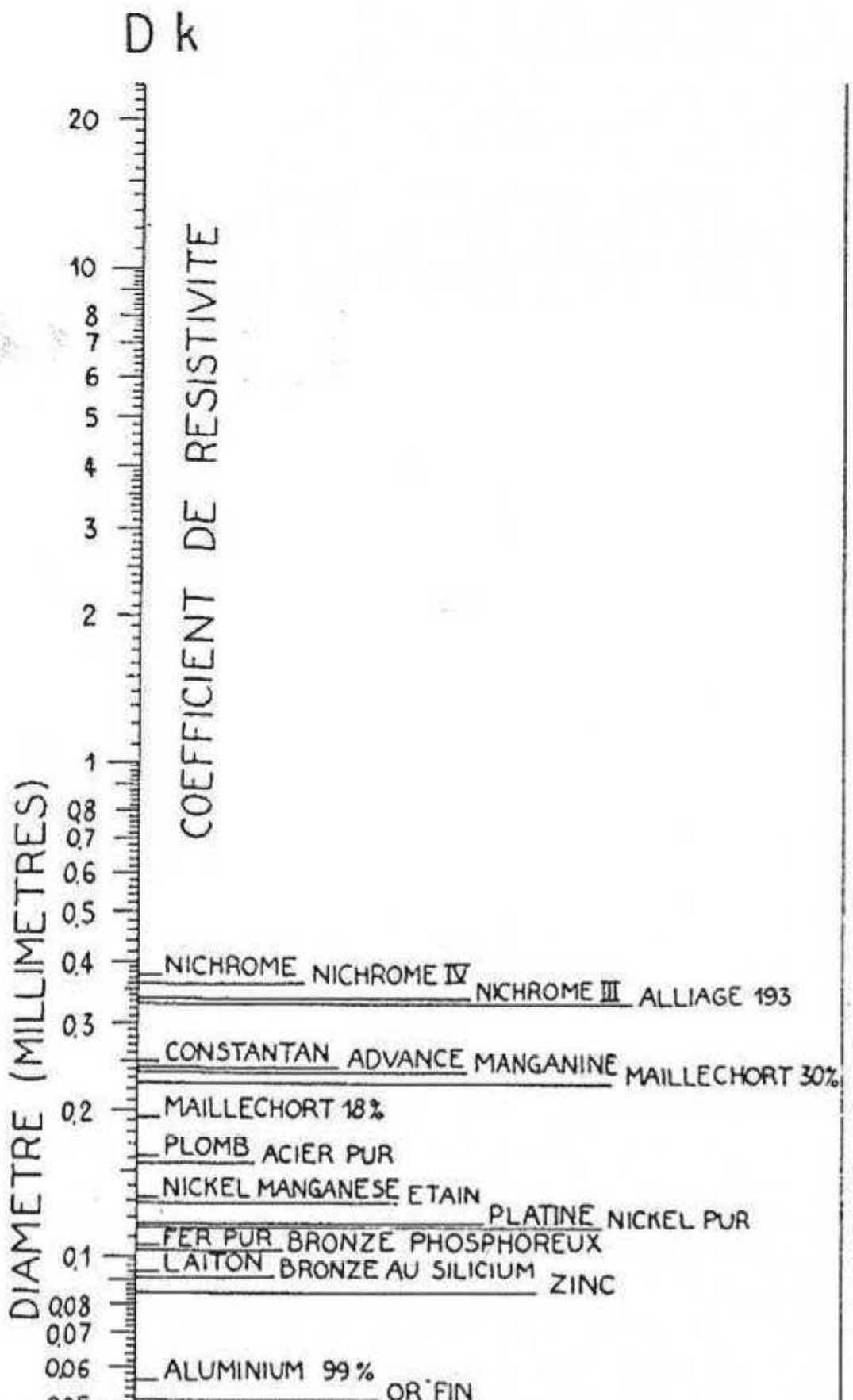
$\alpha$ étant le coefficient de température.

(Voir page 90 le tableau VI donnant la valeur de la résistivité du coefficient de température et de la densité des conducteurs usuels.)

# RÉSISTANCE DES FILS MÉTALLIQUES (Courant continu)




N° 1




N° 2




N° 3

# RÉSISTANCES DE RÉGLAGE ET POTENTIOMÈTRES (D'après FOUILLÉ)

$$22 < \frac{u}{U}\ \% < 100$$

## RELATION ENTRE LES GRANDEURS CARACTÉRISTIQUES D'UN POTENTIOMÈTRE

Soit une résistance R constituant un potentiomètre destiné à réduire de la valeur U à la valeur $u$ la tension entre les extrémités d'un récepteur de résistance $r$ (figure 1). La relation évidente :

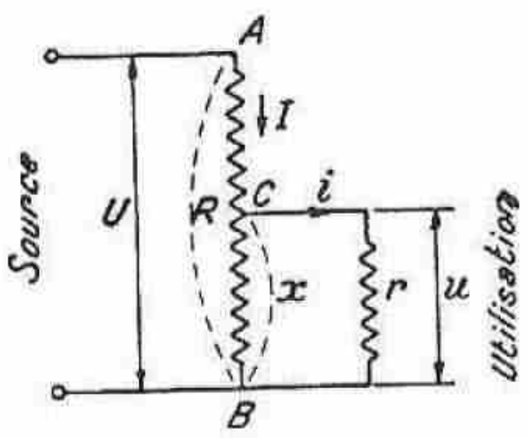



Fig. 1

$$U = u + (R - x)\ I = u + (R - x)\ \frac{U}{R - x + \frac{rx}{r + x}}$$

peut s'écrire :

$$(1)\quad \frac{u}{U} = \frac{\frac{r}{R}}{\frac{r}{x} - \frac{x}{R} + 1} = \frac{\frac{r}{R}}{\frac{r/R}{x/R} - \frac{x}{R} + 1}$$

On peut exprimer de même le rapport de réduction en potentiel $\frac{u}{U}$ en fonction du rapport $\frac{i}{I}$ de réduction en intensité.

$$\frac{r}{x} = \frac{1 - i}{i} = \frac{1 - \frac{i}{I}}{\frac{i}{I}}$$

En portant dans (1) cette expression de $\frac{r}{x}$, il vient :

$$(2)\quad \frac{u}{U} = \frac{\frac{x}{R}\ \frac{1 - i/I}{i/I}}{\frac{1}{i/I} - \frac{x}{R}} = \frac{1 - i/I}{\frac{1}{x/R} - \frac{i}{I}}$$

Il résulte de ces équations que :

1° Si on considère les quatre variables

$$\frac{u}{U},\ \frac{x}{R},\ \frac{r}{R},\ \frac{i}{I}.$$

deux quelconques suffisent pour fixer l'état du système potentiométrique;

2° Si le récepteur est doué d'une force contre-électromotrice $e$, on a : en désignant par $\rho$ sa résistance non inductive :

$$\frac{u}{i} = \frac{e}{i} + \rho$$

et si on convient d'appeler résistance fictive du récepteur la quantité :

$$r = \frac{u}{i} = \frac{e}{i} + \rho$$

les relations précédentes — où $r$ intervient par le rapport $\frac{u}{i}$ — s'appliquent à un récepteur quelconque de résistance fictive $r$.

## CONSTITUTION DE L'ABAQUE

L'équation (1) peut s'écrire :

$$\frac{U}{u} = \frac{\frac{r}{x} - \frac{x}{R} + 1}{\frac{r}{R}} = \frac{R}{x} - \frac{R/r}{R/x} + \frac{R}{r}$$

soit, en posant $\frac{U}{u} = X;\ \frac{R}{x} = Y;\ \frac{R}{r} = Z.$

$$(3)\quad X = Y + Z - \frac{Z}{Y}$$

équation représentable par un abaque à points alignés dont les supports parallèles portent les valeurs de X et Z.

Nous les avons gradués, pour des raisons de commodité d'emploi, suivant les valeurs de $\frac{1}{X}$ %, soit $\frac{u}{U} \times 100$ et Z soit $\frac{R}{r}$ et, d'autre part, la courbe suivant les valeurs de $\frac{1}{Y}$ %, soit $\frac{x}{R} \times 100$.

L'équation (2) peut s'écrire :

$$\frac{U}{u} - 1 = \frac{R/x - 1}{1 - i/I}$$

Posons : $1 - \frac{i}{I} = T.$ $\qquad X - 1 = \frac{Y - 1}{T}$

Portons dans (3) la valeur de Y tirée de cette équation, il vient :

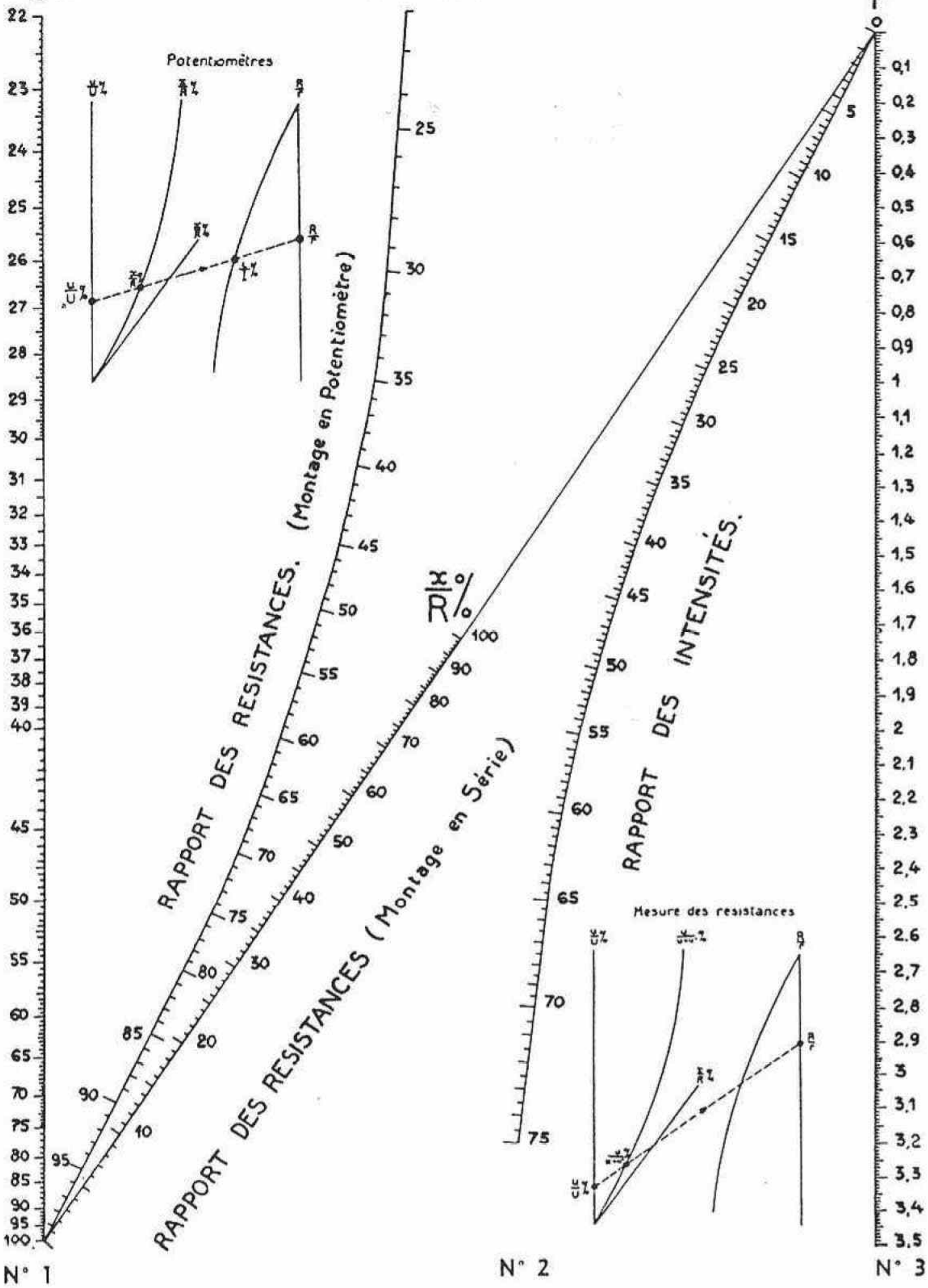
$$(4)\quad (X - 1)\ T^2 - T\ (X - Z - 2) - 1 = 0$$

équation représentable par un abaque à points alignés dont les supports parallèles en X et Z (gradués en $\frac{1}{X}$ et Z) se confondent avec ceux de l'abaque précédent, la courbe donnant les valeurs de T et graduée suivant les valeurs de $(1 - T)$ %, soit $\frac{i}{I} \times 100$.

*(Voir la suite pages 16 et 17.)*

# RÉSISTANCES DE RÉGLAGE ET POTENTIOMÈTRES (D'après FOUILLÉ)

$$22 < \frac{u}{U} \% < 100.$$



On peut d'ailleurs rendre cet abaque *universel*, c'est-à-dire applicable au calcul d'une résistance en série avec le récepteur. On a, en effet, (figure 2) :

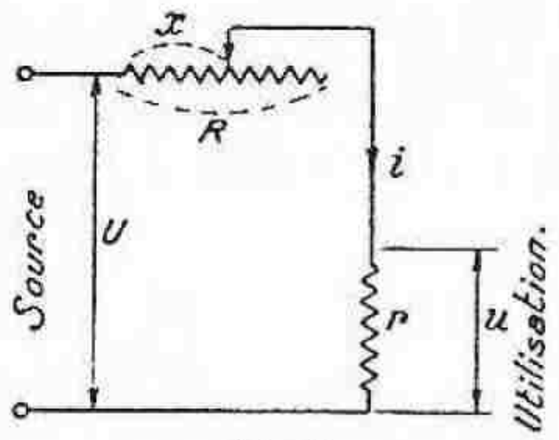



Fig. 2

$$(5)\quad X-1=\frac{U}{u}-1=\frac{U-u}{u}=\frac{x}{r}=\frac{R/r}{R/x}=\frac{Z}{Y}$$

équation qui nous conduit à un abaque en N dont les supports parallèles en X — 1 et Z peuvent être confondus avec les précédents (déjà gradués en $\frac{1}{X}$ % et Z).

La droite transversale sera graduée suivant les valeurs de $\frac{1}{Y}$ %, soit $\frac{x}{R}\times 100$.

## APPLICATIONS

MESURE DES RÉSISTANCES. — Supposons le récepteur constitué par un voltmètre de résistance *r*. Quand il est connecté entre C et B (fig. 3), l'équation (1) s'écrit :

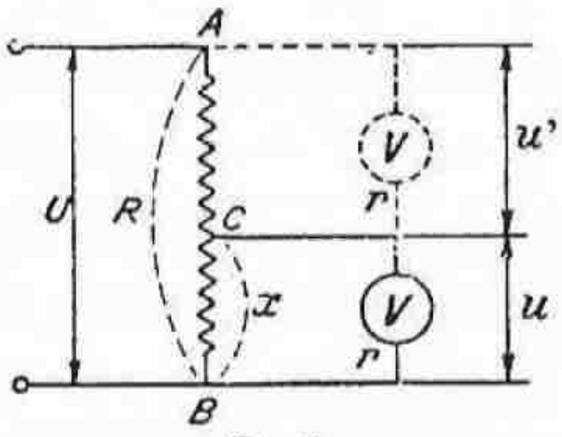



Fig. 3

$$\frac{U}{u}=\frac{r/x-x/R+1}{r/R}$$

ou :

$$X=\frac{Y/Z-1/Y+1}{1/Z}\text{ ou }X=Y+Z(1-1/Y)$$

Si le voltmètre est ensuite connecté entre A et C, on a en désignant par $u'$ la d. d. p. entre A et C et en posant :

$$\frac{U}{u'}=X'\text{ et }\frac{u'}{u}=S :$$

$$X'=\frac{U}{u'}=\frac{\frac{r/R}{1-x/R}-(1-x/R)+1}{r/R}=$$

$$=\frac{\frac{1}{Z(1-1/Y)}-1+1/Y+1}{1/Z}=\frac{Y}{Y-1}+\frac{Z}{Y}$$

D'où en divisant membre à membre :

$$\boxed{S=\frac{u'}{u}=\frac{U/u}{U/u'}=\frac{X}{X'}=\frac{Y+Z(1-1/Y)}{Y+Z(1-1/Y)}=Y-1}$$

Donc, l'abaque gradué suivant les valeurs de $\frac{1}{Y}$ %, soit $\frac{x}{R}\times 100$, nous donnera les valeurs de :

$$\frac{1}{S+1}\times 100=\frac{1}{\frac{u'}{u}+1}\times 100=\frac{u}{u+u'}\times 100$$

Il en résulte une méthode simple et rapide de mesure d'une résistance R à l'aide d'un voltmètre de résistance connue *r*.

1° Mesurer avec ce voltmètre U, *u*, *u'* ;

2° Calculer $\frac{u}{U}$ % et marquer le point correspondant sur le support de gauche de l'abaque;

3° Calculer $\frac{u}{u+u'}$ % d'où un deuxième point sur la courbe correspondante;

4° Joindre les deux points par une droite qui, à sa rencontre avec le deuxième support, donne la valeur de $\frac{R}{r}$ D'ou R.

EXEMPLE. — *Avec un voltmètre de résistance* r = *30.000 ohms; on a fait les lectures :*

***U = 600 V; u = 450 V; u' = 75 V.***

***Calculer* R *et* x.**

**Le calcul donne :**

$$\frac{u}{U}\ \%=75\text{ et }\frac{u\ \%}{u+u'}=85{,}7$$

**L'abaque donne $\frac{R}{r}=1{,}17$, d'où :**

$$R=1{,}17\times 30.000=35.000\text{ ohms.}$$

REMARQUE I. — Le voltmètre doit avoir la *même résistance r* (même sensibilité) pour les mesures de *u* et *u'*. Pour la mesure de U, on choisira la sensibilité la plus favorable.

REMARQUE II. — *Le rapport* $\frac{u}{u+u'}$ étant égal à $\frac{x}{R}$, l'abaque donne non seulement la valeur de R, mais celle de *x*. Dans l'exemple numérique précédent, $\frac{x}{R}\ \%=85{,}7$, d'où :

$$x=0{,}857\times 35.000=30.000\text{ ohms.}$$

CONDITIONS D'EXACTITUDE. — De l'équation (3) on tire :

$$Z = \frac{Y}{Y-1} \times (X-Y)$$

soit :

$$\frac{R}{r} = \frac{u'/u-1}{u'/u} \times \left(\frac{U}{u} - \frac{u+u'}{u}\right) = \frac{u+u'}{u'} \times \frac{U-(u+u')}{u}$$

Exprimons l'erreur relative commise sur R :

$$\frac{\Delta R}{R} = \frac{\Delta R/r}{R/r} = \frac{\Delta u}{u} + \frac{\Delta u'}{u'} + \frac{\Delta(u+u')}{u+u'} + \frac{\Delta[U-(u+u')]}{U-u+u')}$$

Dans le second membre, le 3e terme a une valeur intermédiaire entre celles des deux premiers. La méthode sera donc d'autant plus précise :

1° Qu'aucune des lectures $u$, $u'$ sur l'échelle voltmétrique ne sera trop petite. L'équation (1) montre que, pour qu'il en soit ainsi, il faut que le rapport que le rapport $\frac{R}{r}$ ne soit pas trop petit et que, d'autre part, le rapport $\frac{x}{R}$ ne soit très voisin ni de zéro ni de 1 ;

2° Que la différence $U-(u+u')$ sera plus grande. Cette différence proportionneell à :

$$\frac{U}{u} - \frac{u+u'}{u} = \frac{r/x - x/R + 1}{r/R} - \frac{R}{x} = \frac{R-x}{r}$$

croît lorsque le rapport $\frac{R}{r}$ décroît.

La conclusion est la suivante : la méthode donne les meilleurs résultats *lorsque la résistance* R *à mesurer est du même ordre de grandeur que celle du voltmètre.*

Il conviendra en outre que le rapport $\frac{R}{x}$ ne soit voisin ni de zéro ni de 1.

*Mesure de la résistance d'isolement d'une ligne.* — C'est une application dans laquelle la méthode sus-indiquée est particulièrement intéressante puisqu'il est possible d'opérer *sans couper le courant dans la ligne.* On mesurera la tension U entre les fils de ligne, puis respectivement les tensions :

$u$ entre le 1er fil de ligne et la ferrure de l'isolateur (ou le sol)
$u'$ — 2° — — —

ces deux dernières tensions étant mesurées avec la même sensibilité pour le voltmètre. L'abaque donne immédiatement les résistances d'isolement (par rapport aux ferrures ou au sol) de chacun des deux fils de ligne.

RÉGLAGE PRÉCIS DE L'INTENSITÉ DANS UN RÉCEPTEUR PAR LA COMBINAISON — EN POTENTIOMÈTRE ET EN SÉRIE — DE DEUX RHÉOSTATS A PLOTS.

On dispose d'un rhéostat à plots R en potentiomètre et d'un deuxième rhéostat à plot R*h* (fig. 4) en série avec le récepteur *r*. Donner toute la gamme des valeurs de l'intensité du courant qu'il sera possible de faire circuler dans le récepteur.

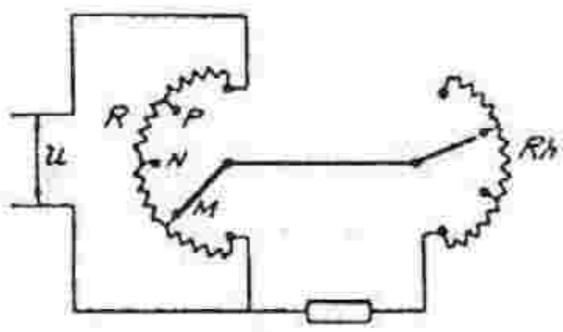


Fig. 4

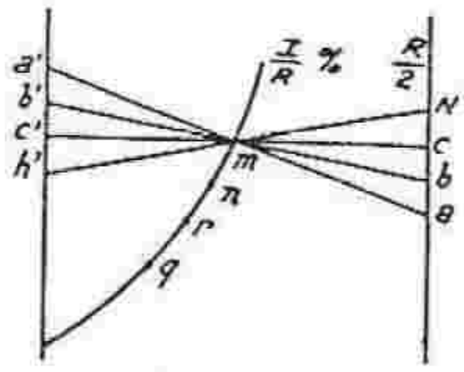


Fig. 5

Soit $R_x$ la résistance variable en série avec *r*. A chacune des positions du curseur de R correspond une valeur connue du rapport $\frac{x}{R}$ et un point sur la courbe $\frac{x}{R}$. Reportons les points *m n p q* relatifs aux différents plots de R (fig. 5).

De même, à chaque position du curseur de R*h* correspond une valeur du rapport :

$$\frac{\text{Résistance totale du récepteur}}{\text{Résistance du potentiomètre}} = \frac{R}{r+R_x}$$

que nous portons sur l'axe $\frac{R}{r}$ (puisque la résistance $R_x$ s'ajoute à celle du récepteur). Soient *a b c d* les points obtenus.

En joignant le point *m* aux points *a b c d*, nous obtenons sur l'axe $\frac{u}{U}$ les points *a' b' c' d'* qui nous donnent les valeurs $\frac{u}{U}$ correspondant à un même plot de R et à tous les plots de R*h*. Puis en recommençant la même construction avec les points *n*, *p*, *q*, on obtient la série des valeurs $\frac{u}{U}$ correspondant à tous les plots du potentiomètre.

Des rapports $\frac{u}{U}$ on déduit les valeurs *u*, d'où les courants *i* par les rapports :

$$i = \frac{u}{r+R_x}$$

AUTRES APPLICATIONS. — Nous nous bornerons à mentionner d'autres problèmes dont l'abaque universel donne une solution rapide.

Réglage rhéostatique du courant dans un récepteur (lampe par exemple) dont la résistance est une fonction connue de l'intensité.

Comparaison, au point de vue du prix du rhéostat de réglage des montages potentiomètrique et série.

# RÉSISTANCES DE RÉGLAGE ET POTENTIOMÈTRES (D'après FOUILLÉ)

$$3 < \frac{u}{U} \% < 100$$

MESURE DE LA RÉSISTANCE D'UN RHÉOSTAT. — On place le curseur vers le milieu du rhéostat et on fait les trois mesures U, *u*, *u'* comme l'indique la figure 3.

Comme la méthode est imprécise dès que l'ordre de grandeur de la résistance à mesurer diffère sensiblement de la résistance du voltmètre, il convient, pour obtenir des résultats satisfaisants, d'utiliser un voltmètre ayant plusieurs sensibilités et choisir la source et la sensibilité convenables.

Par exemple, si on dispose d'un voltmètre ayant une résistance de 40 ohms par volt et les sensibilités 3; 15; 150; 300 volts, la mesure d'une résistance de quelques milliers d'ohms sera faite avec la sensibilité 150 volts et une source de 110 volts environ ($r = 40 \times 150 = 6.000$ ohms). S'il s'agissait d'une résistance de quelques centaines d'ohms, on opèrerait avec une source d'une quinzaine de volts et la sensibilité 15 v. ($r = 40 \times 15 = 600$ ohms), etc.

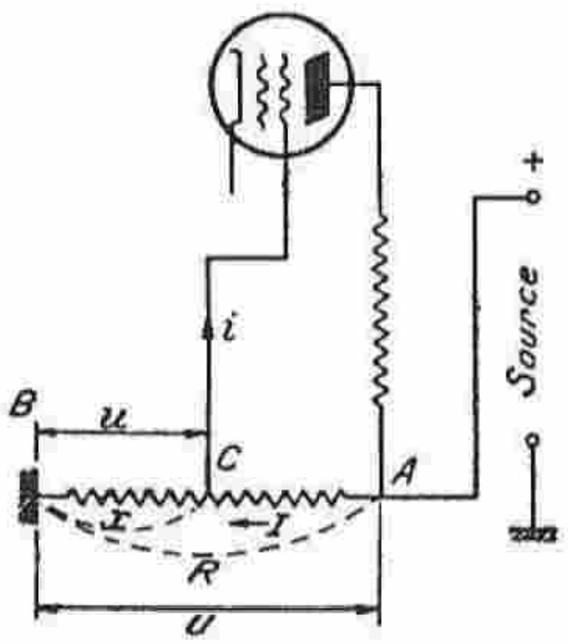
MESURE D'UNE RÉSISTANCE NE COMPORTANT PAS DE POINT INTERMÉDIAIRE ACCESSIBLE. — On dispose, en série avec celle-ci, une deuxième résistance R' du même ordre de grandeur et on traite l'ensemble $R + R'$ comme la résistance totale du rhéostat de l'exemple précédent.

L'abaque permettra de déterminer

$$\frac{R}{R + R'} \text{ et } R + R', \quad \text{d'où R.}$$

CALCUL D'UN POTENTIOMÈTRE. — *Soit à résoudre le problème suivant qui se pose fréquemment en T. S. F.:*

*« Pour fixer à 100 volts le potentiel d'une grille-écran, on utilise (figure 1) une source de 200 volts. Sachant que le courant dans cette grille sera de 2 mA, calculer le potentiomètre permettant de limiter à 5 watts la puissance fournie par la source. »*




Nous calculons :

Résistance du récepteur :

$$r = \frac{u}{i} = \frac{100}{0,002} = 50.000 \text{ ohms.}$$

Rapport :

$$\frac{u}{U} \% = \frac{100}{200} \times 100 = 50.$$

Courant *i* débité par la source

$$I = \frac{P}{U} = \frac{5}{200} = 0,025 \text{ A.}$$

Rapport :

$$\frac{i}{I} \% = \frac{0,002}{0,025} \times 100 = 8.$$

En joignant le point $\frac{u}{U} \% = 50$ (abaque 7) au point $\frac{i}{I} \% = 8$, l'abaque donne :

$$\frac{R}{r} = 0,17 \text{ et } \frac{x}{R} \% = 51.$$

D'où :

R (résistance du potentiomètre) $= 0,17 \times 50.000 =$ 9.000 ohms.

$x = 9.000 \times 0,51 = 4.590$ ohms, soit 4.600 ohms environ.

POSSIBILITÉ D'EMPLOI D'UN RHÉOSTAT EN VUE D'UN RÉGLAGE DÉTERMINÉ. — *« On dispose d'une source de U = 120 volts et d'un rhéostat de résistance R = 130 ohms pouvant supporter I' = 1,3 A. Peut-on utiliser ce rhéostat pour faire passer un courant i = 0,6 A dans un récepteur de résistance r = 60 ohms? »*

a) *Montage en série.* — Tension aux bornes du récepteur $u = ri = 60 \times 0,6 = 36$ volts.

Rapport $\frac{u}{U} \% = \frac{36}{120} \times 100 = 30$. Joignons le point B ($\frac{u}{U} = 30$) au point A ($\frac{x}{R} = 100 \%$) ; nous obtenons le point C (sur l'échelle N° 3) qui donne :

$$\frac{R}{r} = 2,32.$$

D'où $R = 2,32 \times 60 = 140$ ohms.

Le rhéostat, monté en série, est trop peu résistant pour permettre le réglage imposé.

b) *Montage en potentiomètre.* — Joignons les points B et C' ($\frac{R}{r} = \frac{130}{60} = 2,17$. Nous obtenons les points P ( $\frac{i}{I} \% = 50$ et Q ( $\frac{x}{R} \% = 46,5$).

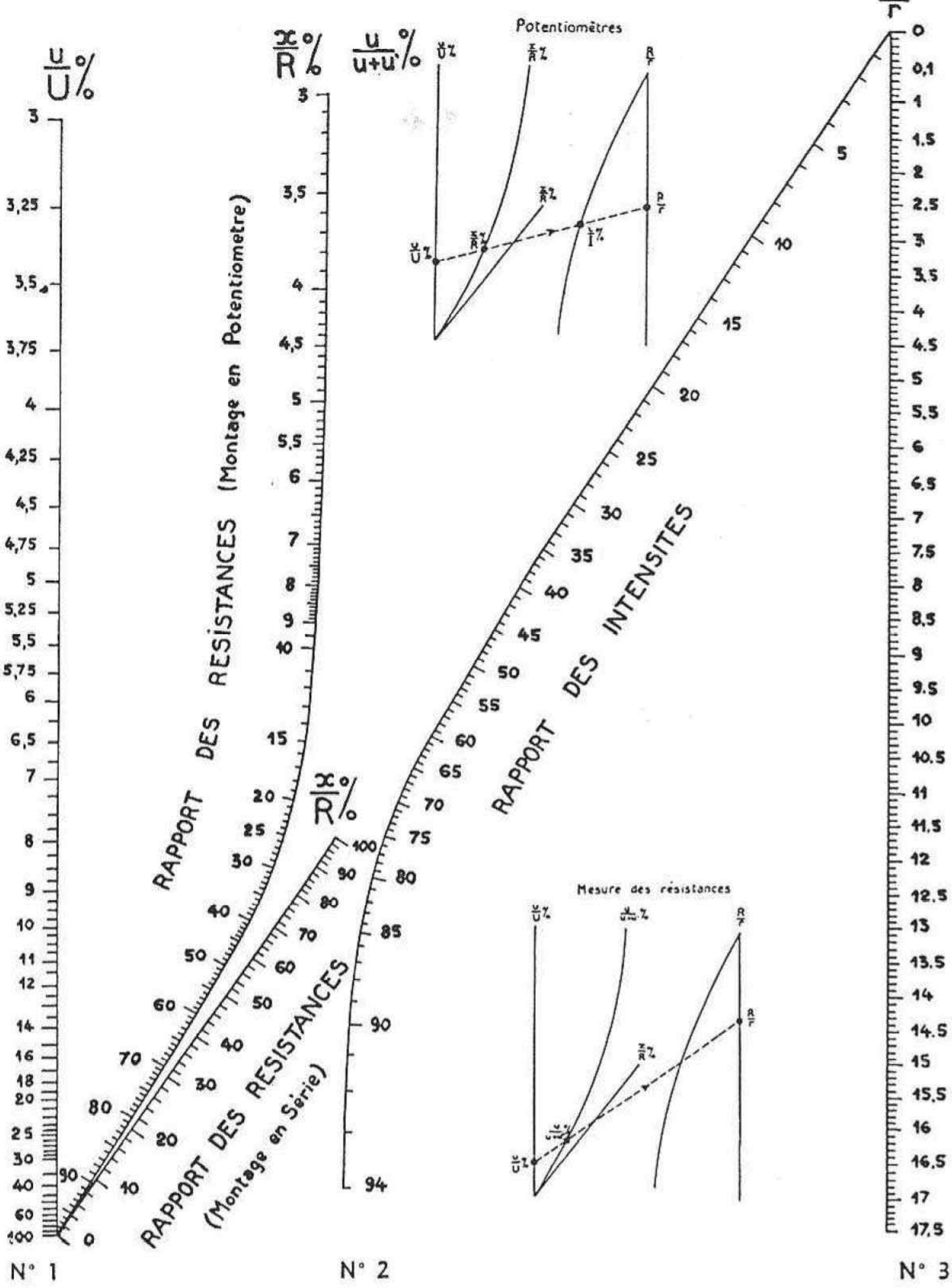
D'où :

$$I = \frac{0,6}{0,5} = 1,2 \text{ A.} \qquad (1,2 < 1,3)$$

En potentiomètre, le rhéostat donné permet le réglage imposé. Le curseur devra être placé aux 46,5 % de la longueur à partir de l'extrémité de potentiel nul.

# RÉSISTANCES DE RÉGLAGE ET POTENTIOMÈTRES (D'après FOUILLÉ)

$$3 < \frac{u}{U}\,\% < 100.$$




N° 1 N° 2 N° 3

# POTENTIOMÈTRES OU DIVISEURS DE TENSION

LE PROBLÈME DU CALCUL D'UN POTENTIOMÈTRE. — Si l'on se reporte à la figure 1 sur laquelle une résistance R est branchée aux bornes d'une source de tension U et comporte une prise en C alimentant un circuit d'utilisation de résistance $r$, la résistance du tronçon CB étant $x$, on voit que la résistance équivalente au tronçon CB et au circuit d'utilisation est : $\frac{xr}{x+r}$

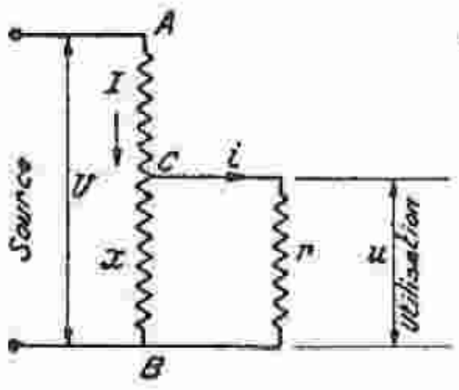


Fig. 1

et que la résistance du circuit d'ensemble est :

$$R - x + \frac{xr}{x+r}$$

Le courant total débité par la source d'alimentation est, d'après la loi d'Ohm :

$$I = \frac{U}{R - x + \frac{xr}{x+r}}$$

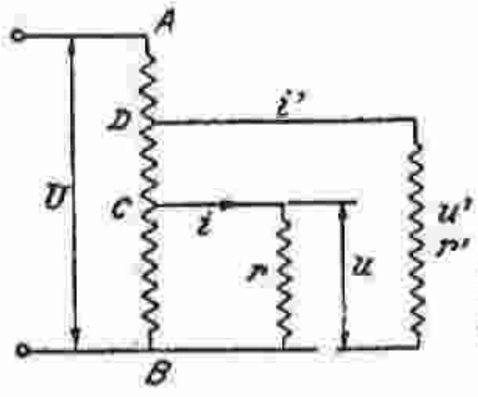


Fig. 2

Le courant $i$ traversant le circuit d'utilisation est, d'autre part :

$$i = \frac{u}{r}$$

On a donc :

$$I - i = \frac{U}{R - x + \frac{x+r}{xr}} - \frac{u}{r}$$

On voit que si l'on fait varier la valeur du courant consommé par le tronçon CB du potentiomètre, la valeur de la résistance CB = $x$ variera et que, d'autre part, si on se fixe une valeur de ce courant, la valeur de $x$ sera donnée d'après l'égalité précédente par une équation du second degré.

S'il s'agissait d'un potentiomètre à 2 prises (fig. 2), on serait conduit à une équation du troisième degré pour le calcul des tronçons CB, CD.

LE ROLE DES POTENTIOMÈTRES DANS UN MONTAGE DE T. S. F. — Dans les montages de T. S. F., un potentiomètre se monte aux lieu et place d'une résistance pour fixer, par exemple, le potentiel d'écran d'une lampe multigrille (tétrode, pentode, heptode, octode, etc.).

Le montage avec simple résistance est économique sous le rapport du courant consommé et ne nécessite qu'un seul élément de résistance pour le montage; la stabilité de fonctionnement (constance de la tension d'écran) n'est pas assurée pour des variations importantes du potentiel de grille.

Le montage à potentiomètre (figure 3), dans lequel on utilise une résistance R en faisant une prise convenable en C à l'aide d'un collier ou 2 résistances en série (CB = $x$, AC = R — $x$), donne plus de stabilité; cette stabilité est d'ailleurs d'autant plus grande que la consommation propre du potentiomètre (I — $i$) est plus grande par rapport à la consommation $i$ du circuit d'utilisation, en l'espèce le circuit d'écran de la lampe, c'est-à-dire que la valeur de R est plus faible.

CALCUL PRATIQUE. — Pour calculer pratiquement un potentiomètre, il convient de se donner un coefficient $k$ qu'on appellera coefficient de consommation et qui aura pour valeur :

$$k = \frac{I - i}{i}$$

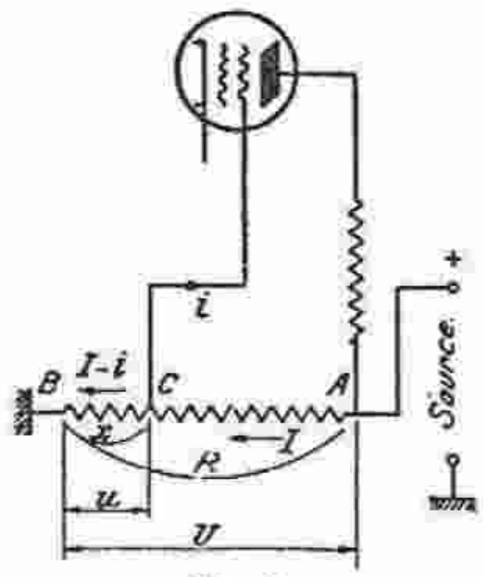


Fig. 3

La stabilité sera d'autant plus grande que $k$ sera plus grand.

Les formules de calcul à employer sont alors les suivantes :

$$I - i = ki. \qquad I = (I - i) + i = (k+1)\, i$$

$$x = \frac{u}{I - i.} \qquad R - x = \frac{U - u}{I}$$

EXEMPLE. — Calculer le diviseur de tension pour une grille-écran de pentode sélectode EF5.

Le tableau de caractéristiques du tube donne :

Tension d'anode..... U = 250 volts
Tension d'écran..... $u$ = 85 volts
Intensité d'écran..... $i$ = 2,3 mA

Nous choisirons un coefficient de consommation $k$ = 2.

*Première opération.* — Alignons $k$ lu sur l'échelle 1 et $i$ lu sur l'échelle 3. Nous trouvons sur l'échelle 2 la valeur de I — $i$ : 4,6 mA; c'est la consommation propre du potentiomètre.

Le courant I qui traverse le tronçon AC est :

$$4{,}6 + 2{,}3 = 6{,}9 \text{ mA.}$$

*Deuxième opération.* — Alignons 4,6 lu sur l'échelle 2 et 85 volts lus sur l'échelle 4, nous trouvons sur l'échelle 5 la valeur de l'élément CB = $x$ du potentiomètre : *18.500 ohms environ.*

*Troisième opération.* — Alignons 6,9 lu sur l'échelle 2 et U — $u$ = 250 — 85 = 165 volts lu sur l'échelle 4. Nous trouvons également sur l'échelle 5, la valeur de l'élément CA = R — $x$ du potentiomètre : *24.000 ohms environ.*

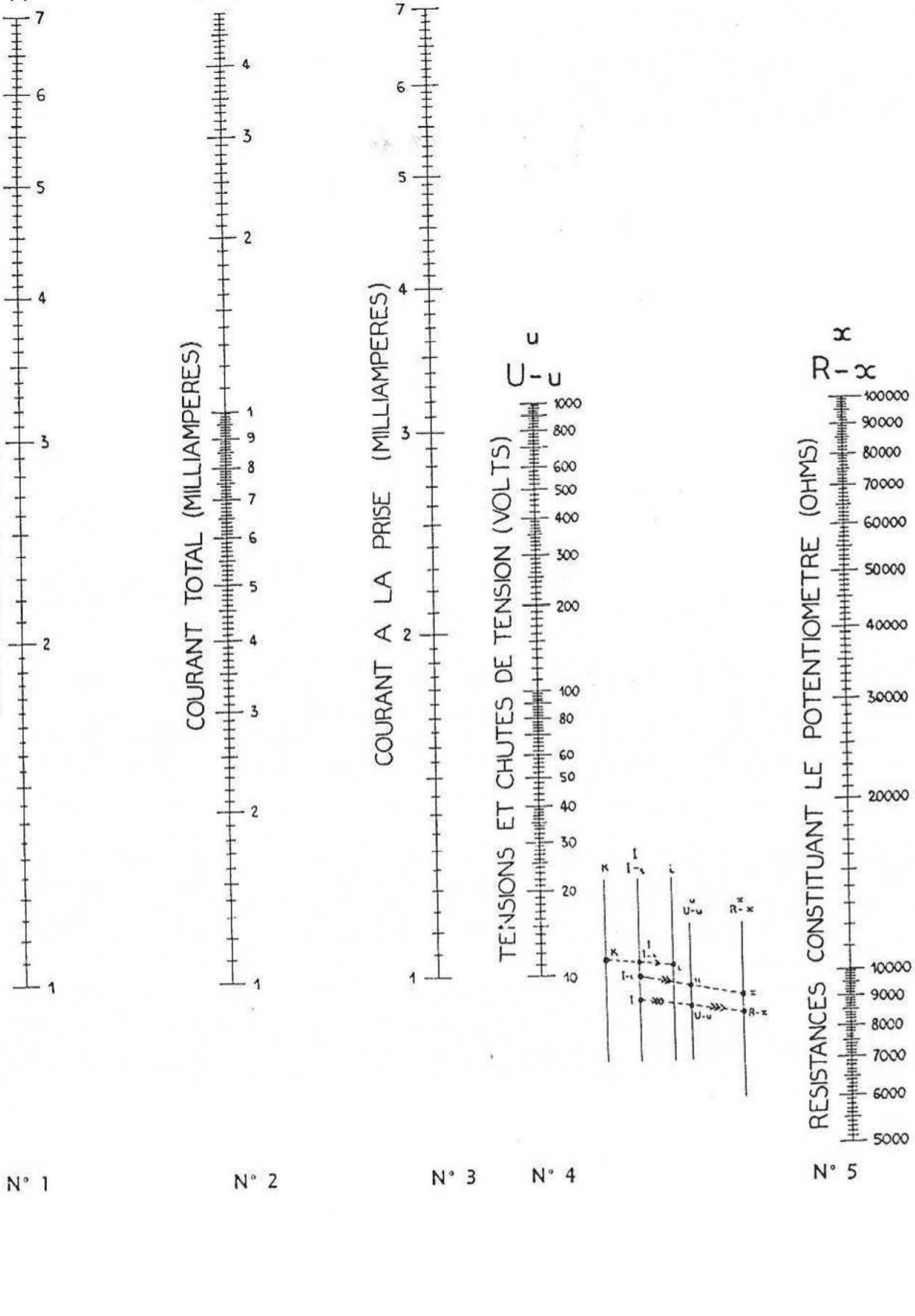
La valeur de R est dans ces conditions :

$$18.500 + 24.000 = 42.500.$$

REMARQUE. — En général, les constructeurs de tubes donnent pour les tubes courants des tableaux des valeurs à adopter pour la constitution du potentiomètre ou diviseur de tension, avec l'indication des valeurs extrêmes obtenues pour les courants consommés et les tensions obtenues.

Nous donnons page 89 (tableau III) un tableau pour le tube ayant fait l'objet de l'exemple ci-dessus. On pourra vérifier dans ce tableau ce que nous avons dit ci-dessus quant à la consommation et à la stabilité.

# POTENTIOMÈTRES OU DIVISEURS DE TENSION



# RÉSISTANCES EN PARALLÈLE. CAPACITÉS EN SÉRIE

## I. — Résistance en parallèle.

### FORMULES DE CALCUL

Nous savons que les résistances peuvent être montées en parallèle ou en série. Dans le premier cas, on dit que la valeur de l'inverse de la résistance équivalente $\frac{1}{R}$ (appelée encore conductance) est égale à la somme des inverses des résistances mises en parallèle. On a, par exemple, dans le cas de 3 résistances en parallèle :

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

Très souvent, dans la construction d'un poste de T. S. F., on utilise deux résistances en parallèle pour obtenir une résistance d'utilisation dont la valeur n'est pas courante dans le commerce (fig. 1). La formule précédente peut s'écrire alors:

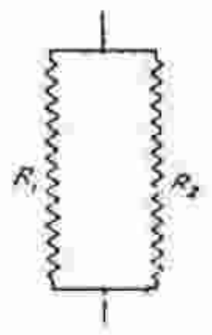


Fig. 1

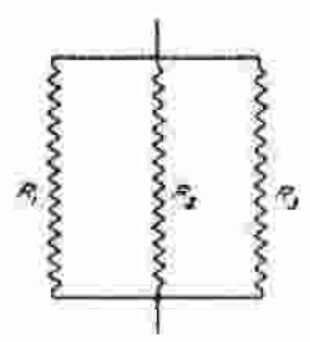


Fig. 2

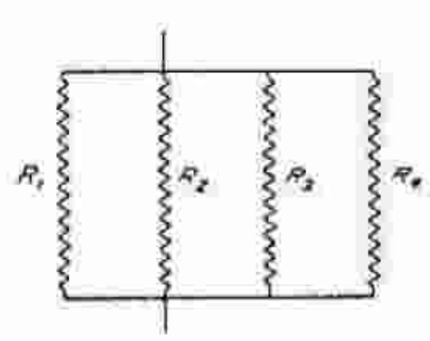


Fig. 3

$$(1) \qquad \boxed{R = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}}$$

Dans le cas de 3 résistances en parallèle, $R_1$ $R_2$ $R_3$ (fig. 2), on aurait pour valeur de la résistance équivalente :

$$R = \frac{R_1 \times R_2 \times R_3}{R_1 \times R_2 + R_1 \times R_3 + R_2 \times R_3}$$

Dans le cas de 4 résistances en parallèle $R_1$ $R_2$ $R_3$ $R_4$, on aurait pour valeur de la résistance équivalente :

$$R = \frac{R_1 \times R_2 \times R_3 \times R_4}{R_1 \times R_2 \times R_3 + R_1 \times R_2 \times R_4 + R_1 \times R_3 \times R_4 + R_2 \times R_3 \times R_4}$$

Ces formules, sans être bien compliquées, ne permettent pas des calculs rapides; aussi sommes-nous persuadés que l'abaque que traduit la formule 1 est susceptible de rendre de nombreux services à tous ceux qui travaillent à l'élaboration d'un schéma, à la construction ou au dépannage des récepteurs.

### CONSTITUTION DE L'ABAQUE

Cet abaque, dit abaque en V, comporte des échelles à graduations proportionnelles.

Les échelles $a_1$ et $a_2$, graduées de 0 à 200, sont utilisées pour des valeurs de résistance qui sont du même ordre de grandeur; l'échelle $a$ est l'échelle de la valeur équivalente (elle est graduée de 0 à 100).

Les échelles $a_1$ et $b_2$ ($b_2$ graduée de 0 à 20) servent pour effectuer le même calcul, mais dans le cas où les valeurs sont très différentes. Dans ce cas, c'est l'échelle $b$ qui donne la valeur équivalente (elle est graduée de 0 à 20).

### APPLICATIONS

PREMIER EXEMPLE. — *Supposons que nous désirons connaître rapidement la résistance équivalente à deux résistances en parallèle : l'une de 130 ohms, l'autre de 95 ohms.*

**En réunissant 130 (pris sur l'échelle $a_1$) à 95 (pris sur l'échelle $a_2$), on coupe l'échelle $a$ en un point *55* qui est en ohms la résistance équivalente cherchée.**

DEUXIÈME EXEMPLE. — *Si nous voulons réaliser une résistance peu courante, 85 ohms par exemple (résistance de polarisation d'une EL6), alors que nous ne possédons que des valeurs courantes (valeurs du commerce), nous pouvons déterminer facilement les résistances à mettre en parallèle. Nous voulons utiliser une résistance de 200 ohms, et nous voudrions savoir qu'elle est la valeur de la résistance à mettre en parallèle avec elle pour obtenir 85 ohms.*

**Il suffit de réunir à la règle 200 (pris sur l'échelle $a_1$) à 85 (pris sur l'échelle $a$). La règle coupe l'échelle $a_2$ à *148*, valeur de la résistance cherchée. Pratiquement, on utiliserait une résistance de *150 ohms*.**

## II. — Capacités en série.

### FORMULES DE CALCUL

Dans le cas de capacités montées en série, on utilise les mêmes formules que pour les résistances en parallèle.

La capacité C, équivalente à deux capacités $C_1$ et $C_2$ montées en série (fig. 4) a pour valeur :

$$(2) \qquad \boxed{C = \frac{C_1 \times C_2}{C_1 + C_2}}$$



Fig. 4



Fig. 5

La capacité équivalente à trois capacités montées en série ($C_1$, $C_2$, $C_3$) (voir page 5) a pour valeur :

$$C = \frac{C_1 \times C_2 + C_1 \times C_3 + C_2 \times C_3}{C_1 \times C_2 \times 3}$$

L'abaque 10 traduit également la formule 2.

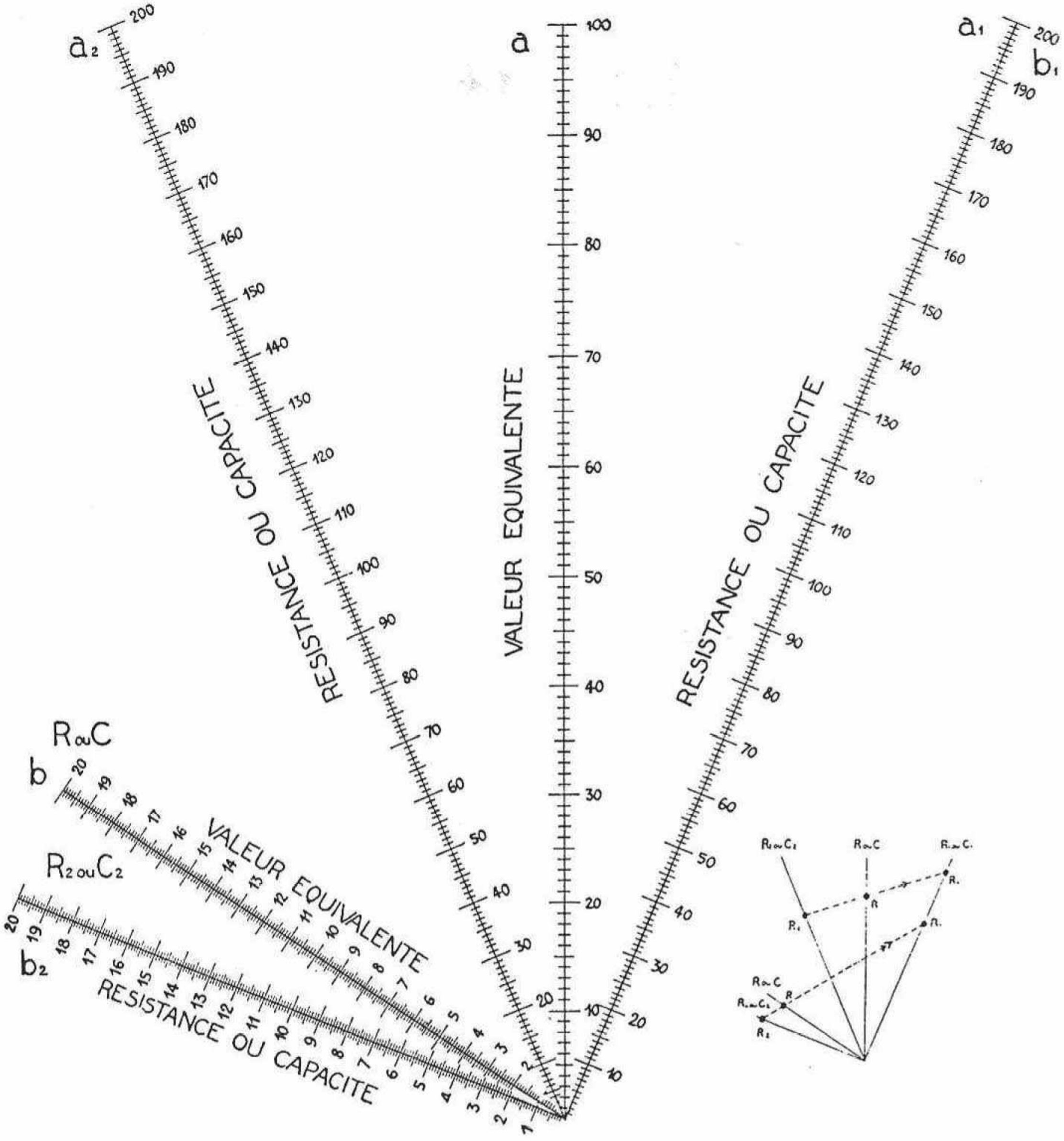
### APPLICATIONS

PREMIER EXEMPLE. — *Calculer la capacité équivalente à deux condensateurs, un condensateur variable de 460 micromicrofarads et un condensateur fixe en série (condensateur padding de 520 micromicrofarads).*

**Les échelles de l'abaque ne portent pas ces valeurs, nous ferons le calcul avec des valeurs proportionnelles, 46 et 52. Alignons 46 lu sur l'échelle $a_1$ et 52 lu sur l'échelle $a_2$, l'intersection avec l'échelle $a$ nous donne la valeur 24,5 environ.**

**La valeur cherchée n'est pas 24,5, mais *245 micromicrofarads*.**

# RÉSISTANCES EN PARALLÈLE. CAPACITÉS EN SÉRIE



# CONDENSATEURS FIXES (Diélectriques solides et liquides)

## FORMULE DE CALCUL

Un condensateur est constitué par deux armatures métalliques en regard l'une de l'autre et séparées par un diélectrique solide. La capacité d'un tel condensateur est donnée par la formule :

$$C = \frac{kS}{4\pi e}$$

dans laquelle $k$ est le *pouvoir inducteur spécifique* du diélectrique utilisé ou *constante diélectrique*.

Pour rendre notre abaque plus pratique, nous avons indiqué directement sur l'échelle $k$ le pouvoir inducteur spécifique des diélectriques utilisés le plus souvent dans la pratique. Pour certains corps, dont la constante diélectrique varie d'un échantillon à l'autre, nous avons indiqué les limites extrêmes entre lesquelles cette valeur varie. La constante diélectrique du mica varie, par exemple, entre 4 et 8.

L'unité de capacité dans le système pratique est le farad, unité d'ailleurs beaucoup trop grande; aussi, utilise-t-on en radio le microfarad (1/1000.000 du farad) et quelquefois même, le micromicrofarad ($10^{-6}$ microfarad $= 10^{-12}$ farad).

La formule précédente, quand S est exprimé en centimètres carrés et e en centimètres, donne C en *unités électrostatiques CGS* ou centimètres.

Pour obtenir C en microfarads, la formule devient :

$$C = 0{,}0885 \ . \ 10^{-6} \frac{kS}{e}$$

Sur beaucoup de schémas étrangers, la capacité des condensateurs est exprimée en centimètres. Nous croyons donc intéressant de donner ci-dessous un tableau de conversion des micromicrofarads en centimètres et vice-versa :

| Micromicrofarads | Centimètre | Centimètre | Micromicrofarads |
|---|---|---|---|
| 1.000 | 900 | 1.000 | 1.111 |
| 750 | 675 | 750 | 833 |
| 500 | 450 | 500 | 555 |
| 250 | 225 | 250 | 277 |
| 200 | 180 | 200 | 222 |
| 150 | 135 | 150 | 166 |
| 100 | 90 | 100 | 111 |
| 50 | 45 | 50 | 55 |
| 10 | 9 | 25 | 27 |
| 1 | 0,9 | 10 | 11 |
| | | 1 | 1,1 |

Dans la pratique, pour réduire l'encombrement des condensateurs, chaque armature est constituée d'un certain nombre de lames. La capacité d'un tel condensateur est donnée par la formule :

$$C_{\text{microfarads}} = 0{,}0885 \ . \ 10^{-6} \frac{kS}{e} (N - 1)$$

dans laquelle S est la surface en centimètres carrés de la partie en regard de deux lames consécutives de chaque armature, e est l'épaisseur du diélectrique en centimètres.

Si l'on calcule C en micromicrofarads, la formule s'écrit :

$$C_{\text{micromicrofarads}} = 0{,}0885 \frac{kS}{e} (N - 1)$$

## CONSTITUTION DE L'ABAQUE

L'abaque ci-contre est la traduction graphique de cette formule. Il comporte les 7 échelles suivantes :

- e Epaisseur du diélectrique en centimètres;
- S Surface d'une plaque en centimètres carrés;
- 1 Echelle de passage;
- C Capacité;
- Z Echelle de passage;
- K Echelle des constances diélectriques pour chaque matière;
- N Nombre total d'armatures du condensateur.

## UTILISATION DE L'ABAQUE

PREMIER EXEMPLE. — *Un condensateur à air à deux armatures de 2,75 cm² espacées de 0,64 cm. Calculer sa capacité.*

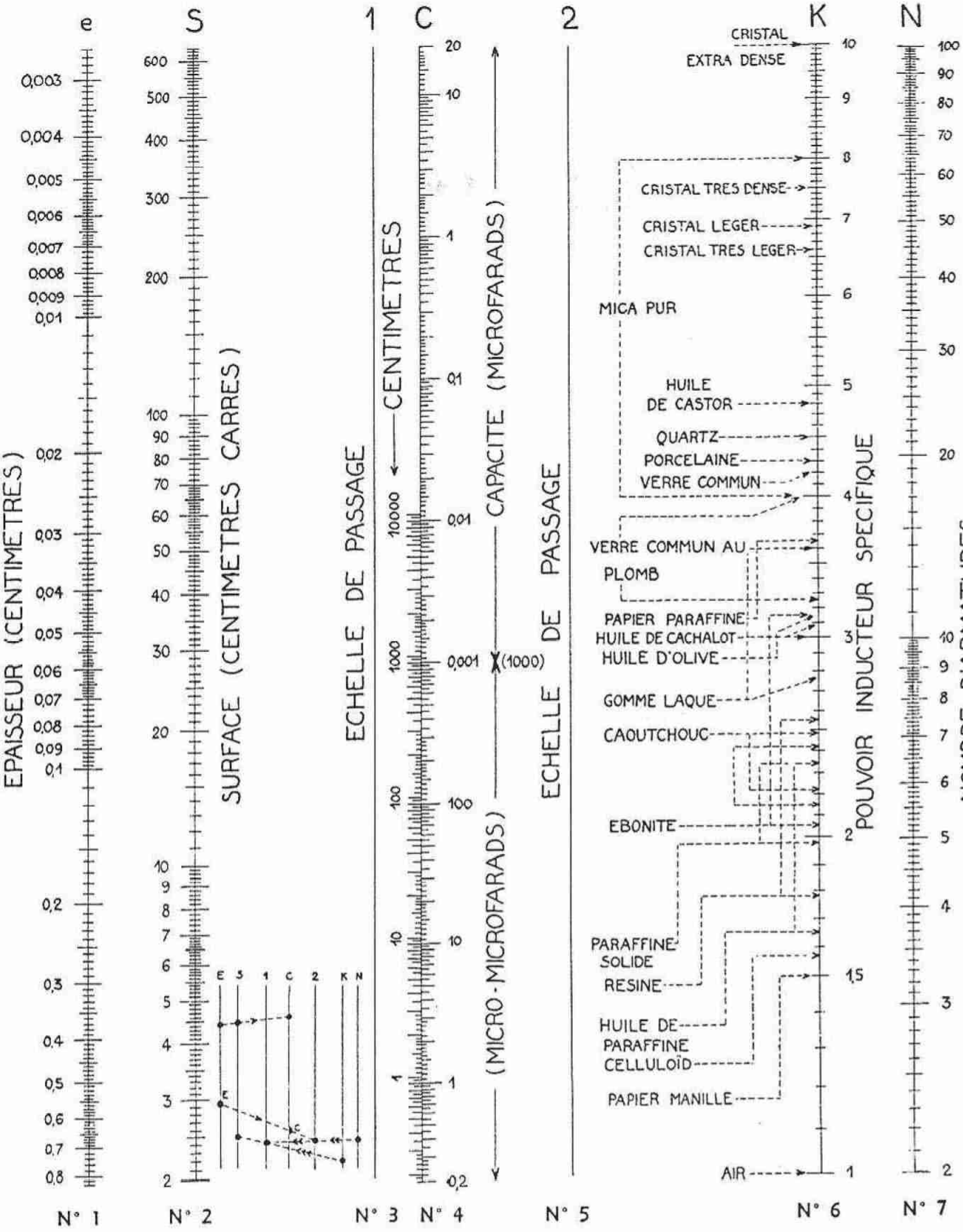
**Aligner 0,64 lu sur l'échelle E et 2,75 lu sur l'échelle S. On lit alors sur l'échelle C la capacité *0,9 micromicrofarads*.**

DEUXIÈME EXEMPLE. — *On veut réaliser un condensateur de 1 µF avec diélectrique papier paraffiné (k = 3,70 environ). Epaisseur du diélectrique : 0,005 cm., nombre d'armatures : 30. Calculer la surface de chaque armature.*

**Aligner 0,005 lu sur l'échelle E et 1 µF lu sur l'échelle C. La droite obtenue coupe l'échelle de passage 2 au point 8,1. Aligner ce point et 30 lu sur l'échelle N, la règle coupe l'échelle de passage 1 en 8,55. Aligner ce point et la constance diélectrique du papier paraffiné lue sur l'échelle K, la règle coupe l'échelle S à la graduation 540 qui indique la surface cherchée des armatures.**

(Voir page 89 les tableaux IV et V relatifs au code de couleur des condensateurs fixes.)

# CONDENSATEURS FIXES (Diélectriques solides et liquides)



# CAPACITÉ UNITAIRE ET TOTALE D'UN CONDENSATEUR A AIR

## FORMULE DE CALCUL

La capacité d'un condensateur à air à lames planes est donnée en unités C.G.S. par la formule :

$$c = \frac{S}{4\pi e}$$

Dans cette formule, $c$ est la capacité exprimée en centimètres, S la surface d'une armature en centimètres carrés, $e$ l'épaisseur du diélectrique (écartement des lames) en centimètres.

On emploie plus couramment, surtout en France, Angleterre, Amérique, comme unité de capacité, le farad et ses sous-multiples qui sont : le microfarad ($\mu$F).

qui vaut un millionième de farad $\frac{1F}{10^6}$ ;

le millimicrofarad (m$\mu$F)

qui vaut un milliardième de farad $\frac{1F}{10^9}$ ;

le micromicrofarad ($\mu\mu$F) qui vaut $\frac{1 \text{ farad}}{10^{12}}$

Aujourd'hui, on tend à désigner cette dernière unité sous le nom de *picofarad* (pF).

Entre les sous-multiples du farad et le centimètre, on a les correspondances suivantes :

1 m$\mu$F = 900 centimètres

1 $\mu\mu$F ou pF = 0,9 centimètres

Dans ces conditions, la formule permettant de calculer la capacité d'un condensateur à air à lames planes s'écrit :

$$c_{\mu\mu F} = \frac{1 \times S}{0{,}9 \times 4\pi e}$$

ou :

$$c_{\mu\mu F} = 0{,}0885 \frac{S \text{ cm}^2}{e \text{ cm.}}$$

Si le condensateur possède N armatures, c'est-à-dire (N — 1) diélectriques, la capacité totale a pour valeur :

$$C_{\mu\mu F} = c \times (N - 1)$$

ou

$$C_{\mu\mu F} = 0{,}0885 \frac{S \text{ cm}^2}{e \text{ cm.}} \times (N - 1)$$

C'est cette formule qui est traduite par l'abaque n° 12.

## APPLICATIONS

PREMIER EXEMPLE. — *Calculer la capacité d'un condensateur à air à 14 lames, de forme rectangulaire (3,2 cm* $\times$ *2,3 cm) et ayant une épaisseur de diélectrique de 0,3 mm. (0,03 cm.).*

**La surface de chaque armature est :**

$$S = 3{,}2 \times 2{,}3 = 7.36 \text{ cm}^2$$

**Calculons d'abord la capacité unitaire $c$ en alignant la surface de chaque armature (7,36) lue sur l'échelle 1 et l'épaisseur du diélectrique 0,03 lu sur l'échelle 2. Nous trouvons la valeur de $c$ sur l'échelle 3 (22 $\mu\mu$F environ).**

**Alignons cette valeur et le nombre 14 lu sur l'échelle 5, nous trouvons sur l'échelle 4, la valeur cherchée pour $c$ : 285 micromicrofarads environ.**

DEUXIÈME EXEMPLE. — *Calculer le diamètre à donner aux lames circulaires d'un condensateur pour émission ayant un écartement des lames de 1,3 mm. et une capacité de 0,5 m$\mu$F (500 $\mu\mu$F).*

**En alignant la capacité totale (500) lue sur l'échelle 4 et le nombre de lames (20) lu sur l'échelle 5, nous trouvons la valeur de la capacité unitaire $c$ = 26,3 environ sur l'échelle 3.**

**En alignant cette valeur et l'épaisseur du diélectrique $e$ (0,13 cm.) lue sur l'échelle 2, nous lisons sur l'échelle 1 la valeur de la surface de chaque armature :**

$$S = 38 \text{ cm}^2$$

**ce qui correspond à un *diamètre de 6,95 cm.***

TROISIÈME EXEMPLE. — *Calculer le nombre de lames nécessaires pour réaliser un condensateur de 390 $\mu\mu$F et constitué par des plaques rectangulaires de 9,1 $\times$ 3,8 cm. et avec un espace entre armatures de 1 mm.*

**La valeur de la surface de chaque armature est :**

$$9{,}1 \times 3{,}8 = 34{,}6 \text{ cm}^2$$

**En alignant 34,6 lu sur l'échelle 1 (échelle des surfaces), on trouve une capacité unitaire de 31 $\mu\mu$F. En alignant ensuite cette valeur lue sur la même échelle et 390 sur l'échelle 4, on trouve sur l'échelle 5 que le nombre d'armatures doit être égal, en arrondissant à l'entier voisin, à *14*.**

REMARQUE. — Sur l'échelle 5 (nombre des armatures N) on a inscrit 2,3, 4, etc... à côté du trait correspondant à 1, 2, 3 de l'échelle logarithmique; de cette manière, en utilisant l'abaque, il n'y a qu'à lire directement le nombre d'armatures sans tenir compte du fait qu'à N armatures correspondent N — 1 diélectriques ou intervalles seulement.

# CAPACITÉ UNITAIRE ET TOTALE D'UN CONDENSATEUR A AIR

# CONDENSATEUR VARIABLE A LAMES DEMI-CIRCULAIRES

## FORMULES DE CALCUL

La capacité d'un condensateur à diélectrique air à lames planes a pour valeur :

$$(1) \qquad C_{\mu\mu F} = 0{,}0885 \frac{S}{e} \times (N - 1)$$

Si les lames mobiles d'un condensateur ont la forme demi-circulaire (figure 1), la surface de chaque armature a pour valeur :

$$(2) \qquad S = \pi \frac{(R^2 - R'^2)}{2}$$

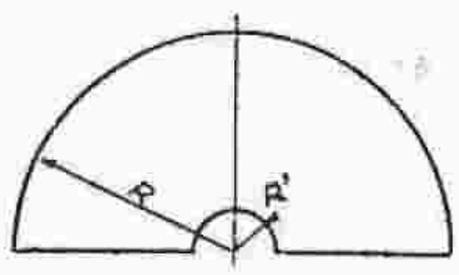



Fig. 1

R et R′ étant les rayons extérieurs et intérieurs de chaque armature exprimés en cm. et S la surface exprimée en $cm^2$. (L'évidement de rayon R′ est pratiqué dans les lames fixes, de manière à permettre le passage de l'axe supportant les lames mobiles et à ne pas entraîner pour le condensateur, une trop grande capacité résiduelle).

En combinant les relations (1) et (2), on obtient pour les condensateurs variables à lames demi-circulaires, la formule :

$$C = 0{,}0885 \times \pi \frac{R^2 - R'^2}{2\,e}(N - 1)$$

$$\boxed{C = 0{,}139 \frac{R^2 - r^2}{e}(N - 1)}$$

dans laquelle R, *r* et *e* sont exprimés en centimètres et où C est exprimé en micromicrofarads. C'est cette formule que traduit l'abaque n° 13.

## APPLICATIONS

PREMIER EXEMPLE. — *Calculer la capacité d'un condensateur variable à air ayant des lames demi-circulaires (Rayons extérieurs et intérieurs 6 cm. et 1 cm. 5), une épaisseur de diélectrique de 0,9 mm. (0,09 cm.) et possédant 12 lames.*

**Nous avons :**

$$R^2 = 36 \qquad R'^2 = 2{,}25$$

$$R^2 - R'^2 = 33{,}75$$

**Alignons 33,75 lu sur l'échelle 1 gauche et e (0,09) lu sur l'échelle (2) droite. La capacité unitaire du condensateur est alors donnée sur l'échelle 3 et a pour valeur 52,1 micromicrofarads.**

**En alignant cette valeur lue sur la même échelle et le nombre d'armatures lu sur l'échelle 1 droite (12), on trouve une capacité totale c = *573 micromicrofarads environ.***

DEUXIÈME EXEMPLE. — *On veut construire un condensateur variable à lames demi-circulaires et à diélectrique air ayant une capacité de 360 micromicrofarads possédant 15 lames écartées de 0,8 mm. (0.08 cm.) et avec un rayon intérieur de 1 cm. Quel doit être son rayon extérieur?*

**Alignons la valeur de la capacité totale (360) lue sur l'échelle 2 gauche et le nombre de lames (15) lu sur l'échelle 1 droite. Nous trouvons la valeur de la capacité unitaire c sur l'échelle 3 (25,7 micromicrofarads).**

**Alignons cette dernière valeur et e (0,08) lue sur l'échelle 2 droite, nous trouvons sur l'échelle 1 gauche, la valeur de $R^2 - R'^2$ (14,75 environ). Dans notre exemple, nous avons choisi :**

$$R' = 1 \text{ cm.}$$

**ce qui donne :**

$$R'^2 = 1$$

**d'où :**

$$R^2 = 14{,}75 + 1 = 15{,}75$$

**ce qui correspond à une valeur de *R de 3,97 cm.* environ.**

TROISIÈME EXEMPLE. — *Quel doit être le nombre de lames d'un condensateur variable à air à lames demi-circulaires ayant une capacité de 175 micromicrofarads dans lequel les lames sont écartées de 1,3 mm. et avec les valeurs suivantes pour les rayons :*

$R = 3{,}5$ cm. $\qquad R' = 1$

**Nous avons :**

$R^2 = 12{,}25 \qquad R'^2 = 1$

$R^2 - R'^2 = 11{,}25$

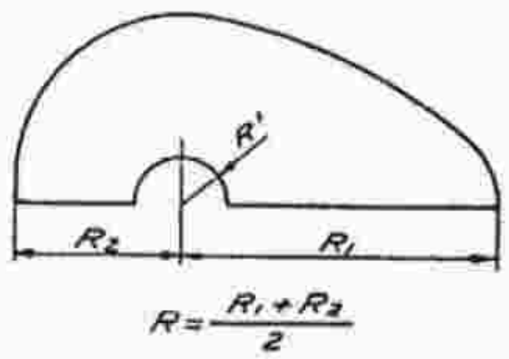



Fig. 2

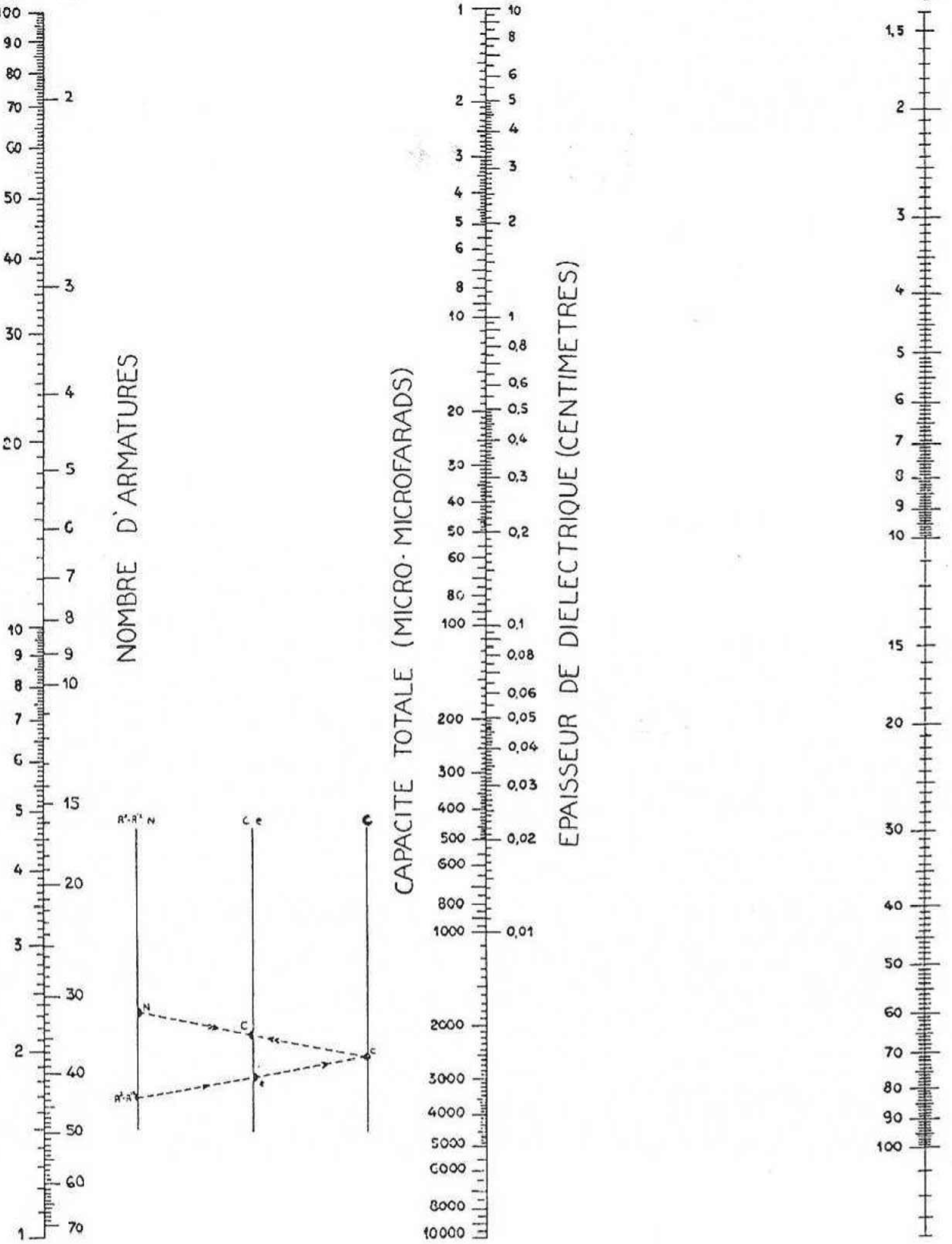
**Pour calculer la capacité unitaire du condensateur, alignons 11,25 sur l'échelle 1 gauche et e (0,13) lu sur l'échelle 2 droite. Nous trouvons sur l'échelle 3, la valeur cherchée (12 micromicrofarads environ).**

**Alignons ensuite cette valeur et la capacité totale (175) lue sur l'échelle 2 gauche. Nous trouvons une valeur arrondie à l'unité : N = *16 lames.***

REMARQUE. — S'il s'agissait de calculer des condensateurs variables à lames d'un autre profil (tels que des condensateurs à variation linéaire de longueur d'onde dits « square-law », à variation linéaire de fréquence dits « straight line frequency »), on prendrait pour valeur de R le rayon moyen, c'est-à-dire la différence entre le plus grand rayon extérieur et le plus petit rayon extérieur (figure 2).

Le calcul, dans ce cas, ne donnerait d'ailleurs qu'une valeur approximative.

# CONDENSATEUR VARIABLE A LAMES DEMI-CIRCULAIRES



# CAPACITANCE D'UN CONDENSATEUR AUX HAUTES FRÉQUENCES

## FORMULE DE CALCUL

La capacitance ou réactance capacitive ou résistance en courant alternatif d'un condensateur est donnée par la formule :

$$X_c \text{ ou } Z = \frac{1}{C\,\omega} = \frac{1}{C \times 2\pi F}$$

dans laquelle la capacité est exprimée en farads, la fréquence en cycles par seconde et la capacitance en ohms.

Avec des unités pratiques, le micromicrofarad comme unité de capacité (1 Farad = $10^{12}$ micromicrofarads) et le kilocycle : seconde comme unité de fréquence (1 kilocycle : seconde = $10^3$ cycles : seconde), la formule précédente s'écrit :

$$(1) \qquad \boxed{X_c \text{ ou } Z_{ohms} = \frac{10^9}{C_{\mu\mu F} \times 2\pi F\,Kc/s}}$$

En prenant comme unité de capacité le microfarad et comme unité de fréquence le kilocycle, la formule précédente s'écrit :

$$(2) \qquad \boxed{X_c \text{ ou } Z_{ohms} = \frac{10^3}{C_{m\mu F} \times 2\pi F\,Kc/s}}$$

Si, au lieu d'indiquer la fréquence, on indique la longueur d'onde en mètres, la même formule s'écrit :

$$(3) \qquad \boxed{X_c \text{ ou } Z_{ohms} = \frac{531 \times \lambda \text{ mètres}}{C_{\mu\mu F}}}$$

Les deux premières formules sont traduites par l'abaque n° 14, dont l'échelle n° 3 (échelle de droite) est graduée en kilocycles et en mégacycles : seconde :

1 mégacycle : seconde = $10^3$ kilocycles : seconde = $10^6$ cycles : seconde.

Nous avons cru inutile de graduer également cette échelle en longueurs d'ondes, et nous prions le lecteur désireux d'appliquer la troisième formule, de se reporter, pour la conversion des longueurs d'ondes en fréquence, aux abaques n° 35 ou aux tableaux qui les accompagnent.

## APPLICATIONS

PREMIER EXEMPLE. — *Calculer la capacitance à 1.200 kilocycles : seconde (250 mètres) d'un condensateur de 500 micromicrofarads.*

**Alignons 500 micromicrofarads (ou 0,0005 microfarads lus sur l'échelle 1 et la fréquence 1,2 Mc/s lue sur l'échelle 3. Nous trouvons la valeur cherchée de la capacitance : *265 ohms* sur l'échelle 2.**

DEUXIÈME EXEMPLE. — *Calculer la capacitance d'un condensateur de 175 micromicrofarads à 30 mégacycles ou 30.000 Kc/s (10 mètres de longueur d'onde).*

**En opérant un alignement comme précédemment, on trouve : 30,3 ohms.**

TROISIÈME EXEMPLE. — *Calculer la valeur de la capacité à utiliser pour obtenir une capacitance de 400 ohms à la fréquence 600 kilocycles : seconde (500 mètres).*

**Alignons la résistance (400) lue sur l'échelle 2 et la fréquence 600 lue sur l'échelle 3; nous trouvons la valeur de la capacité cherchée : 0,000663 microfarads ou 663 micromicrofarads sur l'échelle 1.**

REMARQUE. — Le calcul de la capacitance d'un condensateur permet de comprendre et de vérifier facilement certains faits courants de la Radio.

Considérons, par exemple, un circuit détecteur à cristal (figure 1) comportant en série le détecteur et un téléphone ou un casque ,la résistance du détecteur (résistance de contact) est de l'ordre de 1.000 ohms, la réactance du téléphone ou casque à une fréquence radioélectrique est due à la capacité répartie du bobinage constituant le casque et à celle des fils de connexion; cette capacité est approximativement de 100 micromicrofarads.

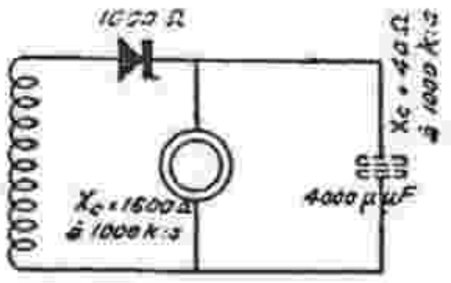


Fig. 1

A 1.000 kilocycles (300 mètres de longueur d'onde), la réactance du circuit est donnée par l'abaque 14 et a pour valeur 1.600 ohms environ.

On conçoit que cette réactance 1.600 ohms, branchée en série avec une résistance de 1.000 ohms (celle du détecteur), diminue notablement l'efficacité au point de vue détection de celui-ci : Si nous shuntons le casque par un condensateur de 4 millièmes de microfarads (0,004 microfarads ou 4.000 micromicrofarads) dont la réactance peut être calculée par l'abaque (40 ohms), le circuit du téléphone qui se compose de deux parties ayant des réactances respectives de 40 ohms et 1.600 ohms branchées en dérivation, offre une faible résistance au passage du courant de haute fréquence et, de ce fait, l'efficacité du détecteur se trouve notablement augmentée.

Un calcul simple, fait à l'aide de l'abaque, montrerait également que si l'on utilise pour l'amplification HF une liaison à résistance capacité (figure 2), la résistance d'anode étant de 250.000 ohms, pour une faible valeur de la capacité répartie de 10 micromicrofarads, par exemple, a 1.000 Kc/s, la réactance du circuit a pour valeur, d'après l'abaque n° 14, 16.000 ohms.

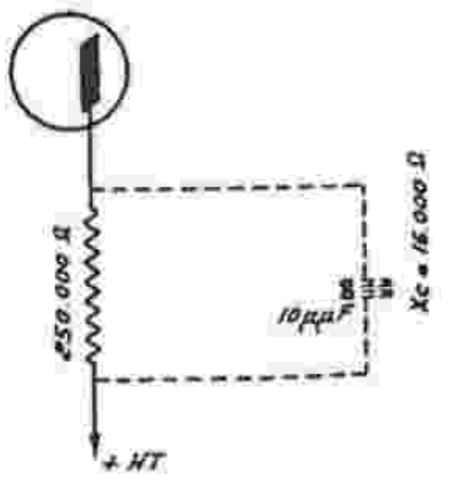
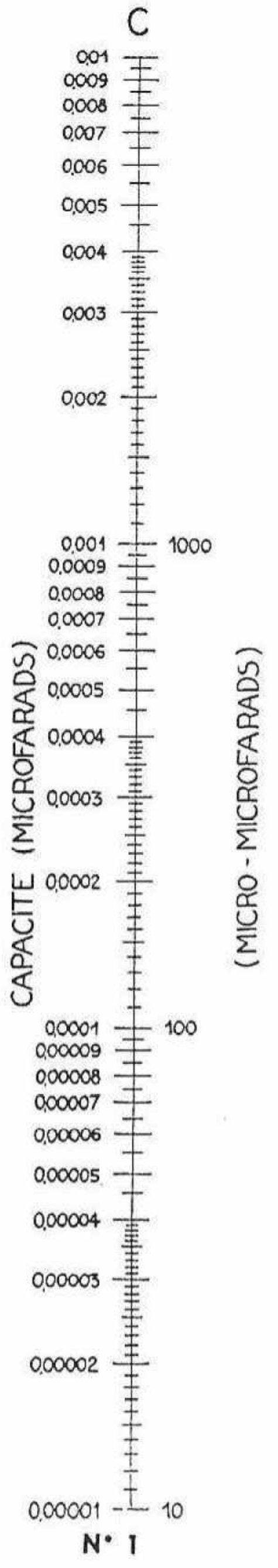


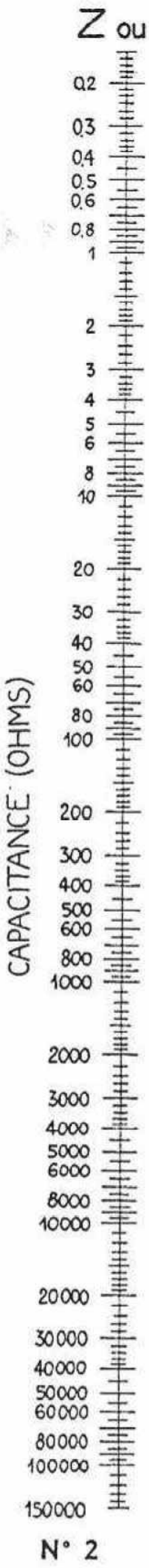
Fig. 2

L'impédance effective du circuit plaque n'est plus de 250.000 ohms, mais elle est inférieure à 16.000 ohms.

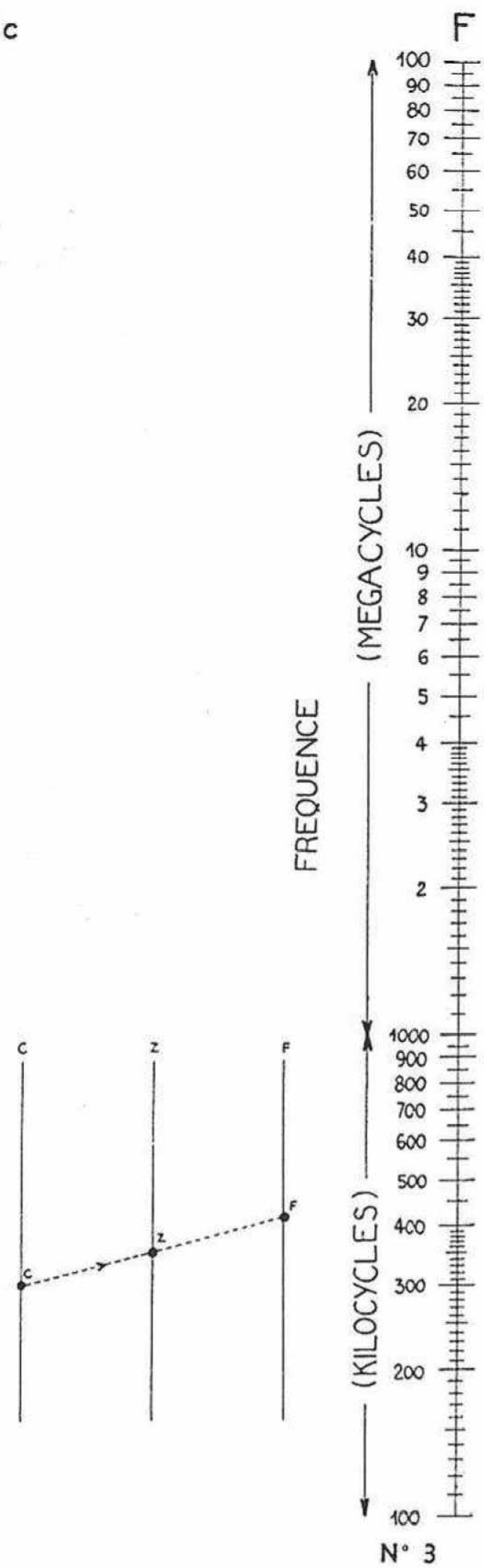
# CAPACITANCE D'UN CONDENSATEUR AUX HAUTES FRÉQUENCES




N° 1

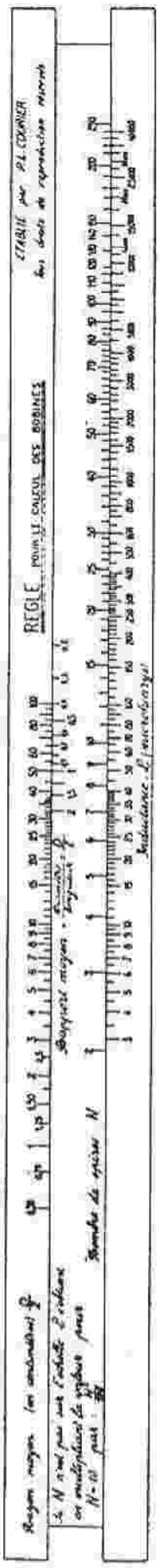



N° 2




N° 3

# BOBINES CYLINDRIQUES A SIMPLE COUCHE (Sans noyau)




## FORMULES DE CALCUL

En électricité, on calcule le coefficient de self-induction d'une bobine à l'aide de la formule :

$$L = \frac{4\pi N^2 S}{l \times 10^9}$$

Dans cette formule, L est le coefficient de self-induction exprimé en henrys, N le nombre total de spires de la bobine, S sa section en centimètres carrés et $l$ sa longueur en cm.

Cette formule ne donne pas de résultats exacts pour les bobines employées en T.S.F. Pour le calcul de celles-ci, on utilise la formule pratique de Nagaoka qui s'écrit :

$$L = \pi^2 \times N^2 \times \frac{D}{l} \times K$$

dans laquelle L est exprimé en unités C.G.S.

N est le nombre de spires de la bobine; D, le diamètre de la bobine, en cm.; $l$, la longueur de la bobine, en cm.; K, une constante dite de Nagaoka.

Cette formule peut encore s'écrire :

$$L\,\mu H = \frac{D^3 \times n^2}{\frac{1.000}{\pi^2 \times K} \times \frac{D}{l}}$$

Dans cette formule, L est le coefficient de self-induction en microhenrys; D, le diamètre en cm, $l$, la longueur en cm, $n$, le nombre de spires par centimètre $\left( n = \frac{N}{l} \right)$.

Désignons par $\Phi$ le dénominateur de cette formule :

$$\Phi = \frac{1.000}{\pi^2 \times K} \times \frac{D}{l}$$

Cette valeur $\Phi$ peut s'exprimer en fonction du facteur de forme F de la bobine $\left( F = \frac{D}{l} \right)$ par une courbe.

Si dans le calcul d'une bobine la valeur du facteur de forme est connue, le problème est relativement facile à résoudre.

## CONSTITUTION DE L'ABAQUE

Cet abaque par points alignés comporte 7 échelles et permet d'effectuer l'*application* complète de la formule de Nagaoka :

Echelle 1. — Echelle des diamètres : D (graduée en centimètres) ;

Echelle 2. — Echelle des facteurs de forme: $F = \frac{D}{l}$ ;

Echelle 3. — Echelle des longueurs $l$;

Echelle 4. — Echelle de passage;

Echelle 5. — Echelle du nombre de tours par cm : $n = \frac{N}{l}$ ;

Echelle 6. — Echelle du nombre de tours total : N;

Echelle 7. — Echelle des coefficients de self-induction L en microhenrys.

L'échelle 2 est une échelle double; la partie droite (échelle 2*a*) n'est pas logarithmique; celle de gauche (2*b*) est logarithmique. L'échelle 5 est également double; la partie gauche (5*a*) est graduée de 2 à 150 en descendant, celle de droite (5*b*) de 1 à 80 en montant.

## APPLICATIONS

EXEMPLE. — *Soit à calculer les valeurs des caractéristiques d'une bobine de 240 microhenrys exécutée sur mandrin de 5,1 cm. avec du fil émaillé de 0,32 mm.*

**En se reportant au tableau relatif aux fils de cuivre pour bobinages (petites sections) (voir en annexe tableaux VII et VIII, page 91), on voit qu'à ce fil correspond une valeur de *n* de 29 spires ou tours par cm. Relier par la ligne droite (1) 240 lu sur l'échelle L à 5,1 lu sur l'échelle D, cette droite coupe l'échelle de passage en un premier point. Relier par la droite (2) 29 lu sur l'échelle *n* (*a*) ou point précédent. Cette droite coupe l'échelle F (*a*) au point 2,25. Tracer la droite (3) reliant le diamètre (5,1) à 2,25 lu sur l'échelle F (*b*), cette droite coupe l'échelle des longueurs *l* au point 2,25. Tracer la dernière droite (4) reliant 2,25 sur l'échelle *l* à 29 lu sur l'échelle *n* (*b*). Elle coupe l'échelle des nombres de tours N au point 65.**

**La bobine doit donc posséder *65 tours de fil*.**

REMARQUE I. — Quand on connaît 3 des 4 quantités L, $n$, D et N, on peut ainsi, à l'aide de l'abaque, déterminer la quatrième.

REMARQUE II. — C'est, en général, sous la forme de l'exemple précédent qu'on a à établir le projet d'une bobine en partant de son coefficient de self-induction, en se donnant un diamètre et en choisissant une grosseur donnée de fil.

REMARQUE III. — Nous avons établi, pour le calcul des bobines, une règle à calcul spéciale constituée comme suit :

Echelle supérieure, règle : valeurs des rayons moyens en cm, $\frac{D}{2}$ ;

Echelle inférieure, règle : valeurs du coefficient de self-induction, L;

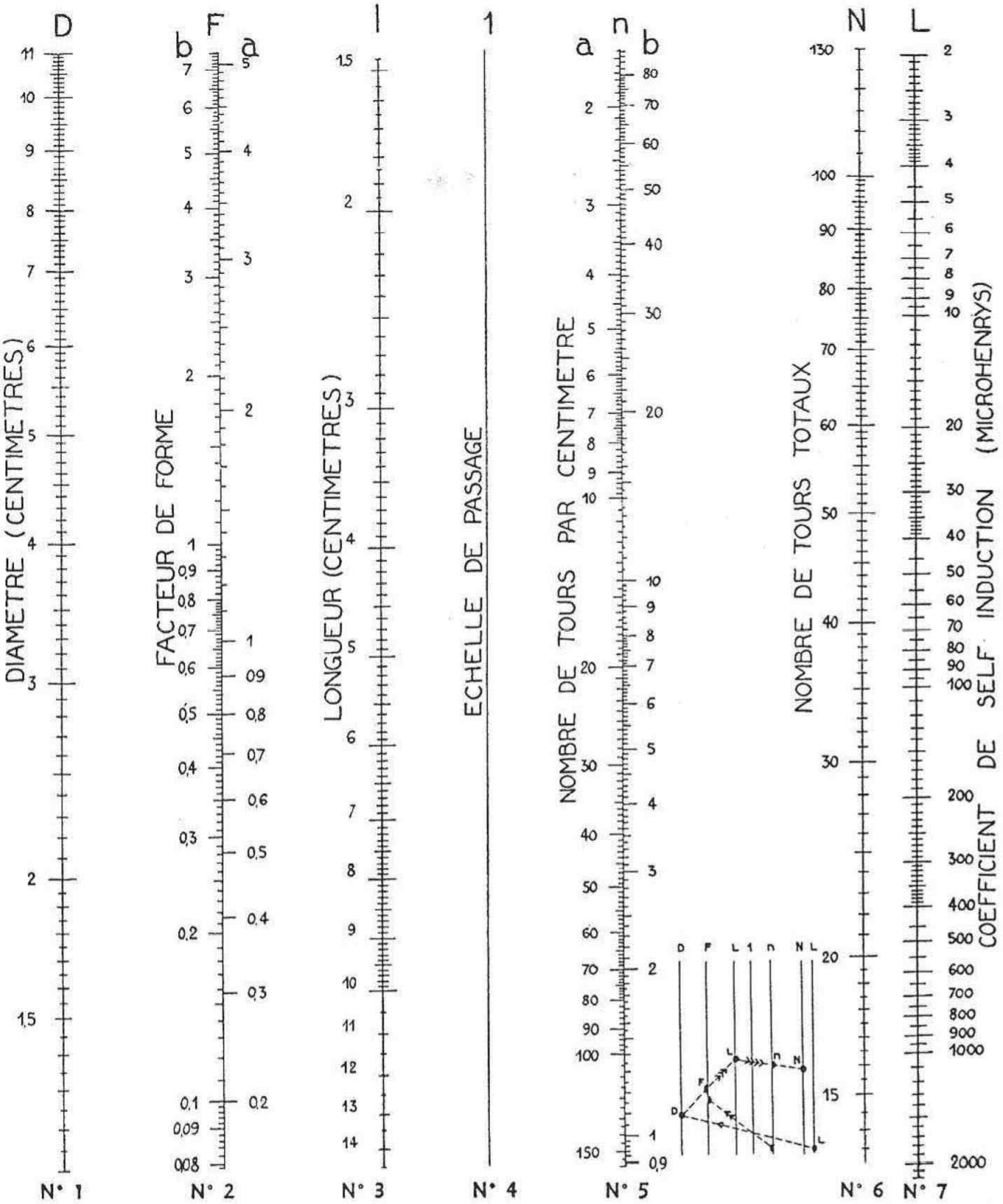
Echelle supérieure, réglette : valeurs du facteur de forme, $\frac{D}{l}$ ;

Echelle inférieure, réglette : valeurs du nombre total des spires N.

On se sert de la règle de la façon suivante :

Amener la valeur de $F = \frac{D}{l}$ lu sur la réglette en face du rayon moyen $\frac{D}{2}$ lu sur la règle; on trouve sur la réglette la valeur du nombre de spires en face du coefficient de self-induction L lu sur la règle.

# BOBINES CYLINDRIQUES A SIMPLE COUCHE (Sans noyau)



# BOBINES CYLINDRIQUES A SIMPLE COUCHE (Ondes courtes)

## CONSTITUTION DE L'ABAQUE

L'abaque 16, ainsi que l'abaque 17, ne comportent que quatre échelles :

Une échelle des coefficients de self-induction L (N° 1).

Une échelle des diamètres des bobines D (N° 2).

Une échelle des nombres de tours par centimètre

$n = \frac{N}{l}$ (N° 3).

Une échelle des rapports entre la longueur et le diamètre $\frac{l}{D}$ (N° 4)

ainsi qu'une courbe.

Cet abaque est du type à *points alignés avec tangence.*

L'utilisation de cet abaque est plus simple que celle de l'abaque 15; par contre, l'abaque ne permet pas de faire entièrement le calcul de tous les éléments. Si, par exemple, les données du problème sont : L, D et *n*, l'abaque donne comme résultat seulement $\frac{l}{D}$ et l'on doit ensuite calculer *l*, la longueur, et N, le nombre de spires, à l'aide des formules :

$$l = D \times \frac{l}{D}$$

$$N = n \times l$$

## APPLICATIONS

PREMIER EXEMPLE. — *Calculer les éléments d'une bobine dont la résonance est obtenue à 13 mètres de longueur d'onde (16667 Kc/s) avec une capacité de 40 micromicrofarads.*

*On se donne un diamètre moyen de 20 mm. ou 2 cm. On réalisera un bobinage qui sera, en principe, à spires non jointives et on tablera sur 6 spires par centimètre.*

**La première partie du calcul se fera en utilisant l'abaque 37 qui donne pour 16.667 Kc/s (18 mètres) et une capacité de 40 micromicrofarads, un coefficient de self-induction approximatif L = 2,29 microhenrys.**

**Alignons sur l'abaque 16, le coefficient de self-induction trouvé (2,29) lu sur l'échelle 1 et le diamètre moyen (2 cm.) lu sur l'échelle 2. Nous obtenons un premier point d'intersection sur l'échelle 4 (considérée ici comme échelle de réflexion). Alignons ces points et le nombre de spires par cm. (6) lu sur l'échelle 3. L'intersection avec l'échelle 1 (considérée maintenant comme échelle de réflexion), nous donne un deuxième point. Menons, par ce deuxième point une tangente à la courbe; cette tangente coupe l'échelle des rapports de la longueur au diamètre à la valeur 1,12. Nous trouvons donc :**

$$\frac{l}{D} = 1{,}12$$

**Nous avons donc :**

$$l = 2 \text{ cm.} \times 1{,}12 = 2{,}24 \text{ cm.}$$

**Le nombre de spires de la bobine sera :**

$$N = 6 \times 2{,}24 = 13{,}44$$

**On prendra *13 à 13 1/2 spires* en pratique.**

DEUXIÈME EXEMPLE. — *Calculer les éléments d'une bobine qui est accordée sur 60 m. (4.285 Kc/s) de longueur d'onde avec une capacité de 50 micromicrofarads. On se donne un diamètre de 3,5 centimètres et un nombre de spires par centimètres de 8.*

**L'abaque n° 38 nous permet de calculer la valeur du coefficient de self-induction qui est L = 20,2 microhenrys.**

**Alignons le coefficient de self-induction 20,2 lu sur l'échelle 1 et le diamètre 3,5 cm. lu sur l'échelle. L'intersection avec l'échelle 4 (considérée ici comme l'échelle de réflexion) donne un premier point.**

**Alignons ce point avec le nombre de tours par centimètre (8) lu sur l'échelle 3. L'intersection avec l'échelle 1 (considérée également comme échelle de réflexion) donne un second point. Menons par ce second point, une tangente à la courbe; elle coupe l'échelle 4 au point 1.08.**

**Le rapport entre la longueur et le diamètre de la bobine a pour valeur 1,08. Nous déduisons de cette valeur :**

$$l = 3{,}5 \times 1{,}08 = 3.78 \text{ cm.}$$

**Le nombre total de spires de la bobine est :**

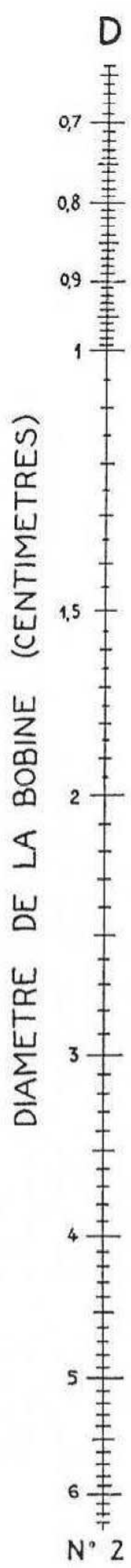
$$N = 8 \times 3{,}78 = \textit{30 spires environ.}$$

Nous donnons en page 90 des tableaux donnant les caractéristiques des fils de cuivre pour les bobinages.

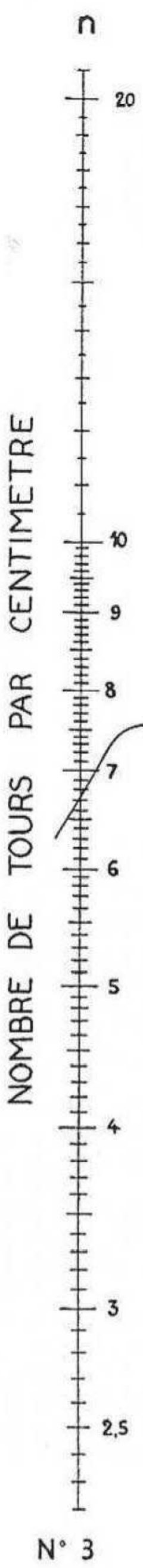
# BOBINES CYLINDRIQUES A SIMPLE COUCHE (Ondes courtes)




N° 1




N° 2




N° 3




N° 4

# BOBINES CYLINDRIQUES A SIMPLE COUCHE

## (Ondes intermédiaires, moyennes et longues)

### CONSTITUTION DE L'ABAQUE

L'abaque n° 17 est constitué comme l'abaque n° 16 et comporte 4 échelles : une échelle des coefficients de self-induction (n° 1) graduée de 25 à 10.000 henrys; une échelle des diamètres des bobines D (n° 2) graduée de 1,2 à 25 centimètres; une échelle des nombres de tours par cm., $n = \frac{N}{l}$ (n° 3) graduée de 6 à 100) ; une échelle des rapports entre la longueur et le diamètre $\frac{l}{D}$ (n° 4) graduée de 0,1 à 2.

### APPLICATIONS

PREMIER EXEMPLE. — *Calculer les éléments d'une bobine standard pour ondes moyennes réalisée sur mandrin de 3,2 cm., c'est-à-dire ayant un diamètre moyen de 3,235 environ (voir à ce sujet remarque ci-dessous) avec du fil de 0,30 mm. isolé par deux couches de soie.*

**Dans les applications relatives à la formule de Thomson, nous verrons que le coefficient de self-induction d'une bobine d'accord pour ondes moyennes doit être de 180 microhenrys environ.**

**Les tableaux VII et VIII page 91 situés en annexe et relatifs aux fils nous donnent, pour un diamètre de fil de 0,3 mm. isolé par deux couches de soie, un nombre de spires par centimètre *n* de 28,5 environ (ce qui correspond à un diamètre extérieur du fil, isolement compris, de $\frac{1 \text{ cm}}{28,5} = 0,35$ mm.**

**Alignons le coefficient de self-induction L (180) lu sur l'échelle 1 et le diamètre D (3,235) lu sur l'échelle 2. Nous obtenons un premier point d'intersection avec l'échelle 4 (utilisée ici comme échelle de réflexion. Alignons ce point et le nombre de tours par cm. *n* (28,5) lu sur l'échelle 3. Nous obtenons un deuxième point d'intersection avec l'échelle 1 (utilisée également comme échelle de réflexion). Menons par ce deuxième point, une tangente à la courbe; elle coupe l'échelle 4 (échelle $\frac{l}{D}$) au point 0,965.**

**La valeur cherchée est : $\frac{l}{D} = 0,965$.**

**On en tire la longueur de la bobine $l = 0,965 \times 3,235 = 3,12$ *cm.***

**et le nombre total de tours :**

$$N = 28,5 \times 3,12 = 89 \text{ tours.}$$

DEUXIÈME EXEMPLE. — *Calculer le coefficient de self-induction d'une bobine « carrée » (longueur égale au diamètre) exécutée sur mandrin de 27,5 mm. (2,75 cm.) avec du fil émaillé de 28 centièmes de millimètres.*

**Le diamètre moyen du bobinage est ici :**

$$D = 27,5 + 0,28 = 27,78 \neq 28$$

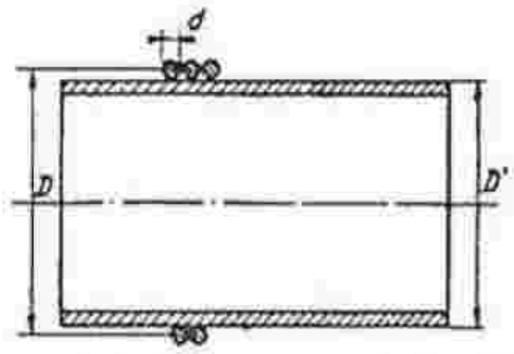
**Les tableaux VII et VIII page 91 situés en annexe nous donnent pour un diamètre de 0,28 mm. avec du fil émaillé un nombre de tours par centimètre :**

$$n = 33.$$

**Menons par la valeur de $\frac{l}{D}$ ici 1) lue sur l'échelle 4 une tangente à la courbe : nous coupons l'échelle 1 (utilisée ici comme échelle de réflexion) en un premier point. Alignons ce point et la valeur de *n* (33) lue sur l'échelle 3. Nous coupons l'échelle 3 (servant ici également d'échelle de réflexion) en un deuxième point. Alignons ce point et la valeur de D lue sur l'échelle 2, nous coupons l'échelle 1 sur le nombre 160.**

**Le coefficient de self-induction de la bobine considérée est donc : 160 microhenrys.**

REMARQUE. — Pour un calcul précis, il convient de prendre pour valeur du diamètre moyen de la bobine D,

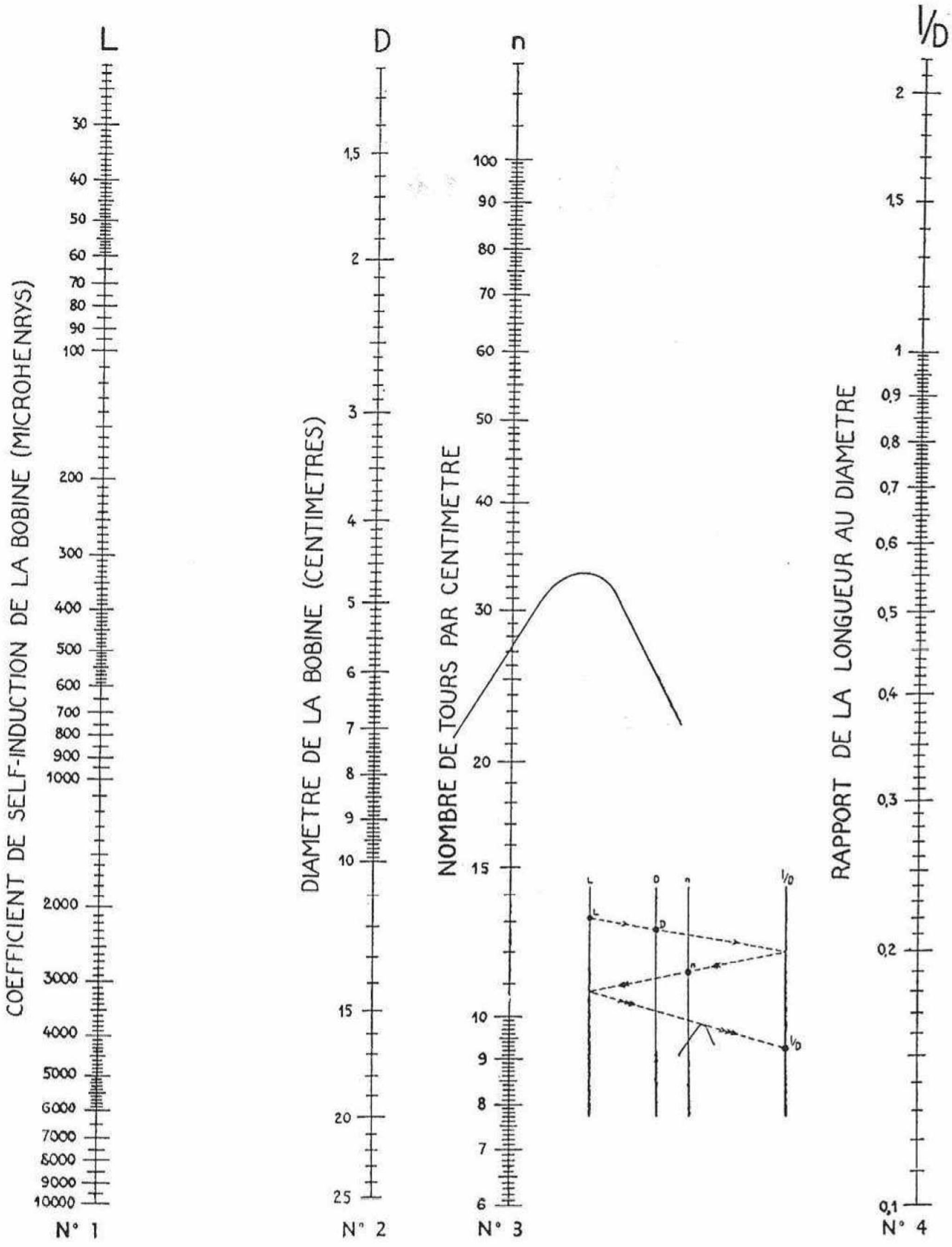



le diamètre du mandrin $D_1$ augmenté du diamètre *d* du fil (voir figure 1). On a, en effet, d'après la figure 1 :

$$D = D_1 + d$$

# BOBINES CYLINDRIQUES A SIMPLE COUCHE

**(Ondes intermédiaires, moyennes et longues)**



# BOBINES CYLINDRIQUES A PLUSIEURS COUCHES

## FORMULES DE CALCUL

Le coefficient de self-induction d'une bobine à plusieurs couches sans noyau est donné par la relation :

$$L = K N^2 D$$

dans laquelle L est le coefficient de self-induction en microhenrys, N le nombre total de tours de la bobine, D le diamètre en centimètres, K un coefficient dépendant du rapport $\frac{E}{D}$ entre l'épaisseur de la bobine E et son diamètre moyen D et, d'autre part, du rapport $\frac{l}{D}$ entre la longueur totale de la bobine $l$ et le diamètre moyen D (voir figure 1).

## CONSTITUTION DE L'ABAQUE

La formule précédente a été traduite par l'abaque n° 18. Cet abaque est à points alignés et tangence, et comprend : une échelle des valeurs du coefficient de self-induction L (échelle 1) graduée de 500 à 50.000 microhenrys; une échelle des valeurs du diamètre moyen D (échelle 2 gauche) graduée de 0,2 cm. à 200 cm.) ; une échelle des valeurs du nombre total des tours N (échelle 2 droite) graduée de 30 à 2.000; une échelle des valeurs de la longueur $l$ (échelle 3) graduée en cm. de 0,1 cm. à 200 cm.; une échelle des valeurs du rapport $\frac{l}{D}$ (échelle 4) graduée de 0,05 à 4; douze courbes correspondant à différentes valeurs du rapport $\frac{E}{D}$ comprises entre 0 (épaisseur négligeable par rapport au diamètre) et 1 (épaisseur égale au diamètre).

## APPLICATIONS

EXEMPLE. — *Une bobine est constituée avec du fil de 0,5 mm., isolé à deux couches de coton; elle comporte un nombre de tours N = 210 répartis en trois couches (70 tours par couche). La valeur du rapport* $\frac{E}{D}$ *est égale à 0,05.*

*Calculer ses caractéristiques.*

**Les tableaux relatifs aux fils pour bobinages (voir page 91, tableaux VII et VIII) donnent, pour du fil de 0,5 mm. à deux couches de coton, un nombre de spires par cm. de 14, soit un diamètre extérieur, guipage compris, de**

$$\frac{1 \text{ cm}}{14} = 0{,}0715 \text{ cm.}$$

**L'épaisseur du bobinage (trois couches) est, dans ces conditions :**

$$E = 0{,}0715 \times 3 = 0{,}2145 \text{ cm.}$$

**Par suite, le diamètre moyen est :**

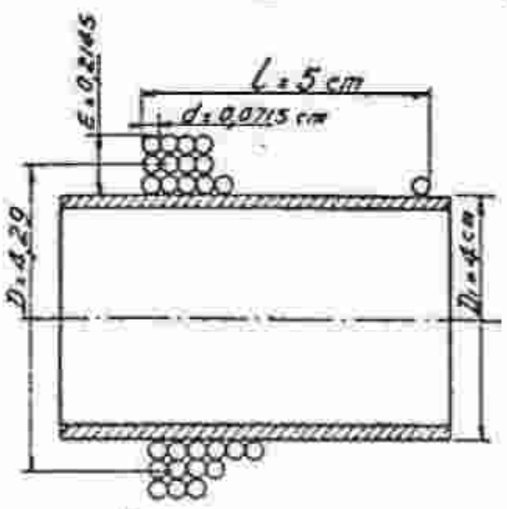
$$D = \frac{0{,}2145}{0{,}05} = 4{,}29 \text{ cm.}$$

**Le diamètre du mandrin à employer pour supporter le bobinage sera :**

$$D_1 = D - E = 4{,}29 - 0{,}2145 = 4{,}0755 \text{ cm.}$$

**Pratiquement, on prendra un mandrin de 4 cm. pour tenir compte du relâchement du fil. Le nombre de tours par centimètre étant 14 et le nombre total de spires étant 70 par couche, la longueur de la bobine sera :**

$$l = \frac{70}{14} = 5 \text{ cm.}$$




**Ici, le rapport**

$$\frac{l}{D} = \frac{5}{4{,}29} = 1{,}165.$$

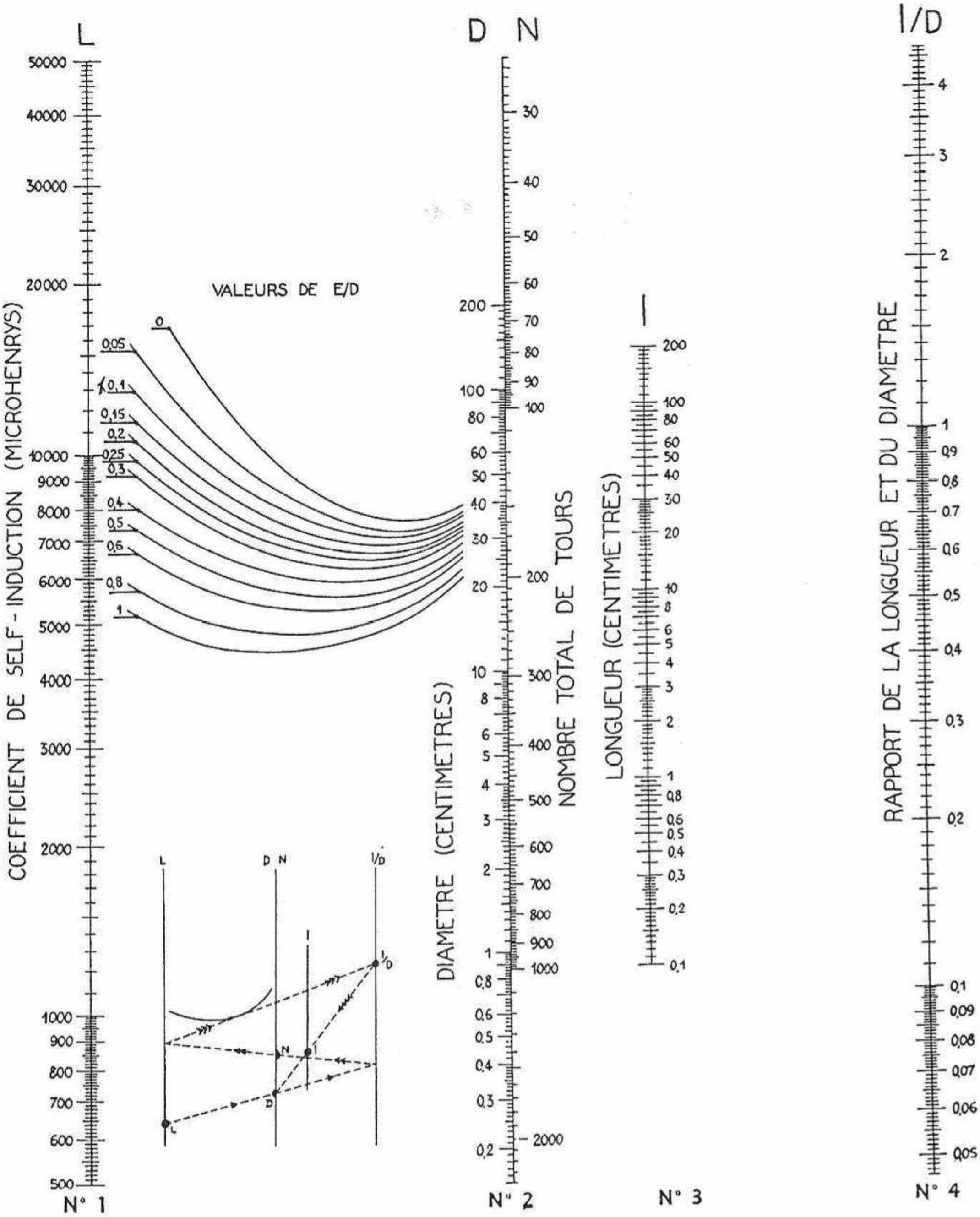
**Menons par la valeur de $\frac{l}{D}$ (1.165) lue sur l'échelle 4, une tangente à la courbe correspondant à la valeur de $\frac{E}{D}$ marquée 0,05, elle coupe l'échelle 1 (utilisée ici comme échelle de réflexion), en un premier point. Alignons ce point et la valeur du nombre total de tours (210) lue sur l'échelle 2 droite. Nous coupons l'échelle 4 (utilisée également comme échelle de réflexion en un deuxième point). En alignant ce point avec la valeur du diamètre (4,29) lue sur l'échelle 2 gauche, nous coupons l'échelle 1 au point 1.120. La valeur cherchée du coefficient de self-induction est *1.120 microhenrys.***

REMARQUE. — On pourrait se donner, dans le projet, la valeur du rapport $\frac{E}{D}$ ainsi que le nombre de tours total et le coefficient de self-induction L. (L'abaque permettant alors de calculer la valeur du rapport $\frac{l}{D}$ et la valeur résultante pour $l$.)

Si l'on se reporte au dessin accompagnant l'abaque, on voit en effet qu'un premier alignement de L et de D donne un premier point de réflexion sur l'échelle 4, un deuxième alignement de ce point et de N donne un deuxième point de réflexion sur l'échelle 1.

La tangente menée par ce point avec la courbe correspondant à la valeur de $\frac{E}{D}$ choisie donne par intersection avec l'échelle 4, la valeur de $\frac{l}{D}$. Un quatrième alignement de $\frac{l}{D}$ et de D donne par intersection avec l'échelle 3, la valeur de $l$.

# BOBINES CYLINDRIQUES A PLUSIEURS COUCHES



# DIAMÈTRE DU FIL PLEIN POUR OBTENIR UNE BOBINE DE RÉSISTANCE H. F. MINIMUM (D'après BEATTY)

## FORMULE DE CALCUL

### RESISTANCE DES BOBINES EN HF.

Au voisinage de la fréquence fondamentale d'une bobine, l'intensité du courant qui la traverse cesse d'être constante et varie sinusoïdalement en fonction de la longueur du fil. Elle est maximum au milieu de l'enroulement et très faible à ses extrémités. La résistance réelle R est théoriquement égale à la moitié de la valeur calculée en supposant l'amplitude du courant constante sur toute la longueur du fil. En fait, cette résistance est sensiblement plus importante en raison des courants de Foucault et des pertes dans les diélectriques. Mais la résistance décroissant plutôt dans le voisinage de la fréquence fondamentale, on a intérêt à accorder les bobines avec des capacités très faibles.

Toutefois, les pertes supplémentaires provenant des blindages, parois et connexions peuvent produire un accroissement de résistance de 25 à 50 %.

Les formules permettant de calculer le diamètre du fil ou du câble à employer pour obtenir une bobine de résistance HF minimum ont été établies par Butterworth. Ces formules sont traduites par les abaques 19, 20, 21 et 22. Désignons par : L, le coefficient de self-induction de la bobine exprimé en microhenrys; S, un facteur dépendant à la fois du rapport $\frac{l}{D}$ de la longueur de la bobine à son diamètre et du rapport $\frac{E}{D}$ de son épaisseur radiale au diamètre; D, le diamètre de la bobine en centimètres; F, la fréquence; *d*, le diamètre du fil à un seul conducteur pour lequel la résistance HF est minimum.

Les formules de Butterworth (1) permettent de calculer d'abord une quantité $P^2$ définie par la relation :

$$P^2 = \frac{L S^2}{D^3}$$

(Nous donnons le nom de coefficient de Butterworth à la quantité P.)

## CONSTITUTION DE L'ABAQUE

L'abaque a été établi de manière que le calcul du facteur S (ou sa lecture dans un tableau) soit inutile. Il comporte 5 échelles : une échelle de réflexion (échelle 1) ; une échelle de rapports $\frac{D}{l}$ (échelle 2) ; une échelle des coefficients de self-induction L en microhenrys (échelle 3) ; une échelle des diamètres des bobines D en cm (échelle 4) ; une échelle donnant la valeur du carré du coefficient de Butterworth, P (échelle 5).

L'abaque est un abaque à tangence sur lequel on a tracé une première courbe pour les bobines à simple couche, une deuxième courbe pour les bobines à plusieurs couches dans le cas où le rapport $\frac{E}{D}$ entre l'épaisseur et le diamètre a une valeur négligeable (voisine de 0). (Ces deux courbes tournent leur concavité vers le haut), 8 courbes correspondant à différentes valeurs de $\frac{E}{D}$ (tournant leur concavité vers le bas).

(1) Voir, à ce sujet, les pages 270 à 274 de l'ouvrage : Mesny. — Radioélectricité générale, Editions Chiron, 40, rue de Seine, Paris.

## APPLICATIONS

PREMIER EXEMPLE. — *Une bobine de 200 microhenrys est bobinée à simple couche; elle a une longueur l de 5,1 cm. et un diamètre* D (*compte tenu de l'épaisseur du fil*) *de 10,2 cm. environ. Calculer d'abord pour cette bobine, la valeur de* $P^2$.

**Pour la bobine considérée, le rapport entre la longueur et le diamètre a pour valeur :**

$$\frac{l}{D} = 0{,}5$$

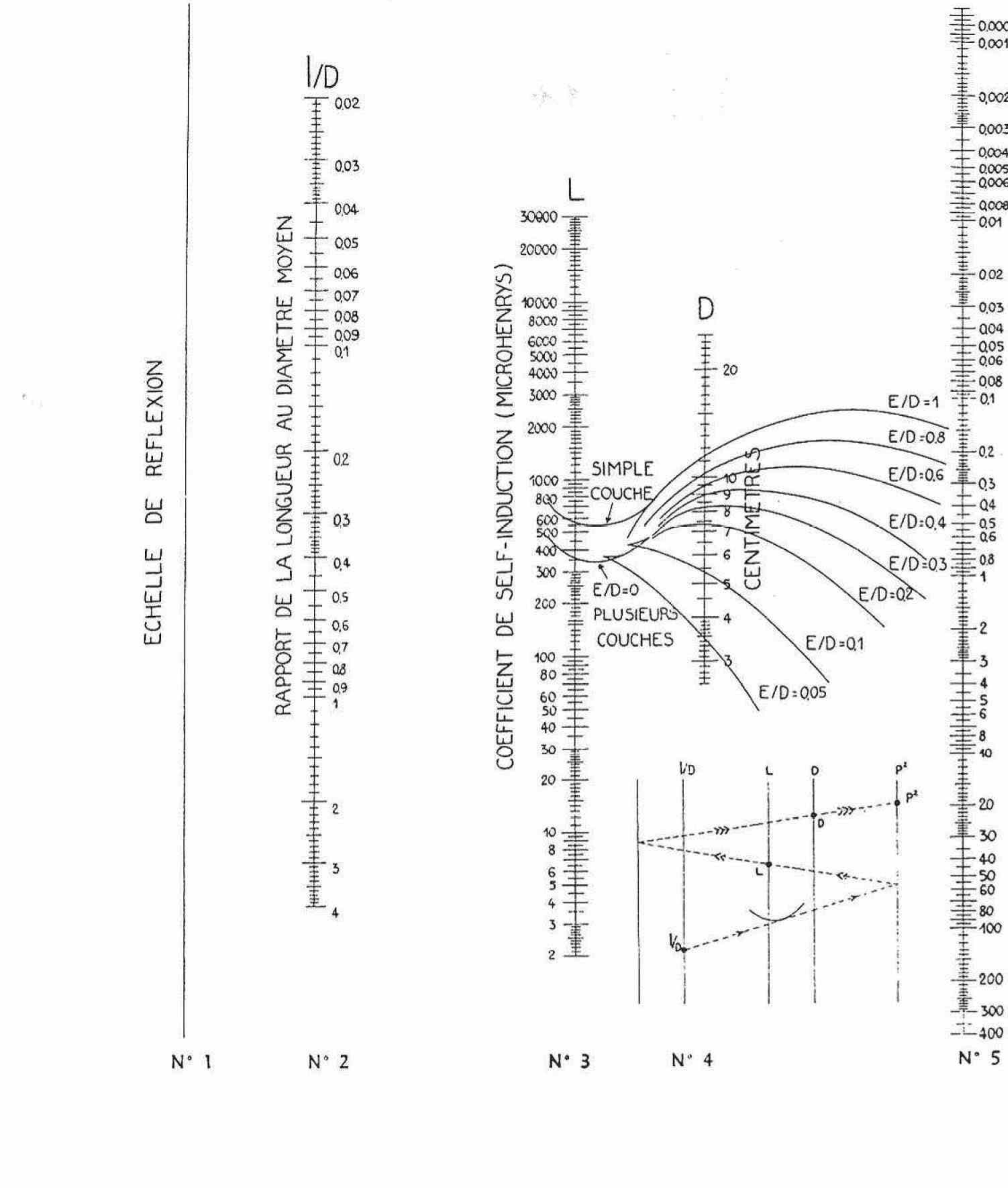
**Faisons passer par $\frac{l}{D}$ (0,05) lu sur l'échelle 2, une tangente à la courbe marquée « simple couche ». Cette tangente touche l'échelle 5 en un point qui est un simple point de réflexion. Alignons ce point et la valeur de L (200) lue sur l'échelle 3. Nous obtenons un nouveau point de réflexion sur l'échelle 1. Alignons ce nouveau point et la valeur de D (10,2) lue sur l'échelle 4. Nous obtenons par intersection avec l'échelle 5, la valeur de $P^2$. Cette valeur cherchée est : *0,044 environ.***

DEUXIÈME EXEMPLE. — *Une bobine à plusieurs couches a un coefficient de self-induction de 20.000 microhenrys. Son diamètre moyen est de 254 millimètres, sa longueur de 254 millimètres (bobine dite carrée parce que la longueur est égale au diamètre). Dans cette bobine, le rapport entre l'épaisseur et le diamètre a pour valeur* $\frac{E}{D} = 1$. *Calculer pour cette bobine la valeur de* $P^2$.

**Menons par la valeur de $\frac{l}{D}$ (1) lue sur l'échelle 2, la tangente à la courbe marquée $\frac{E}{D} = 1$. L'intersection avec l'échelle 5 nous donne un premier point de réflexion. Alignons ce point et la valeur de L (20.000 microhenrys) lue sur l'échelle 3. Nous obtenons par intersection avec l'échelle 1, un deuxième point de réflexion. Alignons ce deuxième point et la valeur de D (254) lue sur l'échelle 4. L'intersection avec l'échelle 5 nous donne la valeur cherchée de $P^2$ : *0,105*.**

(*Voir la suite au bas de la page 42.*)

# DIAMÈTRE DU FIL PLEIN POUR OBTENIR UNE BOBINE DE RÉSISTANCE H. F. MINIMUM (D'après BEATTY)




N° 1 N° 2 N° 3 N° 4 N° 5

# DIAMÈTRE DES BRINS DU FIL CABLÉ A UTILISER POUR OBTENIR UNE BOBINE DE RÉSISTANCE H. F. MINIMUM

**(Détermination de $P'^2$ pour fil câblé, dit Litzendraht.)**

(D'après BEATTY)

## FORMULE DE CALCUL

Lorsqu'on emploie du fil câblé ou torsadé à plusieurs brins isolés (Litzendraht) appelé improprement fil de Litz, dans le calcul, la valeur de $P^2$ calculée à l'aide de l'abaque précédent pour les fils pleins (à un seul conducteur) doit être remplacée par l'expression :

$$P'^2 = \sigma + n^2 P^2$$

dans laquelle $\sigma$ est un coefficient dépendant du nombre de brins et $n$ le nombre de brins du fil câblé.

L'abaque n° 20 permet de calculer les valeurs de $\sigma + n^2 P^2$ lorsqu'on connaît la valeur de $P^2$ calculée à l'aide de l'abaque n° 19.

## CONSTITUTION DE L'ABAQUE

L'abaque 20 comporte 4 échelles et 3 courbes : l'échelle des valeurs de $P^2$ calculées pour du fil plein à l'aide de l'abaque 19 (échelle 1) ; l'échelle des valeurs de $P'^2$ pour du fil câblé à 27 brins (échelle 2) ; l'échelle des valeurs de $P'^2$ pour du fil câblé à 9 brins (échelle 3) ; l'échelle des valeurs de $P'^2$ pour du fil câblé à 3 brins (échelle 4) ; 3 courbes pour tangence correspondant à du fil câblé comportant respectivement 27 brins, 9 brins et 3 brins.

## APPPLICATIONS

PREMIER EXEMPLE. — *Nous avons trouvé, à l'aide de l'abaque n° 19 dans le premier exemple, une valeur de $P^2$ de 0,044. Si nous décidons de remplacer le fil à un conducteur par un fil câblé à 9 brins, quelle sera, dans ces conditions, la valeur du coefficient de calcul :*

$$P'^2 = \sigma + n^2 P^2$$

**Menons, par la valeur de $P^2$ (0,044) lue sur l'échelle 1, la tangente à la courbe marquée « 9 brins », cette tangente donne par intersection avec l'échelle 3 (échelle correspondant à 9 brins) la valeur cherchée : *6,7 environ.***

DEUXIÈME EXEMPLE. — *Nous avons trouvé, à l'aide de l'abaque précédent n° 19, une valeur de $P^2$ de 0,105. Si nous décidons de remplacer le fil à un conducteur par un fil câblé à 27 brins isolés, quelle sera, dans ces conditions, la valeur du coefficient de calcul :*

$$P'^2 = \sigma + n^2 P^2$$

**Menons, par la valeur de $P^2$ (0,105) lue sur l'échelle 1, la tangente à la courbe marquée 27 brins, cette tangente donne par intersection avec l'échelle 2 (échelle correspondant à 27 brins), la valeur cherchée : *86 environ.***

TROISIÈME EXEMPLE. — *Dans le texte accompagnant l'abaque 19, nous avons trouvé, pour la bobine OC suivante ($L = 20,2$; $D = 3,5$ cm; $\frac{l}{D} = 1,03$; $N = 30$ spires), une valeur de $P^2$ dans le cas de fil plein de 0,053. Calculer, pour du fil divisé à 27 brins, la valeur de $P'^2$.*

**Menons, par la valeur de $P^2$ (0,053) lue sur l'échelle 1, la tangente à la courbe marquée 27 brins, cette droite donne, par intersection avec l'échelle 3, la valeur cherchée : 48.**

---

(*Suite de la page 40. Abaque 19.*)

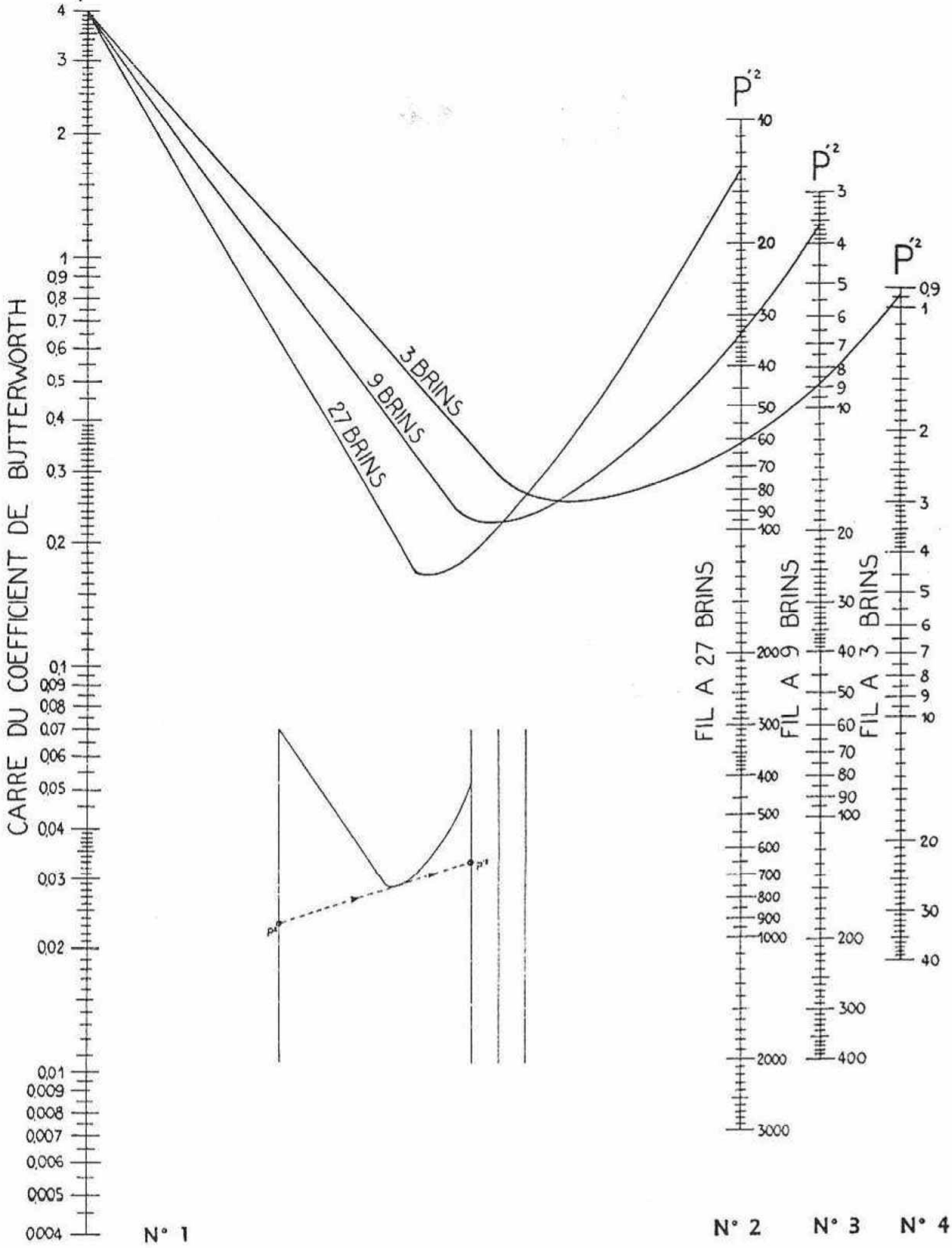
TROISIÈME EXEMPLE. — *Pour l'abaque 16, nous nous sommes donnés ou nous avons trouvé pour une bobine OC, les valeurs suivantes : $D = 3,5$ cm. $\frac{l}{D} = 1,03$, $L = 20,2$ microhenrys. Calculons, pour un fil plein, la valeur de $P^2$.*

**Menons par la valeur de $\frac{l}{D}$ (1,08) lue sur l'échelle 2, une tangente à la courbe marquée « simple couche ». Elle coupe l'échelle 5 (utilisée ici comme simple échelle de réflexion) en un premier point. Alignons ce point et la valeur de L (20,2) lue sur l'échelle 3. Nous obtenons par intersection avec l'échelle 1, un deuxième point. Alignons ce deuxième point et la valeur de D (3,5) lue sur l'échelle 4. L'intersection avec l'échelle 5 nous donne la valeur de $P^2$. Nous trouvons : $P^2 = 0,053$.**

REMARQUE. — Pour achever le calcul relatif aux deux exemples précédents, on se reportera à l'abaque 21.

# DIAMÈTRE DES BRINS DU FIL CABLÉ A UTILISER POUR OBTENIR UNE BOBINE DE RÉSISTANCE H. F. MINIMUM

**(Détermination de P'² pour fil câblé, dit Litzendraht.)**



# DIAMÈTRE DU FIL POUR OBTENIR UNE BOBINE DE RÉSISTANCE H. F. MINIMUM

**(Pour fil ou câble $0{,}004 < P^2 < 4$.)**

(D'après BEATTY)

## CONSTITUTION DE L'ABAQUE

Cet abaque comporte trois échelles : une échelle des valeurs de $P^2$ (ou $P'^2$) (échelle 1) ; une échelle des valeurs de la fréquence (échelle 3) ; une échelle des valeurs du diamètre *d* donnant la résistance HF minimum (échelle 2) ; une courbe.

Cet abaque permet de terminer le problème de détermination déjà commencé à l'aide des abaques 19 et 20.

Connaissant la valeur de $P^2$ ou $P'^2$ calculée à l'aide du ou des abaques précédents et la fréquence de fonctionnement, on peut, à l'aide de l'abaque 21, calculer la valeur optimum pour *d*, et ceci pour des valeurs de $P^2$ comprises entre 0,004 et 4.

## APPLICATIONS

PREMIER EXEMPLE. — *Une bobine de 200 microhenrys est bobinée à simple couche et a une longueur* l *de 51 millimètres et un diamètre* D *de 102 millimètres environ. Calculer, pour cette bobine, le diamètre du fil nécessaire au bobinage pour que la résistance en haute fréquence soit minimum à la fréquence 1.000 kilocycles (300 mètres).*

**La première partie du problème a été traitée à l'aide de l'abaque 19 (premier exemple). Nous avons trouvé une valeur du carré du coefficient de Butterworth $P^2$ (0,044).**

**Alignons la valeur de la fréquence (1.000) lue sur l'échelle 3 et celle de $P^2$ (0,044) lue sur l'échelle 1. Nous coupons l'échelle 2 (utilisée ici comme simple échelle de passage) en un point par lequel nous menons une tangente à la courbe; cette tangente coupe l'échelle 3 (qui n'est cette fois qu'une échelle de réflexion) en un deuxième point. Alignons ce deuxième point et $P^2$ (0,004) lu sur l'échelle 1. L'intersection avec l'échelle 2 nous donne la valeur cherchée du diamètre *d* du fil à employer. Nous trouvons ici : $d = 0{,}865$ mm. $= 0{,}0865$ cm.**

**La valeur approchée la plus courante à choisir dans un catalogue de fils (voir tableau VIII page 91 en annexe) sera *0,8 ou 0,9***

DEUXIÈME EXEMPLE. — *Une bobine à plusieurs couches a un coefficient de self-induction de 20.000 microhenrys. Son diamètre moyen est de 254 mm. Sa longueur est de 254 mm. également. Dans cette bobine, le rapport entre l'épaisseur et le diamètre a pour valeur* $\frac{E}{D} = 1$. *Calculer le diamètre du fil à employer pour que la résistance en haute fréquence soit minimum à 50 kilocycles.*

**Ce deuxième exemple, déjà amorcé pour l'application de l'abaque n° 19, nous a permis de déterminer une valeur de $P^2 = 0{,}105$.**

**Alignons la valeur de la fréquence (50) lue sur l'échelle 3 et celle de $P^2$ (0,105) lue sur l'échelle 1. Nous coupons l'échelle 2 (utilisée comme simple échelle de passage) en un point par lequel nous menons une tangente à la courbe; cette tangente coupe l'échelle 3 (qui n'est, cette fois, qu'une échelle de réflexion) en un deuxième point. Alignons ce deuxième point et $P^2$ (0,105) lu sur l'échelle 1. L'intersection avec l'échelle 2 donne la valeur cherchée du diamètre d du fil à employer. Nous trouvons ici : $d = 0{,}85$ mm. $= 0{,}085$ cm.**

**La valeur approchée la plus courante à choisir dans un catalogue de fils (voir à ce sujet le tableau VIII page 91), sera 0,8 ou 0,9.**

TROISIÈME EXEMPLE. — *Pour une bobine OC* ($L = 20{,}2$; $D = 3{,}5$; $\frac{l}{D} = 1{,}08$, $N = 30$ *spires*), *nous avons trouvé, dans le troisième exemple de l'abaque 19, une valeur de $P^2$ égale à 0,053. Calculer la valeur correspondante du diamètre* d *du fil donnant la résistance HF minimum à la fréquence 5.000 kilocycles (60 mètres).*

**Alignons la valeur de $P^2$ (0,053) lue sur l'échelle 1 et celle de *f* (5.000 Kc/s ou 5 Mc/s) lue sur l'échelle 3. L'intersection avec l'échelle 2 (considérée ici comme simple échelle de passage) donne un premier point. Par ce point, menons une tangente à la courbe qui coupe l'échelle 3 (utilisée également ici comme échelle de réflexion) en un deuxième point. En alignant ce point et $P^2$, lu à nouveau sur l'échelle 1, nous obtenons, par intersection avec l'échelle 1, la valeur cherchée pour le diamètre :**

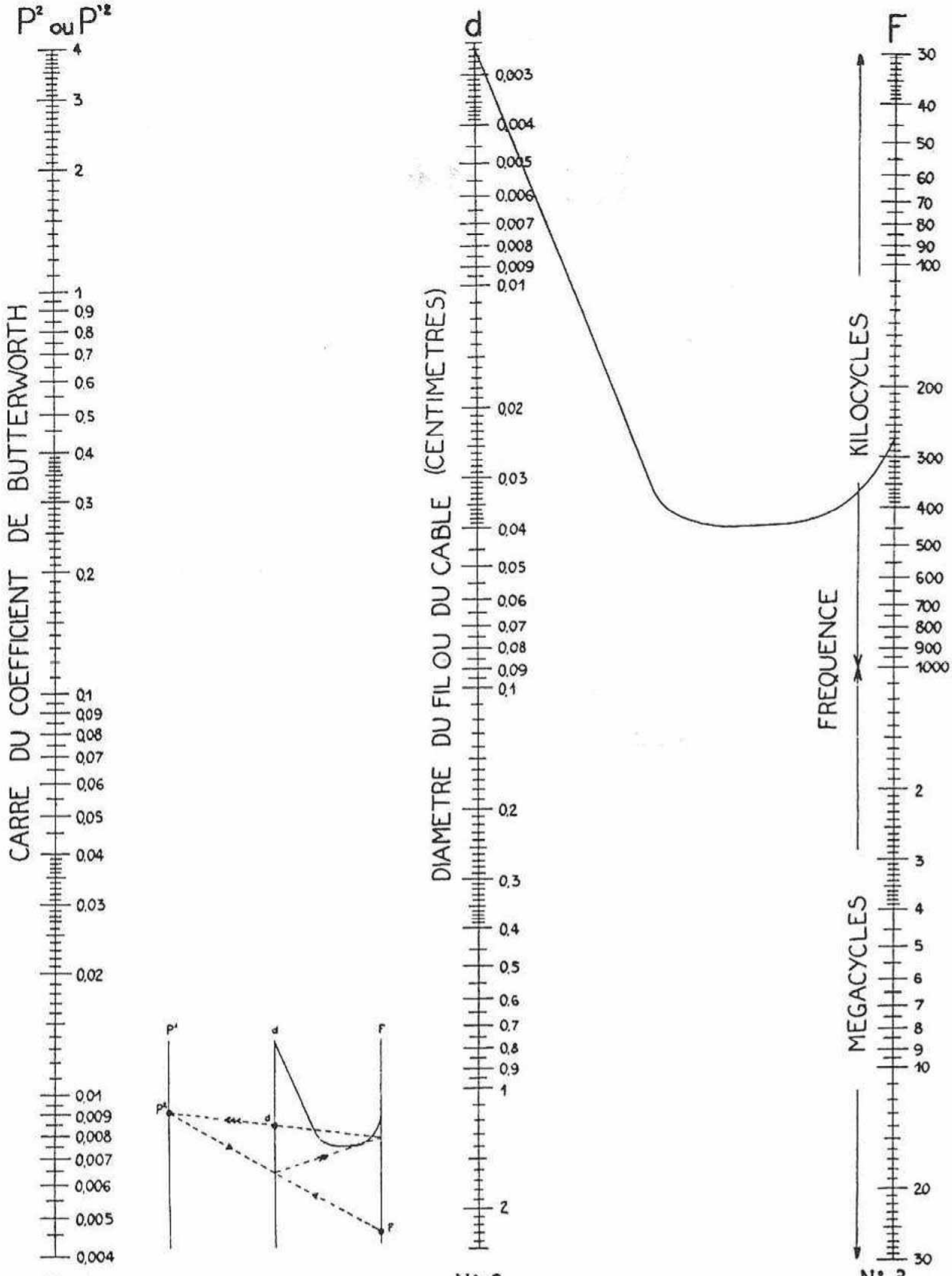
$$d = 0{,}7 \text{ mm.} = 0{,}07 \text{ cm.}$$

**Nous serons amenés, d'après un catalogue de fils (voir tableau VIII page 91 annexe), à choisir du fil de 0,7 ou 0,8.**

*(Voir la suite au bas de la page 46.)*

# DIAMÈTRE DU FIL POUR OBTENIR UNE BOBINE DE RÉSISTANCE H. F. MINIMUM

**Pour fil ou câble $0{,}004 < P^2 < 4$**



# DIAMÈTRE DU FIL POUR OBTENIR UNE BOBINE DE RÉSISTANCE H. F. MINIMUM

(Pour fil ou câble ($4 < P^2 < 4.000$)

(D'après BEATTY)

## CONSTITUTION DE L'ABAQUE

Cet abaque comporte 3 échelles : une échelle des valeurs de $P^2$ (ou $P'^2$) (échelle 1) ; une échelle des valeurs de la fréquence (échelle 3) ; une échelle des valeurs du diamètre *d* donnant la résistance HF minimum (échelle 2) ; une courbe.

Cet abaque permet de terminer le problème de détermination déjà commencé à l'aide des abaques 19 et 20.

Connaissant la valeur de $P^2$ ou $P'^2$ calculée à l'aide du ou des abaques précédents et la fréquence de fonctionnement, on peut, à l'aide de l'abaque, calculer la valeur optimum pour *d*, et ceci pour des valeurs de $P^2$ comprises entre 4 et 4.000.

## APPLICATIONS

PREMIER EXEMPLE. — *Une bobine de 200 microhenrys est bobinée à simple couche et a une longueur* l *de 51 millimètres et un diamètre* D *de 102 mm. Calculer la valeur du diamètre du fil donnant le minimum de résistance en haute fréquence, dans le cas où le bobinage est fait avec du fil câblé à 9 conducteurs.*

**Dans le premier exemple relatif à l'abaque n° 20, nous avons trouvé une valeur de $P'^2$ égale à 6,7 environ. Alignons la valeur de la fréquence (1.000) lue sur l'échelle 3 et celle de $P'^2$ (6,7) lue sur l'échelle 1, nous coupons l'échelle 2 (utilisée ici comme simple échelle de passage) en un point par lequel nous menons une tangente à la courbe; cette tangente coupe l'échelle 3 (qui n'est cette fois qu'une échelle de réflexion) en un deuxième point.**

**Alignons ce deuxième point et $P'^2$ (6,7) lu sur l'échelle 1, l'intersection avec l'échelle 2 nous donne la valeur cherchée du diamètre du fil à employer. Nous trouvons ici : $d = 0,014$ cm. environ $= 0,14$ mm.**

**Le fil à employer comportera donc 9 brins isolés et torsadés de 14 centièmes de mm.**

DEUXIÈME EXEMPLE. — *Dans le troisième exemple de l'abaque n° 20, nous avons trouvé pour une bobine OC possédant un coefficient de self-induction* $L = 20,2$ *microhenrys, un diamètre* $D = 3,5$ *cm., un rapport* $\frac{l}{D} = 1,08$, *un nombre de spires* $N = 30$, *une valeur de* $P'^2$ *dans le cas de fil torsadé à 27 brins de 48. Calculer, à l'aide de ce dernier chiffre, pour la fréquence 5.000 Kc/s ou 5 Mc/s (60 mètres), la valeur du diamètre de chaque brin conduisant à la résistance HF minimum.*

**Alignons $P'^2$ (48) lu sur l'échelle 1 et la fréquence (5 mégacycles: seconde) lue sur l'échelle 2 (qui joue ici le simple rôle d'échelle de passage), un premier point. Menons par ce point une tangente à la courbe qui coupe l'échelle 3 (servant ici d'échelle de réflexion) en un second point. Alignons $P'^2$ (48) lu sur l'échelle 1 et ce second point. L'intersection avec l'échelle 2 nous donne la valeur cherchée *d* du diamètre de chaque brin du câble employé. Cette valeur est ; *0,006 cm. = 0,06 environ.***

**Le fil à employer comportera donc 27 brins de 6 centièmes de mm.**

*(Suite de la page 44, Abaque 21.)*

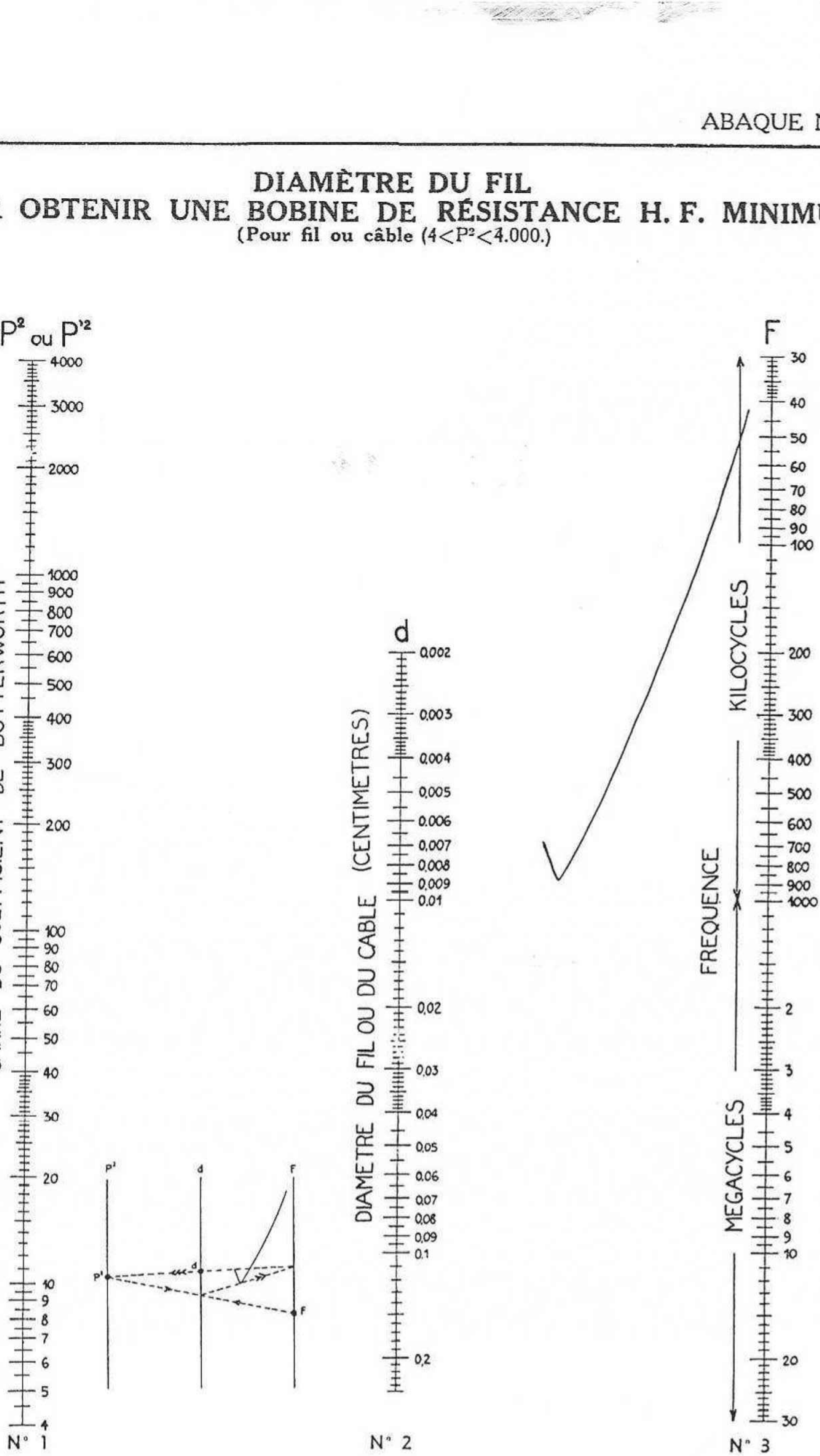
REMARQUE. — Au point de vue pratique, les valeurs trouvées pour *d* (diamètre du fil ou de chaque brin d'un câble à brins isolés) doivent être considérés comme approximatives, c'est-à-dire comme permettant de déterminer l'ordre de grandeur du fil à choisir pour réaliser la bobine de résistance haute fréquence minimum. (Des mesures précises de laboratoires devant, en cette matière et avec différents échantillons de bobines réalisées avec des fils de diamètres voisins au-dessus et au-dessous de la valeur calculée, donneraient une indication exacte et définitive).

Les formules employées et traduites par les abaques 19 à 22 tiennent, en effet, compte du fait que les pertes en haute fréquence dans une bobine sont dues d'une part à l'effet de peau (skin effect), d'autre part à l'existence d'un champ magnétique produit pour une spire par les spires voisines (effet de proximité ou proximity-effect) et que les deux catégories de pertes sont sensiblement égales. Cette dernière condition est généralement vérifiée pour un fil à un conducteur et aux hautes fréquences; au contraire, la valeur calculée à l'aide des formules ou de l'abaque peut être trop grande dans le cas de bobines de grand coefficient de self-induction à des radiofréquences relativement faibles ou inexacte à un numéro de fil près pour du fil câblé (Litzendraht).

L'abaque 24 permettra d'obtenir une valeur de *d* beaucoup plus exacte en pareil cas.

# DIAMÈTRE DU FIL POUR OBTENIR UNE BOBINE DE RÉSISTANCE H. F. MINIMUM

**(Pour fil ou câble ($4<P^2<4.000$.)**



# RÉSISTANCE APPROXIMATIVE EN H. F. D'UNE BOBINE QUAND LE DIAMÈTRE DU FIL EST OPTIMUM (D'après BEATTY)

## FORMULES DE CALCUL

La résistance d'un fil de cuivre pour bobine en C. C. ($\rho = 1{,}69$) a pour valeur :

$$(1) \qquad R_{ohms} = \frac{6{,}76 \times Dcm \times N}{d^2_{cm} \times 10^6}$$

Dans cette formule, D est le diamètre moyen de la bobine et $d$ le diamètre du fil. Si le fil câblé à $n$ brins de diamètre $d$ est employé, cette formule devient :

$$R = \frac{6{,}76 \times Dcm \times N}{n\, d^2_{cm} \times 10^6}$$

Lorsque ce câble est torsadé (fil de Litz), une valeur exacte est obtenue en multipliant la valeur de R trouvée par :

1,02 pour câble à 3 brins.
1.04 — — à 9 brins.
1,06 — — à 27 brins.

ceci pour tenir compte de l'augmentation de longueur qui résulte du torsadage.

A cause de l'effet de peau et de l'effet de proximité (voir à ce sujet la remarque accompagnant le texte de l'abaque 21), la résistance en HF a pour valeur :

$$(2) \qquad R_a = R\,(s + p)$$

Dans cette formule, $s$ désigne un facteur dit de peau, $p$ un facteur dit de proximité.

Lorsque le diamètre du fil employé est optimum (calcul effectué à l'aide des abaques 19 à 22), ces deux facteurs sont sensiblement égaux et la formule 2 s'écrit :

$$(3) \qquad R_a = R \times 2\,s$$

Elle ne donne, évidemment, qu'une valeur approximative.

## CONSTITUTION DE L'ABAQUE

L'abaque a points alignés et tangence n° 23 traduit les formules 1 et 3. Il comporte 3 échelles doubles, 1 courbe, 3 barres dites de multiplication servant au calcul dans le cas de fil câblé.

## APPLICATIONS

PREMIER EXEMPLE. — *Dans le premier exemple de l'abaque 21, nous avons trouvé que pour réaliser une bobine de 200 microhenrys avec* D = *10,2 cm.*, l = *5,1 cm.*, *N = 43,5 tours, le diamètre du fil pour donner la résistance HF minimum à 1.000 kilocycles, était 0.0865 cm. (86 centièmes de mm.). Calculer, dans ces conditions, la résistance de la bobine à cette fréquence.*

PREMIÈRE OPÉRATION. — **Nous alignons le nombre de tours 43,5 lu sur l'échelle 1 gauche et le diamètre D de la bobine. (10,2) lu sur l'échelle 2 gauche. Nous obtenons sur l'échelle 3 (utilisée ici comme échelle de réflexion) un point d'intersection. Alignons ce point et le diamètre du fil 0,0865 lu sur l'échelle 2 droite nous lisons sur l'échelle 1 droite, la valeur de la résistance en courant continu :**

$$R = 0{,}402 \text{ ohms.}$$

DEUXIÈME OPÉRATION. — **Alignons la fréquence F (1.000) lue sur l'échelle 3 droite et le diamètre du fil $d$ (0,0865) lu sur l'échelle 2 droite. Nous obtenons sur l'échelle 1 (utilisée ici comme échelle de réflexion), un premier point. Menons par ce point une tangente à la courbe qui coupe l'échelle 2 en un second point. Alignons ce second point et la valeur de la résistance en C. C. (0,402) trouvée précédemment et lue sur l'échelle 1 droite. L'intersection avec l'échelle 3 gauche nous donne la valeur de la résistance HF cherchée. Nous trouvons ici :**

$$R_a = 2{,}85.$$

DEUXIÈME EXEMPLE. — *Calculer pour la bobine précédente, la valeur de la résistance HF si cette bobine a été exécutée avec du fil câblé à 27 brins.*

**En utilisant l'abaque 22, nous trouverions, pour que la résistance HF soit minimum et dans le cas de fil à 27 brins, que le diamètre de chaque brin devrait être de 0,01065 cm. environ (10 centièmes de mm.). En portant au compas la longueur de la barre de multiplication correspondant à 27 brins portés sur l'abaque, nous trouvons une valeur fictive du diamètre de fil plein correspondant $d_1 = 0{,}0539$ cm. L'abaque, en employant la méthode précédemment indiquée, donne les nouvelles valeurs :**

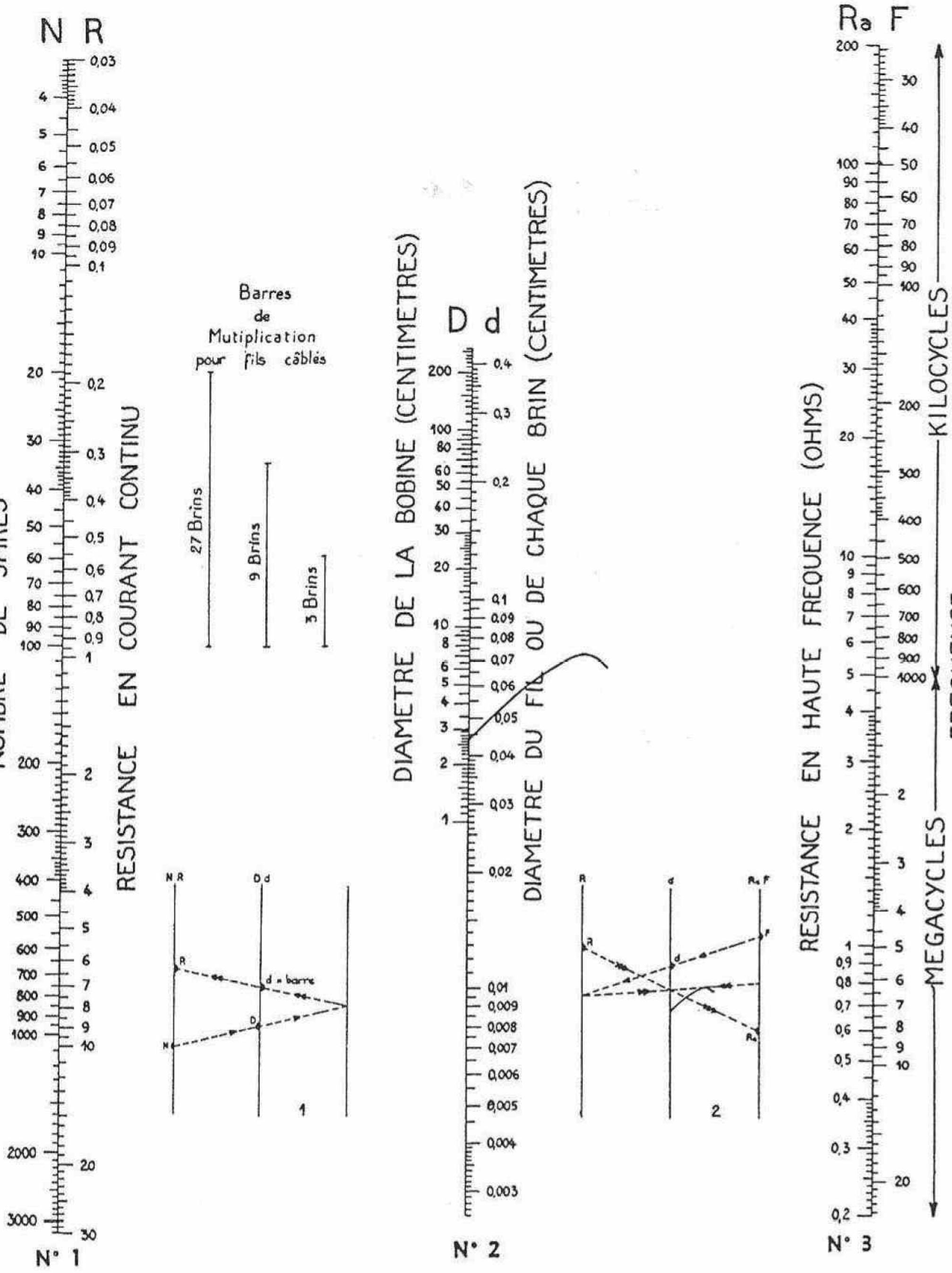
$$R = 1{,}06$$

$$R_a = 2{,}14$$

**La comparaison des chiffres trouvés dans ces deux exemples montre l'avantage qu'il y a à utiliser du fil câblé au lieu et place de fil ordinaire.**

REMARQUE. — Le calcul a été fait à l'aide de l'abaque sans qu'il soit nécessaire de déterminer ou de lire la valeur du facteur de peau s.

# RÉSISTANCE APPROXIMATIVE EN H. F. D'UNE BOBINE QUAND LE DIAMÈTRE DU FIL EST OPTIMUM



# RAPPORT DE LA RÉSISTANCE EN H. F. A LA RÉSISTANCE EN C. C. D'UNE BOBINE

## FORMULES DE CALCUL

Lorsqu'on désire avoir une valeur exacte de la résistance HF d'une bobine, on doit appliquer la formule indiquée précédemment :

$$(1) \qquad \boxed{Ra = R\,(s + p)}$$

Cette formule s'écrit, dans le cas de fil câblé (Litzendraht) :

$$(2) \qquad \boxed{Ra = R\,[S + g^3\,(L_z + A)\,]}$$

Dans cette formule, $g$ est un coefficient dépendant de la fréquence et du diamètre de chaque brin; $L_z$ est une constante appelée nombre de Litz dépendant du fil employé; A un coefficient dépendant de la forme et du diamètre de la bobine, du nombre de tours et du fil employé. (Dans ce dernier cas on a $p = g^3\,(L_z + A)$.)

Les valeurs du nombre de Litz sont indiquées dans le tableau ci-dessous :

NOMBRE DE LITZ ($L_z$)

| ISOLEMENT | 3 brins | 9 brins | 27 brins | DIAMETRE approximatif de chaque brin en centièmes de millimètres |
|---|---|---|---|---|
| 1 couche émail . . . | 2,25 | 8,00 | 25,2 | 19 |
| 1 couche soie . . . . | 2,01 | 7,15 | 22,3 | |
| 2 couches soie . . . . | 1,54 | 5,55 | 17,4 | |
| 1 couche émail . . . | 2,21 | 7,88 | 24,6 | 15 |
| 1 couche soie . . . . | 1,87 | 6,68 | 20,7 | |
| 2 couches soie . . . . | 1,38 | 4,87 | 15,3 | |
| 1 couche émail . . . | 2,27 | 8,00 | 25,3 | 12 |
| 1 couche soie . . . . | 1,71 | 6,08 | 19 | |
| 2 couches soie . . . . | 1,19 | 4,26 | 13,3 | |
| 1 couche émail . . . | 2,18 | 7,69 | 24,2 | 10 |
| 1 couche soie . . . . | 1,63 | 5,80 | 18,2 | |
| 2 couches soie . . . . | 1,14 | 4,09 | 12,8 | |
| 1 couche émail . . . | 2,17 | 7,76 | 24,3 | 8 |
| 1 couche soie . . . . | 1,46 | 5,17 | 16,3 | |
| 2 couches soie . . . . | 0,96 | 3,47 | 10,8 | |

## CONSTITUTION DE L'ABAQUE

L'abaque à points alignés et tangence n° 24 traduit les formules précédentes et comporte 5 échelles, dont 2 doubles, et 3 courbes dont l'une pour le calcul de $s$ et l'autre pour le calcul de $g$.

## APPLICATIONS

EXEMPLE. — *Calculer exactement la résistance en HF à 1.000 Kc/s de la bobine ayant fait l'objet de l'exemple 2, abaque 23* ($L = 200$ *microhenrys;* $F = 1.000$ *Kc/s;* $N = 43,5$ *tours;* $D = 102$ *mm. ou 10,2 cm.; fil câblé à 27 brins de chacun 0,01065 (10 centièmes de mm. environ) ;* $l = 5,1$ *cm.*).

***Calcul de s :*** **Alignons la fréquence F (1.000) lue sur l'échelle 1 gauche et le diamètre *d* (0,010) lu sur l'échelle 3 gauche. Nous obtenons sur l'échelle 5 (utilisée ici comme échelle de réflexion), un point. Menons par ce point une tangente à la courbe marquée « facteur de peau »; cette tangente coupe l'échelle 1 droite au point:**

$$S = 1,009 \text{ environ.}$$

***Calcul de g :*** **Alignons la fréquence F (1.000) lue sur l'échelle 1 gauche et le diamètre *d* (0,01065) lu sur l'échelle 3 gauche. Nous obtenons un point de réflexion sur l'échelle 5. Menons par ce point une tangente à la courbe marquée « courbe pour *g* », cette tangente coupe l'échelle 4 à la valeur :**

$$g = 0,294.$$

***Calcul de p :*** $= g^3\,(L_z + A)$. **Ici** $\frac{1}{D} = 0,5$,

**et** $\frac{nd}{D} = \frac{27 \times 0,01065}{10,2} = 0,0284$ **environ.**

**Menons par la valeur de $\frac{1}{D}$ (0,5), lue sur l'échelle 2, une tangente à la courbe marquée simple couche. Nous obtenons sur l'échelle 5 un premier point de réflexion. Alignons ce point et la valeur de N lue sur l'échelle 3 droite, nous obtenons sur l'échelle 1 un deuxième point de réflexion. Alignons ce deuxième point de réflexion et la valeur de $\frac{nd}{D}$ (0,0284) lue sur l'échelle 3 gauche. L'intersection avec l'échelle 5 nous donne la valeur de A : 26,6.**

**Le tableau des nombres de Litz et pour du fil à 27 brins à une couche de soie nous donne, pour le diamètre employé, une valeur approximative de $L_z$ égale à 18,2.**

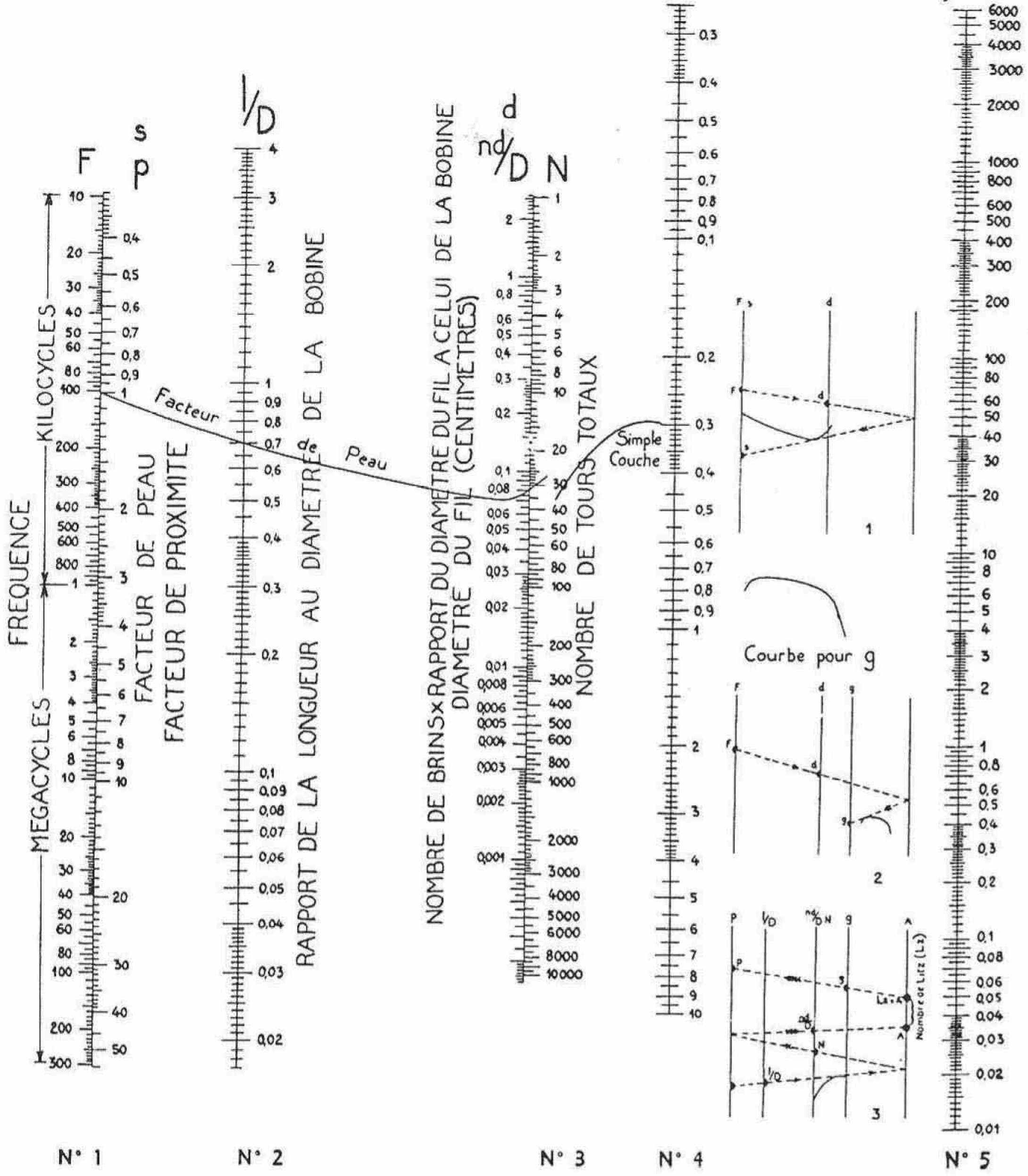
**Additionnons $A = 26,6$ et $L_z = 18,2$, nous trouvons une valeur de 44,8. Alignons cette valeur lue sur l'échelle L et la valeur de *g* (0,294) trouvée précédemment et lue sur l'échelle 4, l'intersection avec l'échelle 1 gauche nous donne la valeur :**

$$p = 1,16$$

**Nous avons trouvé, dans le deuxième exemple relatif à l'abaque 23, R = 1,06. Nous aurons donc une valeur en HF :**

$$Ra = 1,06\,(1,009 + 1,16) = 2,30 \text{ ohms.}$$

# RAPPORT DE LA RÉSISTANCE EN H. F. A LA RÉSISTANCE EN C. C. D'UNE BOBINE



# INDUCTANCE D'UNE BOBINE EN HAUTE FRÉQUENCE

## FORMULES DE CALCUL

L'inductance ou réactance inductive d'une bobine est donnée par la formule théorique :

$$Z \text{ ou } X_L = L\omega = L \times 2\pi F$$

dans laquelle les unités suivantes sont employées :

$X_L$ en ohms

coefficient de self-induction, L, en henrys.

Fréquence F en cycles : seconde.

La pulsation $\omega$ étant égale au produit de la fréquence par 2 $\pi$.

Si l'on choisit comme unité de coefficient de self-induction, le microhenry et comme unité de fréquence le kilocycle : seconde, la même formule devient :

(1) $$Z \text{ ou } X_{L \text{ ohms}} = \frac{L\,\mu_H \times 2\pi F_{\text{KC/s}}}{10^3}$$

Si l'on choisit comme unité de coefficient de self-induction le microhenry et comme unité de fréquence le mégacycle : seconde, la formule devient :

(2) $$Z \text{ ou } X_{L \text{ ohms}} = L\,\mu_H \times 2\pi F_{\text{MC/s}}$$

## CONSTITUTION DE L'ABAQUE

L'abaque à points alignés N° 25 traduit les formules (1) et (2).

Il comporte trois échelles :

ECHELLE 1 : Echelle des valeurs du coefficient de self-induction L (elle est graduée de 20 à 2.000 microhenrys).

ECHELLE 2 : Echelle des valeurs de l'inductance ou réactance inductive $X_L$ (elle est graduée de 13 ohms à 120.000 ohms).

ECHELLE 3 : Echelle des valeurs de la fréquence F (elle est graduée de 100 kilocycles: seconde à 1.000 kilocycles: seconde, puis de 1 mégacycle: seconde à 10 mégacycles: seconde.

## APPLICATIONS

PREMIER EXEMPLE. — *Calculer l'inductance à 1.000 kilocycles : seconde (300 mètres) d'une bobine ayant un coefficient de self-induction de 180 microhenrys.*

**Nous alignons le coefficient de self-induction 180 lu sur l'échelle 1 et la fréquence (1.000) lue sur l'échelle 3. L'intersection avec l'échelle 2 nous donne la valeur de l'inductance : *1.130 ohms.***

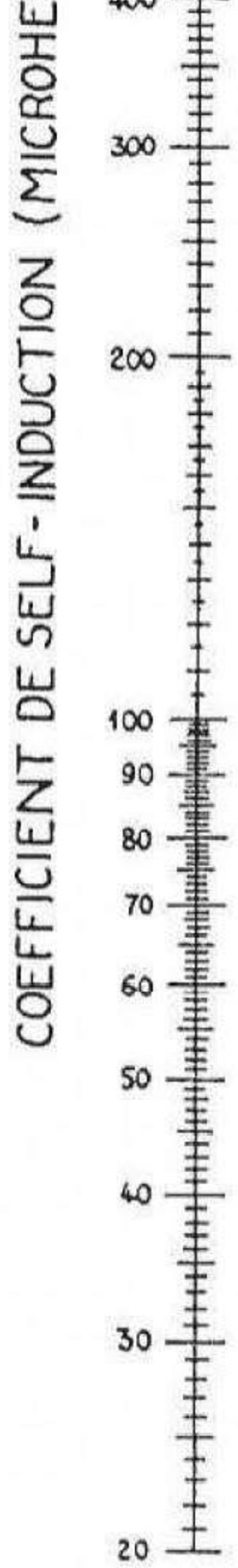
DEUXIÈME EXEMPLE. — *A quelle fréquence une bobine de 2.000 microhenrys a-t-elle une inductance de 3.000 ohms?*

**Nous alignons le coefficient de self-induction (2.000) lu sur l'échelle 1 et l'inductance (3.000) lue sur l'échelle 2. L'intersection avec l'échelle 3 nous donne la valeur de la fréquence cherchée. Nous lisons : *238 kilocycles : seconde* environ.**

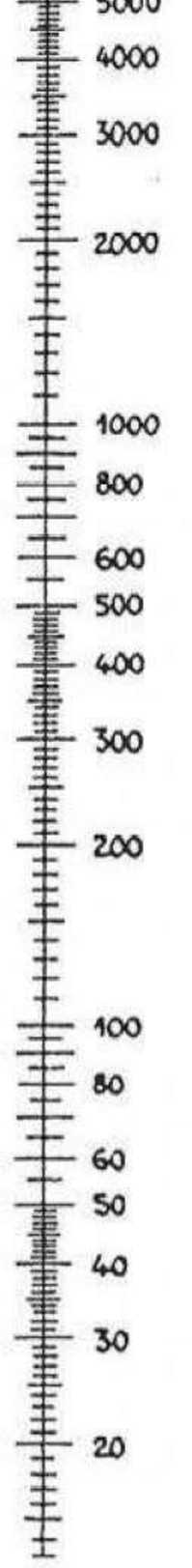
TROISIÈME EXEMPLE. — *Quel est le coefficient de self-induction d'une bobine qui a une inductance de 900 ohms à 600 kilocycles?*

**Nous alignons l'inductance (900) ohms lue sur l'échelle 2 et la fréquence (600) lue sur l'échelle 3. L'intersection avec l'échelle 1 nous donne la valeur du coefficient de self-induction. Nous trouvons : *239 microhenrys.***

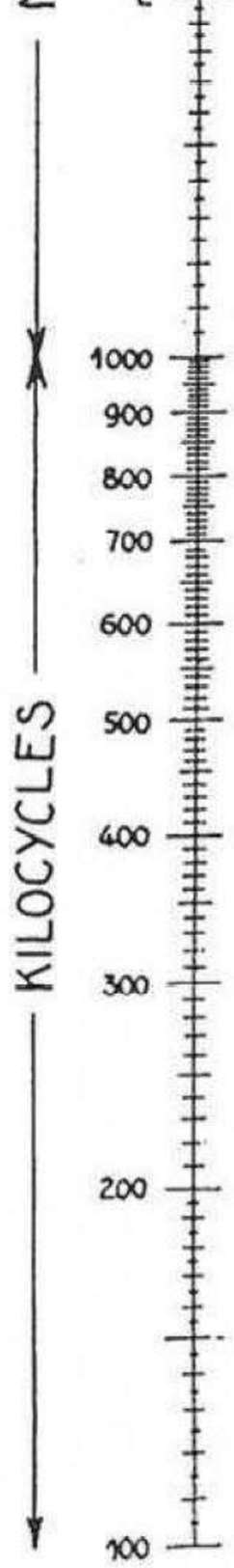
# INDUCTANCE D'UNE BOBINE EN HAUTE FRÉQUENCE




N° 1




N° 2




N° 3

# BOBINES A NOYAU MAGNÉTIQUE (Noyau cubique et noyau en pot)

## NOYAU CUBIQUE :

Ce noyau est constitué par une sorte de poulie en deux pièces en matière draloperm à l'intérieur de laquelle peut se déplacer une vis permettant de faire varier le coefficient de self-induction (figure 1 a). Il est enrobé dans une carcasse en trolitul qui porte 7 gorges prévues pour le bobinage qui doit être effectué à spires jointives à plusieurs couches. La carcasse extérieure a la forme cubique. La perméabilité obtenue avec un tel noyau a une valeur $\mu = 3$.

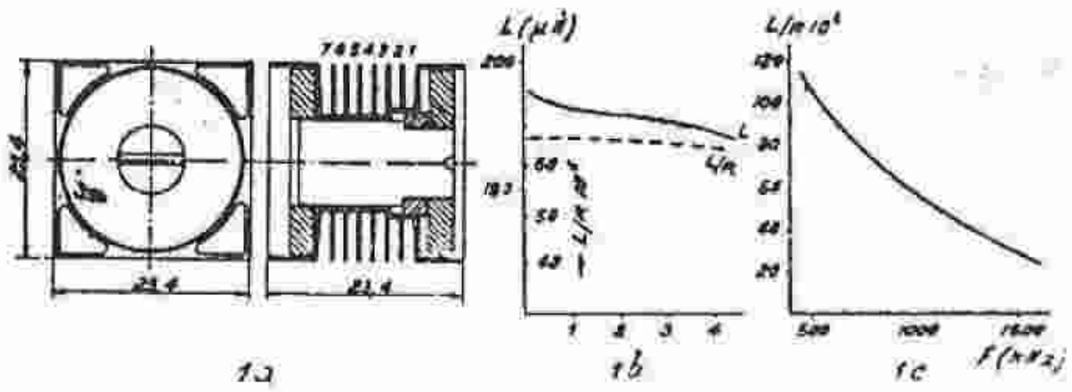


FIG. 1.

La figure 1 b donne les différentes valeurs du coefficient de self-induction L en microhenrys et du rapport $\frac{L}{R}$ pour un déplacement de la vis du noyau, de 0 à 4 mm. (La variation totale de self-induction peut atteindre 1/10 de la valeur maximum).

La figure 1 c donne pour des fréquences comprises entre 400 kilocycles et 1.700 kilocycles, les valeurs du rapport $\frac{L.}{R}$

## NOYAU EN POT FERMÉ :

Ce noyau appelé encore « boîte à pilules » se compose de deux cuvettes cylindriques accolées et fixées sur un manchon central à épaulement. C'est dans l'espace annulaire compris entre ces deux cuvettes que s'exécute le bobinage sur un mandrin à trois gorges en trolitul. Une variation de self-induction de la bobine peut être obtenue à l'aide d'une vis en matière magnétique (figure 2 a). La perméabilité d'un tel noyau est de 3,9.

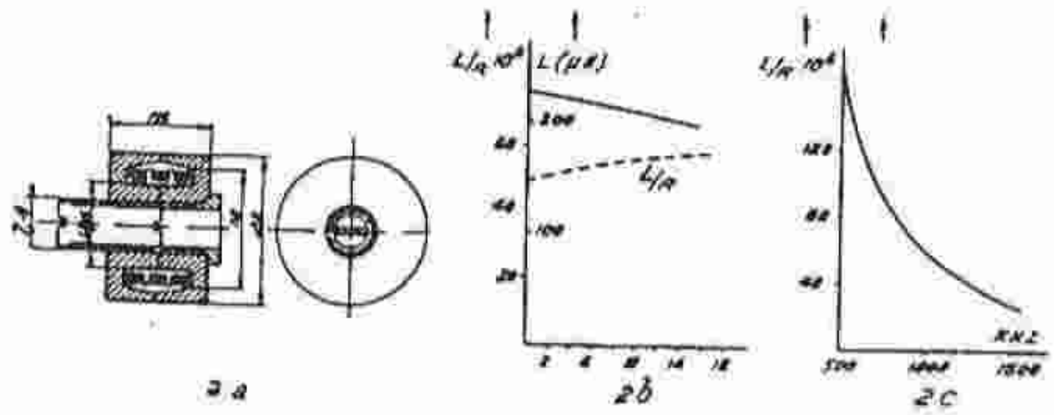


FIG. 2.

La figure 2 b indique les variations du coefficient de self-induction ($L_{microhenrys}$) et du rapport $\frac{L}{R}$ (constante de temps) pour un déplacement de la vis du noyau de 18 mm. environ. La variation totale de self-induction peut atteindre avec ce type de noyau, 1/10 de la valeur maximum de L.

La figure 2 c donne pour des fréquences comprises entre 500 Kc/s et 1.500 Kc/s, les valeurs du rapport $\frac{L.}{R}$

## CONSTITUTION DE L'ABAQUE

Pour les deux types de noyaux décrits précédemment, a été établi l'abaque n° 26 qui est du type cartésien logarithmique. Cet abaque porte en abscisses les valeurs du nombre de spires du bobinage et l'échelle des abscisses est graduée de 10 à 700; il porte en ordonnées les valeurs du coefficient de self-induction en microhenrys. Sur cet abaque sont tracées les courbes qui correspondent : la première (courbe n° 1) à un noyau cubique et à du fil câblé à 30 brins (diamètre 0,05 mm.) ; la deuxième (courbe n° 2), a un noyau cubique et à du fil câblé à trois brins (diamètre 0,08 mm) ou à du fil à un seul conducteur de 0,14 mm. isolé par deux couches de coton; la troisième (courbe n° 3), à un noyau en pot et à du fil câblé à 30 brins (diamètre 0,05 mm.) ; la quatrième (courbe n° 4) à un noyau en pot et à du fil câblé à 3 brins (diamètre 0,08 mm.) ou à du fil à un seul conducteur de 0,14 mm., isolé par deux couches de coton.

## APPLICATIONS

PREMIER EXEMPLE. — *On se propose d'exécuter une bobine sur noyau en pot avec du fil câblé (Litzendraht) à 30 brins de 0,05 mm. Cette bobine doit avoir un coefficient de self-induction de 180 microhenrys. Quel doit être le nombre de tours de fil employé?*

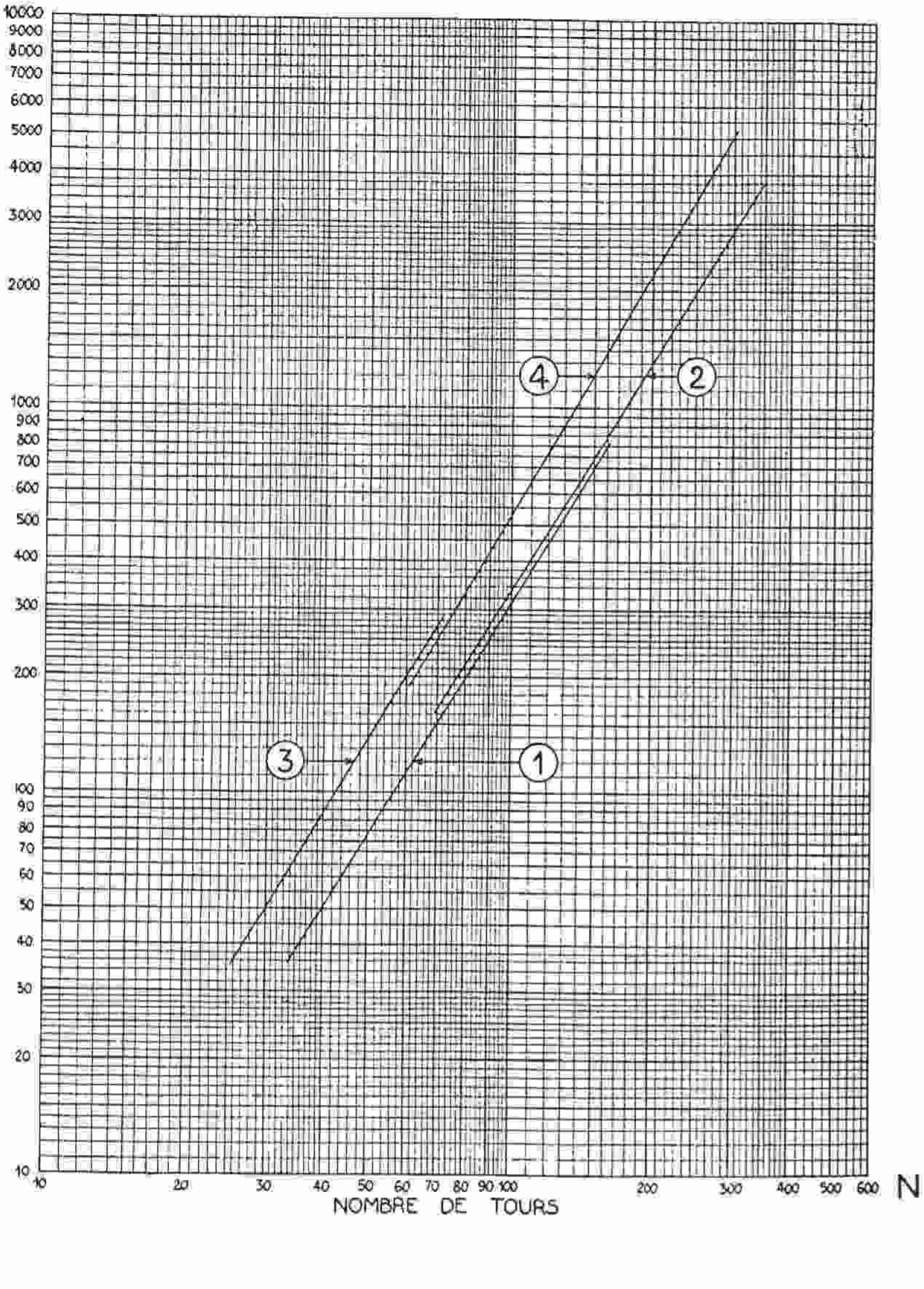
**Suivons l'horizontale de L (180 microhenrys) lu sur l'échelle verticale jusqu'à sa rencontre avec la courbe 3, la verticale de ce point de rencontre coupe l'échelle horizontale au point marqué 57. Le nombre de tours de fil à employer sera de 57. Comme le mandrin comporte trois gorges, 19 spires devront être exécutées dans chaque gorge.**

DEUXIÈME EXEMPLE. — *Une bobine est réalisée sur noyau cubique et comporte 259 tours de fil (37 tours dans chacune des 7 gorges). Le fil employé est du fil ordinaire à un seul conducteur isolé par deux couches de coton. Calculer, dans ces conditions, le coefficient de self-induction de la bobine.*

**Suivons la verticale de N (259) lu sur l'échelle horizontale jusqu'à sa rencontre avec la courbe 2. Suivons l'horizontale du point de rencontre qui coupe l'échelle verticale au voisinage de 2.100.**

**Le coefficient de self-induction de la bobine considérée a pour valeur *2.080 microhenrys environ*.**

# BOBINES A NOYAU MAGNÉTIQUE (Noyau cubique et noyau en pot)



# BOBINES A NOYAU MAGNÉTIQUE (Noyau poulie et noyau en E)

## NOYAU POULIE

Ce noyau encore appelé noyau en H de révolution, se compose de deux flasques cylindriques montées sur un même canon, à l'intérieur duquel peut se déplacer une vis (permettant de faire varier le coefficient de self-induction). Ces quatre pièces sont en matière magnétique.

A l'intérieur du creux de la « poulie » ainsi constituée est monté un mandrin en trolitul à quatre broches sur lequel est effectué le bobinage.

Le coefficient de perméabilité du noyau représenté figure 1 a est : $\mu = 3$.

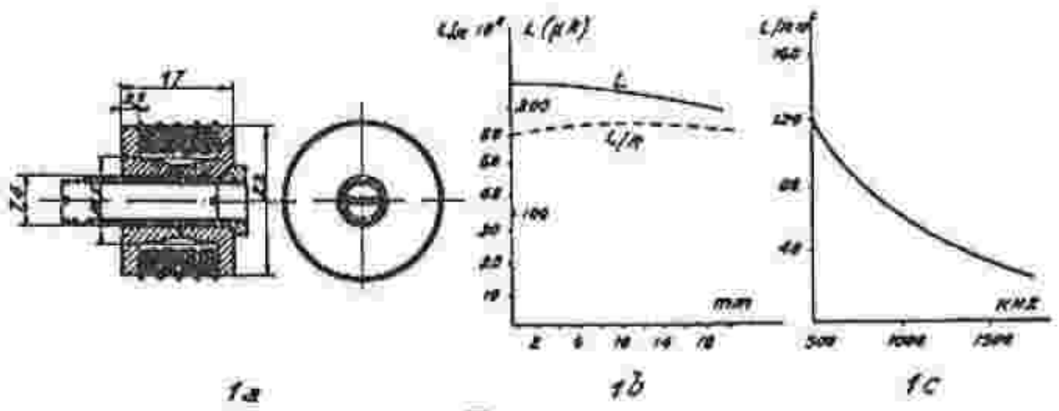


FIG. 1

La figure 1 b donne les différentes valeurs du coefficient de self-induction L en microhenrys et du rapport $\frac{L}{R}$ pour un déplacement de la vis du noyau, de 2 à 20 mm. (La variation totale de self-induction peut atteindre 1/10 de la valeur maximum.

La figure 1 c donne pour des fréquences comprises entre 500 Kc/s et 1.800 Kc/s, les valeurs du rapport $\frac{R}{L}$.

## NOYAU EN E

Ce noyau (figure 2 a) se compose d'un noyau proprement dit en forme d'E et d'une armature parallélipipédique. Ces deux pièces sont en matière magnétique.

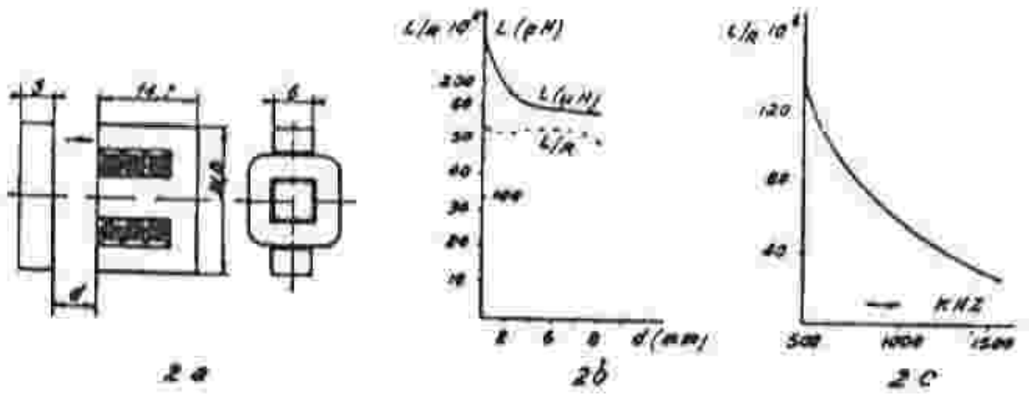


FIG. 2.

On peut, avec ce noyau, faire varier le coefficient de self-induction de la bobine en augmentant ou diminuant la distance *d* qui sépare les deux pièces. Sur la partie centrale de l'E se monte un mandrin en trolitul à trois gorges. La perméabilité du noyau représenté sur la figure 2 a est : $\mu = 3{,}6$.

La figure 2 b indique les variations du coefficient de self-induction ($L_{microhenrys}$) et du rapport $\frac{L}{R}$ (constante de temps) pour une variation totale de *d* égale à 12 mm. La variation totale de self-induction peut atteindre avec ce type de noyau, 1/4 de la valeur maximum de L.

La figure 2 c donne pour des fréquences comprises entre 500 et 1.500 Kc/s, les valeurs du rapport $\frac{L}{R}$

## CONSTITUTION DE L'ABAQUE

Pour les deux types de noyaux décrits précédemment a été établi l'abaque n° 27, qui est du type cartésien logarithmique. Cet abaque porte en abscisses, les valeurs du nombre de spires du bobinage et l'échelle des abscisses est graduée de 10 à 700; il porte en ordonnées les valeurs du coefficient de self-induction en microhenrys (10 à 10.000 microhenrys). Sur cet abaque sont tracées les courbes qui correspondent : la première (courbe n° 1) à un noyau poulie et à du fil câblé à 30 brins (diamètre 0,05 mm) ; la deuxième (courbe n° 2) à un noyau poulie et à du fil câblé à trois brins (diamètre 0,08 mm.), ou à du fil à un seul conducteur de 0,14 mm. isolé par deux couches de coton; la troisième (courbe n° 3) à un noyau en E et à du fil câblé à 30 brins (diamètre 0,05 mm.) ; la quatrième (courbe n° 4) à un noyau en E et à du fil câblé à 3 brins (diamètre 0,08 mm.) ou à du fil à un seul conducteur de 0,14 mm. isolé par deux couches de coton.

## APPLICATIONS

PREMIER EXEMPLE. — *On se propose d'exécuter une bobine sur noyau poulie avec du fil câblé (Litzendraht) à 3 brins de 0,08 mm. Cette bobine doit avoir un coefficient de self-induction de 870 microhenrys. (Bobine pour transfo MF sur 472 Kc/s accordée par une capacité de 130 micromicrofarads au total).*

*Quel doit être le nombre de tours de fil employé?*

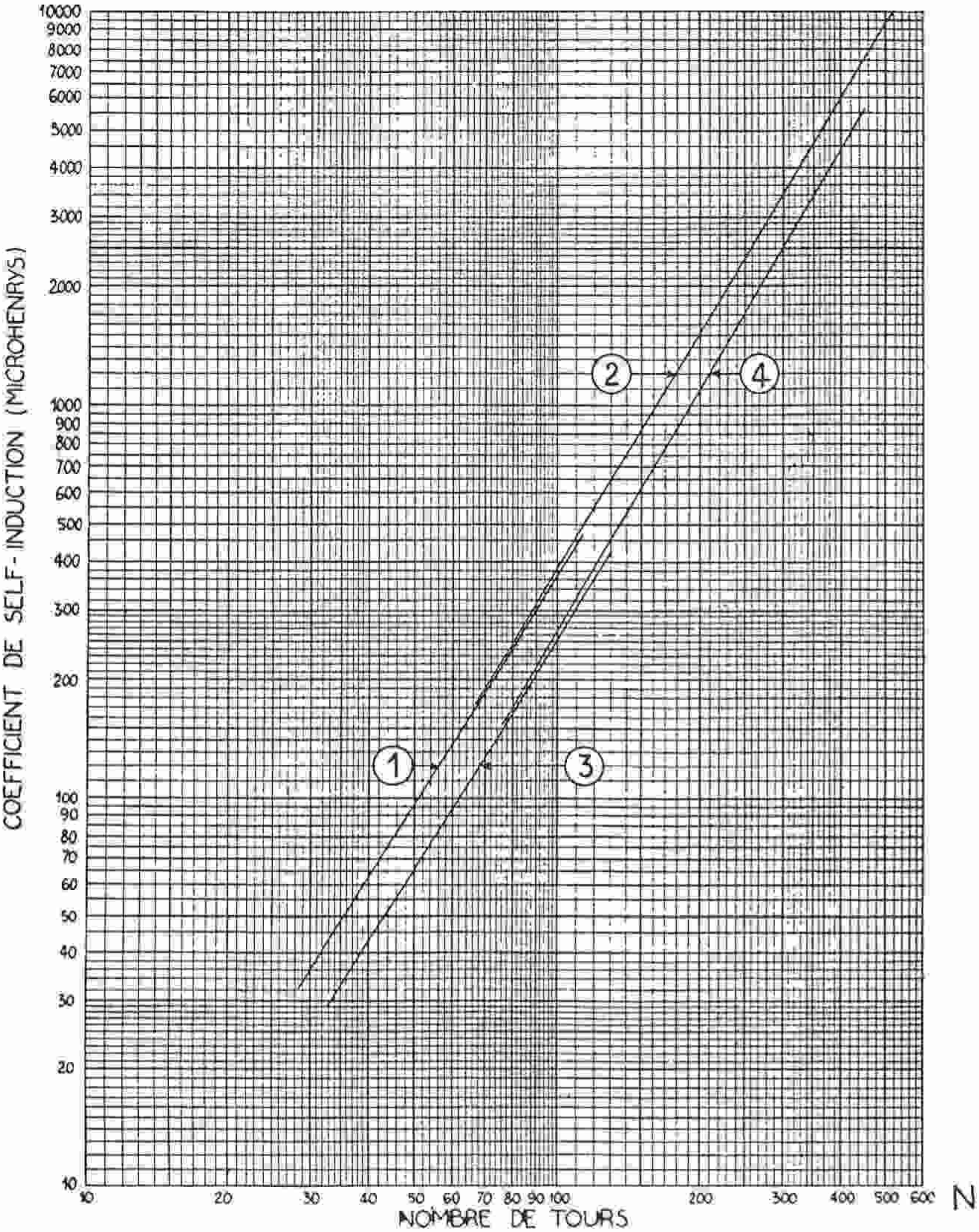
**Suivons l'horizontale de L (870 microhenrys) lu sur l'échelle verticale jusqu'à sa rencontre avec la courbe 2, la verticale de ce point de rencontre coupe l'échelle horizontale au point marqué 150. Le nombre de tours de fil à employer sera de 150 environ. Comme le mandrin comporte quatre gorges, 38 spires devront être bobinées dans chaque gorge.**

DEUXIÈME EXEMPLE. — *Une bobine est réalisée sur noyau en E et comporte 90 tours de fil (30 tours dans chacune des trois gorges). Le fil employé est du fil câblé à 30 brins, de 0,05 mm. de diamètre. Calculer, dans ces conditions, le coefficient de self-induction.*

**Suivons la verticale de N (90) lue sur l'échelle horizontale jusqu'à sa rencontre avec la courbe 3. Suivons l'horizontale du point de rencontre qui coupe l'échelle verticale au voisinage de 210.**

**Le coefficient de self-induction de la bobine considérée a pour valeur 210 microhenrys environ.**

# BOBINES A NOYAU MAGNÉTIQUE (Noyau poulie et noyau en E)



# RELATIONS ENTRE LES CONSTANTES D'UNE BOBINE

$$\frac{L_s}{R} \quad \frac{L\omega}{R} \quad \frac{\pi R_s}{L\omega} \quad \frac{\sqrt{3}\times R}{2\pi L}$$

## FORMULE DE CALCUL

On définit ou utilise pour les bobines, les quantités suivantes :

CONSTANTE DE TEMPS. — C'est le quotient du coefficient de self-induction par la résistance. Elle a pour valeur :

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

FACTEUR DE SURTENSION. — Le facteur ou coefficient de surtension ou qualité d'une bobine pour la fréquence F (ou la pulsation $\omega = 2\pi F$) a pour valeur exacte :

$$Q = \sqrt{\frac{L^2\omega^2}{R^2} + 1}$$

Comme la quantité $\frac{L\omega}{R}$ est très grande par rapport à 1, on prend pour valeur approchée :

$$Q = \frac{L\omega}{R} = \frac{L \times 2\pi F}{R} = 2\pi F\theta$$

Cette grandeur exprime le rapport d'une inductance et d'une résistance; c'est un *nombre*.

DÉCRÉMENT LOGARITHMIQUE. — Il a pour valeur :

$$\delta = \frac{\pi R}{L\omega} = \frac{L \times 2\pi F}{\pi R} = \frac{\pi}{Q} = \frac{\pi}{\omega\theta}$$

ANGLES DE PERTES. — L'angle de pertes est le complément à 90 % de l'angle de phase (angle de retard du courant par rapport à la tension dans la bobine). On définit cet angle par la relation :

$$\text{tg } d = \text{cotg } \varphi = \frac{R}{L\omega} = \frac{R}{L \times 2\pi F} = \frac{1}{Q}$$

Cette relation montre que la qualité est égale à la cotangente de l'angle de pertes.

LARGEUR DE BANDE. — Si l'on considère la courbe de résonance (figure 1), la largeur de bande $F_2$-$F_1$ est exprimée par la relation :

$$F_2 - F_1 = \frac{\sqrt{3}}{2\pi} \times \frac{R}{L} = \frac{\sqrt{3}}{2\pi} \times \frac{1}{\theta}$$

La relation montre que cette largeur de bande est faible pour une grande valeur de $\frac{L_s}{R}$

## CONSTITUTION DE L'ABAQUE

L'abaque par points alignés n° 28 traduit les relations indiquées précédemment entre les grandeurs caractéristiques d'une bobine à une fréquence déterminée F. Il comporte trois échelles dont deux doubles : une échelle des valeurs de F (échelle 1) exprimées en kilocycles graduée de 50 à 5.000; une échelle des valeurs de $Q = \frac{L\omega}{R}$ (échelle 2 gauche) ; une échelle des valeurs du décrément logarithmique $\delta = \frac{\pi R}{L\omega}$ (échelle 2 droite) ; une échelle des valeurs de la constante de temps multipliée par $10^6$ (échelle 3 gauche) ; une échelle des valeurs de la largeur de bande $\frac{\sqrt{3}R_s}{2\pi L}$

## APPLICATIONS

PREMIER EXEMPLE. — *Une bobine à noyau magnétique de bonne qualité a, à la fréquence de 600 kilocycles, un facteur de surtension de 420. Calculer ses autres grandeurs caractéristiques.*

**Alignons la fréquence F (600) lue sur l'échelle F et le facteur de surtension $Q = \frac{L\omega}{R}$ (420) lu sur l'échelle 2 gauche. Nous lisons, par intersection avec l'échelle 3 gauche, la valeur de la constante de temps : *111 microsecondes.* Par intersection avec l'échelle 3 droite, nous obtenons la largeur de bande : *2,48.***

**En regard de 420 lu sur l'échelle 2 gauche, nous lisons, d'autre part, la valeur du décrément logarithmique qui est *0,745 environ.***

DEUXIÈME EXEMPLE. — *Une bobine à noyau magnétique en pot a, à la fréquence de 500 kilocycles, une constante de temps $\frac{L}{R} \times 10^6 = 150$ (voir figure 2 c, abaque 26). Calculer en fonction de ces données, les valeurs de Q. $\delta$ et $F_2$-$F_1$.*

**L'alignement de 150 lu sur l'échelle 3 gauche et de 500 lu sur l'échelle 1 nous donne directement :**

**$Q = 475$ *environ***

**$\delta = 0{,}66$**

**Nous lisons, d'autre part, en face de 150 sur l'échelle 3 droite :**

$F_2$-$F_1 = \frac{\sqrt{3}R}{2\pi L} = 1{,}83.$

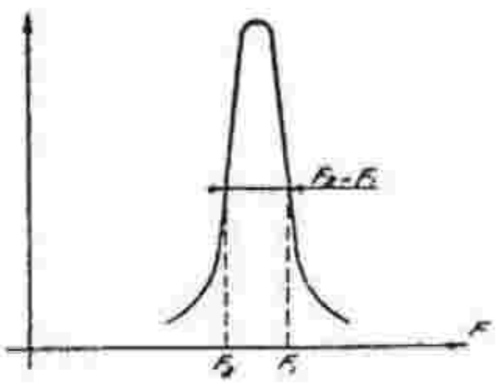
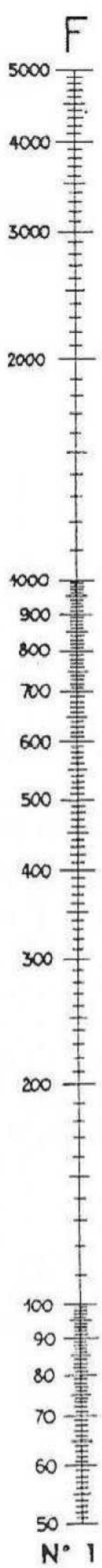
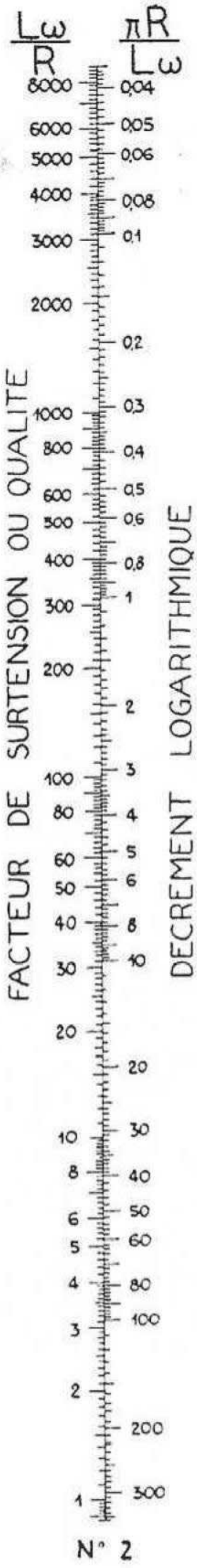


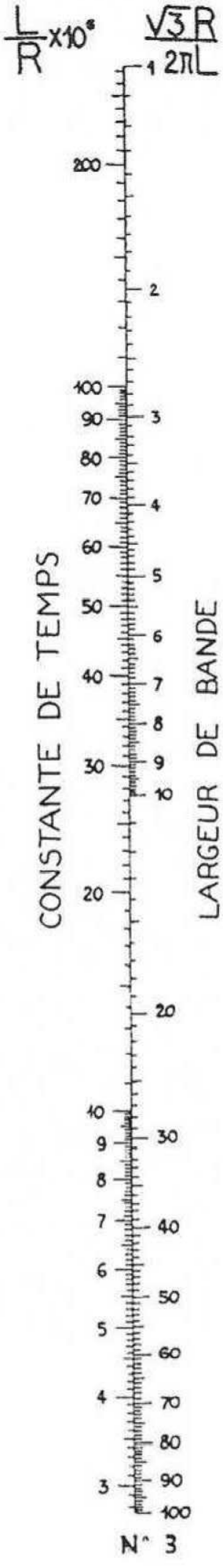
Fig. 1

# RELATIONS ENTRE LES CONSTANTES D'UNE BOBINE

$$\frac{L,}{R} \quad \frac{L\omega}{R} \quad \frac{\pi R,}{L\omega} \quad \frac{\sqrt{3} \times R}{2\pi L}$$



# BLINDAGE DES BOBINES

## FORMULE DE CALCUL

Lorsqu'une bobine est montée à l'intérieur d'un blindage cylindrique creux (en général, en métal diamagnétique, cuivre, laiton ou aluminium) dans le but de dérober la bobine à l'action d'ondes extérieures perturbatrices ou d'éviter tout couplage par induction avec d'autres bobines, un couplage entre la bobine et le blindage se produit comme si l'on couplait à la première bobine, une seconde bobine.

Si l'on désigne par K ce coefficient de couplage après mise en place du blindage, la bobine ne conserve plus son coefficient de self-induction primitif L, mais le coefficient de self-induction devient :

$$L_1 = L\ (1 - K^2)$$

Le coefficient de couplage (ou son carré) sont fonctions du rapport $\frac{l}{D}$ entre la longueur et le diamètre de la bobine et, d'autre part, du rapport $\frac{D}{D_1}$ entre le diamètre de la bobine et le diamètre du blindage.

## CONSTITUTION DE L'ABAQUE

L'abaque n° 9 permet de calculer les valeurs de $K^2$ ou de $1 - K^2$ en fonction de $\frac{l}{D}$ et de $\frac{D}{D_1}$ Il est du type cartésien logarithmique. Sur cet abaque, on a porté en abscisses les valeurs du rapport $\frac{l}{D}$ et pour des valeurs comprises entre 0,1 et 40. En ordonnées, du côté gauche, les valeurs de $K^2$ et en ordonnées du côté droit, les valeurs de $1 - K^2$.

Des courbes tracées sur le graphique correspondent à différentes valeurs du rapport $\frac{D}{D_1}$ comprises entre 0,2 et 0,9.

## APPLICATIONS

PREMIER EXEMPLE. — *Une bobine de 180 microhenrys a un diamètre* D *de 30 mm. et une longueur* l *de 45 mm. Elle est montée dans un blindage ayant pour diamètre :* $D = 60$. *Calculer la valeur du coefficient de self-induction de cette bobine après mise en place du blindage.*

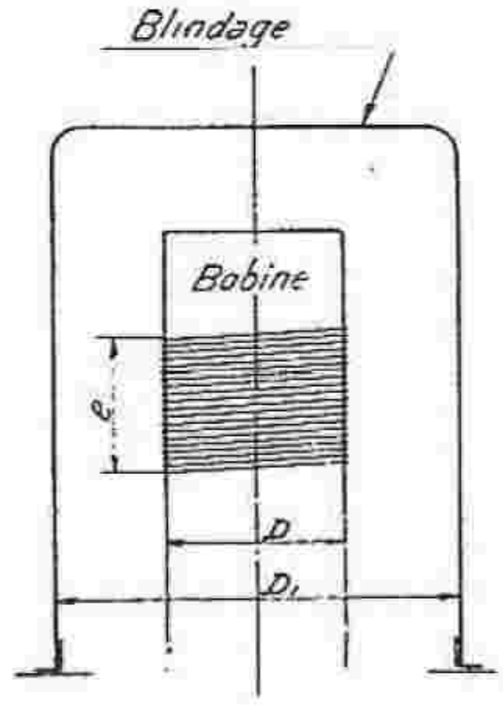
**Nous avons ici :**

$$\frac{l}{D} = \frac{45}{30} = 1{,}5$$

$$\frac{D}{D_1} = \frac{30}{60} = 0{,}5$$

**Suivons la verticale de 1,5 lue sur l'échelle des abscisses jusqu'à sa rencontre avec la courbe marquée 0.5, l'horizontale du point de rencontre coupe l'échelle des ordonnées côté droit au point marqué *0,83*. Le coefficient de self-induction, après mise en place du blindage, a donc pour valeur :**

$$L = 180 \times 0{,}83 = \textit{149,5 microhenrys}$$




DEUXIÈME EXEMPLE. — *Quelle serait, dans les mêmes conditions, le nouveau coefficient de self-induction si le diamètre du blindage était porté à 120?*

**Nous aurions alors :**

$$\frac{D}{D_1} = \frac{30}{120} = 0{,}25$$

**La verticale de 1,5 coupe la courbe 0,25 en un point correspondant à la graduation verticale côté droit 0,977. Dans ce cas, le coefficient de self-induction deviendrait :**

$$L = 180 \times 0{,}977 = \textit{176 microhenrys.}$$

TROISIÈME EXEMPLE. — *La bobine précédente conserve le même coefficient de self-induction initial 180 microhenrys, le même diamètre et est monté dans un blindage de diamètre* $D_1 = 60$, *mais sa longueur est réduite à 22,5 mm. Quelle est la valeur du coefficient de self-induction après mise en place du blindage?*

**On a, dans ce cas :**

$$\frac{l}{D} = \frac{22{,}5}{30} = 0{,}75 \text{ et } \frac{D}{D_1} = 0{,}5$$

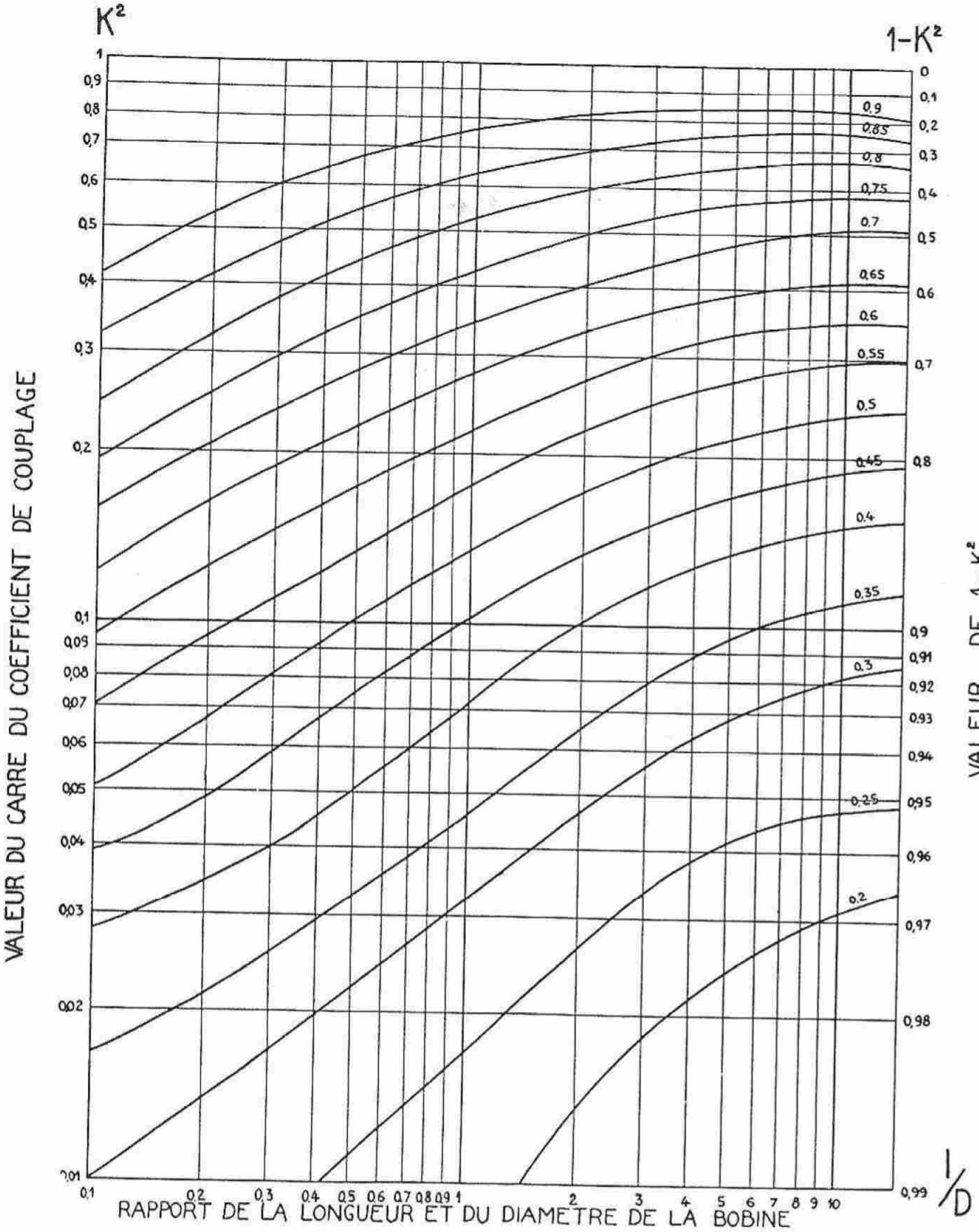
**La verticale de 0,75 coupe la courbe marquée 0,5 en un point correspondant à la graduation verticale (côté droit) : 0,87.**

**Le nouveau coefficient de self-induction est alors :**

$$L = 180 \times 0{,}87 = \textit{156,5 microhenrys.}$$

REMARQUE. — Les exemples précédents montrent que l'on a intérêt, quant à l'influence du blindage sur la bobine, à prévoir des bobines de longueur relativement faible (bobines plates) et un diamètre de blindage aussi élevé que possible.

# BLINDAGE DES BOBINES



# RÉSISTANCE D'UN FIL RECTILIGNE EN H.F.

## FORMULE DE CALCUL

La résistance d'un fil en haute fréquence $R_a$ est plus grande que la résistance R en courant continu. La cause physique de l'augmentation de la résistance en haute fréquence se trouve dans le fait que la distribution du courant dans la section du conducteur cesse d'être uniforme comme en courant continu. Plus la fréquence est élevée, plus la densité du courant augmente en allant de l'axe vers la surface et, pour une fréquence infiniment grande, le courant n'existerait que sur la surface même.

En dehors de tout calcul, on ne s'étonnera pas de ce phénomène si l'on se rappelle que le siège de l'énergie électrique se trouve dans les diélectriques et que c'est en somme par eux qu'elle se transmet. Quand cette transmission se fait à faible fréquence, les effets extérieurs ont le temps de pénétrer dans toute la masse du conducteur, mais quand la fréquence devient grande, le courant dans un sens n'a pas le temps de s'établir dans toute la section du métal avant le moment où les actions changent de sens pour produire un courant inverse.

Ce phénomène est connu sous le nom de phénomène de peau ou effet pelliculaire (skin-effect). Si F désigne la fréquence du courant en cycles : seconde et *r* le rayon moyen du fil de cuivre employé exprimé en centimètres, le rapport entre la résistance en haute fréquence et la résistance en courant continu du fil est donné par la formule :

$$\frac{Ra}{R} = \left(1 + \frac{1,121}{10^5} F^2 r^4 - \frac{1,007}{10^{10}} F^4 r^8\right)$$

dite formule de Rayleigh.

Lorsqu'il s'agit de fréquences élevées (fréquences employées en T. S. F.), cette formule peut s'écrire en utilisant les mêmes unités :

$$\frac{Ra}{R} = r\sqrt{0,0058 \times F}$$

Si au lieu de donner le rayon du fil en cm., on donne le diamètre en mm. (ce qui est d'ailleurs plus courant et plus logique) et si, d'autre part, on exprime F en kilocycles : seconde, la précédente formule s'écrit :

(1) $$\boxed{\frac{Ra}{R} = d\sqrt{1,293 \times F}}$$

Enfin, si l'on exprime la fréquence en mégacycles, cette même formule s'écrit :

(2) $$\boxed{\frac{Ra}{R} = d\sqrt{1293 \times F}}$$

## CONSTITUTION DE L'ABAQUE

Cette formule a été traduite par l'abaque n° 30. Cet abaque est du type cartésien logarithmique. Il a été établi en portant en abscisses les rapports entre la résistance en courant alternatif et la résistance en courant continu pour des valeurs comprises entre 1 et 100, en portant en ordonnées les valeurs de la fréquence et ceci pour des valeurs comprises entre 200 kilocycles et 100 mégacycles et en traçant sur le quadrillage logarithmique, des courbes correspondant à différents diamètres de fil depuis, 0,25 mm. jusqu'à 10 mm.

## APPLICATIONS

PREMIER EXEMPLE. — *Calculer le rapport entre la résistance à la fréquence de 1.000 Kc/s et la résistance en courant continu pour un fil ayant un diamètre de 8 mm.*

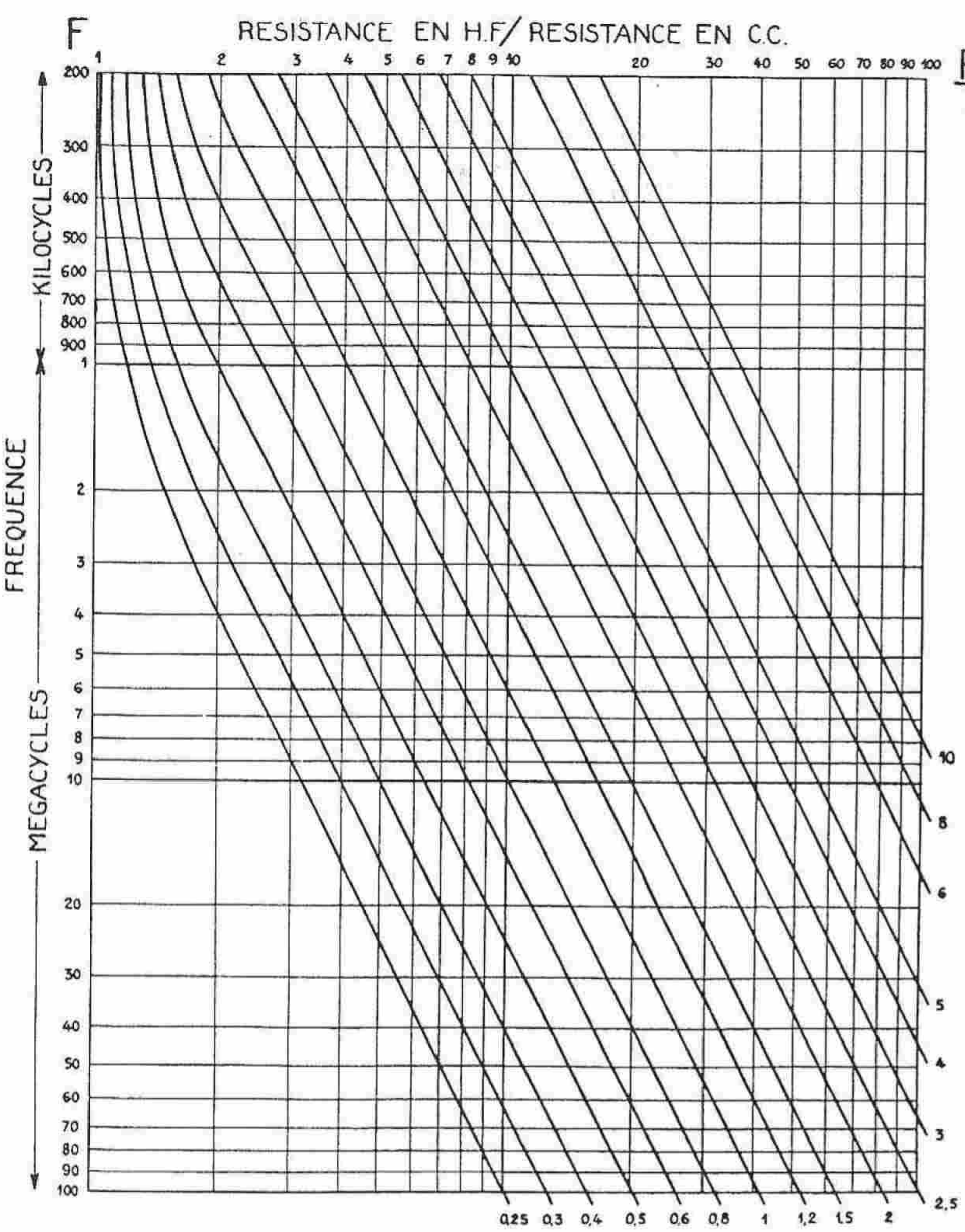
**Suivons l'horizontale de la fréquence 1.000 lue sur l'échelle des ordonnées et la courbe correspondant au diamètre 8 mm. Suivons la verticale du point de rencontre qui coupe l'échelle des abscisses au point marqué *30*, c'est la valeur cherchée du rapport $\frac{R_a}{R}$.**

**On pourrait, pour une certaine longueur de fil, calculer la valeur R de la résistance R à l'aide de l'abaque n° 5; en multipliant ensuite la valeur trouvée par 30, on obtiendrait la valeur de la résistance correspondante $R_a$ à la fréquence 1.000 kilocycles : seconde (300 mètres de longueur d'onde).**

REMARQUE I. — Zenneck a établi des tableaux qui traduisent les formules (1) ou (2). Dans ces tableaux sont données les valeurs des diamètres de 0,2 mm. à 8 mm., les valeurs en ohms correspondantes pour un mètre de longueur en courant continu, ensuite les valeurs de la résistance en haute fréquence pour différentes fréquences comprises entre 500 Kc/s (600 mètres) et 3.000 Kc/s (100 mètres) :

(*Voir, en annexe, le tableau* IX, *page* 92, *donnant la valeur de la résistance en haute fréquence par mètre pour des fréquences comprises entre* 500 *et* 3.000 *kilocycles et pour des diamètres compris entre* 0,2 *et* 8 *millimètres*).

# RÉSISTANCE D'UN FIL RECTILIGNE EN H.F.



# RÉACTANCE DES CONDENSATEURS ET DES BOBINES

(10 cycles-seconde à 10.000 Kc/s)

## FORMULE DE CALCUL

Nous rappelons les formules donnant la valeur de la réactance capacitive ou capacitance d'un condensateur et de la réactance inductive ou inductance d'une bobine.

Pour la capacitance, la formule théorique s'écrit :

$$X_c = \frac{1}{C \times 2\pi F}$$

La formule pratique employée est :

(1) $$X_c = \frac{10^9}{C_{\mu\mu F} \times 2\pi \times F_{Kc/s}}$$

C étant exprimé en micromicrofarads;
F en kilocycles : seconde;
$X_c$ en ohms.

Si C est exprimé en microfarads la formule (1) s'écrit :

(2) $$X_c = \frac{10^3}{C_{\mu F} \times 2\pi \times F_{Kc/s}}$$

Pour l'inductance, la formule théorique s'écrit :

$$X_L = L \times 2\pi F$$

La formule pratiquement employée est :

$$X_{L\ ohms} = \frac{L_{\mu H} \times 2\pi \times F_{Kc/s}}{10^3}$$

Avec L en microhenrys et F en kilocycles : seconde, la formule (3) devient :

(4) $$X_L = L_H \times 2\pi F_{Kc/s} \times 10^3$$

## CONSTITUTION DE L'ABAQUE

L'abaque 31 traduit ces groupes de formules et comporte 6 échelles : 3 échelles affectées de l'indice *a* (échelles 1, 3 et 5), 3 échelles affectées de l'indice *b* (échelles 2, 4 et 6).

Les secondes servent à déterminer l'ordre de grandeur de la valeur cherchée et cette valeur approximative (échelles réduites) ; les premières permettent de déterminer la valeur exacte, mais en négligeant l'ordre de grandeur.

## APPLICATIONS.

PREMIER EXEMPLE. — *Calculea la capacitance d'un condensateur de 1 microfarad à la fréquence de 100 cycles.*

**Alignons la fréquence (100) lue sur l'échelle 2 et la capacité lue sur l'échelle 6. Nous coupons l'échelle 4 droite sur le nombre *1.600*. L'impédance cherchée est de 1.600 ohms.**

**Si nous désirons plus de précision, nous pouvons opérer avec les échelles A.**

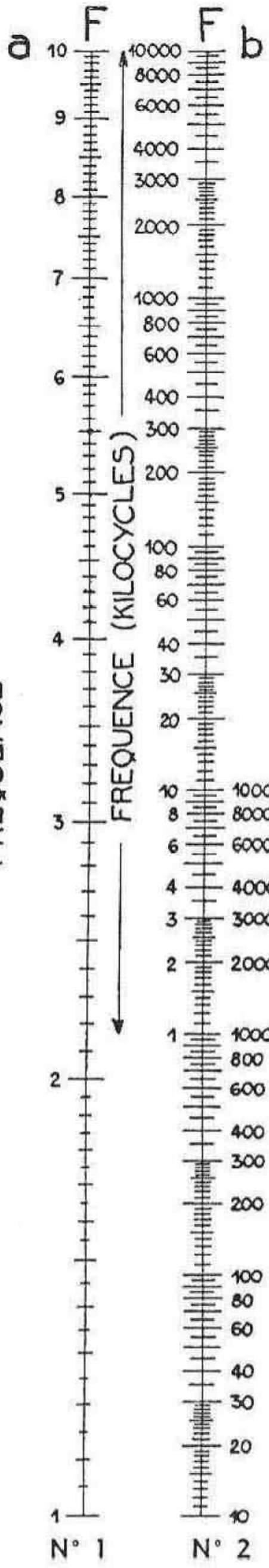
**Alignons 1 lu sur l'échelle 1 et 1 lu sur l'échelle 5; la valeur exacte cherchée est *1.590*.**

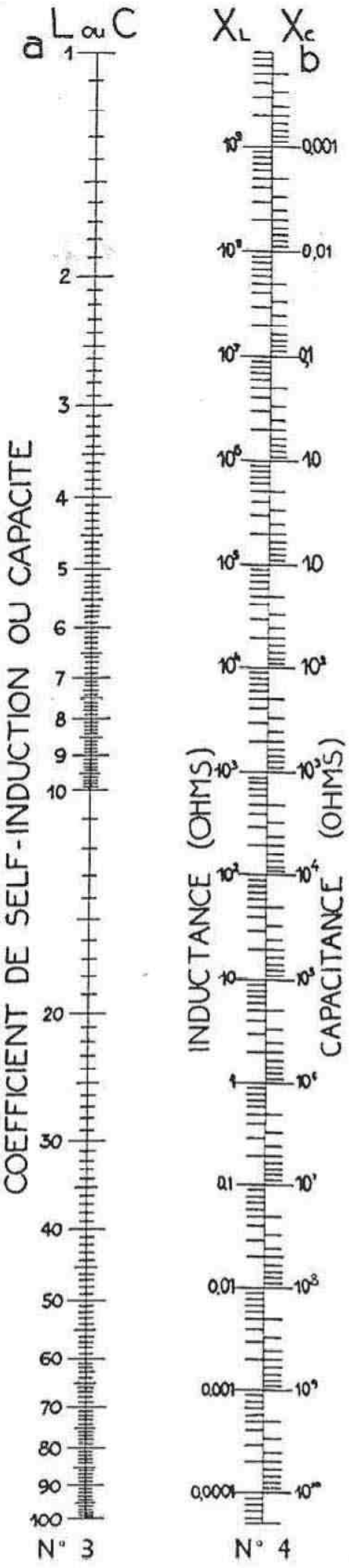
DEUXIÈME EXEMPLE. — *Calculer l'inductance d'une bobine de 10 millihenrys à la fréquence de 550 kilocycles.*

**Le calcul grossier se fait avec les échelles B. Alignons 550 lu sur l'échelle 2 et 0,010 henry lu sur l'échelle 6. Nous lisons sur l'échelle 4 gauche, par intersection, la valeur approximative cherchée : *34.000 ohms*.**

**Pour plus de précision, on peut opérer avec les échelles A; alignons 5,5 lu sur l'échelle 1 et 1 lu sur l'échelle 3. L'intersection avec l'échelle 5 nous donne la valeur exacte : *34.540 ohms*.**

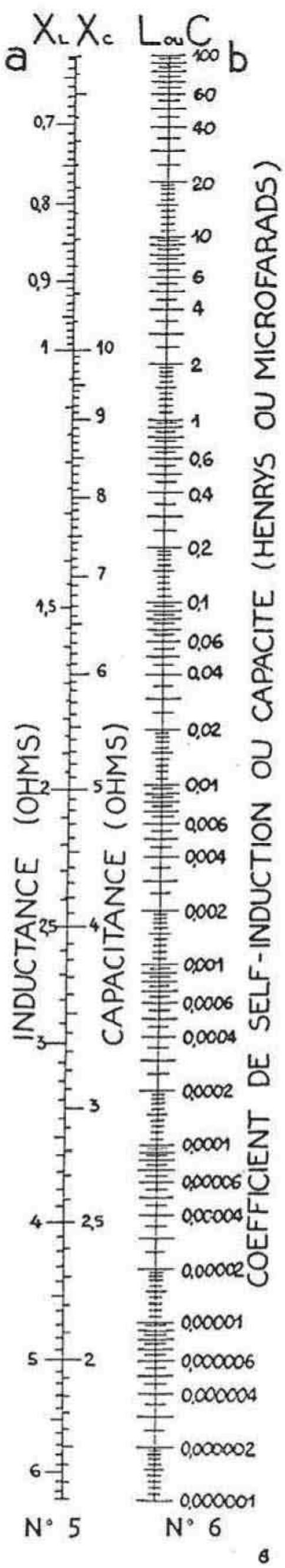
# RÉACTANCE DES CONDENSATEURS ET DES BOBINES









# RÉACTANCE DES CONDENSATEURS ET DES BOBINES (résonance)

(10 kilocycles : seconde à 5.000 Kc/s)

## CONSTITUTION DE L'ABAQUE

Cet abaque cartésien logarithmique est couramment employé dans les grands laboratoires américains pour le calcul de la réactance d'un condensateur et d'une bobine et la détermination rapide des éléments d'un circuit en résonance.

Sur l'échelle des abscisses, on a porté les fréquences en cycles et kilocycles : seconde, depuis 10 cycles jusqu'à 5.000 Kc/s. Sur l'échelle des ordonnées, les valeurs des réactances exprimées en ohms.

Des droites inclinées à 45° et allant de gauche à droite et de haut en bas figurent les valeurs des capacités depuis 0,1 micromicrofarad jusqu'à 10 microfarads (ou plus en inscrivant d'autres graduations dans le bas). Des droites inclinées à 45° et allant de gauche à droite et de bas en haut figurent les valeurs des coefficients de self-induction depuis 0,01 microhenry jusqu'à 1.000 henrys.

Comme on le voit, cet abaque couvre une gamme extrêmement étendue de fréquences, de capacités et de coefficient de self-induction.

## APPLICATIONS

### CALCUL DES CAPACITANCES

PREMIER EXEMPLE. — *Calculer la capacitance d'un condensateur de 50 micromicrofarads pour une fréquence de 500 kilocycles (600 mètres).*

**Suivons la verticale de la fréquence (500 Kc/s) lue sur l'échelle des abscisses jusqu'à sa rencontre avec l'oblique correspondant à la capacité (50 micromicrofarads). Suivant l'horizontale de ce point jusqu'à sa rencontre avec l'échelle des ordonnées (réactances). Nous lirons sur cette échelle, la valeur cherchée qui est *6.300 ohms*.**

DEUXIÈME EXEMPLE. — *Calculer la capacité correspondant à une capacitance de 100 ohms à la fréquence de 1.000 kilocycles (300 mètres).*

**Suivons la verticale de 1.000 kilocycles lus sur l'échelle des fréquences abscisses) et l'horizontale de la capacitance (100 ohms) lue sur l'échelle des ordonnées, ces deux droites se coupent sur l'oblique correspondant à *1.600 micromicrofarads*. Cette dernière valeur est la valeur cherchée.**

### CALCUL DES INDUCTANCES

PREMIER EXEMPLE. — *Calculer l'inductance d'une bobine de 2.000 microhenrys à la fréquence de 200 kilocycles : seconde (1.500 mètres).*

**Suivre la verticale correspondant à 200 Kc/s jusqu'à sa rencontre avec l'oblique correspondant à 2.000 microhenrys. Suivre l'horizontale du point de rencontre jusqu'à l'échelle des ordonnées. Nous lirons sur celle-ci la valeur de l'inductance qui est *2.500 ohms environ*.**

DEUXIÈME EXEMPLE. — *Quelle doit être la valeur du coefficient de self-induction d'une bobine ayant une inductance de 100.000 ohms à la fréquence de 1.200 Kc/s (250 mètres).*

**Suivons la verticale de la fréquence (1.200) lue sur l'échelle des abscisses et l'horizontale de l'inductance (100.000) lue sur l'échelle des ordonnées. Ces deux droites se coupent sur l'oblique comprise entre 0,010 henry et 0,020 henry. Nous prendrons pour valeur approximative cherchée : 0,0135 henry ou 135 millihenrys.**

### RÉSONANCE

PREMIER EXEMPLE. — *Calculer la fréquence de résonance d'un circuit oscillant constitué par une bobine de 200 microhenrys (0,0002 henry) accordée par un condensateur de 500 micromicrofarads.*

**Suivons l'oblique correspondant à 200 microhenrys et celle correspondant à 500 micromicrofarads. Suivons ensuite la verticale du point de rencontre de ces deux dernières droites; elles se coupent sur l'échelle des abscisses sur le repère correspondant à *500 kilocycles environ*.**

DEUXIÈME EXEMPLE. — *Calculer le coefficient de self-induction de la bobine permettant d'obtenir la résonance sur 150 kilocycles avec un condensateur de 520 micromicrofarads.*

**Suivons la verticale de la fréquence (150 kilocycles) lue sur l'échelle des abscisses jusqu'à sa rencontre avec l'oblique correspondant à 520 micromicrofarads. Sur ce point passe approximativement l'oblique correspondant à *2.000 microhenrys*. Cette dernière valeur est la valeur *cherchée*.**

REMARQUE. — Comme on peut le voir par cet exemple, cet abaque est une combinaison de l'abaque 31 relatif aux capacitances et aux inductances et des abaques 36, 37, 38, 39 relatifs au calcul de la résonance (formule de Thomson). A cause de l'échelle très vaste des valeurs parcourues et, par suite, des faibles dimensions de chaque échelle particulière, on pourrait reprocher à cet abaque de manquer de précision et, par suite, de ne donner que des valeurs approximatives. Il présente, cependant, un grand intérêt à cause de ses diverses applications.

# SELF-INDUCTION ET CAPACITÉ D'UN FIL RECTILIGNE

## FORMULE DE CALCUL

Le coefficient de self-induction d'un fil rectiligne est donné par la formule théorique :

$$L_{cm} = 2l_{cm} \text{ log népérien } \left(\frac{4\,l_{cm}}{d_{cm}}\right)$$

Dans cette formule, L est le coefficient de self-induction exprimé en unités théoriques C. G. S., la longueur du fil et le diamètre $d$ du fil sont exprimés en centimètres.

En utilisant les mêmes unités pour la longueur et le diamètre du fil, mais en exprimant le coefficient de self-induction en microhenrys (1 microhenry $= 10^3$ cm.), la formule précédente s'écrit :

$$(1) \qquad \boxed{L_{\mu H} = \frac{2\,l_{cm}}{1.000} \text{ log népérien } \left(\frac{4\,l_{cm}}{d_{cm}}\right)}$$

La capacité d'un fil rectiligne est donnée par la formule théorique :

$$C_{cm} = \frac{l_{cm}}{2 \text{ log népérien } \left(\frac{2\,l_{cm}}{d_{cm}}\right)}$$

dans laquelle C est exprimé en cm.

Si l'on choisit plus couramment comme unité de capacité le microfarad, la même formule s'écrit :

$$(2) \qquad \boxed{C_{\mu\mu F} = \frac{5\,l_{cm}}{9 \text{ log népérien } \left(\frac{2l_{cm}}{d_{cm}}\right)}}$$

## CONSTITUTION DE L'ABAQUE

L'abaque n° 33 traduit les deux formules (1) et (2) et est du type à points alignés. Il comporte trois échelles, dont deux doubles : une échelle des valeurs de $\frac{4l}{d}$ ou de $\frac{2l}{d}$ (échelle 1). Cette échelle n'est pas logarithmique, mais comporte des graduations porportionnelles aux log. décimaux des logarithmes népériens des nombres compris entre 1 et 100.000; une échelle des valeurs de L (échelle 2 gauche) graduée en microhenrys de 0,005 à 40; une échelle des valeurs de C (échelle 2 droite) graduée en miromicrofarads, de 0,05 à 20; une échelle double pour les valeurs de $l$ (échelle 3) graduée du côté gauche, en montant, de 1 à 100 cm., et du côté droit, en descendant, de 1 à 100 cm.

***

## APPLICATIONS

PREMIER EXEMPLE. — *Calculer le coefficient de self-induction d'un fil rectiligne ayant une longueur* $l = 50$ *cm. et un diamètre* $d = 0{,}1$ *cm.*

$$\text{Ici, } \frac{4l}{d} = \frac{4 \times 50}{0{,}1} = 2.000$$

**Alignons $\frac{4l}{d}$ (2.000) lu sur l'échelle 1 et $l$ (50) lu sur l'échelle 3*a* (côté gauche), l'intersection avec l'échelle 2 gauche nous donne la valeur du coefficient de self-induction cherché :**

***L = 0,759 microhenrys.***

DEUXIÈME EXEMPLE. — *Calculer la capacité du fil précédent* ($l = 50$, $d = 0{,}1$ *cm.*).

**Pour ce calcul, nous avons :**

$$\frac{2l}{d} = \frac{2 \times 50}{0{,}1} = 1.000$$

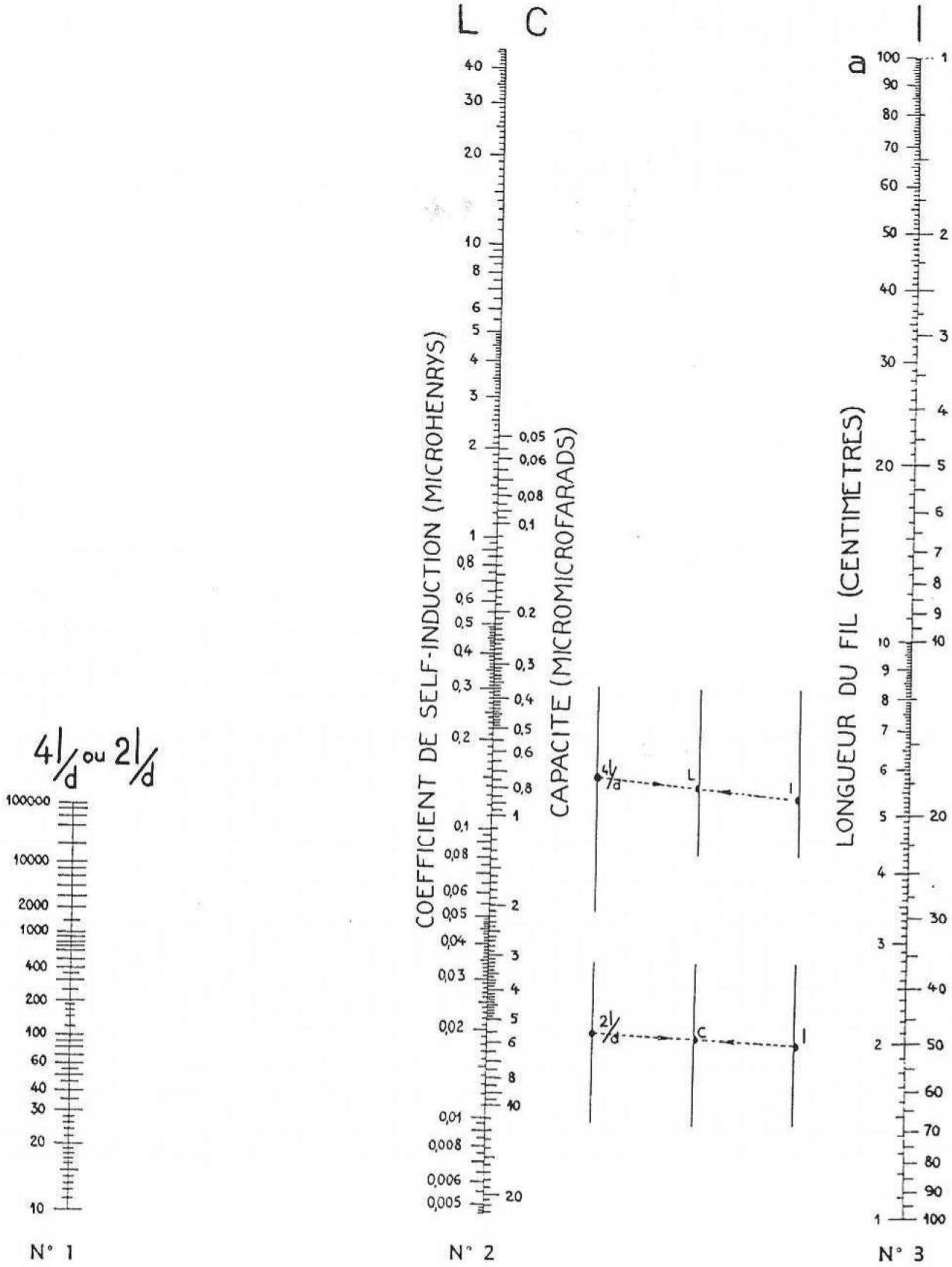
**Alignons $\frac{2l}{d}$ (1.000) lu sur l'échelle 1 et $l$ (50) lu sur l'échelle 3*b* (côté droit). L'intersection avec l'échelle 2 droite nous donne la valeur de la capacité cherchée :**

***C = 4,03 micromicrofarads.***

REMARQUE I. — Si l'on avait à calculer L et C pour des valeurs de $l$ ne figurant pas sur l'échelle 3, on diviserait la valeur de $l$ par une puissance de 10 convenable pour avoir un nombre figurant sur l'échelle 3. Les lectures faites sur l'échelle 2 seraient alors à multiplier par cette puissance de 10.

REMARQUE II. — Après avoir calculé le coefficient de self-induction et la capacité d'un fil rectiligne, on pourrait se proposer de calculer sa longueur d'onde propre. On utiliserait pour cela la formule de Thomson ou l'un des abaques qui traduisent cette formule (abaques 36 à 39).

# SELF-INDUCTION ET CAPACITÉ D'UN FIL RECTILIGNE



# PUISSANCE EN COURANT ALTERNATIF

## FORMULE DE CALCUL

La puissance apparente d'un circuit alternatif se calcule comme en courant continu. Elle est égale au produit de la tension efficace par l'intensité efficace. Elle s'exprime en volts-ampère par la formule :

$$P_a \text{ volts-ampères} = U \text{ volts} \times I \text{ ampères}$$

La puissance réelle $P_r$ (celle qui peut se mesurer à l'aide d'un wattmètre par exemple) n'est égale à la puissance apparente que lorsque le circuit est purement résistant. Dans le cas où le circuit présente de la self-induction ou de la capacité, l'intensité est déphasée par rapport à la tension (en arrière, dans le cas de self-induction, en avant dans le cas de capacité).

Si l'on désigne par $\omega$ la pulsation du courant (produit de la fréquence par $2\pi$, la résistance apparente ou impédance dans le cas d'un circuit avec self-induction a pour valeur :

$$Z = \sqrt{R^2 + L^2\omega^2}$$

L étant le coefficient de self-induction du circuit. L'angle de phase ou angle de retard est donné par les relations :

$$\text{Cos } \varphi = \frac{R}{\sqrt{R^2 + L^2\omega^2}} \qquad \text{tg } \varphi = \frac{L\omega}{R}$$

Les caractéristiques du circuit peuvent alors être figurées sur le diagramme ci-contre (figure 1). Dans ce cas, comme




FIG. 1.

dans le cas d'un circuit avec capacité ou avec self et capacité, la puissance réelle ou puissance wattée du circuit a pour valeur :

$$P_r \text{ watts} = U \text{ volts} \times I \text{ ampères} \times \text{Cos } \varphi$$

dans laquelle :

Pr est exprimé en watts; U en volts; I en ampères.

(cos $\varphi$ étant désigné sous le nom de facteur de puissance).

Lorsque le circuit comporte de la capacité, la valeur de l'indépendance est :

$$Z = \sqrt{R^2 + \frac{1}{C^2\omega^2}}$$

C étant exprimé en farads.

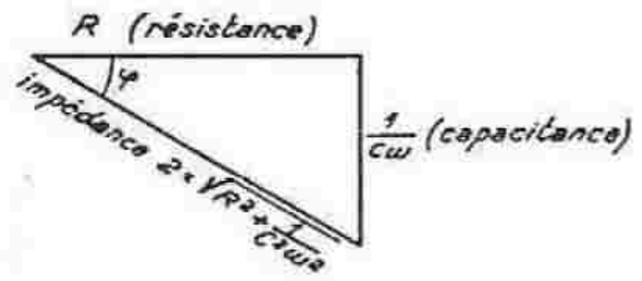



FIG. 2.

Les caractéristiques d'un tel circuit sont représentées sur la figure 2. Le facteur de puissance a pour valeur :

$$\cos \varphi = \frac{R}{\sqrt{R^2 + \left(L\omega - \frac{1}{C\omega}\right)^2}}$$

Lorsque le circuit comporte de la self-induction et de la capacité, la valeur de l'impédance est :

$$Z = \sqrt{R^2 + \left(L\omega - \frac{1}{C\omega}\right)^2}$$

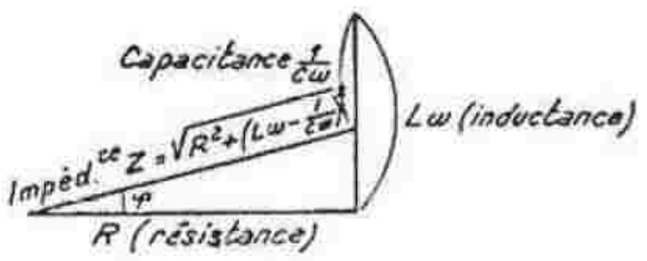



FIG. 3.

Un tel circuit peut être représenté par la figure 3. La valeur du facteur de puissance, dans ce cas, est :

$$\cos \varphi = \frac{R}{\sqrt{R^2 + \left(L\omega - \frac{1}{C\omega}\right)^2}}$$

## CONSTITUTION DE L'ABAQUE

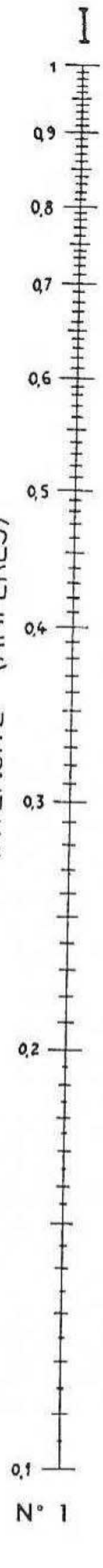
Nous avons traduit les formules relatives à la puissance apparente et à la puissance réelle par l'abaque à points alignés et 4 échelles n° 34. La première échelle est celle des intensités; la deuxième, celle des puissances apparentes $P_a$; la troisième échelle (côté gauche), celle des tensions la troisième échelle (côté droit), celle des puissances réelles; la quatrième échelle, celle des facteurs de puissance.

## APPLICATIONS

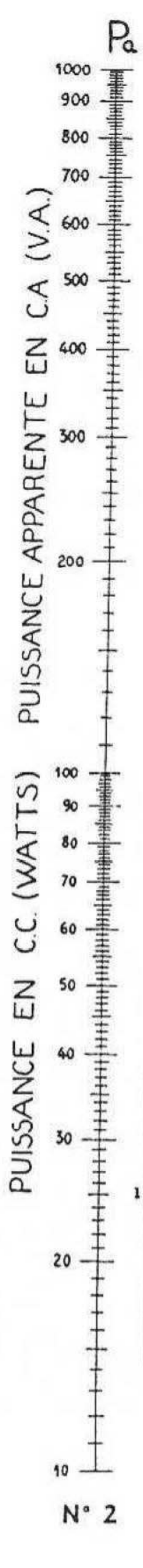
PREMIER EXEMPLE. — *Une bobine a une résistance de 25 ohms et une inductance de 115 ohms à 50 périodes.*

(*Voir la suite au bas de la page 72.*)

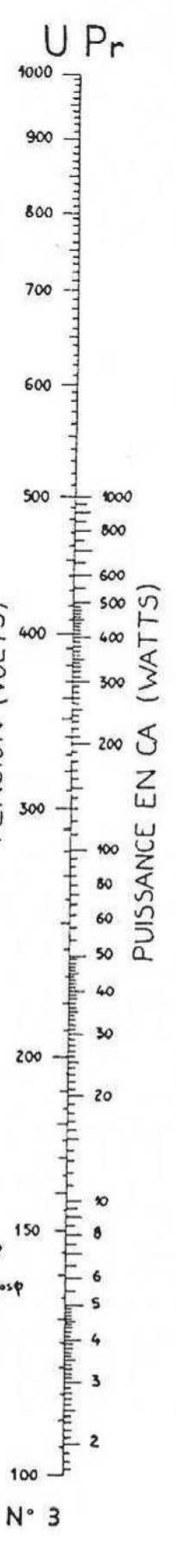
# PUISSANCE EN COURANT ALTERNATIF




N° 1




N° 2




N° 3




N° 4

# CONVERSION DES LONGUEURS D'ONDES EN FRÉQUENCES

## FORMULE DE CALCUL

On a, entre la longueur d'une onde, sa fréquence, sa période et la vitesse de propagation des ondes électromagnétiques (V = 300.000.000 mètres à la seconde), les relations :

$$F = \frac{1}{T} \qquad \lambda = VT \qquad \lambda = \frac{V}{F} \qquad F = \frac{V}{\lambda}$$

Si l'on choisit comme unité de fréquence, le mégacycle-seconde et comme unité de longueur d'onde le mètre, les deux formules précédentes s'écrivant :

$$\lambda_{\text{mètres}} = \frac{300}{F_{\text{mégacycles/sec.}}}$$

$$F_{\text{mégacycles/sec.}} = \frac{300}{\lambda_{\text{mètres}}}$$

Si l'on choisit comme unité de fréquence, le kilocycle : seconde, les mêmes formules deviennent :

$$\lambda_{\text{mètres}} = \frac{300.000}{F_{\text{kilocycles/sec.}}}$$

$$F_{\text{kilocycles/sec.}} = \frac{300.000}{\lambda_{\text{mètres}}}$$

## CONSTITUTION DES ABAQUES

Ces deux groupes de formules sont traduites par les trois abaques 35 A, 35 B, 35 C qui permettent de convertir instantanément, par simple lecture des longueurs d'ondes en mètres, en fréquences exprimées en mégacycles : seconde ou kilocycles : seconde ou inversement, les échelles des longueurs d'ondes et de fréquences étant accolées.

## APPLICATIONS

PREMIER EXEMPLE. — *Quelle est la fréquence qui correspond à la longueur d'onde 16 mètres?*

**Nous lisons sur le premier abaque une fréquence de 18,75 mégacycles : seconde.**

DEUXIÈME EXEMPLE. — *Calculer la longueur d'onde qui correspond à la fréquence 7 mégacycles : seconde.*

**L'abaque 35 A nous donne, par simple lecture, *42,8 mètres environ.***

TROISIÈME EXEMPLE. — *Calculer la fréquence qui correspond à la longueur d'onde 350 mètres.*

**L'abaque 35 B nous donne directement la fréquence cherchée qui est *857 kilocycles : seconde.***

QUATRIÈME EXEMPLE. — *Quelle est la longueur d'onde correspondant à la fréquence 230?*

**L'abaque 35 C nous indique la longueur d'onde cherchée qui est *1.300 mètres environ.***

REMARQUE. — On peut, aux lieu et place des abaques 35 A, 35 B et 35 C, utiliser des tableaux donnant la longueur d'onde en fonction de la fréquence ou inversement.

Nous donnons en annexe, ou dans les pages qui suivent, les tableaux suivants :

Conversion des longueurs d'ondes en fréquences :
Ondes courtes (10 m. à 55 m.).
Ondes courtes (55 m. à 100 m.).
Ondes moyennes (300 m. à 813 m.).
Grandes ondes (813 m. à 3.000 mètres).

---

(*Suite de la page 70, Abaque 34.*)

*Calculer la puissance apparente et la puissance réelle consommée sous 135 volts à cette fréquence.*

**L'impédance de la bobine est, dans ces conditions :**

$$Z = \sqrt{25^2 + 125^2} = 127{,}5 \text{ ohms environ.}$$

L'intensité est alors :

$$\frac{115}{127{,}5} = 0{,}903 \text{ ampère.}$$

Le facteur de puissance a pour valeur :

$$\cos\varphi = \frac{25}{127{,}5} = 0{,}196.$$

**Pour calculer, à l'aide de l'abaque, la puissance apparente, nous alignons l'intensité (0,903 lue sur l'échelle 1) et la tension (115 volts) lue sur l'échelle 3 gauche. Le point d'intersection avec l'échelle 2 nous donne la valeur de la puissance apparente : *104 volts*-ampère environ (qu'on pourrait d'ailleurs se passer de lire). En alignant cette dernière valeur lue ou repérée su l'échelle 2 et celle de cos φ (0,196) lue sur l'échelle 4, on obtient par intersection avec l'échelle 3 droite, la valeur de la puissance réelle cherchée : *20,4 watts*.**

DEUXIÈME EXEMPLE. — *La puissance apparente d'un circuit alternatif est de 75 volts-ampère et sa puissance réelle de 52 watts. Quel est le facteur de puissance de ce circuit?*

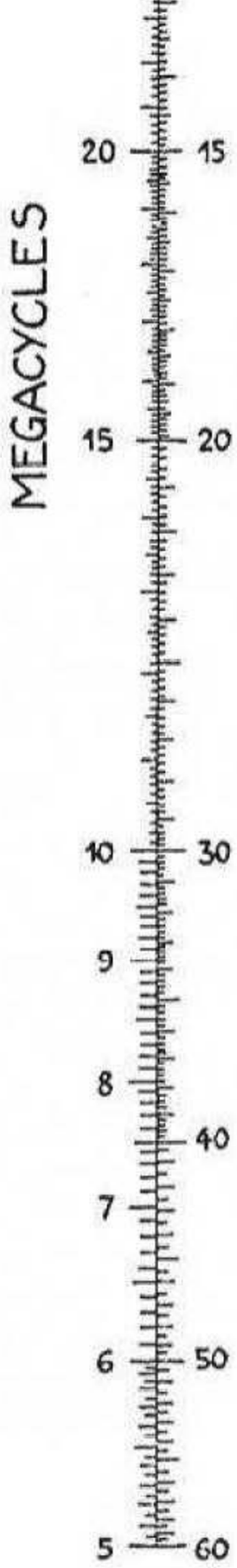
**Nous alignons la puissance apparente (75 volts-ampère) lue sur l'échelle 2 et la puissance réelle (52) lue sur l'échelle 3 droite. L'intersection avec l'échelle 4 nous donne la valeur cherchée de cos φ : *0,7*.**

REMARQUE I. — Les formules ci-dessus montrent que pour un même circuit, lorsque la fréquence du courant augmente, le facteur de puissance diminue.

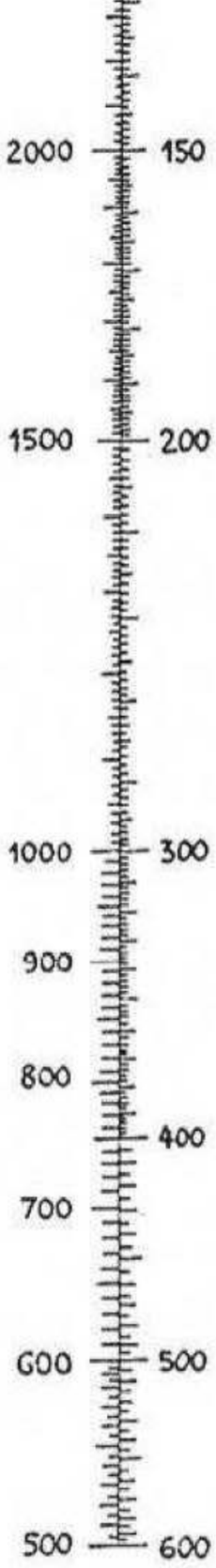
REMARQUE II. — Les formules ci-dessus et l'abaque conviennent pour les circuits alternatifs monophasés. Pour un circuit déphasé, la valeur obtenue pour $P_a$ ou $P_r$ serait à multiplier par 2; de même pour un circuit triphasé, les valeurs obtenues pour $P_r$ seraient à multiplier par $\sqrt{3} = 1{,}732$.

(Voir page 92 le tableau X relatif aux déphasages.)

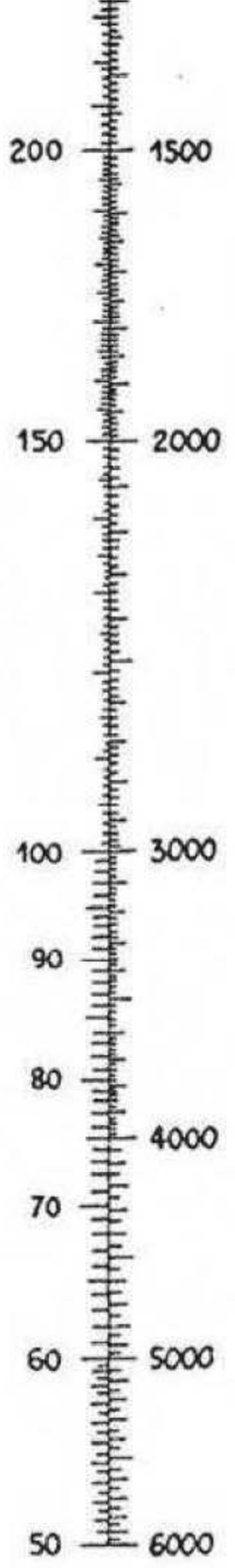
# CONVERSION DES LONGUEURS D'ONDES EN FRÉQUENCES




N° 1




N° 2




N° 3

# FORMULE DE THOMSON (20 à 2.000 m.)

## ONDES COURTES, ONDES MOYENNES, GRANDES ONDES

### FORMULE DE CALCUL

Si l'on considère un circuit oscillant comportant une bobine ayant un coefficient de self-induction L (en henrys), une capacité C (exprimée en farads), une résistance R (exprimée en ohms), ce circuit a une période propre exprimée par la formule :

$$T = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{4L^2}}}$$

Pour un circuit de T. S. F. peu amorti, dans cette formule, le terme $\frac{R^2}{4L^2}$ peut être négligé par rapport au terme $\frac{1}{LC}$. On peut donc écrire, dans ces conditions :

$$T = 2\pi\sqrt{LC}$$

C'est la forme théorique de Thomson exprimant la période propre d'un circuit oscillant en fonction de son coefficient de self induction et de sa capacité.

De cette formule, on déduit les formules théoriques exprimant la fréquence et la longueur d'onde.

$$F = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \qquad \lambda = 2\pi\sqrt{LC}$$

Pratiquement, on choisit pour L et C d'autres unités que les unités théoriques (henry et farad), de même on compte plutôt les fréquences en kilocycles : seconde ou mégacycles : seconde.

Si l'on exprime la longueur d'onde en mètres, le coefficient de self-induction en microhenrys et la capacité en microfarads, la formule de Thomson s'écrit :

(1) $$\lambda_{\text{mètres}} = 1.885\sqrt{L_{\mu H} \times C_{\mu F}}$$

Si l'on exprime le coefficient de self-induction en microhenrys et la capacité en millièmes de microfarad, la même formule s'écrit :

(2) $$\lambda_{\text{mètres}} = 59{,}61\sqrt{L_{\mu H} \times C_{m\mu F}}$$

Parfois, on emploie plus couramment la formule approchée :

(3) $$\lambda_{\text{mètres}} = 60\sqrt{L_{\mu H} \times C_{m\mu F}}$$

Si l'on exprime L en microhenrys, C en micromicrofarads, la formule de Thomson s'écrit :

(4) $$\lambda_{\text{mètres}} = 1{,}885\sqrt{L_{\mu H} \times C_{\mu\mu F}}$$

Si, au lieu de calculer la longueur d'onde en fonction de L et de C, on calcule la fréquence en kilocycles : seconde, la formule de Thomson devient :

(5) $$F_{\text{kilocycles/sec.}} = \frac{159.200}{\sqrt{L_{\mu H} \times C_{\mu\mu F}}}$$

### CONSTITUTION DE L'ABAQUE

Ces différentes formules sont traduites par l'abaque n° 36, dans laquelle l'échelle des longueurs d'ondes est graduée de 20 à 2.000 mètres.

### APPLICATIONS

PREMIER EXEMPLE. — *Calculer la longueur d'onde propre d'un circuit oscillant constitué par une bobine possédant un coefficient de self-induction de 350 microhenrys accordée par un condensateur de 250 micromicrofarads.*

**Alignons la valeur de L (350) sur l'échelle 3 et celle de C (250) lue sur l'échelle 1. Nous trouvons, par intersection avec l'échelle 2, la valeur cherchée : *560 mètres environ.***

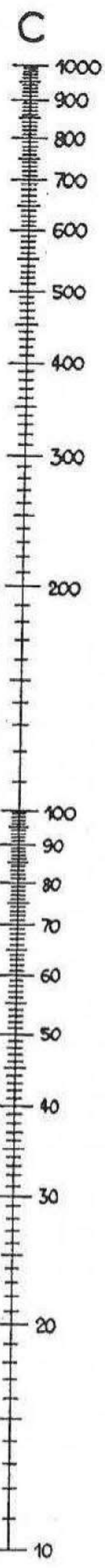
REMARQUE. — Certains fabricants de bobines ou certains formulaires donnent les valeurs des longueurs d'ondes de circuits constitués par différentes bobines et accordés par des condensateurs variables de diverses valeurs.

Nous donnons, ci-dessous, un tel tableau pour des bobines en nid d'abeilles, dites « mignonnettes » :

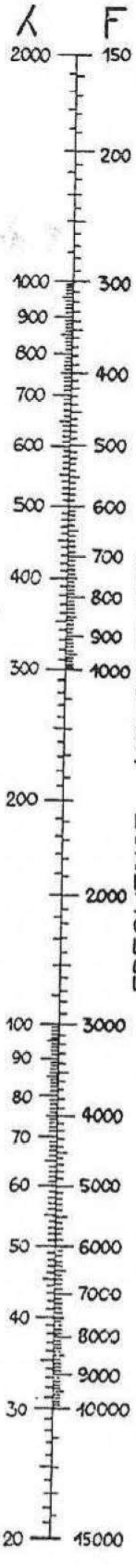
| Nombre de spires | Coefficient de self-induction en microhenrys | Longueur d'onde approximative en mètres, avec capacité en micromicrofarads | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 100 | 250 | 500 | 750 |
| 100 | 350 | 400 | 600 | 790 | 940 |
| 200 | 1.040 | 775 | 1.100 | 1.540 | 1.820 |
| 300 | 2.970 | 1.120 | 1.680 | 2.300 | 2.740 |
| 350 | 4.460 | 1.460 | 2.140 | 2.820 | 3.600 |
| 375 | 5.400 | 1.540 | 2.260 | 3.100 | 3.800 |
| 400 | 5.570 | 1.580 | 2.360 | 3.150 | 3.850 |
| 450 | 7.280 | 1.600 | 2.650 | 3.600 | 4.200 |

REMARQUE II. — Si l'on compare les valeurs de ce tableau et celles calculées avec l'abaque, on trouvera des valeurs différentes de la longueur d'onde. C'est qu'en effet, à la capacité propre du condensateur variable s'ajoute la capacité répartie de la bobine; c'est ainsi que le calcul fait précédemment nous donne une valeur de longueur d'onde de 560 mètres, tandis que le tableau indique une valeur de 600.

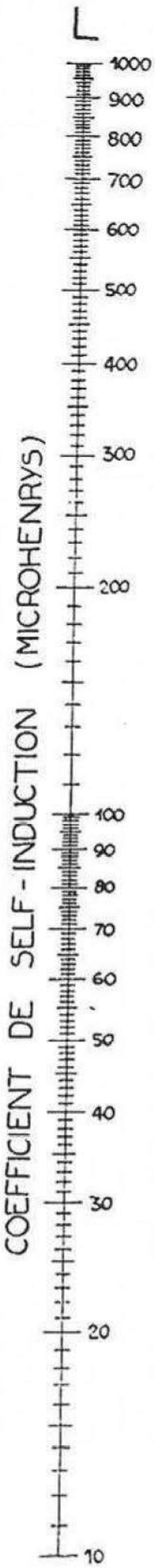
# FORMULE DE THOMSON (20 à 2.000 m.)




N° 1




N° 2




N° 3

# FORMULE DE THOMSON (5 à 100 m.)

## ONDES TRES COURTES ET COURTES

### CONSTITUTION DE L'ABAQUE

Cet abaque, réalisé pour les ondes très courtes et courtes, permet de faire des calculs beaucoup plus précis que l'abaque précédent à cause de la plus grande longueur de ses échelles (ou de la plus faible grandeur de la gamme parcourue). On l'emploiera donc toutes les fois qu'on voudra faire des calculs plus précis. (Il en sera de même au point de vue de la précision des abaques 38 et 39).

### APPLICATIONS

PREMIER EXEMPLE. — *Un circuit oscillant de récepteur « toutes ondes » est accordé par un condensateur dont la variation totale est de 445 micromicrofarads. L'ensemble des capacités parasites, résiduelle comprise, est de 40 micromicrofarads. Calculer la valeur du coefficient de self-induction de la bobine à réaliser pour que la longueur d'onde d'accord la plus basse du circuit oscillant soit 18 mètres.*

**Alignons la valeur de la longueur d'onde (18 m.) lue sur l'échelle 2 et la capacité minimum (40) lue sur l'échelle 3. L'intersection avec l'échelle 1 nous donne la valeur du coefficient de self-induction *(2,30 microhenrys)*.**

DEUXIÈME EXEMPLE. — *Avec le circuit précédent, quelle sera la longueur d'onde à mi-rotation du condensateur, sachant que celui-ci est du type « square law ».*

**La variation de capacité à mi-rotation du condensateur sera :**

$$445 \times \left(\frac{1}{2}\right)^2 = \frac{445}{4} = 111{,}25$$

**et la capacité totale à cette position sera :**

**11,25 + 40 = 151,25**

**Alignons la valeur du coefficient de self-induction trouvée précédemment (2,30) et la capacité (151,25) lue sur l'échelle 3. L'intersection avec l'échelle 2 nous donne la valeur cherchée : *35 mètres environ.***

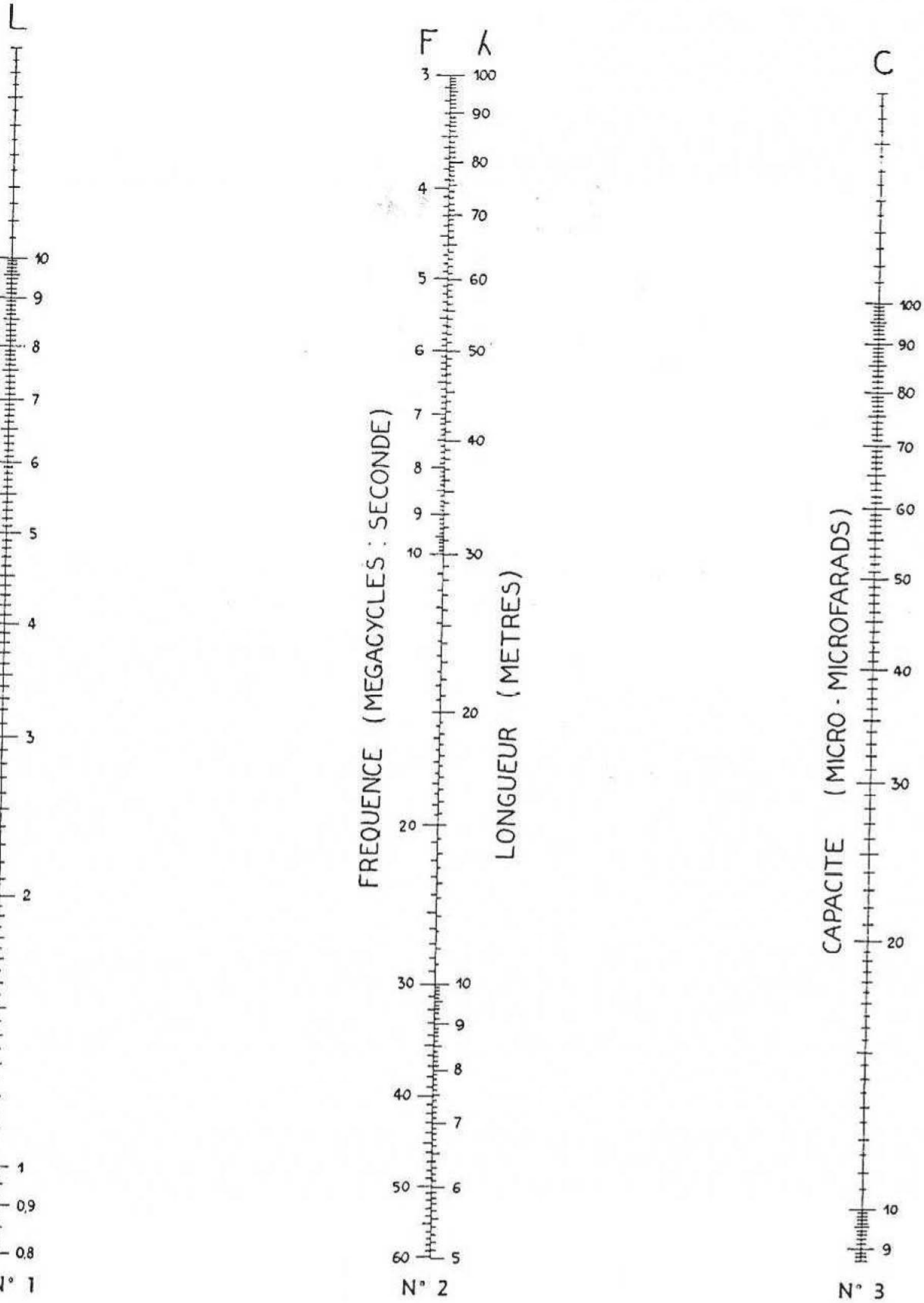
TROISIÈME EXEMPLE. — *Quelle doit être la valeur de la capacité nécessaire pour accorder une bobine de 5 microhenrys sur 44 mètres?*

**Alignons le coefficient de self-induction (5 microhenrys) lu sur l'échelle 1 et la longueur d'onde (44 m.) lue sur l'échelle 2. L'intersection avec l'échelle 3 nous donne la valeur cherchée : *108 micromicrofarads.***

**TABLEAU XI. — Conversion des longueurs d'ondes en fréquences (10 à 55 mètres).**

| M. | KC. | M. | KC. | M. | KC. | M. | KC. | M. | KC. | M. | KC. | M. | KC. | M. | KC. | M. | KC. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 10.1 | 29,703 | 15.1 | 19,868 | 20.1 | 14,925 | 25.1 | 11,952 | 30.1 | 9,966.7 | 35.1 | 8,547.0 | 40.1 | 7,481.3 | 45.1 | 6,651.9 | 50.1 | 5,988.0 |
| 10.2 | 29,411 | 15.2 | 19,737 | 20.2 | 14,851 | 25.2 | 11,905 | 30.2 | 9,933.7 | 35.2 | 8,522.8 | 40.2 | 7,462.6 | 45.2 | 6,637.1 | 50.2 | 5,976.1 |
| 10.3 | 29,126 | 15.3 | 19,608 | 20.3 | 14,778 | 25.3 | 11,858 | 30.3 | 9,901.0 | 35.3 | 8,498.6 | 40.3 | 7,444.0 | 45.3 | 6,622.5 | 50.3 | 5,964.2 |
| 10.4 | 28,846 | 15.4 | 19,481 | 20.4 | 14,706 | 25.4 | 11,811 | 30.4 | 9,868.5 | 35.4 | 8,474.6 | 40.4 | 7,425.7 | 45.4 | 6,607.9 | 50.4 | 5,952.3 |
| 10.5 | 28,571 | 15.5 | 19,355 | 20.5 | 14,634 | 25.5 | 11,765 | 30.5 | 9,836.1 | 35.5 | 8,450.6 | 40.5 | 7,407.3 | 45.5 | 6,593.2 | 50.5 | 5,940.6 |
| 10.6 | 28,301 | 15.6 | 19,231 | 20.6 | 14,563 | 25.6 | 11,719 | 30.6 | 9,804.0 | 35.6 | 8,427.0 | 40.6 | 7,389.1 | 45.6 | 6,578.9 | 50.6 | 5,928.9 |
| 10.7 | 28,037 | 15.7 | 19,108 | 20.7 | 14,493 | 25.7 | 11,673 | 30.7 | 9,772.0 | 35.7 | 8,403.4 | 40.7 | 7,371.0 | 45.7 | 6,564.5 | 50.7 | 5,917.2 |
| 10.8 | 27,778 | 15.8 | 18,987 | 20.8 | 14,423 | 25.8 | 11,628 | 30.8 | 9,740.2 | 35.8 | 8,380.0 | 40.8 | 7,353.0 | 45.8 | 6,550.1 | 50.8 | 5,905.5 |
| 10.9 | 27,523 | 15.9 | 18,868 | 20.9 | 14,353 | 25.9 | 11,583 | 30.9 | 9,708.7 | 35.9 | 8,356.6 | 40.9 | 7,335.0 | 45.9 | 6,535.9 | 50.9 | 5,893.9 |
| 11.0 | 27,273 | 16.0 | 18,750 | 21.0 | 14,285 | 26.0 | 11,538 | 31.0 | 9,677.4 | 36.0 | 8,333.3 | 41.0 | 7,317.1 | 46.0 | 6,521.7 | 51.0 | 5,882.3 |
| 11.1 | 27,027 | 16.1 | 18,633 | 21.1 | 14,218 | 26.1 | 11,494 | 31.1 | 9,646.2 | 36.1 | 8,319.2 | 41.1 | 7,299.3 | 46.1 | 6,507.6 | 51.1 | 5,870.8 |
| 11.2 | 26,786 | 16.2 | 18,518 | 21.2 | 14,151 | 26.2 | 11,450 | 31.2 | 9,615.5 | 36.2 | 8,287.3 | 41.2 | 7,281.5 | 46.2 | 6,493.5 | 51.2 | 5,859.3 |
| 11.3 | 26,549 | 16.3 | 18,405 | 21.3 | 14,085 | 26.3 | 11,407 | 31.3 | 9,584.7 | 36.3 | 8,264.1 | 41.3 | 7,263.8 | 46.3 | 6,479.4 | 51.3 | 5,847.9 |
| 11.4 | 26,316 | 16.4 | 18,293 | 21.4 | 14,019 | 26.4 | 11,364 | 31.4 | 9,554.0 | 36.4 | 8,241.6 | 41.4 | 7,246.3 | 46.4 | 6,465.4 | 51.4 | 5,838.5 |
| 11.5 | 26,807 | 16.5 | 18,183 | 21.5 | 13,954 | 26.5 | 11,321 | 31.5 | 9,523.8 | 36.5 | 8,219.2 | 41.5 | 7,228.8 | 46.5 | 6,451.6 | 51.5 | 5,825.1 |
| 11.6 | 25,862 | 16.6 | 18,072 | 21.6 | 13,889 | 26.6 | 11,278 | 31.6 | 9,493.6 | 36.6 | 8,196.8 | 41.6 | 7,211.5 | 46.6 | 6,437.7 | 51.6 | 5,813.9 |
| 11.7 | 25,641 | 16.7 | 17,964 | 21.7 | 13,825 | 26.7 | 11,236 | 31.7 | 9,463.7 | 36.7 | 8,174.4 | 41.7 | 7,194.2 | 46.7 | 6,423.9 | 51.7 | 5,802.7 |
| 11.8 | 25,424 | 16.8 | 17,857 | 21.8 | 13,761 | 26.8 | 11,194 | 31.8 | 9,433.8 | 36.8 | 8,152.2 | 41.8 | 7,177.0 | 46.8 | 6,410.1 | 51.8 | 5,791.5 |
| 11.9 | 25,210 | 16.9 | 17,751 | 21.9 | 13,699 | 26.9 | 11,152 | 31.9 | 9,404.4 | 36.9 | 8,130.0 | 41.9 | 7,159.9 | 46.9 | 6,396.6 | 51.9 | 5,780.3 |
| 12.0 | 25,000 | 17.0 | 17,647 | 22.0 | 13,636 | 27.0 | 11,111 | 32.0 | 9,375.0 | 37.0 | 8,108.1 | 42.0 | 7,142.8 | 47.0 | 6,383.0 | 52.0 | 5,769.2 |
| 12.1 | 24,793 | 17.1 | 17,544 | 22.1 | 13,575 | 27.1 | 11,070 | 32.1 | 9,345.6 | 37.1 | 8,086.3 | 42.1 | 7,125.9 | 47.1 | 6,369.4 | 52.1 | 5,758.1 |
| 12.2 | 24,590 | 17.2 | 17,442 | 22.2 | 13,514 | 27.2 | 11,029 | 32.2 | 9,316.6 | 37.2 | 8,064.6 | 42.2 | 7,109.0 | 47.2 | 6,356.0 | 52.2 | 5,747.1 |
| 12.3 | 24,390 | 17.3 | 17,341 | 22.3 | 13,453 | 27.3 | 10,989 | 32.3 | 9,288.0 | 37.3 | 8,042.9 | 42.3 | 7,092.2 | 47.3 | 6,342.5 | 52.3 | 5,736.1 |
| 12.4 | 24,193 | 17.4 | 17,241 | 22.4 | 13,393 | 27.4 | 10,949 | 32.4 | 9,259.3 | 37.4 | 8,021.4 | 42.4 | 7,075.4 | 47.4 | 6,329.1 | 52.4 | 5,725.2 |
| 12.5 | 24,000 | 17.5 | 17,143 | 22.5 | 13,333 | 27.5 | 10,909 | 32.5 | 9,230.8 | 37.5 | 8,000.0 | 42.5 | 7,058.8 | 47.5 | 6,315.8 | 52.5 | 5,714.3 |
| 12.6 | 23,810 | 17.6 | 17,045 | 22.6 | 13,274 | 27.6 | 10,869 | 32.6 | 9,202.5 | 37.6 | 7,978.7 | 42.6 | 7,042.2 | 47.6 | 6,302.5 | 52.6 | 5,703.4 |
| 12.7 | 23,623 | 17.7 | 16,949 | 22.7 | 13,216 | 27.7 | 10,830 | 32.7 | 9,174.6 | 37.7 | 7,957.6 | 42.7 | 7,025.7 | 47.7 | 6,289.3 | 52.7 | 5,693.6 |
| 12.8 | 23,437 | 17.8 | 16,854 | 22.8 | 13,158 | 27.8 | 10,792 | 32.8 | 9,146.6 | 37.8 | 7,936.5 | 42.8 | 7,009.3 | 47.8 | 6,276.1 | 52.8 | 5,681.8 |
| 12.9 | 23,256 | 17.9 | 16,760 | 22.9 | 13,100 | 27.9 | 10,753 | 32.9 | 9,118.5 | 37.9 | 7,915.5 | 42.9 | 6,993.0 | 47.9 | 6,263.0 | 52.9 | 5,671.0 |
| 13.0 | 23,077 | 18.0 | 16,667 | 23.0 | 13,043 | 28.0 | 10,714 | 33.0 | 9,090.9 | 38.0 | 7,894.7 | 43.0 | 6,976.7 | 48.0 | 6,250.0 | 53.0 | 5,660.3 |
| 13.1 | 22,901 | 18.1 | 16,575 | 23.1 | 12,987 | 28.1 | 10,676 | 33.1 | 9,063.4 | 38.1 | 7,874.0 | 43.1 | 6,960.5 | 48.1 | 6,236.9 | 53.1 | 5,649.7 |
| 13.2 | 22,727 | 18.2 | 16,483 | 23.2 | 12,931 | 28.2 | 10,638 | 33.2 | 9,036.0 | 38.2 | 7,853.4 | 43.2 | 6,944.4 | 48.2 | 6,224.0 | 53.2 | 5,639.1 |
| 13.3 | 22,556 | 18.3 | 16,393 | 23.3 | 12,876 | 28.3 | 10,600 | 33.3 | 9,009.0 | 38.3 | 7,832.8 | 43.3 | 6,928.3 | 48.3 | 6,211.1 | 53.3 | 5,628.5 |
| 13.4 | 22,388 | 18.4 | 16,305 | 23.4 | 12,820 | 28.4 | 10,563 | 33.4 | 8,982.0 | 38.4 | 7,812.5 | 43.4 | 6,912.4 | 48.4 | 6,198.3 | 53.4 | 5,618.0 |
| 13.5 | 22,222 | 18.5 | 16,217 | 23.5 | 12,766 | 28.5 | 10,526 | 33.5 | 8,955.2 | 38.5 | 7,792.2 | 43.5 | 6,896.5 | 48.5 | 6,185.6 | 53.5 | 5,607.5 |
| 13.6 | 22,059 | 18.6 | 16,129 | 23.6 | 12,712 | 28.6 | 10,489 | 33.6 | 8,928.6 | 38.6 | 7,772.0 | 43.6 | 6,880.7 | 48.6 | 6,172.8 | 53.6 | 5,597.0 |
| 13.7 | 21,898 | 18.7 | 16,043 | 23.7 | 12,658 | 28.7 | 10,453 | 33.7 | 8,902.0 | 38.7 | 7,752.0 | 43.7 | 6,865.0 | 48.7 | 6,160.2 | 53.7 | 5,586.6 |
| 13.8 | 21,739 | 18.8 | 15,957 | 23.8 | 12,605 | 28.8 | 10,417 | 33.8 | 8,875.7 | 38.8 | 7,732.0 | 43.8 | 6,849.3 | 48.8 | 6,147.6 | 53.8 | 5,576.3 |
| 13.9 | 21,583 | 18.9 | 15,873 | 23.9 | 12,552 | 28.9 | 10,381 | 33.9 | 8,849.6 | 38.9 | 7,712.0 | 43.9 | 6,833.7 | 48.9 | 6,135.0 | 53.9 | 5,565.9 |
| 14.0 | 21,429 | 19.0 | 15,790 | 24.0 | 12,500 | 29.0 | 10,345 | 34.0 | 8,823.5 | 39.0 | 7,692.3 | 44.0 | 6,818.2 | 49.0 | 6,122.4 | 54.0 | 5,555.6 |
| 14.1 | 21,277 | 19.1 | 15,707 | 24.1 | 12,448 | 29.1 | 10,309 | 34.1 | 8,797.6 | 39.1 | 7,672.6 | 44.1 | 6,802.7 | 49.1 | 6,110.0 | 54.1 | 5,545.3 |
| 14.2 | 21,127 | 19.2 | 15,625 | 24.2 | 12,397 | 29.2 | 10,274 | 34.2 | 8,771.8 | 39.2 | 7,653.0 | 44.2 | 6,787.3 | 49.2 | 6,097.4 | 54.2 | 5,535.1 |
| 14.3 | 20,979 | 19.3 | 15,544 | 24.3 | 12,346 | 29.3 | 10,239 | 34.3 | 8,746.3 | 39.3 | 7,633.6 | 44.3 | 6,772.0 | 49.3 | 6,085.1 | 54.3 | 5,524.9 |
| 14.4 | 20,833 | 19.4 | 15,464 | 24.4 | 12,295 | 29.4 | 10,204 | 34.4 | 8,720.9 | 39.4 | 7,614.2 | 44.4 | 6,756.8 | 49.4 | 6,072.9 | 54.4 | 5,514.7 |
| 14.5 | 20,690 | 19.5 | 15,385 | 24.5 | 12,245 | 29.5 | 10,169 | 34.5 | 8,695.6 | 39.5 | 7,594.8 | 44.5 | 6,741.6 | 49.5 | 6,060.6 | 54.5 | 5,504.5 |
| 14.6 | 20,548 | 19.6 | 15,306 | 24.6 | 12,195 | 29.6 | 10,135 | 34.6 | 8,670.4 | 39.6 | 7,575.7 | 44.6 | 6,726.5 | 49.6 | 6,048.4 | 54.6 | 5,494.5 |
| 14.7 | 20,408 | 19.7 | 15,229 | 24.7 | 12,146 | 29.7 | 10,101 | 34.7 | 8,645.6 | 39.7 | 7,556.7 | 44.7 | 6,711.4 | 49.7 | 6,036.1 | 54.7 | 5,484.5 |
| 14.8 | 20,270 | 19.8 | 15,151 | 24.8 | 12,097 | 29.8 | 10,067 | 34.8 | 8,620.6 | 39.8 | 7,537.7 | 44.8 | 6,696.3 | 49.8 | 6,024.1 | 54.8 | 5,474.5 |
| 14.9 | 20,134 | 19.9 | 15,076 | 24.9 | 12,048 | 29.9 | 10,033 | 34.9 | 8,595.8 | 39.9 | 7,518.8 | 44.9 | 6,681.5 | 49.9 | 6,012.0 | 54.9 | 5,464.5 |
| 15.0 | 20,000 | 20.0 | 15,000 | 25.0 | 12,000 | 30.0 | 10,000 | 35.0 | 8,571.4 | 40.0 | 7,500.0 | 45.0 | 6,666.7 | 50.0 | 6,000.0 | 55.0 | 5,454.6 |

# FORMULE DE THOMSON (5 à 100 m.)



# FORMULE DE THOMSON (50 à 1.000 m.)

## ONDES INTERMEDIAIRES ET MOYENNES

### CONSTITUTION DE L'ABAQUE

L'échelle des longueurs d'ondes de cet abaque est graduée de 50 à 1.000 mètres.

### APPLICATIONS

PREMIER EXEMPLE. — *Le coefficient de self-induction d'une bobine est de 180 microhenrys; elle est accordée par un condensateur dont la variation totale est de 460 micromicrofarads. L'ensemble des capacités parasites (capacité résiduelle comprise) est de 60 micromicrofarads. Calculer la longueur d'onde propre de ce circuit.*

**La capacité totale aux bornes du circuit est :**

**460 + 60 = 520 micromicrofarads.**

**Alignons la valeur de L (180) lue sur l'échelle 1 et celle de C (520) lue sur l'échelle 3. L'intersection avec l'échelle 2 donne la valeur cherchée : *565 mètres* ou 531 kilocycles : seconde.**

DEUXIÈME EXEMPLE. — *Calculer la longueur d'onde obtenue au zéro du condensateur avec le même circuit :*

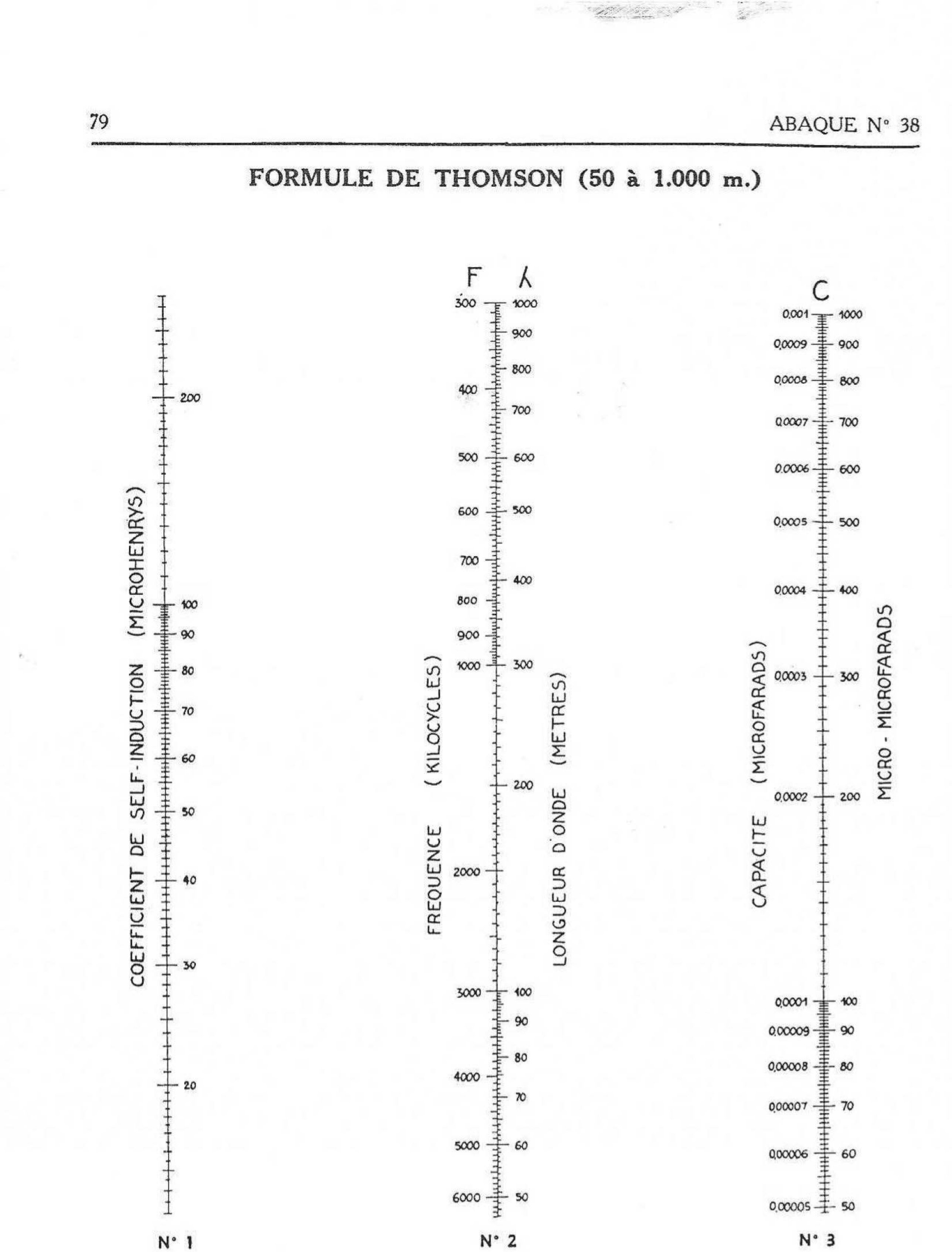
**La capacité aux bornes du circuit est alors 60 micromicrofarads. En alignant la valeur de L (180) lue sur l'échelle 1 et la valeur de C (60) lue sur l'échelle 3, on lit sur l'échelle 2 les valeurs cherchées : *195 mètres* ou 1.540 kilocycles : seconde.**

### TABLEAU XII. — Conversion des longueurs d'ondes en fréquences (55 à 100 mètres).

| M. | KC. | M. | KC. | M. | KC. | M. | KC. | M. | KC. | M. | KC. | M. | KC. | M. | KC. | M. | KC. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 55.1 | 5,444.7 | 60.1 | 4,991.7 | 65.1 | 4,608.3 | 70.1 | 4,279.6 | 75.1 | 3,994.7 | 80.1 | 3,745.3 | 85.1 | 3,525.2 | 90.1 | 3,329.7 | 95.1 | 3,154.6 |
| 55.2 | 5,434.7 | 60.2 | 4,983.4 | 65.2 | 4,601.2 | 70.2 | 4,273.5 | 75.2 | 3,989.4 | 80.2 | 3,740.6 | 85.2 | 3,521.0 | 90.2 | 3,325.9 | 95.2 | 3,151.2 |
| 55.3 | 5,424.9 | 60.3 | 4,975.1 | 65.3 | 4,594.3 | 70.3 | 4,267.4 | 75.3 | 3,984.1 | 80.3 | 3,735.9 | 85.3 | 3,516.9 | 90.3 | 3,322.2 | 95.3 | 3,147.9 |
| 55.4 | 5,415.1 | 60.4 | 4,966.8 | 65.4 | 4,587.2 | 70.4 | 4,261.3 | 75.4 | 3,978.8 | 80.4 | 3,731.2 | 85.4 | 3,512.8 | 90.4 | 3,318.5 | 95.4 | 3,144.6 |
| 55.5 | 5,405.4 | 60.5 | 4,958.6 | 65.5 | 4,580.2 | 70.5 | 4,255.3 | 75.5 | 3,973.5 | 80.5 | 3,726.6 | 85.5 | 3,508.7 | 90.5 | 3,314.9 | 95.5 | 3,141.4 |
| 55.6 | 5,395.7 | 60.6 | 4,950.4 | 65.6 | 4,573.2 | 70.6 | 4,249.3 | 75.6 | 3,968.3 | 80.6 | 3,722.0 | 85.6 | 3,504.6 | 90.6 | 3,311.2 | 95.6 | 3,138.1 |
| 55.7 | 5,386.0 | 60.7 | 4,942.3 | 65.7 | 4,566.2 | 70.7 | 4,243.3 | 75.7 | 3,963.0 | 80.7 | 3,717.4 | 85.7 | 3,500.5 | 90.7 | 3,307.6 | 95.7 | 3,134.8 |
| 55.8 | 5,376.3 | 60.8 | 4,934.2 | 65.8 | 4,559.2 | 70.8 | 4,237.3 | 75.8 | 3,957.7 | 80.8 | 3,712.8 | 85.8 | 3,496.5 | 90.8 | 3,303.9 | 95.8 | 3,131.5 |
| 55.9 | 5,366.7 | 60.9 | 4,926.1 | 65.9 | 4,552.3 | 70.9 | 4,231.3 | 75.9 | 3,952.5 | 80.9 | 3,708.2 | 85.9 | 3,492.4 | 90.9 | 3,300.3 | 95.9 | 3,128.2 |
| 56.0 | 5,357.1 | 61.0 | 4,918.0 | 66.0 | 4,545.4 | 71.0 | 4,225.3 | 76.0 | 3,947.3 | 81.0 | 3,703.6 | 86.0 | 3,488.4 | 91.0 | 3,296.7 | 96.0 | 3,125.0 |
| 56.1 | 5,347.6 | 61.1 | 4,910.0 | 66.1 | 4,538.5 | 71.1 | 4,219.4 | 76.1 | 3,942.1 | 81.1 | 3,699.1 | 86.1 | 3,484.3 | 91.1 | 3,293.1 | 96.1 | 3,121.7 |
| 56.2 | 5,338.1 | 61.2 | 4,902.0 | 66.2 | 4,531.7 | 71.2 | 4,213.5 | 76.2 | 3,936.9 | 81.2 | 3,694.5 | 86.2 | 3,480.2 | 91.2 | 3,289.4 | 96.2 | 3,118.4 |
| 56.3 | 5,328.6 | 61.3 | 4,894.0 | 66.3 | 4,524.9 | 71.3 | 4,207.6 | 76.3 | 3,931.8 | 81.3 | 3,690.0 | 86.3 | 3,476.2 | 91.3 | 3,285.8 | 96.3 | 3,115.2 |
| 56.4 | 5,319.1 | 61.4 | 4,886.0 | 66.4 | 4,518.1 | 71.4 | 4,201.7 | 76.4 | 3,926.7 | 81.4 | 3,685.5 | 86.4 | 3,472.2 | 91.4 | 3,282.2 | 96.4 | 3,112.0 |
| 56.5 | 5,309.7 | 61.5 | 4,878.0 | 66.5 | 4,511.3 | 71.5 | 4,195.8 | 76.5 | 3,921.6 | 81.5 | 3,681.0 | 86.5 | 3,468.2 | 91.5 | 3,278.7 | 96.5 | 3,108.8 |
| 56.6 | 5,300.3 | 61.6 | 4,870.1 | 66.6 | 4,504.5 | 71.6 | 4,189.9 | 76.6 | 3,916.5 | 81.6 | 3,676.5 | 86.6 | 3,464.2 | 91.6 | 3,275.1 | 96.6 | 3,105.6 |
| 56.7 | 5,290.9 | 61.7 | 4,862.2 | 66.7 | 4,497.8 | 71.7 | 4,184.1 | 76.7 | 3,911.4 | 81.7 | 3,672.0 | 86.7 | 3,460.2 | 91.7 | 3,271.5 | 96.7 | 3,102.4 |
| 56.8 | 5,281.6 | 61.8 | 4,854.3 | 66.8 | 4,491.1 | 71.8 | 4,178.3 | 76.8 | 3,906.3 | 81.8 | 3,667.5 | 86.8 | 3,456.2 | 91.8 | 3,268.0 | 96.8 | 3,099.2 |
| 56.9 | 5,272.3 | 61.9 | 4,846.6 | 66.9 | 4,484.4 | 71.9 | 4,172.5 | 76.9 | 3,901.2 | 81.9 | 3,663.0 | 86.9 | 3,452.2 | 91.9 | 3,264.4 | 96.9 | 3,096.0 |
| 57.0 | 5,263.1 | 62.0 | 4,838.7 | 67.0 | 4,477.7 | 72.0 | 4,166.7 | 77.0 | 3,896.1 | 82.0 | 3,658.5 | 87.0 | 3,448.2 | 92.0 | 3,260.8 | 97.0 | 3,092.8 |
| 57.1 | 5,253.9 | 62.1 | 4,830.9 | 67.1 | 4,471.0 | 72.1 | 4,160.9 | 77.1 | 3,891.1 | 82.1 | 3,654.2 | 87.1 | 3,444.3 | 92.1 | 3,257.3 | 97.1 | 3,089.6 |
| 57.2 | 5,244.7 | 62.2 | 4,823.1 | 67.2 | 4,464.3 | 72.2 | 4,155.1 | 77.2 | 3,886.0 | 82.2 | 3,649.7 | 87.2 | 3,440.4 | 92.2 | 3,253.8 | 97.2 | 3,086.4 |
| 57.3 | 5,235.6 | 62.3 | 4,815.4 | 67.3 | 4,457.6 | 72.3 | 4,149.3 | 77.3 | 3,881.0 | 82.3 | 3,645.2 | 87.3 | 3,436.5 | 92.3 | 3,250.3 | 97.3 | 3,083.3 |
| 57.4 | 5,226.5 | 62.4 | 4,807.7 | 67.4 | 4,451.0 | 72.4 | 4,143.6 | 77.4 | 3,876.0 | 82.4 | 3,640.7 | 87.4 | 3,432.5 | 92.4 | 3,246.8 | 97.4 | 3,080.1 |
| 57.5 | 5,217.4 | 62.5 | 4,800.0 | 67.5 | 4,444.4 | 72.5 | 4,137.9 | 77.5 | 3,871.0 | 82.5 | 3,636.3 | 87.5 | 3,428.6 | 92.5 | 3,243.2 | 97.5 | 3,076.9 |
| 57.6 | 5,208.4 | 62.6 | 4,792.3 | 67.6 | 4,437.8 | 72.6 | 4,132.2 | 77.6 | 3,866.0 | 82.6 | 3,631.9 | 87.6 | 3,424.7 | 92.6 | 3,239.7 | 97.6 | 3,073.8 |
| 57.7 | 5,199.3 | 62.7 | 4,784.6 | 67.7 | 4,431.2 | 72.7 | 4,126.5 | 77.7 | 3,861.0 | 82.7 | 3,627.5 | 87.7 | 3,420.8 | 92.7 | 3,236.2 | 97.7 | 3,070.6 |
| 57.8 | 5,190.3 | 62.8 | 4,777.0 | 67.8 | 4,424.7 | 72.8 | 4,120.8 | 77.8 | 3,856.0 | 82.8 | 3,623.1 | 87.8 | 3,416.9 | 92.8 | 3,232.7 | 97.8 | 3,067.5 |
| 57.9 | 5,181.3 | 62.9 | 4,769.4 | 67.9 | 4,418.2 | 72.9 | 4,115.1 | 77.9 | 3,851.1 | 82.9 | 3,618.7 | 87.9 | 3,413.0 | 92.9 | 3,229.2 | 97.9 | 3,064.4 |
| 58.0 | 5,172.4 | 63.0 | 4,761.8 | 68.0 | 4,411.7 | 73.0 | 4,109.5 | 78.0 | 3,846.2 | 83.0 | 3,614.3 | 88.0 | 3,409.1 | 93.0 | 3,225.8 | 98.0 | 3,061.2 |
| 58.1 | 5,163.5 | 63.1 | 4,754.3 | 68.1 | 4,405.2 | 73.1 | 4,103.9 | 78.1 | 3,841.3 | 83.1 | 3,610.0 | 88.1 | 3,405.2 | 93.1 | 3,222.3 | 98.1 | 3,058.1 |
| 58.2 | 5,154.6 | 63.2 | 4,746.8 | 68.2 | 4,398.8 | 73.2 | 4,098.3 | 78.2 | 3,836.4 | 83.2 | 3,605.7 | 88.2 | 3,401.3 | 93.2 | 3,218.8 | 98.2 | 3,055.0 |
| 58.3 | 5,145.8 | 63.3 | 4,739.3 | 68.3 | 4,392.4 | 73.3 | 4,092.7 | 78.3 | 3,831.5 | 83.3 | 3,601.4 | 88.3 | 3,397.5 | 93.3 | 3,215.4 | 98.3 | 3,051.9 |
| 58.4 | 5,137.0 | 63.4 | 4,731.8 | 68.4 | 4,386.0 | 73.4 | 4,087.1 | 78.4 | 3,826.6 | 83.4 | 3,597.1 | 88.4 | 3,393.7 | 93.4 | 3,211.9 | 98.4 | 3,048.7 |
| 58.5 | 5,128.2 | 63.5 | 4,724.3 | 68.5 | 4,379.6 | 73.5 | 4,081.5 | 78.5 | 3,821.7 | 83.5 | 3,592.8 | 88.5 | 3,389.8 | 93.5 | 3,208.6 | 98.5 | 3,045.6 |
| 58.6 | 5,119.4 | 63.6 | 4,716.9 | 68.6 | 4,373.2 | 73.6 | 4,076.0 | 78.6 | 3,816.8 | 83.6 | 3,588.5 | 88.6 | 3,386.0 | 93.6 | 3,205.1 | 98.6 | 3,042.5 |
| 58.7 | 5,110.7 | 63.7 | 4,709.5 | 68.7 | 4,366.8 | 73.7 | 4,070.3 | 78.7 | 3,811.9 | 83.7 | 3,584.2 | 88.7 | 3,382.2 | 93.7 | 3,201.7 | 98.7 | 3,039.5 |
| 58.8 | 5,102.0 | 63.8 | 4,702.1 | 68.8 | 4,360.4 | 73.8 | 4,065.0 | 78.8 | 3,807.1 | 83.8 | 3,579.9 | 88.8 | 3,378.4 | 93.8 | 3,198.3 | 98.8 | 3,036.4 |
| 58.9 | 5,093.3 | 63.9 | 4,694.8 | 68.9 | 4,354.1 | 73.9 | 4,059.5 | 78.9 | 3,802.3 | 83.9 | 3,575.6 | 88.9 | 3,374.6 | 93.9 | 3,194.9 | 98.9 | 3,033.3 |
| 59.0 | 5,084.6 | 64.0 | 4,687.5 | 69.0 | 4,347.8 | 74.0 | 4,054.0 | 79.0 | 3,797.5 | 84.0 | 3,571.3 | 89.0 | 3,370.8 | 94.0 | 3,191.5 | 99.0 | 3,030.3 |
| 59.1 | 5,076.0 | 64.1 | 4,680.1 | 69.1 | 4,341.5 | 74.1 | 4,048.5 | 79.1 | 3,792.7 | 84.1 | 3,567.1 | 89.1 | 3,367.0 | 94.1 | 3,188.1 | 99.1 | 3,027.3 |
| 59.2 | 5,067.5 | 64.2 | 4,672.9 | 69.2 | 4,335.2 | 74.2 | 4,043.1 | 79.2 | 3,787.9 | 84.2 | 3,562.9 | 89.2 | 3,363.2 | 94.2 | 3,184.7 | 99.2 | 3,024.2 |
| 59.3 | 5,059.0 | 64.3 | 4,665.6 | 69.3 | 4,329.0 | 74.3 | 4,037.7 | 79.3 | 3,783.1 | 84.3 | 3,558.7 | 89.3 | 3,359.5 | 94.3 | 3,181.4 | 99.3 | 3,021.1 |
| 59.4 | 5,050.5 | 64.4 | 4,658.3 | 69.4 | 4,322.7 | 74.4 | 4,032.3 | 79.4 | 3,778.3 | 84.4 | 3,554.5 | 89.4 | 3,355.7 | 94.4 | 3,178.0 | 99.4 | 3,018.1 |
| 59.5 | 5,042.0 | 64.5 | 4,651.1 | 69.5 | 4,316.6 | 74.5 | 4,025.9 | 79.5 | 3,773.5 | 84.5 | 3,550.3 | 89.5 | 3,352.0 | 94.5 | 3,174.6 | 99.5 | 3,015.1 |
| 59.6 | 5,033.5 | 64.6 | 4,644.0 | 69.6 | 4,310.4 | 74.6 | 4,021.5 | 79.6 | 3,768.8 | 84.6 | 3,546.1 | 89.6 | 3,348.2 | 94.6 | 3,171.2 | 99.6 | 3,012.1 |
| 59.7 | 5,025.1 | 64.7 | 4,636.8 | 69.7 | 4,304.2 | 74.7 | 4,016.1 | 79.7 | 3,764.1 | 84.7 | 3,541.9 | 89.7 | 3,344.5 | 94.7 | 3,167.9 | 99.7 | 3,009.0 |
| 59.8 | 5,016.7 | 64.8 | 4,629.6 | 69.8 | 4,298.0 | 74.8 | 4,010.7 | 79.8 | 3,759.4 | 84.8 | 3,537.7 | 89.8 | 3,340.7 | 94.8 | 3,164.5 | 99.8 | 3,006.0 |
| 59.9 | 5,008.3 | 64.9 | 4,622.6 | 69.9 | 4,291.8 | 74.9 | 4,005.4 | 79.9 | 3,754.7 | 84.9 | 3,533.5 | 89.9 | 3,337.0 | 94.9 | 3,161.2 | 99.9 | 3,003.0 |
| 60.0 | 5,000.0 | 65.0 | 4,615.4 | 70.0 | 4,285.7 | 75.0 | 4,000.0 | 80.0 | 3,750.0 | 85.0 | 3,529.3 | 90.0 | 3,333.3 | 95.0 | 3,157.9 | 100.0 | 3,000.0 |

(Voir, page 93, le tableau de conversion pour les longue urs d'ondes comprises entre 300 et 810 m.)

# FORMULE DE THOMSON (50 à 1.000 m.)




N° 1 N° 2 N° 3

# FORMULE DE THOMSON (600 à 6.000 m.)

GRANDES ONDES ET ONDES LONGUES

## CONSTITUTION DE L'ABAQUE

L'échelle des longueurs d'ondes de cet abaque est graduée de 600 à 6.000 mètres.

## APPLICATIONS

PREMIER EXEMPLE. — *On veut constituer un circuit oscillant d'accord dont la fréquence propre la plus basse, soit 150 kilocycles-seconde (2.000 mètres). La variation de capacité du condensateur variable est de 460 micromicrofarads. L'ensemble des capacités parasites, résiduelle comprise, est de 90 micromicrofarads. Calculer la valeur du coefficient de self-induction de la bobine faisant partie de ce circuit oscillant.*

**La capacité totale est, ici :**

**460 + 90 = 550 micromicrofarads.**

**Nous alignons la fréquence (150 Kc/s) lue sur l'échelle 2 et la capacité 550 lue sur l'échelle 3. Nous lisons, par intersection avec l'échelle 1, la valeur du coefficient de self-induction de la bobine à réaliser : *2.040 microhenrys.***

DEUXIÈME EXEMPLE. — *Calculer la longueur d'onde d'un circuit oscillant constitué par une bobine de 8.000 microhenrys accordée par un condensateur variable de 250 microhenrys.*

**Nous alignons la valeur de la self-induction lue sur l'échelle 1 et celle de la capacité lue (250) sur l'échelle 3. L'intersection avec l'échelle 2 nous donne la valeur cherchée : *2.640 mètres* (114 kilocycles-seconde).**

TROISIÈME EXEMPLE. — *Les tableaux accompagnant l'abaque 36 indiquent qu'une bobine de 200 spires (1.040 microhenrys) accordée par un condensateur de 500 micromicrofarads a une longueur d'onde approximative de 1.540 mètres. Calculer la valeur des capacités parasites.*

**Alignons le coefficient de self-induction (1.040) lu sur l'échelle 1 et la longueur d'onde (1.540) lue sur l'échelle 2. L'intersection avec l'échelle 3 nous donne la valeur de la capacité totale : *640 micromicrofarads.***

**Dans ces conditions, l'ensemble des capacités parasites (capacité répartie de la bobine, résiduelle du condensateur, etc.) est égale à :**

**640 — 500 = *140 micromicrofarads.***

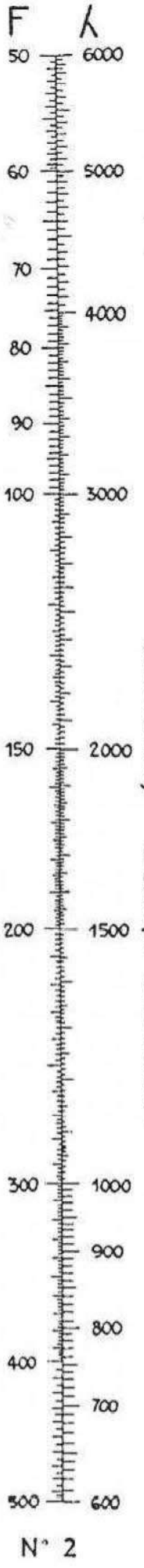
## TABLEAU XIV. — Conversion des fréquences en longueur d'ondes (3.000 à 813 mètres).

| KC. | M. | KC. | M. | KC. | M. | KC. | M. | KC. | M. | KC. | M. | KC. | M. | KC. | M. | KC. | M. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 100 | 3000 | 130 | 2308 | 160 | 1875 | 190 | 1579 | 220 | 1364 | 250 | 1200 | 280 | 1071 | 310 | 967.7 | 340 | 882.4 |
| 101 | 2970 | 131 | 2290 | 161 | 1863 | 191 | 1571 | 221 | 1357 | 251 | 1195 | 281 | 1068 | 311 | 964.6 | 341 | 879.8 |
| 102 | 2941 | 132 | 2273 | 162 | 1852 | 192 | 1563 | 222 | 1351 | 252 | 1191 | 282 | 1064 | 312 | 961.5 | 342 | 877.2 |
| 103 | 2913 | 133 | 2256 | 163 | 1840 | 193 | 1554 | 223 | 1345 | 253 | 1186 | 283 | 1060 | 313 | 958.5 | 343 | 874.6 |
| 104 | 2885 | 134 | 2239 | 164 | 1829 | 194 | 1546 | 224 | 1339 | 254 | 1181 | 284 | 1056 | 314 | 955.4 | 344 | 872.1 |
| 105 | 2857 | 135 | 2222 | 165 | 1818 | 195 | 1538 | 225 | 1333 | 255 | 1176 | 285 | 1053 | 315 | 952.4 | 345 | 869.6 |
| 106 | 2830 | 136 | 2206 | 166 | 1807 | 196 | 1531 | 226 | 1327 | 256 | 1172 | 286 | 1049 | 316 | 949.4 | 346 | 867.1 |
| 107 | 2804 | 137 | 2190 | 167 | 1796 | 197 | 1523 | 227 | 1322 | 257 | 1167 | 287 | 1045 | 317 | 946.4 | 347 | 864.6 |
| 108 | 2778 | 138 | 2174 | 168 | 1786 | 198 | 1515 | 228 | 1316 | 258 | 1163 | 288 | 1042 | 318 | 943.4 | 348 | 862.1 |
| 109 | 2752 | 139 | 2158 | 169 | 1775 | 199 | 1508 | 229 | 1310 | 259 | 1158 | 289 | 1038 | 319 | 940.4 | 349 | 859.6 |
| 110 | 2727 | 140 | 2143 | 170 | 1765 | 200 | 1500 | 230 | 1304 | 260 | 1154 | 290 | 1034 | 320 | 937.5 | 350 | 857.1 |
| 111 | 2703 | 141 | 2128 | 171 | 1754 | 201 | 1493 | 231 | 1299 | 261 | 1149 | 291 | 1031 | 321 | 934.6 | 351 | 854.7 |
| 112 | 2679 | 142 | 2113 | 172 | 1744 | 202 | 1485 | 232 | 1293 | 262 | 1145 | 292 | 1027 | 322 | 931.7 | 352 | 852.3 |
| 113 | 2655 | 143 | 2098 | 173 | 1734 | 203 | 1478 | 233 | 1287 | 263 | 1141 | 293 | 1024 | 323 | 928.8 | 353 | 849.9 |
| 114 | 2632 | 144 | 2083 | 174 | 1724 | 204 | 1471 | 234 | 1282 | 264 | 1136 | 294 | 1020 | 324 | 925.9 | 354 | 847.5 |
| 115 | 2609 | 145 | 2069 | 175 | 1714 | 205 | 1463 | 235 | 1277 | 265 | 1132 | 295 | 1017 | 325 | 923.1 | 355 | 845.1 |
| 116 | 2586 | 146 | 2055 | 176 | 1705 | 206 | 1456 | 236 | 1271 | 266 | 1128 | 296 | 1013 | 326 | 920.2 | 356 | 842.7 |
| 117 | 2564 | 147 | 2041 | 177 | 1695 | 207 | 1449 | 237 | 1266 | 267 | 1124 | 297 | 1010 | 327 | 917.4 | 357 | 840.3 |
| 118 | 2542 | 148 | 2027 | 178 | 1685 | 208 | 1442 | 238 | 1261 | 268 | 1119 | 298 | 1007 | 328 | 914.6 | 358 | 838.0 |
| 119 | 2521 | 149 | 2013 | 179 | 1676 | 209 | 1435 | 239 | 1255 | 269 | 1115 | 299 | 1003 | 329 | 911.9 | 359 | 835.7 |
| 120 | 2500 | 150 | 2000 | 180 | 1667 | 210 | 1429 | 240 | 1250 | 270 | 1111 | 300 | 1000.0 | 330 | 909.1 | 360 | 833.3 |
| 121 | 2479 | 151 | 1987 | 181 | 1657 | 211 | 1422 | 241 | 1245 | 271 | 1107 | 301 | 996.7 | 331 | 906.3 | 361 | 831.0 |
| 122 | 2459 | 152 | 1974 | 182 | 1648 | 212 | 1415 | 242 | 1240 | 272 | 1103 | 302 | 993.4 | 332 | 903.6 | 362 | 828.7 |
| 123 | 2439 | 153 | 1961 | 183 | 1639 | 213 | 1408 | 243 | 1235 | 273 | 1099 | 303 | 990.1 | 333 | 900.9 | 363 | 826.4 |
| 124 | 2419 | 154 | 1948 | 184 | 1630 | 214 | 1402 | 244 | 1230 | 274 | 1095 | 304 | 986.8 | 334 | 898.2 | 364 | 824.2 |
| 125 | 2400 | 155 | 1935 | 185 | 1622 | 215 | 1395 | 245 | 1224 | 275 | 1091 | 305 | 983.6 | 335 | 895.5 | 365 | 821.9 |
| 126 | 2381 | 156 | 1923 | 186 | 1613 | 216 | 1389 | 246 | 1220 | 276 | 1087 | 306 | 980.4 | 336 | 892.9 | 366 | 819.7 |
| 127 | 2362 | 157 | 1911 | 187 | 1604 | 217 | 1382 | 247 | 1215 | 277 | 1083 | 307 | 977.2 | 337 | 890.2 | 367 | 817.4 |
| 128 | 2344 | 158 | 1899 | 188 | 1596 | 218 | 1376 | 248 | 1210 | 278 | 1079 | 308 | 974.0 | 338 | 887.6 | 368 | 815.2 |
| 129 | 2326 | 159 | 1887 | 189 | 1587 | 219 | 1370 | 249 | 1205 | 279 | 1075 | 309 | 970.9 | 339 | 885.0 | 369 | 813.0 |

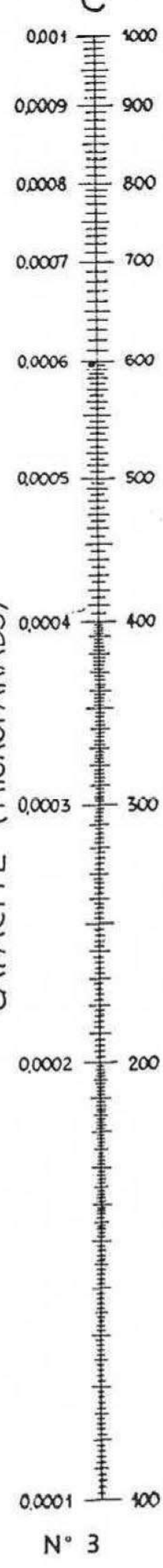
# FORMULE DE THOMSON (600 à 6.000 m.)




N° 1




N° 2




N° 3

# RÉSISTANCE ÉQUIVALENTE A UN CIRCUIT OSCILLANT

## (Montage en parallèle)

### FORMULE DE CALCUL

Quand une tension alternative est appliquée aux bornes d'un circuit oscillant monté en parallèle (figure 1), le courant total se partage entre la bobine (courant $i_1$) et le condensateur (courant $i_2$). Ce dernier est en avance de 90° par rapport à la tension ; $i_1$, au contraire, est en retard d'un angle $\varphi$ (voir figure 2).

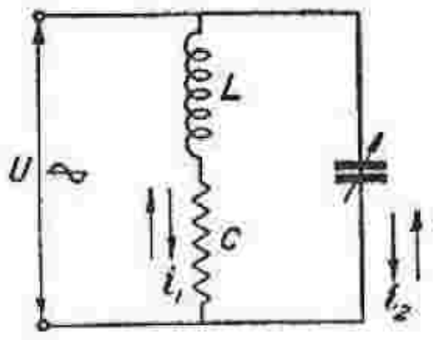



Fig. 1

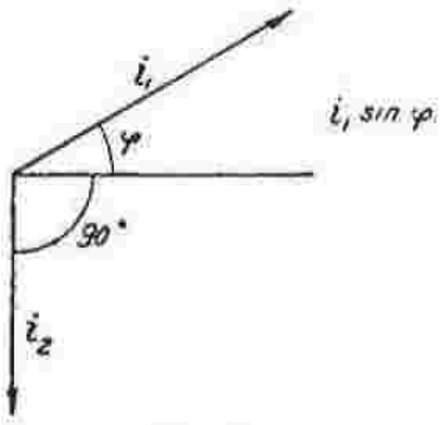



Fig. 2

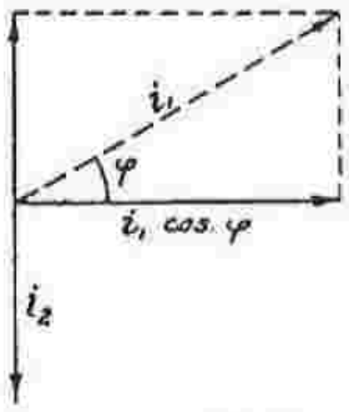



Fig. 3

Les composantes du courant dans la bobine sont $i_1 \sin \varphi$ et $i_1 \cos \varphi$ (figure 3).

La composante verticale $i_1 \sin \varphi$ est en opposition de phase avec $i_2$. D'autre part, la composante $i_1 \cos \varphi$ est la composante en phase avec la tension.

On peut, en faisant varier la valeur de C, faire que la composante $i_1 \sin \varphi$ annule $i_2$. Si l'on fait, d'autre part, le diagramme relatif à la bobine (figure 4) et si l'on compare ce diagramme à la figure 3, on voit que l'on a :

$$\frac{i_1 \cos \varphi}{i_1} = \frac{\text{Résistance de la bobine}}{\text{Impédance de la bobine}}$$

Aux hautes fréquences, la résistance de la bobine est négligeable comparée à son inductance, c'est-à-dire que l'angle de déphasage $\varphi$ est voisin de 90°. On a donc sensiblement, en pareil cas, deux courants en opposition (en quadrature tous deux avec la tension), un courant en phase avec la tension $i_1 \cos \varphi$ que nous appellerons courant résultant et qui, généralement, a une très faible valeur.

Le circuit se comporte donc comme une simple résistance R




Fig. 4

qu'on appelle résistance équivalente ou circuit oscillant et qui a pour valeur en ohms :

$$R = \frac{X^2_L}{r} = \frac{(L\omega)^2}{r} = \frac{(L \times 2\pi F)^2}{r}$$

si l'on exprime le coefficient de self-induction en henrys et la fréquence en cycles-seconde (ou bien le coefficient de self-induction en microhenrys et la fréquence en kilocycles-seconde).

Si l'on exprime le coefficient de self-induction en microhenrys et la fréquence en kilocycles-seconde, la valeur de R est :

$$R_{\text{ohms}} = \frac{X^2_{L\,\text{ohms}}}{r_{\text{ohms}}} = \frac{(L_{\mu H} \times 2\pi F_{\text{Kc/s}})^2}{r \times 10^6}$$

### CONSTITUTION DE L'ABAQUE

L'abaque 40 traduit la formule :

$$R = \frac{X^2_L}{r}$$

Il comporte trois échelles : l'échelle 1 est l'échelle des résistances de la bobine $r$, l'échelle 2 est l'échelle des inductances $X_L$, l'échelle 3 celle des résistances équivalentes R.

### APPLICATIONS

PREMIER EXEMPLE. — *Une bobine a un coefficient de self-induction de 180 microhenrys et une résistance ohmique de 9,5 ohms. Calculer sa résistance équivalente à la fréquence de résonance de 1.000 périodes (300 mètres).*

**En nous reportant à l'abaque 25, nous pourrons calculer la valeur de l'inductance $X_L$. Cette inductance a pour valeur :**

$$X_L = 1.130 \text{ ohms.}$$

**Alignons la résistance r (9,5) lue sur l'échelle 1 et l'inductance (1.130 lue sur l'échelle 2. L'intersection avec l'échelle 3 nous donne la valeur de la résistance équivalente cherchée. Nous lisons :**

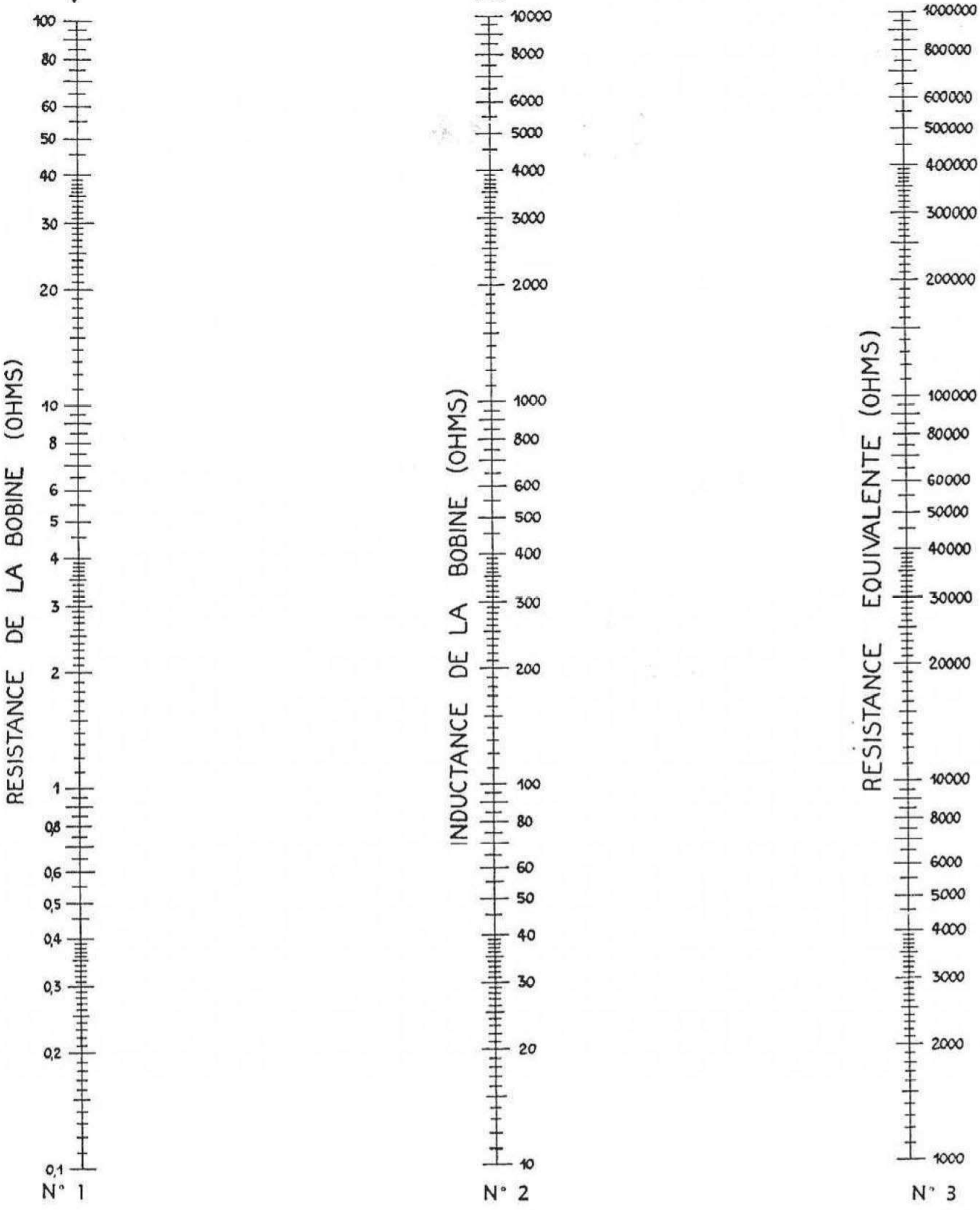
$$R = 133.500 \text{ ohms.}$$

La table ci-dessous donne une idée de l'ordre de grandeur des résistances équivalentes obtenues à différentes fréquences pour des circuits oscillants constitués par des bobines et des condensateurs de qualité courante.

| Fréquences F (Kilocycles) | Longueurs d'ondes (mètres) | Résistances équivalentes R |
|---|---|---|
| 10.000 | 3.000 | 500.000 |
| 1.000 | 300 | 130.000 |
| 100 | 30 | 10.000 |

Cependant, les valeurs indiquées dans ce tableau peuvent être très notablement augmentées par l'emploi de fil câblé (Litzendraht) de grosse section.

# RÉSISTANCE ÉQUIVALENTE A UN CIRCUIT OSCILLANT
## (Montage en parallèle)



# CARACTÉRISTIQUES DES TUBES (Relations entre Ri, $\mu$, p, D, Q)

## FORMULES DE CALCUL

Si l'on désigne par $\mu$ le *coefficient d'amplification* d'un tube, par $R_i$ sa *résistance interne*, par $p$ sa pente, nous avons entre ces grandeurs la relation :

(1) $$\boxed{\mu = R_i \times p}$$

qui peut encore s'écrire :

$$p = \frac{\mu}{R_i} \qquad R_i = \frac{\mu}{p}$$

Dans ces relations, la résistance interne est exprimée en milliers d'ohms et la pente en milliampères/volt ou millimhos

$$\left(1 \text{ mho} = \frac{1}{1 \text{ ohm}} = \frac{1 \text{ ampère}}{1 \text{ volt}}\right)$$

Les constructeurs de tubes américains indiquent la pente en micromhos et, par suite, le nombre qui exprime cette pente est 1.000 fois plus grand.

Les constructeurs de tubes allemands expriment parfois au lieu et place du coefficient d'amplification $\mu$ le *durchgriff* qui a pour valeur :

(2) $$\boxed{D = \frac{100}{\mu}}$$

Enfin, on appelle *coefficient de Barkhausen* ou *qualité*, la quantité :

(3) $$\boxed{Q = \mu \times p}$$

## CONSTITUTION DE L'ABAQUE

L'abaque 41 traduit ces trois formules et comporte quatre échelles :

L'échelle 1 est l'échelle des valeurs de la résistance interne $R_i$; elle est graduée en milliers d'ohms, de 0,5 à 5.000.

L'échelle 2 gauche est l'échelle des valeurs durchgriff.

L'échelle 2 droite est l'échelle des valeurs du coefficient d'amplification $\mu$.

L'échelle 3 est l'échelle des valeurs de la qualité Q.

L'échelle 4 est l'échelle des valeurs de $p$; elle est graduée de 0,3 à 30.

A l'heure actuelle, le tube de réception ayant la plus grande pente est le tube EL6 ($p = 15$).

## UTILISATION DE L'ABAQUE

PREMIER EXEMPLE. — *Un tableau de caractéristiques de tubes européens donne pour le tube pentode BF de puissance EL6, une valeur de $R_i$ égale à 20.000 ohms et une pente $p = 15$ mA/V.*

*Calculer ses autres caractéristiques (coefficient d'amplification, durchgriff et qualité).*

**Alignons la résistance interne (20 milliers d'ohms) lue sur l'échelle 1 et 15 lu sur l'échelle 4, nous coupons l'échelle 2 droite sur le nombre *300*, l'échelle 2 gauche sur le nombre *0,33*, l'échelle 3 sur le nombre *4.500*.**

**On a donc, pour le tube EL6 :**

$$\mu = 300;\ D = 0{,}33;\ Q = 4.500$$

DEUXIÈME EXEMPLE. — *Un tube duo-diode-triode EBC11 a (d'après un tableau de caractéristiques), pour son élément triode, les caractéristiques suivantes : $p = 2{,}2$ mA/V; $D = 4$.*

*Calculer, pour ce tube, les valeurs de $R_i$, $\mu$ et Q.*

**Alignons la valeur de *p* (2,2) lue sur l'échelle 4 et celle de D (4) lue sur l'échelle 2 gauche; nous lisons en regard de 4 sur l'échelle 2 droite, *25*, sur l'échelle 1, *11,5* et sur l'échelle Q, *55*. Nous avons, par suite, pour le tube EBC11 :**

$$\mu = 25;\ R_i = 11500 \text{ ohms};\ Q = 55.$$

TROISIÈME EXEMPLE. — *Un tube 6J7 a, dans certaines conditions d'utilisation, un coefficient d'amplification de 400 et une résistance interne de 315.000 ohms.*

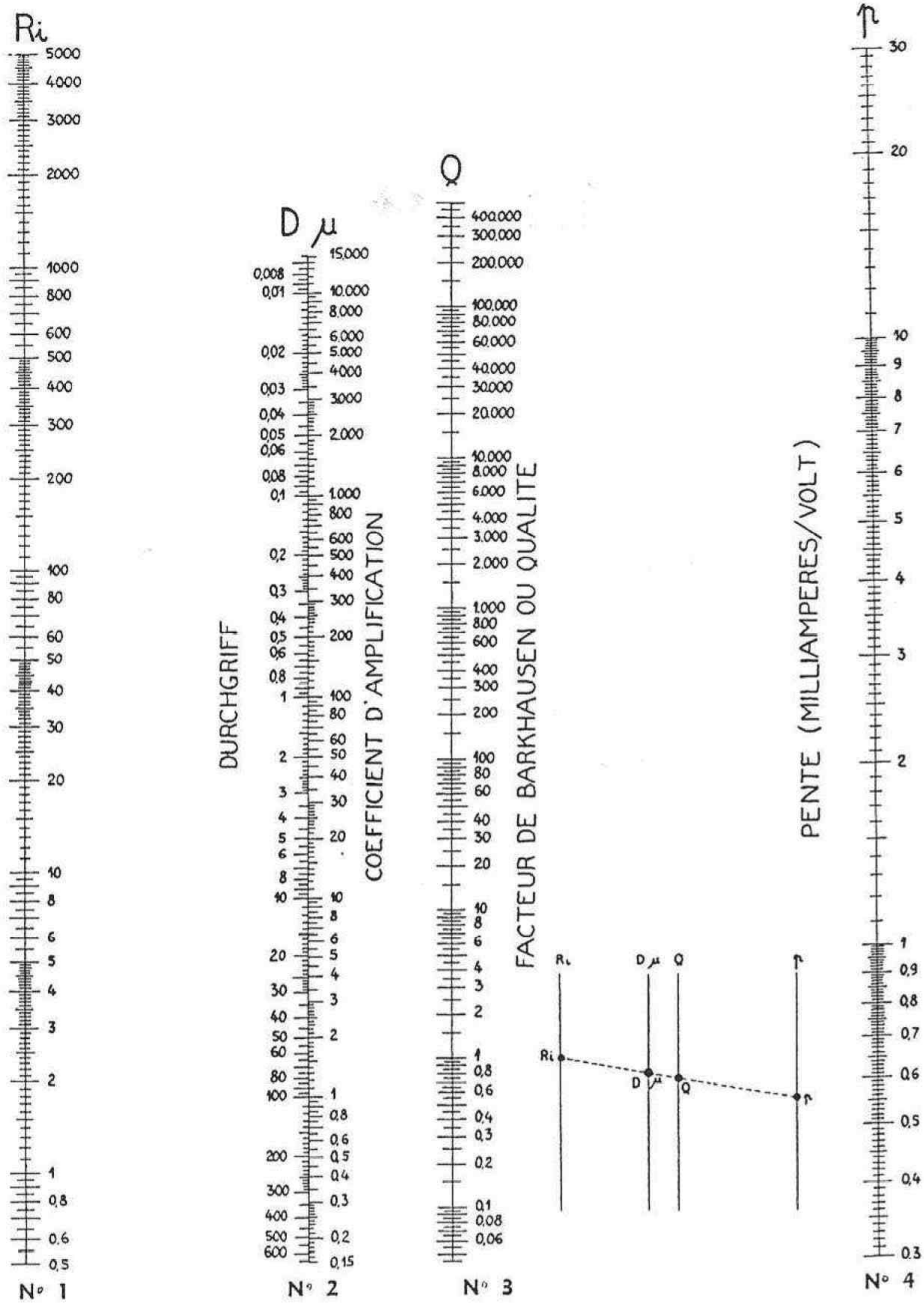
*Calculer ses autres caractéristiques.*

**En face de 400 lu sur l'échelle 2 droite, nous lisons directement *la valeur de D qui est 0,25*. Alignons ce même point et la valeur de $R_i$ (315 milliers d'ohms) lue sur l'échelle 1, nous coupons l'échelle 4 sur le nombre *1.27* et l'échelle Q sur le nombre *510*.**

**On a donc, pour le tube 6J7 :**

$$D = 0{,}25;\ p = 1{,}27 \text{ mA/V};\ Q = 510.$$

# CARACTÉRISTIQUES DES TUBES (Relations entre Ri, μ, p, D. Q)



# CARACTÉRISTIQUES DES TUBES EUROPÉENS

## CONSTITUTION DE L'ABAQUE

Cet abaque, du type cartésien logarithmique, porte en abscisses, la valeur de la pente (la graduation va de 0,1 mA/V à près de 20 mA/V) ; en ordonnées sont portées les valeurs du coefficient d'amplification depuis 5 jusqu'à 5.000. Des obliques inclinées de gauche à droite et de bas en haut correspondent aux valeurs de résistances internes depuis 1000 ohms jusqu'à 4 mégohms.

Sur cet abaque, chaque type de tube est figuré par un point à côté duquel est mentionné le nom du tube.

Les tubes européens ordinaires à 4, 5, 6, 7 broches sont représentés par un simple point, les tubes européens à 5 ou 8 contacts latéraux (technique transcontinentale) par un point entouré d'un cercle, les tubes européens métalliques à 8 broches par un point entouré d'un carré.

Un abaque spécial représenté en haut et à gauche est relatif aux tubes redresseurs. Sur cet abaque on a porté, en abscisses, les tensions alternatives par plaque qui peuvent être appliquées de 100 à 700 volts; en ordonnées, les valeurs des courants redressés depuis 30 jusqu'à 500 milliampères.

## UTILITÉ DE L'ABAQUE

L'abaque 42 sert, comme l'abaque 41, non seulement à traiter les problèmes relatifs aux caractéristiques des tubes, c'est-à-dire à déterminer l'une des trois quantités $\mu$, $p$ ou $R_i$ connaissant deux d'entre elles, mais aussi à lire directement par alignement ou voisinage pour un tube donné figuré par un point, la valeur de $\mu$, $p$ et $R_i$. Il sert également, par simple examen de la figure, à *comparer deux tubes entre eux* et à voir dans une série donnée, quel est le tube le plus avantageux; par suite, il donne rapidement *tous les renseignements* que l'on serait obligé de rechercher dans un tableau de tubes compliqué.

## APPLICATIONS

PREMIER EXEMPLE. — *Quelle est la pente d'un tube ayant un coefficient d'amplification de 100 et une résistance interne de 30.000 ohms?*

**L'horizontale de 100 lu sur l'échelle des ordonnées coupe l'oblique de 30.000 ohms en un certain point, la verticale de ce point coupe l'échelle des abscisses au point correspondant à la pente *3,3*.**

DEUXIÈME EXEMPLE. — *Quelles sont les caractéristiques du tube pentode de puissance EL11?*

**Le point correspondant à ce tube est situé exactement sur l'oblique correspondant à 50.000 ohms, la résistance interne de ce tube est donc de *50.000 ohms*.**

**L'horizontale de ce même point coupe l'axe des ordonnées entre 400 et 500; le coefficient d'amplification cherché est de *450 environ*.**

**Enfin, la verticale de ce même point coupe l'axe des abscisses à la division *9;* c'est la valeur de la pente du tube EL11.**

TROISIÈME EXEMPLE. — *Comparer entre eux les tubes EL6 et EL5 et les redresseurs EZ3 et EZ4.*

**L'abaque principal montre que le tube pentode EL6 est plus avantageux que le tube EL5, le point correspondant au premier étant plus haut et plus à droite que le point correspondant au second (en d'autres termes, le premier a un plus grand coefficient d'amplification et une plus grande pente).**

**L'abaque relatif aux redresseurs montre que le tube EZ3 est plus avantageux que le tube EZ2. Le premier pour une même tension alternative de plaque, redresse une plus grande intensité que le second, le premier point étant situé au-dessus du second.**

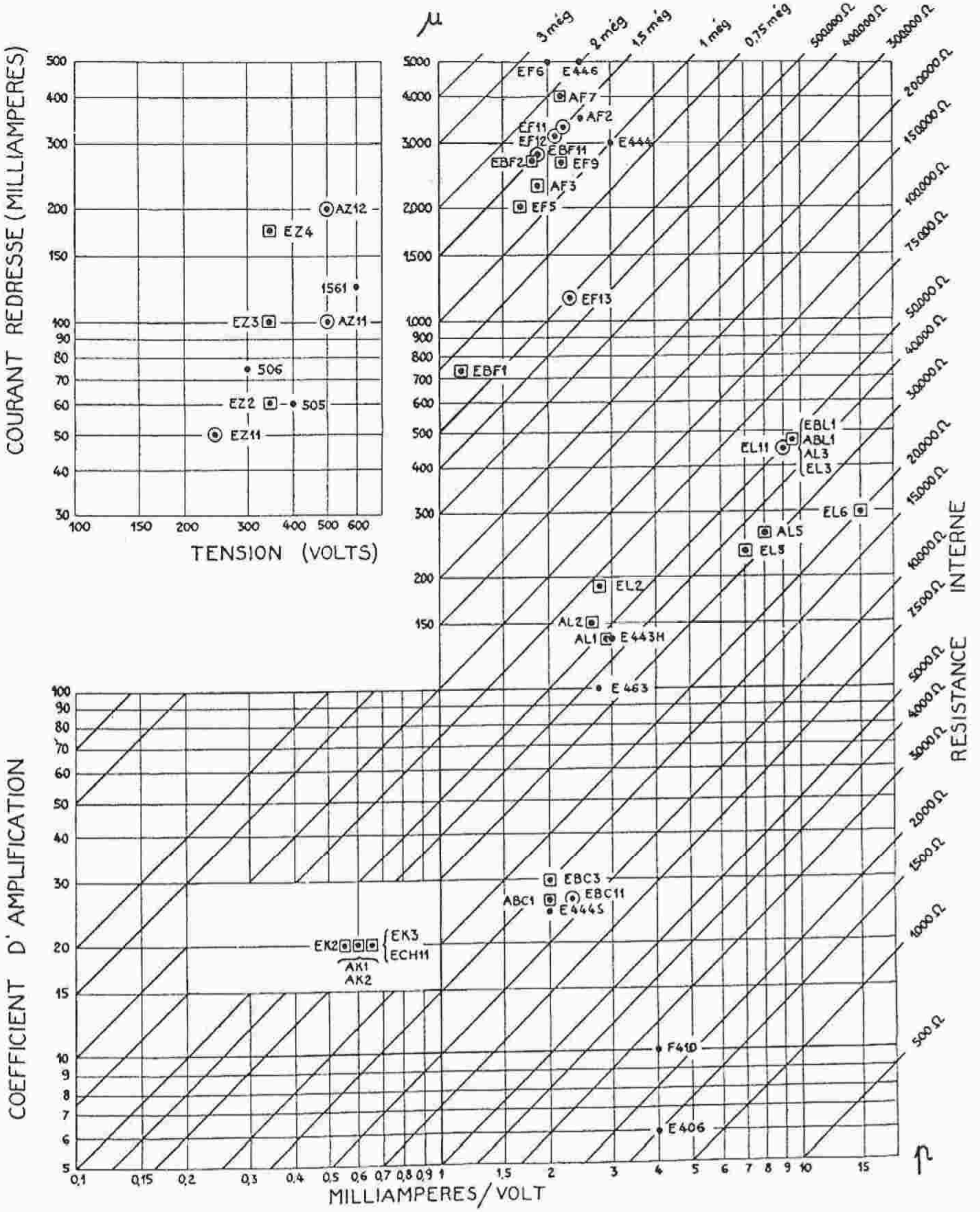
REMARQUE I. — Sur l'abaque principal, les tubes multigrilles ou doubles pour changement de fréquence figurent dans un rectangle blanc sur la même ligne horizontale. Pour ces tubes est indiquée seulement la pente de conversion, $p_c$.

REMARQUE II. — Les caractéristiques des principaux tubes européens sont mentionnées dans le tableau simplifié ci-dessous. Dans ce tableau, les tubes sont classés par fonction et séries.

## TUBES EUROPÉENS

| FONCTION | TUBES A BROCHES | | | | TUBES A CONTACTS LATÉRAUX (4 volts) | | | | TUBES A CONTACTS LATÉRAUX (6 volts) | | | | TUBES A CULOT (8 broches) | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | $\mu$ | $R_i$ | $p$ | | $\mu$ | $R_i$ | $p$ | | $\mu$ | $R_i$ | $p$ | | $\mu$ | $R_i$ | $p$ |
| Multigrilles ou oscillatrices modulatrices combinées | AK 1 | 225 | 1,5 MΩ | 0,6 | AK 2 | — | 1,6 MΩ | 0,6 | EK 2<br>EK 3 | —<br>— | 2 MΩ<br>2 MΩ | 0,55<br>0,65 | ECH 11 | — | 1 MΩ | 0,5 |
| Pentodes à pente variable HF ou MF | AF 2<br>E 447 | 3500<br>2000 | 1 à 1,7 MΩ<br>10 MΩ | 2,5<br>2 | AF 3 | 2200 | 1,2 MΩ | 1,8 | EF 5<br>EF 9 | 2000<br>2750 | 1,2 MΩ<br>1,25 MΩ | 1,7<br>2,2 | EF 11<br>EF 13 | —<br>— | 1,5 MΩ<br>0,5 MΩ | 2,2<br>2,3 |
| Détectrices diodes ou diodes combinées | E 444<br>E 444 S<br>AB 2 | 3000<br>25 | 1 MΩ<br>12500 Ω | 3<br>2 | ABC 1<br>ABL 1 | 27<br>— | 13500 Ω<br>50000 Ω | 2<br>9,5 | EBC 3<br>EBF 1<br>EBF 2<br>EBL 1<br>EB 4 | 30<br>740<br>2700 | 19000 Ω<br>0,65 MΩ<br>1,5 MΩ<br>50000 Ω | 2<br>1,15<br>1,8<br>9,5 | EBC 11<br>EBF 11 | 25<br>— | 11500 Ω<br>1,5 MΩ | 2,2<br>1,8 |
| Triodes ou pentodes BF amplific. de tension | E 446 | 5000 | 2 MΩ | 2,5 | AF 7 | 4000 | 2 MΩ | 2,1 | EF 6 | 5000 | 2,5 MΩ | 2 | EF 12 | — | 1,5 MΩ | 2,1 |
| Triodes de puissance | E 406<br>F 410 | 6<br>10 | 1500 Ω<br>2500 Ω | 4<br>4 | AD 1 | 4 | 670 Ω | 6 | | | | | | | | |
| Pentodes de puissance | E 443 H<br>E 463 | 130<br>100 | 43000 Ω<br>37000 Ω | 3<br>2,7 | AL 1<br>AL 2<br>AL 3<br>AL 5 | 130<br>150<br>475 | 43000 Ω<br>60000 Ω<br>50000 Ω<br>22000 Ω | 3<br>2,6<br>9,5<br>8,5 | EL 2<br>EL 3<br>EL 5<br>EL 6 | —<br>—<br>—<br>— | 70000 Ω<br>50000 Ω<br>33000 Ω<br>20000 Ω | 2,8<br>9,5<br>7<br>15 | EL 11 | — | 50000 Ω | 9 |

# CARACTÉRISTIQUES DES TUBES EUROPÉENS



# CARACTÉRISTIQUES DES TUBES AMÉRICAINS

## CONSTITUTION DE L'ABAQUE

Cet abaque, du type cartésien logarithmique, porte en abscisses la valeur de la pente, la graduation va de 0,1 mA/V à près de 20 mA/V; en ordonnées sont portées les valeurs du coefficient d'amplification depuis 3 jusqu'à 3.000. Des obliques inclinées de gauche à droite et de bas en haut corerspondent aux valeurs des résistances internes depuis 500 ohms jusqu'à 1,5 mégohm.

Sur cet abaque, chaque type de tube est figuré par un point à côté duquel est mentionné le nom du tube.

Les tubes anciens à culot à 4, 5, 6, 7 broches sont représentés par un simple point, les tubes à culot octal avec axe central et clavette de repérage (locater), du type métallique, métal-glass ou à bulbe de verre y sont figurés par un point entouré d'un cercle.

Un abaque spécial représenté en haut et à gauche est relatif aux tubes redresseurs. Sur cet abaque, on a porté en abscisses les tensions alternatives par plaque qui peuvent être appliquées de 100 à 700 volts; en ordonnées, les valeurs des courants redressés depuis 30 jusqu'à 500 milliampères.

## UTILITÉ DE L'ABAQUE

L'abaque 43 sert, comme l'abaque 41, non seulement à traiter les problèmes relatifs aux caractéristiques des tubes, c'est-à-dire à déterminer l'une des trois quantités, $\mu$ $p$ ou $R_i$, connaissant deux d'entre elles, mais aussi à lire directement par alignement ou voisinage pour un tube donné figuré par un point, la valeur de $\mu$, $p$ et $R_i$. Il sert également, par simple examen de la figure, à *comparer deux tubes entre eux* et à voir dans une série donnée quel est le tube le plus avantageux; par suite, il donne *rapidement tous les renseignements* que l'on serait obligé de rechercher dans un tableau de tubes compliqué.

## APPLICATIONS

PREMIER EXEMPLE. — *Quelle est la résistance interne d'un tube ayant une pente de 1,5 et un coefficient d'amplification de 70?*

**Menons la verticale de 1,5 lue sur l'échelle des abscisses et l'horizontale de 70 lue sur l'échelle des ordonnées, ces deux droites se coupent entre les deux obliques marquées 40.000 ohms et 50.000 ohms; la résistance interne cherchée est : *46.000 ohms environ.***

DEUXIÈME EXEMPLE. — *Déterminer, par simple lecture, les caractéristiques du tube triode 6F5.*

**Le point correspondant à ce tube est situé entre les obliques 50.000 ohms et 75.000 ohms, la résistance interne est *66.000 ohms environ;* l'horizontale du même point coupe l'axe des ordonnées au point *100* qui est la valeur du coefficient d'amplification, la verticale du même point correspond, d'autre part, à une pente de *1,5*.**

TROISIÈME EXEMPLE. — *Comparer entre eux les tubes triodes 6C5 (culot octal) et 76 (culot à 5 broches) et les tubes redresseurs 80 et 5Z3.*

**L'abaque principal permet de voir d'un simple coup d'œil que le tube 6C5 est plus avantageux que le tube 76, le point correspondant au 6C5 étant plus en haut et plus à droite que l'autre, c'est-à-dire montre que pour une même valeur approximative de la résistance interne, les valeurs de $\mu$ et de $p$ sont plus grandes pour le tube 6C5.**

**D'autre part, l'abaque des redresseurs montre que le tube 5Z3 est plus avantageux que le tube 80, car pour une même valeur de tension redressée, le tube 5Z3 peut redresser une beaucoup plus grande intensité.**

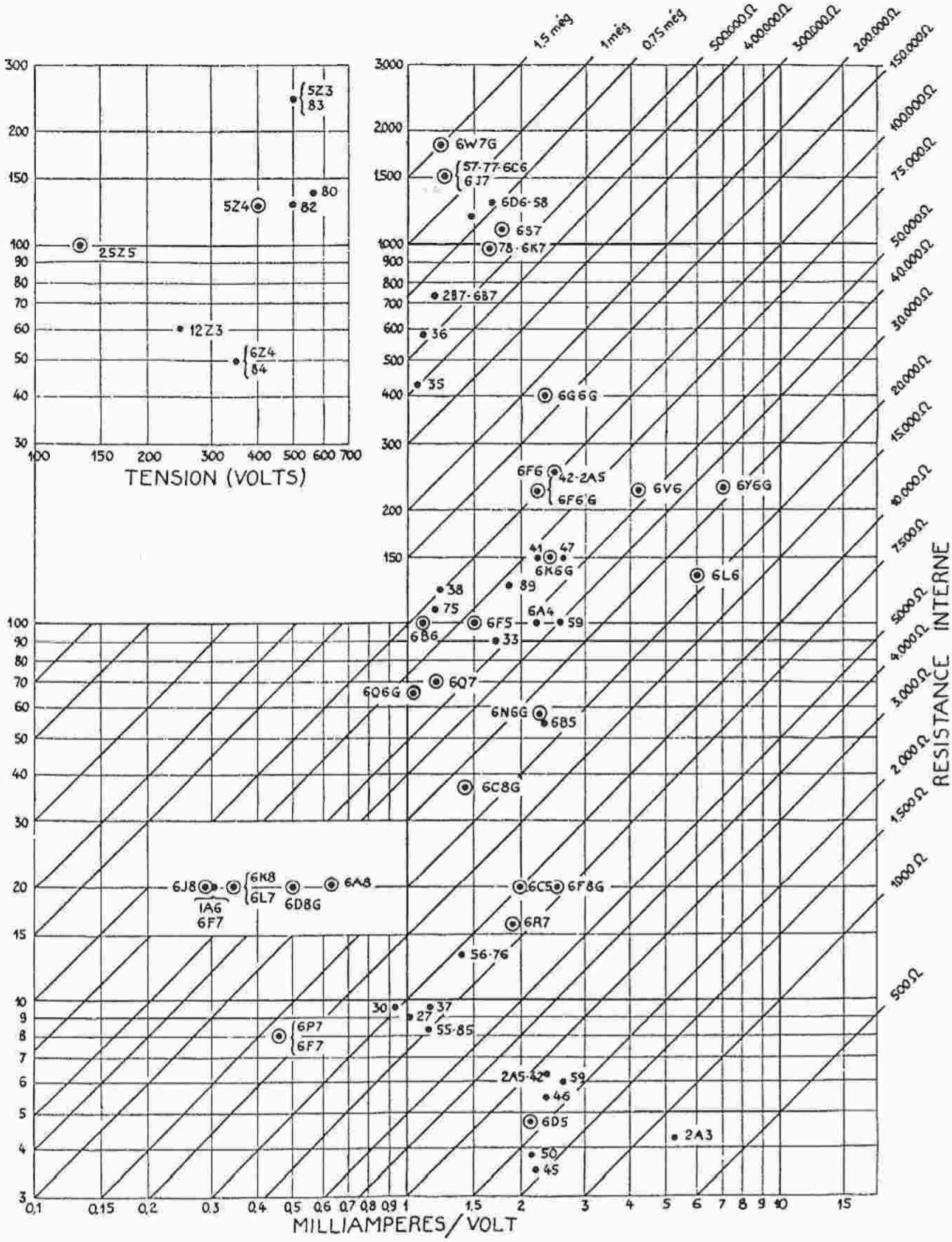
REMARQUE I. — Sur l'abaque principal, les tubes multigrilles ou doubles pour changement de fréquence figurent dans un rectangle blanc sur la même ligne horizontale. Pour ces tubes est indiquée seulement la pente de conversion, $p_c$.

REMARQUE II. — Les caractéristiques des principaux tubes américains sont mentionnées dans le tableau simplifié ci-dessous. Dans ce tableau, les tubes sont classés par fonction et séries.

## TUBES AMÉRICAINS

| FONCTION | TUBES VERRE (Culot à 4, 5, 6, 7 broches) | | | | TUBES OCTAL (6,3 V — 0,3 Amp.) | | | | TUBES OCTAL (6,3 V — 0,15 Amp.) | | | | TUBES OCTAL (Nouvelles séries) | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | $\mu$ | $R_i$ | $p$ | | $\mu$ | $R_i$ | $p$ | | $\mu$ | $R_i$ | $p$ | | $\mu$ | $R_i$ | $p$ |
| Multigrilles ou oscillatrices modulatrices combinées | 6A7<br>6F7 | —<br>— | 0,3 MΩ<br>0,85 MΩ | 0,52<br>0,3 | 6A8<br>6P7 | —<br>— | 0,3 MΩ<br>0,35 MΩ | 0,52<br>0,3 | 6D8G | — | 0,32 MΩ | 0,5 | 6K8<br>6J8 | —<br>— | 0,6 MΩ<br>4 MΩ | 0,35<br>0,3 |
| Pentodes à pente variable HF ou MF | 6D6<br>78 | 1280<br>990 | 0,8 MΩ<br>0,6 MΩ | 1,6<br>1,65 | 6K7 | 1280 | 0,3 MΩ | 1,6 | 6S7 | 1100 | 0,63 MΩ | 1,75 | | | | |
| Détectrices diodes ou diodes combinées | 75<br>85<br>6S7 | 100<br>8,3<br>800 | 91000 Ω<br>7500 Ω<br>0,6 MΩ | 1,1<br>1,1<br>1,325 | 6Q7<br>6R7<br>6H6 | 70<br>16 | 59000 Ω<br>8500 Ω | 1,2<br>1,9 | 6Q6G<br>6T7G | 65<br>65 | 65000 Ω | 1,05<br>1 | | | | |
| Triodes ou pentodes BF amplific. de tension | 77<br>6C6 | 1500<br>2500 | 1,5 MΩ<br>2 MΩ | 1,25<br>1,22 | 6J7<br>6F8<br>6C8 | 2500<br>100<br>20 | 2 MΩ<br>66000 Ω<br>10000 Ω | 1,22<br>1,5<br>2 | 6W7G | 1850 | 1,5 MΩ | 1,225 | | | | |
| Triodes de puissance | | | | | 6A6<br>6C8G<br>6F8G | —<br>38<br>20 | 26000 Ω<br>7700 Ω | 1,45<br>2,6 | | | | | 6AC5 | | | |
| Tétrodes et pentodes de puissance | 42 | 220 | 0,1 MΩ | 2,2 | 6L6<br>6V6<br>6F6 | 135<br>218<br>220 | 22500 Ω<br>52000 Ω<br>0,1 MΩ | 6<br>4,1<br>2,2 | 6Q6G | 400 | 0,175 MΩ | 2,2 | 6Y6G<br>6K6G | 225<br>150 | —<br>68000 Ω | 7<br>2,2 |

# CARACTÉRISTIQUES DES TUBES AMÉRICAINS



# UTILISATION DES TUBES. — COURBES DE CONVERSION

## BUT DE L'ABAQUE

Les constructeurs de tubes de T.S.F. publient des tableaux donnant les caractéristiques d'utilisation, en amplificateurs de la classe A, de ces tubes. Ils indiquent, en particulier, quelle doit être pour une certaine tension de plaque $V_p$ (et une certaine tension d'écran $V_{g2}$ dans les tubes multigrilles), la valeur de la tension de polarisation $V_g$, de la résistance de polarisation ou de cathode $R_k$, de la résistance de charge $R_a$; quelles sont, d'autre part, les valeurs du courant plaque $I_a$ et du courant d'écran $I_{g2}$, de la puissance de sortie de $W_o$.

Il va sans dire que si un tube n'est pas alimenté avec la tension plaque et la tension d'écran requises par le tableau de caractéristiques, la valeur de la résistance de cathode $R_k$, pour une utilisation correcte, devra être modifiée; pour toutes ces raisons, les valeurs de $V_g$, $R_a$, $I_a$, $I_{g2}$ et $W_o$ varieront.

Le but de ces trois abaques 44 a, 44 b, 44 c, est de savoir l'ordre de grandeur de la variation de $R_k$, $V_g$; $R_a$, tension de plaque $V_p$ et de la tension d'écran $V_g$ ou de $I_a$, $I_{g2}$ et $W_o$ correspondant à une variation donnée de la tension d'écran $V_g$ ou de l'une ou l'autre de ces tension. Ces abaques sont dits *abaques de conversion.*

## CONSTITUTION DE L'ABAQUE

Les trois abaques 44 a, 44 b, 44 c sont du type cartésien à graduations proportionnelles. L'abaque 44 a porte en abscisses, les valeurs des variations de tension plaque et d'écran de — 50 à + 50 %; en ordonnées, de — 150 à + 250 %, les variations correspondant aux autres valeurs ($R_k$, $V_g$, $R_a$, $I_a$, $I_{g2}$ et $W_o$); 4 courbes sont figurées sur le tracé, qui se rapportent aux valeurs marquées ci-dessus entre parenthèses.

L'abaque 44 b porte en abscisses, les valeurs des variations de tension de plaque (de — 50 à + 50 %); en ordonnées, de — 75 à + 75 %, les variations correspondant aux autres valeurs. Sur cette figure, cinq courbes ont été tracées.

L'abaque 44 c porte en abscisses, les valeurs des variations de la tension d'écran de — 50 à + 50 % et, en ordonnées, de — 75 à + 125 %, les valeurs des autres grandeurs; quatre courbes se rapportent sur ce tracé à ces grandeurs.

## APPLICATIONS

PREMIER EXEMPLE. — *Le tableau des caractéristiques d'un tube pentode EL6 donne les valeurs optimum suivantes d'utilisation :*

$V_p = 250$ V; $V_{g2} = 250$ V; $R_k = 85\ \Omega$; $V_g = 7$ V;
$R_a = 3.500\ \Omega$; $I_a = 72$ mA; $I_{g2} = 8{,}5$ mA;
$W_o = 8{,}2$ W,

*Calculer ces nouvelles valeurs lorsque les tensions d'alimentation plaque et écran subissent une diminution de 20 % (abaque 44 a).*

**L'abaque 44 a montre, par intersection entre la verticale correspondant à l'abscisse — 20 et les courbes, que dans ces conditions : la résistance de polarisation $R_k$ et la résistance de charge $R_a$ devront être augmentées de 12 %; la tension de grille $V_g$ sera ainsi diminuée de 20 %; l'intensité de plaque $I_a$ et l'intensité de grille écran $I_{g2}$ seront diminuées de 27 %; enfin, la puissance de sortie sera diminuée de 45 %.**

**Dans ces conditions, les nouvelles caractéristiques optimum d'utilisation avec 20 % de diminution des tensions de plaque et d'écran seront :**

**$V_p = 200$ V; $V_{g2} = 200$ V; $R_k = 96\ \Omega$;**
**$R_a = 3.920\ \Omega$; $V_g = 5{,}6$ V; $I_a = 52{,}5$ mA;**
**$I_{g2} = 6{,}2$ mA; $W_o = 4{,}5$ W.**

DEUXIÈME EXEMPLE. — *Pour le même tube EL6, calculer les valeurs optimum lorsque, seule, diminue de 20 % la valeur de la tension plaque (abaque 44 b).*

**En opérant de même, pour l'abaque 44 b, on trouve :**

| Pour | $V_p$ | $R_k$ | $R_a$ | $V_g$ | $I_a$ | $I_{g2}$ | $W_o$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Variations | - 20 | - | - 15 | O | - 4 | + 3 | - 21 |
| Nouvelle valeur | 200 V | - | 2.980 Ω | 7 V | 69 mA | 8,75 mA | 6,5 W |

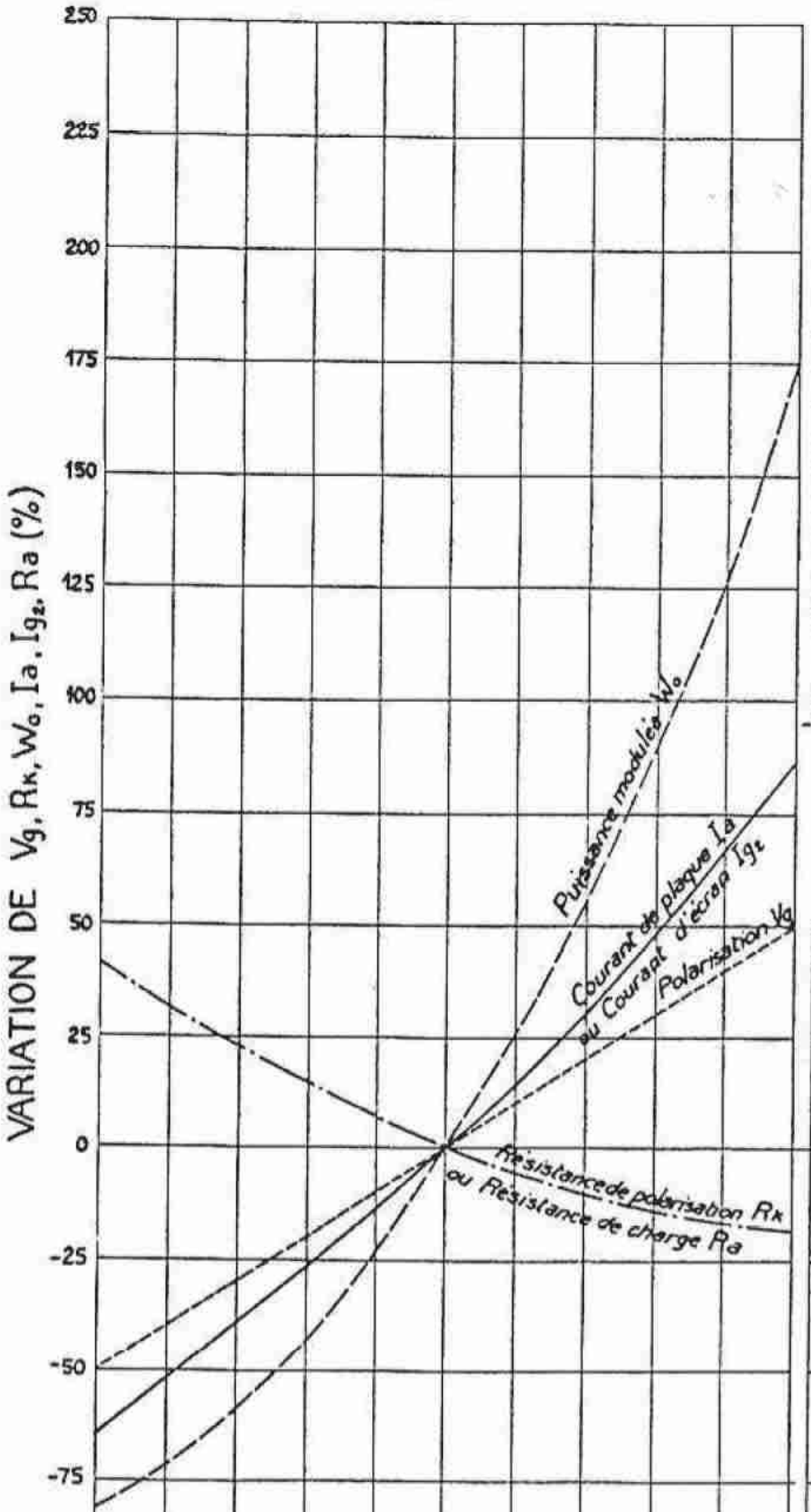
TROISIÈME EXEMPLE. — *Pour le même tube EL6, calculer les valeurs optimum d'utilisation lorsque seule, diminue de 20 % la valeur de la tension d'écran (abaque 44 c).*

**En opérant comme précédemment, sur l'abaque 44 c, on trouve :**

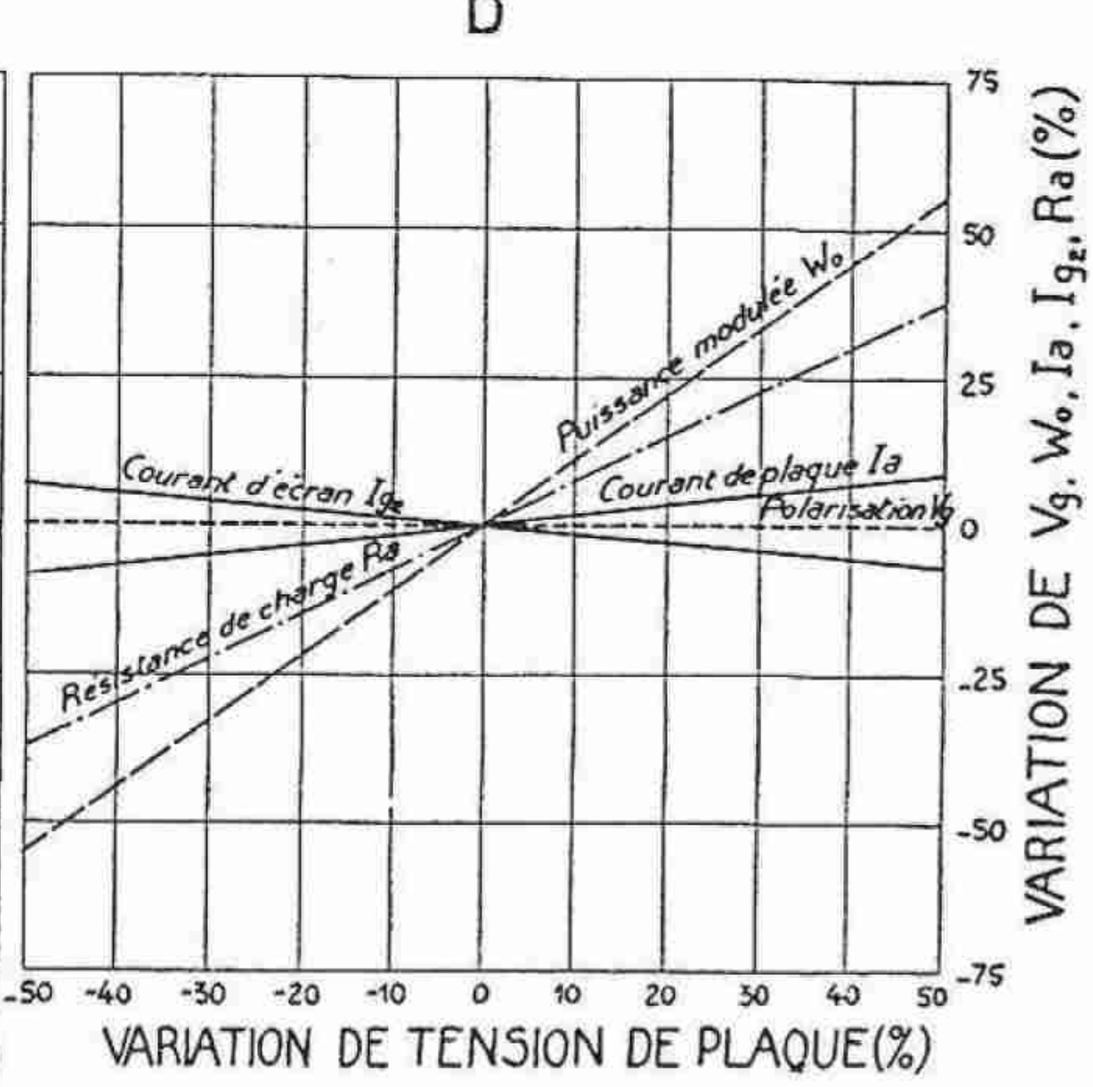
| Pour | $V_g$ | $R_k$ | $R_a$ | V | I | $I_{g2}$ | $W_o$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Variations | - 20 | - | + 37 | - 20 | - 22,5 | - 22,5 | - 25 |
| Nouvelle valeur | 200V | - | 4800Ω | 5,6 V | 56 mA | 6,6 mA | 6,15W |

# UTILISATION DES TUBES. — COURBES DE CONVERSION

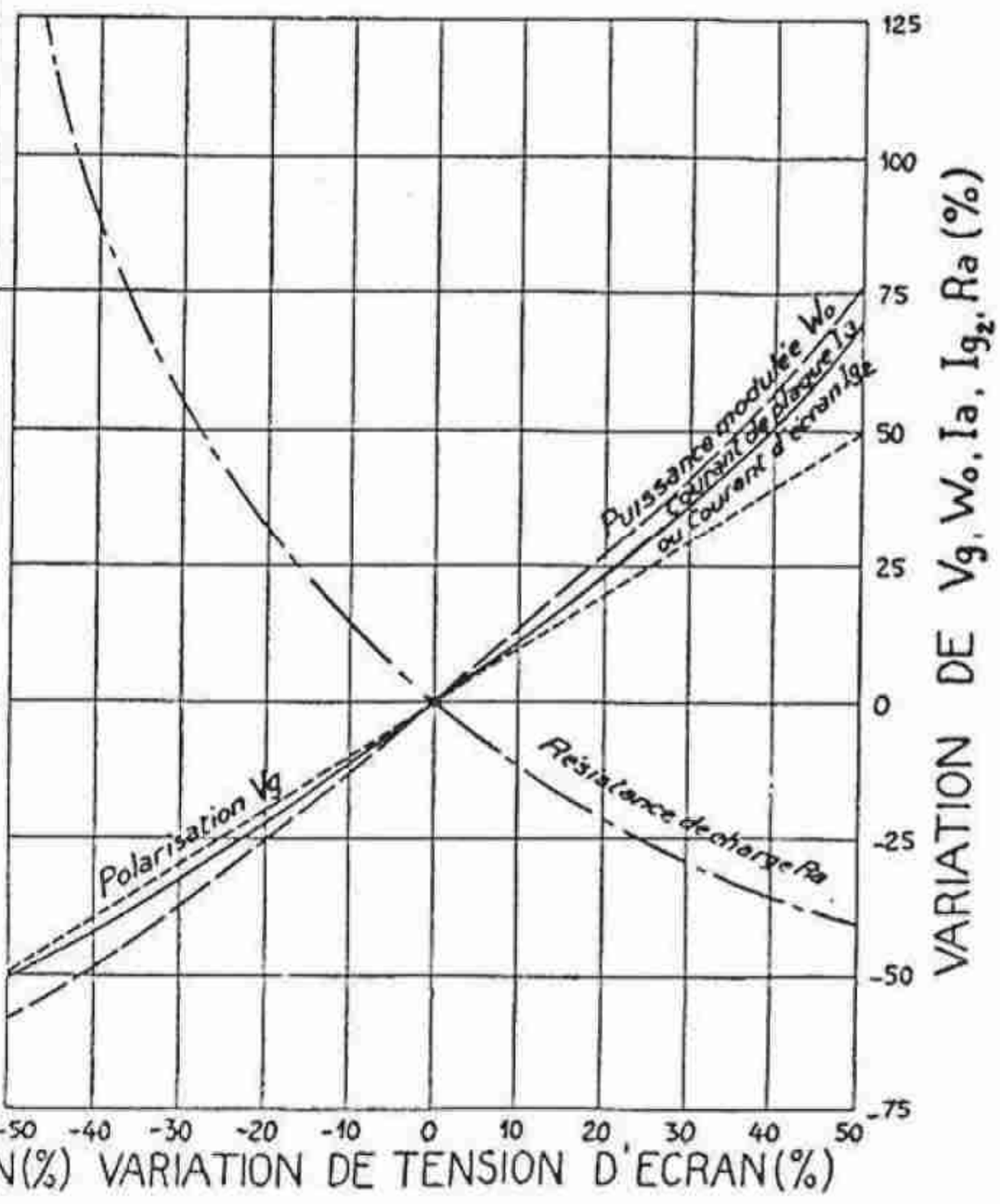
a




b




C



# AMPLIFICATION DES TUBES EN TENSION

## (Couplage par résistance-capacité)

### FORMULES DE CALCUL

L'amplification d'un tube en tension est donnée par la formule :

$$(1) \qquad \boxed{\frac{V_o}{V_i} = A = \frac{\mu \times R_a}{R_a + R_i}}$$

Dans cette formule, $V_o$ est la tension à la sortie du tube (ou appliquée au tube suivant), $V_i$ est la tension appliquée à l'entrée du tube (voir figures 1 et 2), A est *l'amplification en tension ou gain*, $\mu$ est le coefficient d'amplification du tube, $R_a$ est la résistance de charge du tube montée dans le circuit plaque, $R_i$ la résistance interne du tube.

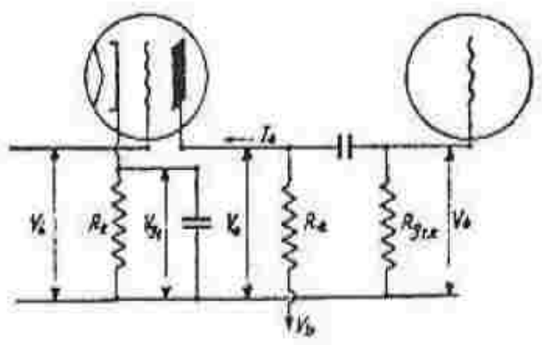


Fig. 1. — Triode à liaison par résistance-capacité.

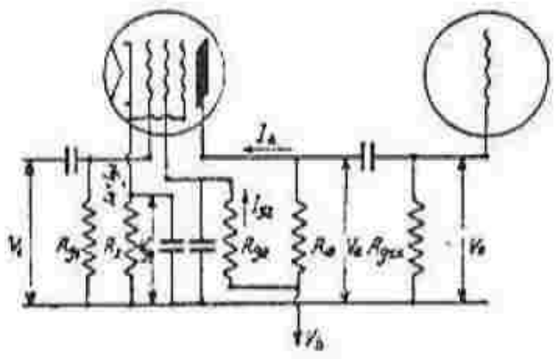


Fig. 2. — Penthode à liaison par résistance-capacité.

Si dans le circuit plaque est montée au lieu et place d'une résistance, une impédance de charge (bobine à fer, par exemple) de valeur $X_a$ à une certaine fréquence, la formule (1) est applicable et s'écrit :

$$(2) \qquad \boxed{A = \frac{\mu \times X_a}{X_a + R_i}}$$

### CONSTITUTION DE L'ABAQUE

L'abaque 45 traduit les deux formules précédentes et comporte six échelles :

Echelle n° 1 : Echelle des valeurs de $R_a$ (ou de $X_a$) ;

Echelle n° 2 : Echelle des valeurs de $R_i$;

Echelles n$^{os}$ 3 et 4 : Echelles des valeurs du rapport $\frac{R_a}{R_a + R_i}$ (la première n'est pas logarithmique) ;

Echelle n° 5 : Echelle des valeurs du gain ou amplification en tension;

Echelle n° 6 : Echelle des valeurs du coefficient d'amplification $\mu$.

### APPLICATIONS

EXEMPLE. — *Calculer le gain obtenu avec un tube pentode EF6 monté avec une résistance de charge $R_a$ = 100.000 ohms (les caractéristiques du tube données par le constructeur sont : $\mu$ = 1.600, $R_i$ = 800.000 ohms.*

**Alignons la valeur de $R_a$ (100.000) lue sur l'échelle 1 et celle de $R_i$ (800.000) lue sur l'échelle 2, nous coupons l'échelle 3 en un point marqué 0,11 environ. Reportons cette valeur sur l'échelle 4, alignons-la avec la valeur de $\mu$ (1.600) lue sur l'échelle 6, nous coupons l'échelle 5 au point marqué 178. La valeur du gain est de *178 environ*.**

REMARQUE. — En pratique, la valeur trouvée pour le gain dépend aussi de certaines autres caractéristiques du tube ($V_b$, $V_{g2}$, $V_{g1}$, $R_{g1\ x}$). Voir, à ce sujet, les figures 1 et 2. Aussi l'abaque 45 donne la valeur de l'ordre de grandeur du gain.

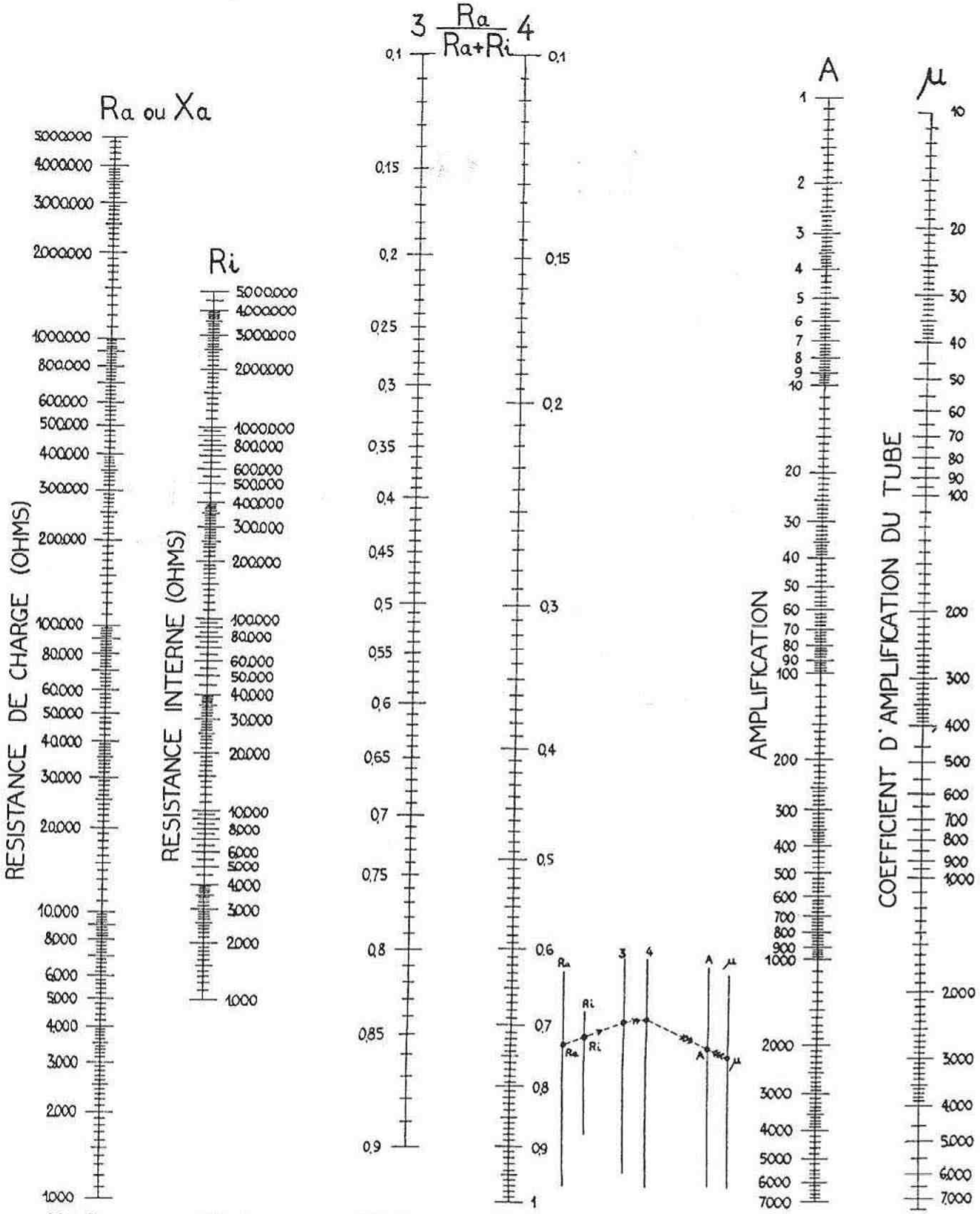
La valeur exacte, dans telle ou telle condition d'utilisation en amplification BF est mesurée au laboratoire par les constructeurs de tubes.

Les valeurs mesurées sont rassemblées dans un tableau.

Nous donnons en annexe (XVIII et XIX) deux de ces tableaux pour les tubes américains et les tubes européens (pages 184 et 185).

On voit, par exemple, sur le tableau page 185, que l'amplification en tension peut, suivant l'utilisation, varier de 75 à 180 pour le tube EF6. Les écarts obtenus pour des tubes triodes sont, évidemment, beaucoup moins importants.

# AMPLIFICATION DES TUBES EN TENSION
## (Couplage par résistance-capacité)



# AMPLIFICATION DES TUBES EN INTENSITÉ

## FORMULES DE CALCUL

L'amplification ou gain en ampères dans un étage de puissance a pour valeur :

$$(1) \qquad A' = \frac{\mu}{R_i} \times \frac{R_i}{R_i + R_a}$$

$$(2) \qquad A' = \rho \times \frac{R_i}{R_i + R_a}$$

Dans les relations précédentes, A′ est l'amplification en intensité, $\mu$ le coefficient d'amplification du tube final, $R_i$ sa résistance interne, $R_a$ l'impédance de charge montée dans le circuit de plaque du tube.

Les relations précédentes peuvent encore s'écrire plus simplement, comme ci-dessous :

$$(3) \qquad \boxed{A' = \frac{\mu}{R_i + R_a}}$$

## CONSTITUTION DE L'ABAQUE

L'abaque à points alignés n° 46 traduit la relation (3) écrite précédemment. Cet abaque comporte trois échelles :

Echelle N° 1 : Echelle des valeurs du coefficient d'amplification $\mu$;

Echelle N° 2 : Echelle des valeurs de l'amplification en intensité A′;

Echelle n° 3 : Echelle des valeurs de $R_i + R_a$.

## APPLICATIONS

EXEMPLE. — *Calculer l'amplification en ampères d'un tube pentode EL6 pour lequel le constructeur indique les valeurs suivantes : $\mu = 300$, $R_i = 20.000$ ohms, $R_a = 3.500$ ohms.*

**La valeur de la somme $R_i + R_a$ est ici :**

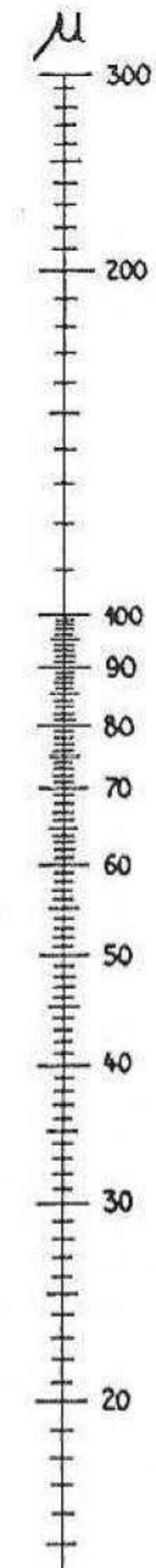
$$20.000 + 3.500 = 23.500.$$

**Alignons la valeur de $\mu$ (300) lue sur l'échelle 1 et celle de $R_i + R_a$ (23.500) lue sur l'échelle 3, nous coupons l'échelle 2 sur le nombre *0,01275*. Ce nombre signifie que toute variation de tension de 1 volt appliquée sur la grille du tube EL6 entraîne une variation d'intensité dans le circuit plaque de *0,01275 ampère* ou *12,75 milliampères*. Une tension de 4 volts se traduirait par suite, par une variation d'intensité de 51 milliampères.**

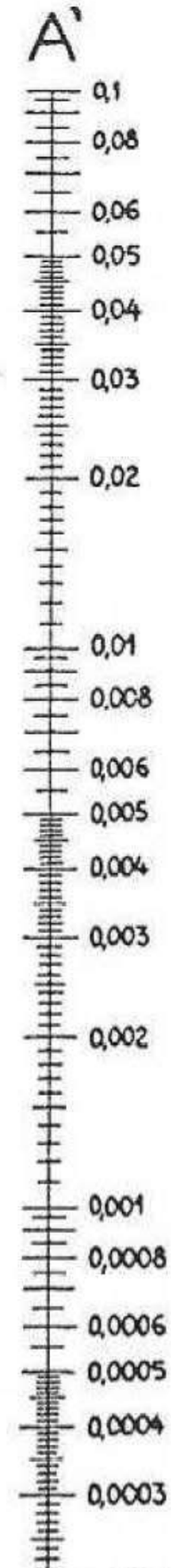
REMARQUE. — On voit, en examinant la formule précédente, que l'amplification en intensité A′ est d'autant plus élevée que le coefficient d'amplification $\mu$ du tube est plus élevé et que les valeurs de la résistance interne $R_i$ et celle de l'impédance de charge $R_a$ sont faibles.

En d'autres termes, cette amplification est d'autant plus grande que la pente du tube ($\rho = \frac{\mu}{R_i}$) est grande et que l'impédance de charge $R_a$ est faible; ce qui est le cas pour le tube ayant fait l'objet de l'exemple précédent (pente 15, impédance de charge 3.500 ohms).

# AMPLIFICATION DES TUBES EN INTENSITÉ



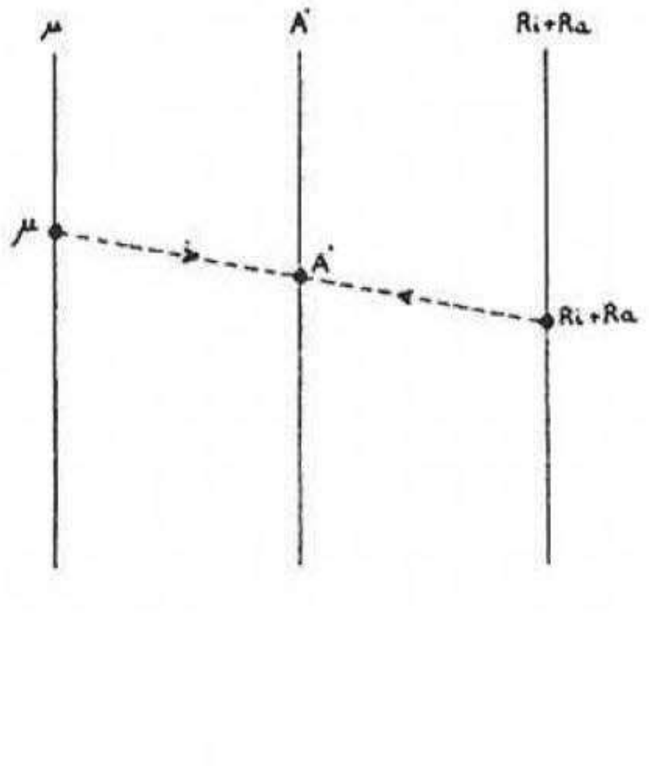

N° 1




N° 2




N° 3



# PUISSANCE MODULÉE DANS UN ÉTAGE FINAL

## FORMULE DE CALCUL

La puissance modulée dans un tube basse fréquence de sortie est donnée par la formule :

(1) $$W_o = \frac{1}{2}\left(\frac{\mu \Delta u_m}{R_i + R_a}\right)^2 R_a$$

Dans cette formule, $W_o$ est la puissance modulée exprimée en watts, $\mu$ est le coefficient d'amplification du tube, $R_i$ sa résistance interne, $R_a$ la résistance ou l'impédance de charge du tube, $\Delta u_m$ est la tension alternative maximum qui peut être appliquée sur la grille du tube sans qu'il y ait distorsion appréciable ou apparition de courant grille.

Les constructeurs de tubes donnent quelquefois la valeur efficace $\Delta u_{eff}$ et l'on a entre la valeur maximum et la valeur efficace, la relation :

$$\Delta u_m = \Delta u_{eff} \times \sqrt{2}$$

Si l'on étudie algébriquement la variation de $W_o$ dans la relation (1) en fonction de $R_a$, on voit que la dérivée première de la fonction s'annule pour $R_a = R_i$ et que la dérivée seconde s'annule pour $R_a = 2\ R_i$. La courbe représentative des valeurs de $W_o$ en fonction de $R_a$, quand on fait croître $R_a$ de 0 à $+\infty$, présente donc un maximum pour $R_a = R_i$, et ce maximum a pour valeur :

$$W_{o\ max.} = \frac{\mu^2 \Delta u_m{}^2}{8\ R_i}$$

Cette courbe présente, d'autre part, une inflexion pour $R_a = 2\ R_i$ (voir figure 1).

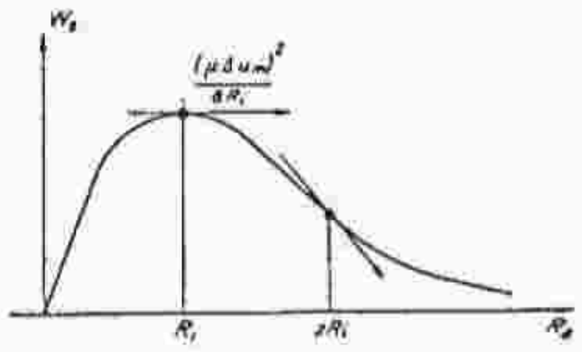



Fig. 1

## CONSTITUTION DE L'ABAQUE

La formule 1 a été traduite par l'abaque 47 à points alignés qui comporte trois échelles :

Echelle n° 1 : Echelle des valeurs de la puissance modulée $W_o$;

Echelle n° 2 (gauche) : La partie haute porte les valeurs de la résistance de charge $R_a$; la partie basse, les valeurs des tensions alternatives maximum appliqués à la grille $\Delta u_m$;

Echelle n° 2 (droite) : Echelle des valeurs de la somme $R_i + R_a$;

Echelle n° 3 : Echelle des valeurs de $\mu$.

## APPLICATIONS

EXEMPLE. — Calculer la puissance modulée d'un tube EL5 quand on applique sur sa grille, une tension de 8 volts efficaces (11,3 volts max.). Les caractéristiques du tube, données par un tableau de tubes, sont :

$$R_i = 33.000 \text{ ohms.}$$

$$\mu = \frac{R_i \times p}{1.000} = \frac{33.000 \times 7}{1.000} = 231$$

*et la résistance de charge conseillée de 3.500 ohms.*

**Alignons la valeur de $\mu$ (231) lue sur l'échelle 3 et celle de $\Delta u$ (11,3) lue sur l'échelle 2 de gauche et du bas, nous coupons l'échelle 1 (utilisée ici comme échelle de réflexion) en un premier point. Alignons ce point et la valeur de $R_i + R_a$ (33.000 + 3.500 = 36.500 ohms) lue sur l'échelle 2 droite, nous coupons l'échelle 3 (utilisée ici comme échelle de réflexion) en un deuxième point. Alignons ce deuxième point et la valeur de $R_a$ (3.500) lue sur l'échelle 2 de gauche et du haut. Nous coupons l'échelle 1 au point 9 environ. La puissance modulée est approximativement : *9 watts.***

REMARQUE : Nous donnons ci-dessous 2 tableaux indiquant pour les tubes les plus courants la valeur de la puissance dissipée $W_a$ et la valeur de la puissance maximum modulée $W_o$ (avec une distorsion de 10 %).

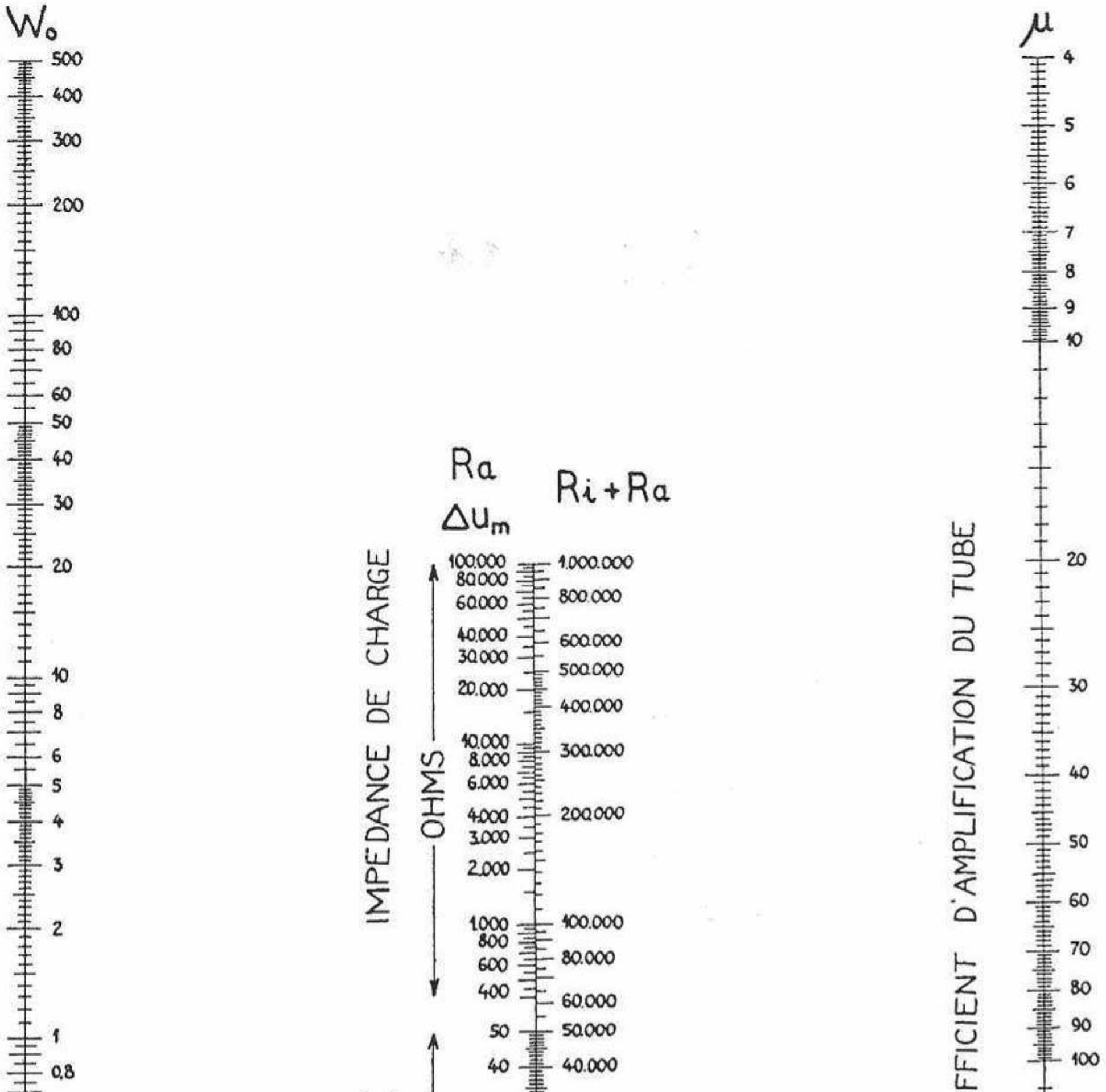
### TUBES EUROPÉENS

| TRIODES | | | PENTODES ET TÉTRODES | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $W_a$ | $W_o$ | | $W_a$ | $W_o$ | | $W_a$ | $W_o$ |
| 45 | 9,9 | 2 | 47 | 9,25 | 2,7 | 6 F 6 | 10 | 3 |
| 2 A 3 | 15 | 3,5 | 2 A 5 | 10 | 3 | 6 K 6 | 8 | 3,4 |
| 6 AC 5 | | 8 | 59 | 11 | 3 | 6 G 6 | 2,7 | 1,1 |
| 6 N 6 | 12,5 | 4 | 41 | 9,4 | 3,4 | 6 V 6 | 11 | 4,25 |
| 50 | 24 | 4,6 | 89 | 9,4 | 3,4 | 6 L 6 | 18 | 6,5 |

### TUBES AMÉRICAINS

| TRIODES | | | PENTODES | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $W_a$ | $W_o$ | | $W_a$ | $W_o$ | | $W_a$ | $W_o$ |
| D 410 | 8 | 1 | E443H | 9 | 3,8 | EL 3 | 9 | 4,4 |
| E 406 | 12 | 2 | AL 1 | 9 | 3,1 | EL 5 | 18 | 7,7 |
| E408N | 12 | 2,7 | AL 2 | 9 | 3,8 | EL 6 | 18 | 8,2 |
| AD 1 | 15 | 4,2 | AL 3 | 9 | 4,5 | EL 11 | 9 | 4,5 |
| F 410 | 25 | 6,2 | EL 2 | 8 | 3,6 | | | |

# PUISSANCE MODULÉE DANS UN ÉTAGE FINAL



# GAIN ET AFFAIBLISSEMENT — PUISSANCES (0 à 60 db.)

## FORMULE DE CALCUL

En électricité comme en acoustique, on compte les gain et affaiblissement en unités logarithmiques. Pour l'acoustique, en particulier, l'emploi des unités logarithmiques se justifie par la *loi de Fechner* qui s'énonce ainsi : *la sensation sur l'oreille varie comme le logarithme de l'excitation.*

Si $P_1$ et $P_2$ désignent deux puissances ($P_2$ la puissance à l'entrée d'un amplificateur, par exemple, et $P_1$ la puissance à la sortie), le rapport de ces puissances est :

$$\frac{P_1}{P_2}$$

Il y a gain ou amplification, A, si :

$$\frac{P_1}{P_2} > 1$$

Il y a affaiblissement, *a*, si :

$$\frac{P_1}{P_2} < 1$$

Le gain ou l'affaiblissement s'exprime en décibels et se calcule à l'aide de la formule :

(1) $$\boxed{A \text{ ou } a = 10 \log \frac{P_1}{P_2}}$$

Dans cette formule, $P_1$ et $P_2$ sont les puissances exprimées en watts, l'amplification A ou l'affaiblissement *a* sont exprimés en décibels; ils sont, comme on le voit, égaux à 10 fois la valeur du logarithme ordinaire ou vulgaire du rapport $\frac{P_1}{P_2}$

## CONSTITUTION DE L'ABAQUE

L'abaque 48 traduit la formule (1). Il est à graduations ordinaires en abscisses et à graduations logarithmiques en ordonnées.

On a porté en abscisses les valeurs du gain ou de l'affaiblissement en décibels (de 0 à 60 décibels) et en ordonnées, du côté gauche, les rapports de puissance dans le cas de gain (1 à 1.000.000) ; en ordonnées, du côté droit, les valeurs des rapports de puissance en cas d'affaiblissement (1 à 0,000.001).

Pour le cas de gain, le nombre de décibels est, évidemment, positif; pour le cas d'affaiblissement, ce nombre est, évidemment, négatif.

## APPLICATIONS

EXEMPLE. — *Un récepteur ordinaire débite une puissance $P_2$ de 1,25 watt modulé sur un amplificateur de puissance donnant à sa sortie $P_1 = 60$ watts.*

*Quel est, en décibels, le gain de ce dernier amplificateur?*

**Le rapport des deux puissances est :**

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{60}{1,25} = 48.$$

**Menons par 48 lu sur l'échelle des ordonnées, côté gauche, une horizontale qui coupe l'oblique figurée en trait fort en un point. Menons la verticale de ce point; elle coupe l'échelle des abscisses au point 17. Le gain réalisé avec l'amplificateur considéré est + *17 décibels*.**

REMARQUE I. — Nous donnons en annexe (tableau XX, page 186) la valeur des gains ou affaiblissements correspondant à des rapports $\frac{P_2}{P_1}$ (gain) ou $\frac{P_1}{P_2}$ (affaiblissement) de dixième en dixième de décibels et de 0,1 à 20 décibels.

REMARQUE II. — En acoustique, le niveau zéro de puissance correspond à :

$10^{-16}$ watts par $cm^2$

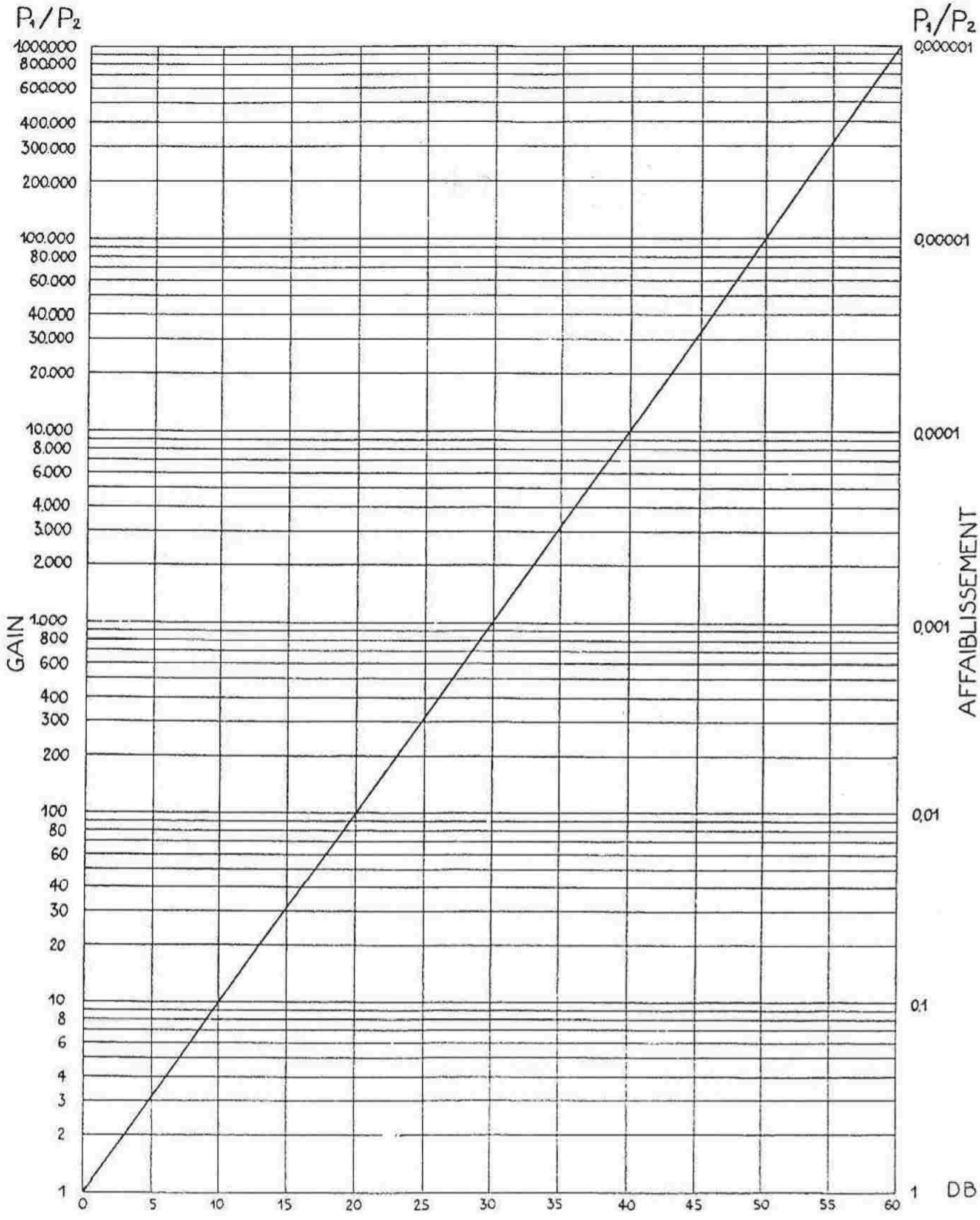
(*Voir à ce sujet la note accompagnant l'abaque 53, page 122*).

A partir de cette référence, on a indiqué dans le tableau ci-dessous les valeurs de quelques bruits usuels exprimés en décibels (1) :

| | |
|---|---|
| Murmure | 20 db |
| Campagne très tranquille | 28 — |
| Tictac de pendule ou réveille-matin | 32 — |
| Studio de T. S. F. | 38 — |
| Papier déchiré | 42 — |
| Récepteur de T. S. F. (bruit de fond) | 45 — |
| Conversation | 55 — |
| Armoire frigorifique | 60 — |
| Machine à laver électrique | 62 — |
| Aspirateur de poussière | 65 — |
| Machine à écrire | 70 — |
| Intérieur d'une voiture automobile, moteur en marche | 75 — |
| Machine d'imprimerie | 79 — |
| Compartiment de chemin de fer (fenêtres ouvertes) | 80 — |
| Ventilateur (turbine) | 86 — |
| Métropolitain | 90 — |
| Presse à emboutir | 110 — |
| Chaudronnerie | 115 — |
| Avertisseur d'automobile | 120 — |
| Avion à 3 mètres | 125 — |
| Marteau pneumatique | 130 — |

(1) Valeurs indiquées par L. Chrétien dans son ouvrage *Théorie et Pratique de la Radioélectricité* (Etienne Chiron, Editeur).

# GAIN ET AFFAIBLISSEMENT — PUISSANCES (0 à 60 db.)



# GAIN ET AFFAIBLISSEMENT — TENSION ET INTENSITÉ

## (0 à 120 db.)

### FORMULES DE CALCUL

On peut, dans certaines conditions, utiliser le décibel pour apprécier le rapport de deux tensions ou de deux intensités, mais il faut, pour la valeur indiquée, que ces tensions ou ces intensités soient relatives à des circuits présentant des impédances égales (1).

On sait que le rapport de deux puissances à impédance égale varie comme le rapport des carrés des intensités; les formules de calcul s'écrivent donc, dans le cas des tensions ou des intensités :

(1) $$A \text{ ou } a = 20 \log \frac{U_1}{U_2}$$

(2) $$A \text{ ou } a = 20 \log \frac{I_1}{I_2}$$

Dans ces formules, $U_1$ et $U_2$ sont les tensions exprimées en volts, $I_1$ et $I_2$ les intensités exprimées en ampères, A ou $a$ le gain ou l'affaiblissement (en tension ou en intensité) exprimés en décibels positifs ou négatifs selon le cas.

### CONSTITUTION DE L'ABAQUE

L'abaque 49 traduit les formules (1) et (2). Il est à graduation ordinaire en abscisses et à graduation logarithmique en ordonnées. On a porté sur la figure, en abscisses, les valeurs de l'amplification ou de l'affaiblissement en décibels (de 0 à 120 décibels) et en ordonnées, du côté gauche, les rapports de tension ou d'intensité dans le cas de gain $U_1 > U_2$) ou $I_1 > I_2$) ; en ordonnées du côté droit, les rapports de tension ou d'intensité en cas d'affaiblissement ($U_1 < U_2$ ou $I_1 < I_2$).

Pour le cas de gain, le nombre de décibels est positif; pour le cas d'affaiblissement, ce nombre est négatif.

### APPLICATIONS

EXEMPLE. — *Nous avons trouvé, à l'aide de l'abaque 45, que le gain en tension d'un tube EF6 à liaison par résistance-capacité était de 178 (rapport* $\frac{U_1}{U_2}$*). Calculer la valeur de ce gain en décibels.*

**Menons l'horizontale de 178 lu sur l'échelle des ordonnées, côté gauche, jusqu'à sa rencontre avec l'oblique tracée sur l'abaque. Menons la verticale du point de rencontre qui coupe l'échelle des abscisses au point 44. Le gain en tension d'un tube EF6 est donc de *44 décibels*.**

REMARQUE I. — Nous donnons en annexe (tableau XXI, page 187) la valeur des gains ou affaiblissements correspondant à des rapports $\frac{U_1}{U_2}$ ou $\frac{I_1}{I_2}$ (gain) et $\frac{U_2}{U_1}$ ou $\frac{I_2}{I_1}$ (affaiblissement) ; et ceci de dixième en dixième de décibel et de 0,1 à 20 décibels :

REMARQUE II. — Lorsque les impédances ne sont pas égales, la formule (1) citée ci-dessus :

$$A \text{ ou } a = 20 \log \frac{U_1}{U_2}$$

n'est pas applicable.

Pour calculer un gain en pareil cas, il faut avoir recours à la notion de puissance.

On peut écrire alors, d'après la formule (1) de la page 112 :

$$A \text{ ou } a = 10 \log \frac{P_1}{P_2}$$

$$= 10 \log \frac{\frac{U_1^2}{R_1}}{\frac{U_2^2}{R_2}}$$

(3) $$A \text{ ou } a = 20 \log \frac{U_1}{U_2} + 10 \log \frac{R_2}{R_1}$$

Supposons, par exemple, qu'on ait affaire à un amplificateur ayant une impédance d'entrée $R_2 = 1 M\Omega$ et une impédance de charge en sortie $R_1 = 1.000$ ohms.

Si $U_2$ est la tension d'entrée et $U_1$ la tension de sortie, le gain n'est pas :

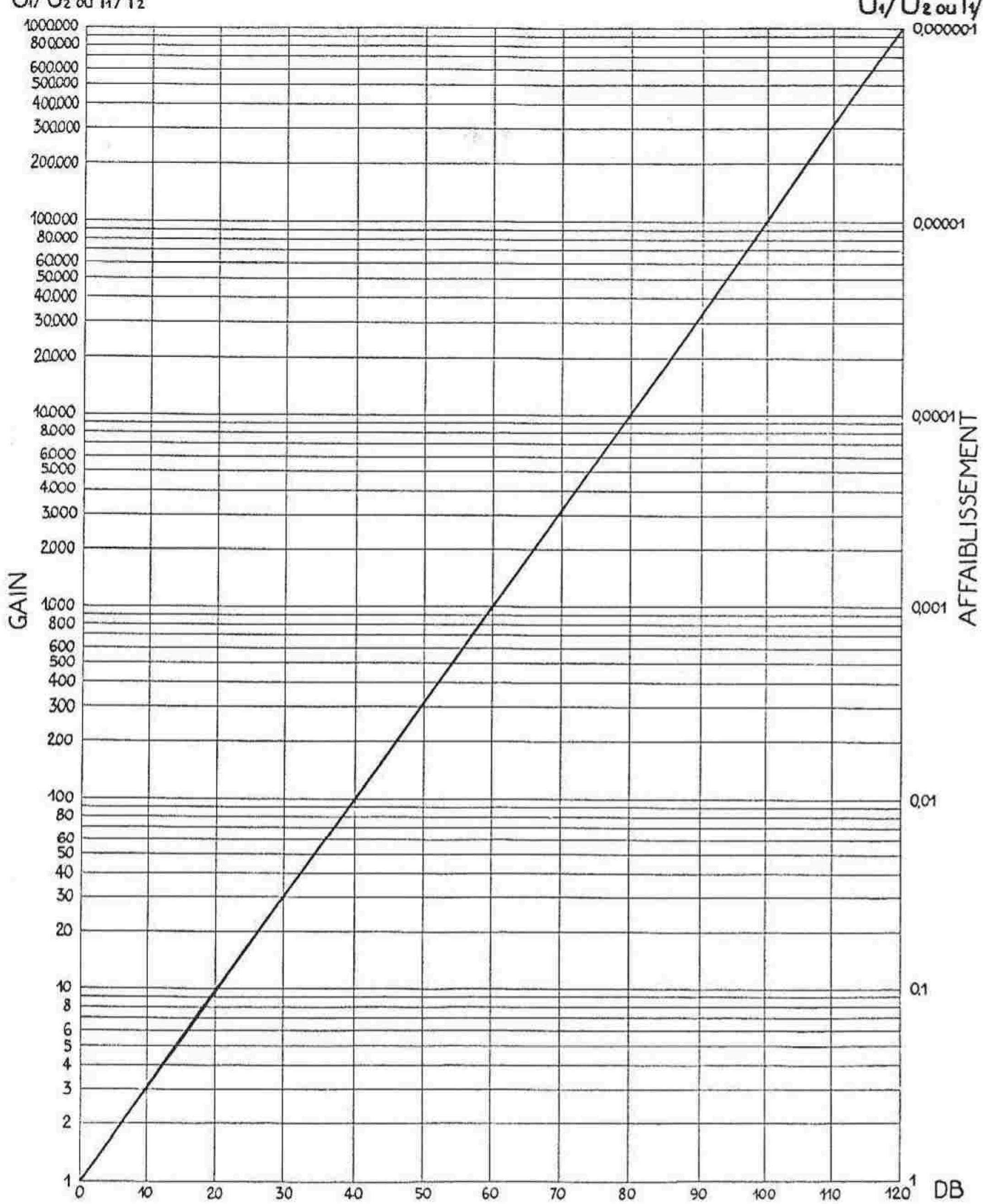
$$A = 20 \log \frac{U_1}{U_2} \text{ , mais :}$$

$$A = 20 \log \frac{U_1}{U_2} + 10 \log \frac{1.000.000}{1.000}$$

$$A = 20 \log \frac{U_1}{U_2} + 30.$$

(1) Voir abaques n° 56 pour les circuits à impédances différentes.

# GAIN ET AFFAIBLISSEMENT — TENSION ET INTENSITÉ
## (0 à 120 db.)



# GAIN ET AFFAIBLISSEMENT — PUISSANCES-VALEURS

(+ 40 à — 60 db.)

## FORMULES DE CALCUL

Nous avons vu précédemment que le décibel était l'unité choisie pour définir le gain ou affaissement, c'est-à-dire le rapport de deux puissances (ou le rapport de deux tensions ou de deux intensités).

Pratiquement, en acoustique ou en radioélectricité (en particulier dans la technique des amplificateurs de BF), on convient de choisir comme niveau sonore (ou niveau de puissance modulée (zéro décibels), une puissance de 0,006 watts.

En conséquence, toute puissance inférieure à 0,006 sera à un niveau négatif (exprimé en décibels) et toute puissance supérieure à 0,006 sera à un niveau positif.

Si P est une puissance sonore et acoustique exprimée en watts cette puissance correspond à un niveau N donné par la relation :

$$N_{db} = 10 \log \frac{P}{0{,}006}$$

## CONSTITUTION DE L'ABAQUE

L'abaque 50 traduit la formule précédente. Il est double. La partie gauche correspond aux valeurs supérieures à 0,006 W (niveaux positifs). Sur cette partie gauche, on a porté en ordonnées les valeurs des puissances de 0,001 watt à 100 watts, et en abscisses, les valeurs des niveaux en décibels (3 graduations). Sur la partie droite qui correspond aux valeurs inférieures à 0,006 watt (niveaux négatifs), on a porté en ordonnées les puissances de 0,01 microwatt à 1.000 microwatt (0,001 watt) et en abscisses, les valeurs des niveaux en décibels (3 graduations).

## APPLICATIONS

PREMIER EXEMPLE. — *La puissance appliquée à l'entrée d'un amplificateur est égale à 0,002 watt, la puissance modulée recueillie à la sortie est de 22 watts. Définir les niveaux d'entrée et de sortie et le gain en puissance de cet amplificateur.*

**Menons par 0,002 watt lus sur l'échelle des ordonnées (abaque de gauche). Nous rencontrons l'oblique située à la partie supérieure et à droite de cet abaque en un certain point qui est compris entre les abscisses — 4 et — 5 décibels; le niveau correspondant à 0,002 watt (entrée) est — *4,7 décibels* environ. Menons ensuite par 22 watts lus sur l'échelle des ordonnées (même abaque), une horizontale. Nous coupons l'oblique correspondante au point compris entre les abscisses 35 et 36. Le niveau correspondant à la sortie est donc *35,5 décibels*.**

**Le gain de l'amplificateur est donc :**

**4,7 + 35,5 = 40,2 décibels.**

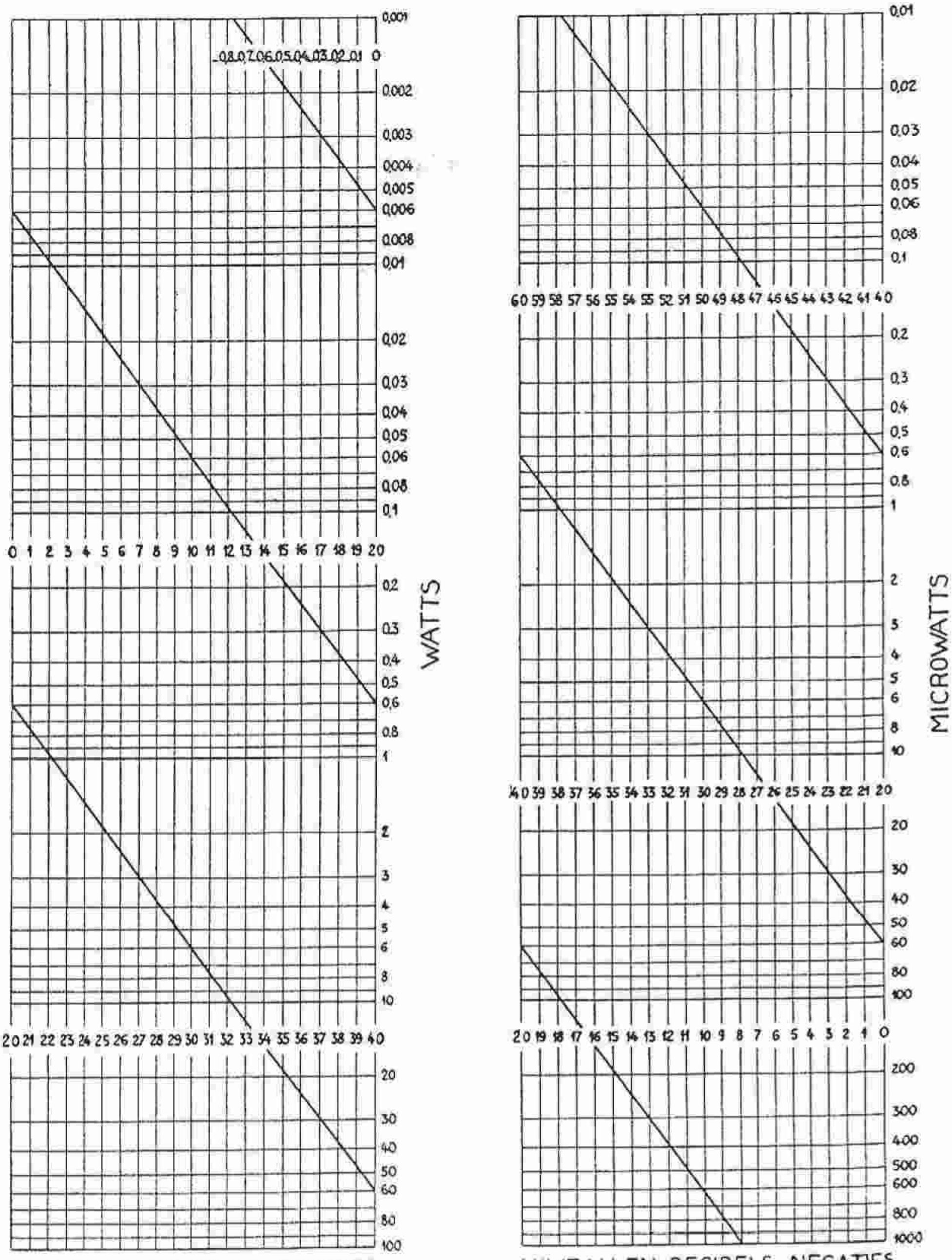
DEUXIÈME EXEMPLE. — *Calculer la puissance qui correspond au niveau + 33 décibels.*

**La ligne oblique du bas de l'abaque 50 coupe la verticale correspondant à l'abscisse + 33 décibels en un certain point. L'horizontale de ce point ccupe l'axe des ordonnées en un point correspondant à 12. Le niveau 33 décibels correspond donc à une puissance de *12 watts* environ.**

REMARQUE. — Dans le tableau ci-dessous, nous avons fait figurer les valeurs des puissances correspondant à des niveaux compris entre — 9 *db* et + 40 *db*. Ce tableau a été évidemment établi pour une valeur de 0,006 watt correspondant au niveau O.

| *db* | P | *db* | P | *db* | P | *db* | P |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| — 9 | 0,00075 | 4 | 0,015 | 17 | 0,30 | 30 | 6 |
| — 8 | 0,00095 | 5 | 0,019 | 18 | 0,38 | 31 | 7,5 |
| — 7 | 0,0012 | 6 | 0,024 | 19 | 0,47 | 32 | 9,5 |
| — 6 | 0,0015 | 7 | 0,030 | 20 | 0,60 | 33 | 11,9 |
| — 5 | 0,0019 | 8 | 0,039 | 21 | 0,75 | 34 | 15 |
| — 4 | 0,0024 | 9 | 0,037 | 22 | 0,95 | 35 | 10,9 |
| — 3 | 0,0030 | 10 | 0,060 | 23 | 1,2 | 36 | 23,8 |
| — 2 | 0,0030 | 11 | 0,075 | 24 | 1,5 | 37 | 30 |
| — 1 | 0,0048 | 12 | 0,095 | 25 | 1,9 | 38 | 38,7 |
| — 0 | 0,006 | 13 | 0,119 | 26 | 2,3 | 39 | 47,6 |
| 1 | 0,007 | 14 | 0,15 | 27 | 3 | 40 | 60 |
| 2 | 0,009 | 15 | 0,19 | 28 | 3,8 | | |
| 3 | 0,012 | 16 | 0,23 | 29 | 4,7 | | |

# GAIN ET AFFAIBLISSEMENT — PUISSANCES-VALEURS
## (+ 40 à — 60 db.)



# GAIN ET AFFAIBLISSEMENT — RÉSISTANCE, COURANT

## (+ 75 à — 150 db.)

### FORMULES DE CALCUL

Nous avons vu (abaque n° 50) que le niveau O était considéré en acoustique et dans la technique des amplificateurs, comme correspondant à une puissance de 0,006 watt.

De manière plus précise, ce niveau est aujourd'hui couramment admis comme correspondant à pareille dissipation dans une résistance de 500 ohms, ce qui, d'après la loi d'Ohm, correspond à une intensité :

$$I = \sqrt{\frac{P}{R}} = \sqrt{\frac{0{,}006}{500}} = 3.47 \text{ mA environ.}$$

(Il y a quelques années, on considérait comme niveau O celui correspondant à 3,1416 milliampères traversant une résistance de 600 ohms, ce qui correspondait à peu près à une puissance de 0,006 watt, cette valeur n'étant d'ailleurs pas exacte, l'intensité correspondant à 0,006 watt dans une résistance de 600 ohms ayant pour valeur $\sqrt{10}$, c'est-à-dire 3,162 mA.)

Dans le cas de la relation entre résistances et courants et du gain ou de l'affaiblissement en décibels, la formule de calcul est :

$$A \text{ ou } a = 10 \log \frac{RI^2}{0{,}006}$$

dans laquelle A ou *a* sont exprimés en décibels, R en ohms et I en ampères.

Si l'on exprime I en milliampères, la formule devient :

$$A \text{ ou } a = 100 \log \frac{RI^2}{6.000}$$

### CONSTITUTION DE L'ABAQUE

L'abaque cartésien logarithmique N° 51 traduit la précédente formule. Sur cet abaque, on a porté en abscisses les valeurs des résistances de 1 ohm à 1 mégohm, en ordonnées les valeurs du gain (0 à 75 décibels) ou de l'affaiblissement (0 à — 150 décibels) ; des obliques correspondent aux intensités depuis 10 ampères jusqu'à 0,0001 microampère.

### APPLICATIONS

PREMIER EXEMPLE. — *A quel niveau, en décibels, correspond un courant de 10 milliampères traversant une résistance de 600 ohms?*

**Menons, par 600 lu sur l'échelle des abscisses, une verticale qui coupe l'oblique correspondant à 10 mA en un certain point. Menons l'horizontale de ce point, elle coupe l'échelle des ordonnées au point correspondant à + 10. Le niveau demandé est de *+ 10 décibels*.**

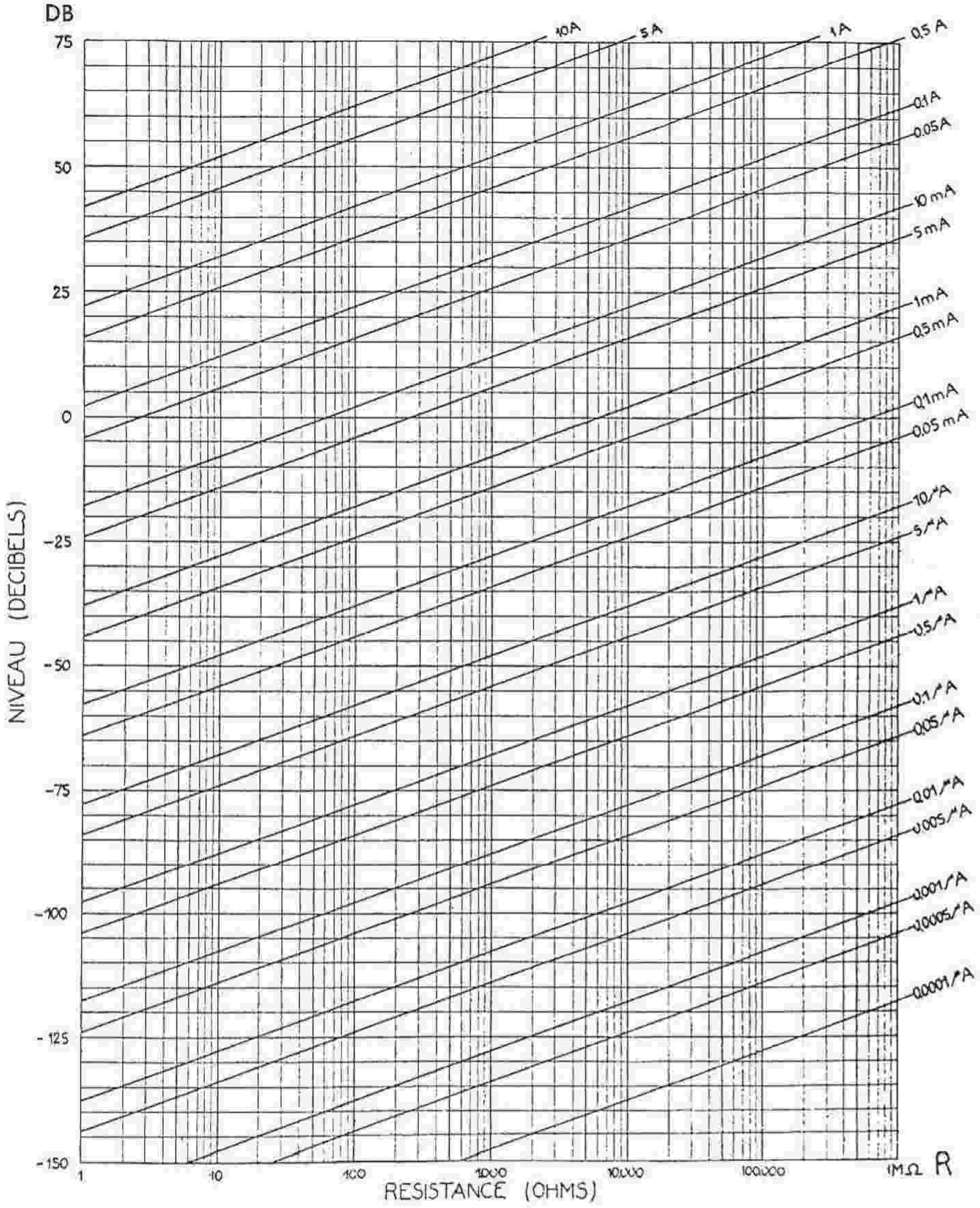
DEUXIÈME EXEMPLE. — *Quelle est la résistance correspondant au niveau + 25 pour un courant de 50 mA?*

**Menons par l'ordonnée + 25 lu sur l'échelle de gauche, une horizontale qui coupe l'oblique relative à 50 mA en un certain point. Menons par ce point une verticale, elle coupe l'échelle des abscisses au point 800; la résistance demandée est *760 ohms environ*.**

TROISIÈME EXEMPLE. — *A quel courant correspond le niveau — 15 dans une résistance de 20.000 ohms?*

**Menons la verticale de 20.000 lu sur l'échelle des abscisses et l'horizontale de — 15 lu sur l'échelle des ordonnées, les deux droites se coupent sur l'oblique 0,1. Le courant demandé est *0,1 mA ou 100 microampères environ*.**

# GAIN ET AFFAIBLISSEMENT — RÉSISTANCE, COURANT
## (+ 75 à — 150 db.)



# GAIN ET AFFAIBLISSEMENT – RÉSISTANCE, TENSION (75 à — 150 db.)

## FORMULE DE CALCUL

Dans les abaques 50 et 51, nous avons indiqué que le niveau O était considéré comme correspondant à une puissance de 0,006 watt dissipée dans une résistance de 500 ohms. La loi d'Ohm donne :

$$P = UI; I = \frac{U}{R}$$

$$\text{On en tire : } P = U \times \frac{U}{R} = \frac{U^2}{R}$$

$$\text{d'où : } \qquad U = \sqrt{PR}$$

Avec les valeurs repères indiquées pour le niveau O, ce niveau correspond pour la tension à une valeur :

$$U = \sqrt{0{,}006 \times 500} = \sqrt{3} = 1{,}732 \text{ volts.}$$

Dans le cas de la relation entre résistance et tension et du gain ou de l'affaiblissement en décibels, la formule de calcul est :

$$A \text{ ou } a = 10 \log \frac{U^2}{R \times 0{,}006}$$

Dans cette formule, A ou $a$ expriment le gain ou l'affaiblissement en décibels, U la tension en volts, R la résistance en ohms.

## CONSTITUTION DE L'ABAQUE

L'abaque cartésien logarithmique n° 52 traduit la précédente formule. Sur cet abaque, on a porté en abscisses les valeurs de la résistance R, de 1 ohm à 1 mégohm; en ordonnées, les valeurs du gain A (0 à + 75 décibels) ou de l'affaiblissement $a$ (0 à — 150 décibels). Des obliques inclinées de gauche à droite et de bas en haut correspondent aux valeurs des tensions de 0,000.001 volt (1 microvolt à 10.000 volts).

## APPLICATIONS

PREMIER EXEMPLE. — *La sortie d'un appareil de mesure (analyseur) comporte une résistance de charge de 500 ohms et un voltmètre de résistance pratiquement infinie. La lecture du voltmètre donne 5 volts. A quel niveau de gain correspond cette tension?*

**Menons la verticale de 500 lu sur l'échelle des abscisses jusqu'à sa rencontre avec l'oblique marquée 5 volts. Menons par le point de rencontre une horizontale qui coupe l'échelle des ordonnées en un point correspondant à + 9 décibels environ. Le gain, obtenu dans les conditions de la mesure, est donc de *9 décibels.***

DEUXIÈME EXEMPLE. — *Calculer la valeur de la résistance correspondant à un affaiblissement de 25 décibels pour une tension de 1 volt.*

**Menons l'horizontale de — 25 (affaiblissement) lu sur l'échelle des ordonnées, elle coupe l'oblique correspondant à 1 volt en un certain point. La verticale de ce point coupe l'échelle des abscisses au point correspondant à 50.000. La résistance demandée a pour valeur *50.000 ohms.***

TROISIÈME EXEMPLE. — *A quel voltage correspond un gain de 10 décibels dans une résistance de 40.000 ohms?*

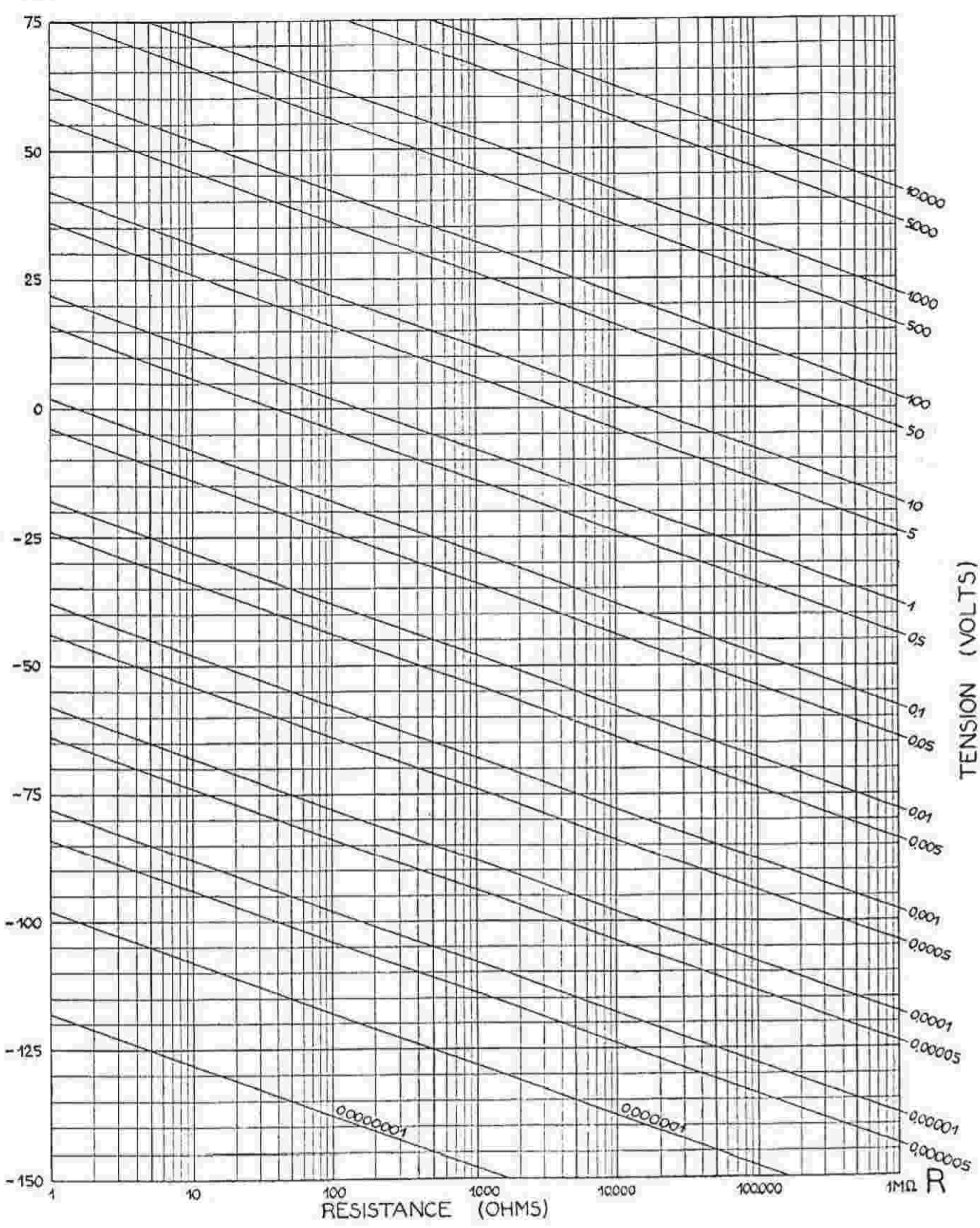
**Menons la verticale de 40.000 lu sur l'échelle des abscisses et l'horizontale de + 10 lu sur l'échelle des ordonnées, les deux lignes se coupent au voisinage de l'oblique marquée 50. La tension demandée est de *50 volts.***

***

REMARQUE. — Le tableau ci-dessous donne, pour le niveau O standard (0,006 watt dans 500 ohms) la valeur des tensions correspondant à des niveaux compris entre — 9 et + 40 décibels :

| *db* | U | *db* | U | *db* | U | *db* | U |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| — 9 | 0,61 | 4 | 2,70 | 17 | 12,2 | 30 | 54,7 |
| — 8 | 0,69 | 5 | 3,00 | 18 | 13,7 | 31 | 61,4 |
| — 7 | 0,77 | 6 | 3,4 | 19 | 15,4 | 32 | 69 |
| — 6 | 0,87 | 7 | 3,9 | 20 | 17,3 | 33 | 77,3 |
| — 5 | 0,97 | 8 | 4,3 | 21 | 19,4 | 34 | 86,8 |
| — 4 | 1 | 9 | 4,9 | 22 | 21,8 | 35 | 97,4 |
| — 3 | 1,20 | 10 | 5,5 | 23 | 24,5 | 36 | 109,2 |
| — 2 | 1,37 | 11 | 6,1 | 24 | 27,4 | 37 | 122,6 |
| — 1 | 1,50 | 12 | 6,9 | 25 | 30,8 | 38 | 137,5 |
| — 0 | 1,73 | 13 | 7,7 | 26 | 34,5 | 39 | 154 |
| 1 | 1,90 | 14 | 8,7 | 27 | 38,7 | 40 | 173,2 |
| 2 | 2,20 | 15 | 9,7 | 28 | 43,5 | | |
| 3 | 2,40 | 16 | 10,9 | 29 | 48,8 | | |

# GAIN ET AFFAIBLISSEMENT – RÉSISTANCE, TENSION (75 à — 150 db.)



# GAIN ET AFFAIBLISSEMENT
# TENSION, COURANT, RÉSISTANCE (— 130 à 70 db.)

## FORMULES DE CALCUL

Nous avons donné, pour les deux abaques précédents, les formules de calcul relatives d'une part au gain ou à l'affaiblissement en fonction de la résistance et du courant, d'autre part en fonction de la résistance et de la tension. Ces formules s'écrivent :

$$A \text{ ou } a = 10 \log \frac{RI^2}{6.000}$$

$$A \text{ ou } a = 10 \log \frac{U^2}{R \times 0{,}006}$$

## CONSTITUTION DE L'ABAQUE

L'abaque cartésien logarithmique n° 53 traduit ces deux formules et peut, par suite, en principe, rendre les mêmes services que les *abaques 51 et 52 réunis*. Il porte en abscisses les valeurs des résistances depuis 1 ohm à 1 mégohm; en ordonnées, les valeurs des courants exprimées en milliampères ou des tensions exprimées en volts, et ceci de 0,00001 à 1.000.

Des obliques inclinées de gauche à droite et de haut en bas correspondent aux différents niveaux en milliampères (de — 130 à + 70 décibels et de 10 en 10 décibels) ; des obliques inclinées de gauche à droite et de bas en haut correspondent aux différents niveaux en volts (de — 130 à + 70 décibels et de 10 en 10 décibels). Les obliques correspondant aux niveaux « zéro » ont été représentées en trait gras.

## APPLICATIONS

EXEMPLE. — *Calculer le courant et la tension correspondant au niveau + 10 dans une résistance de 10.000 ohms.*

**La verticale de 10.000 lu sur l'échelle des abscisses coupe l'oblique correspondant au niveau + 10 en intensité en un certain point, l'horizontale de ce point coupe l'axe des ordonnées au point 2,45. Le niveau + 10 en intensité, dans une résistance de 10.000 ohms, correspond donc à *2,45 milliampères*.**

**La précédente verticale coupe l'oblique correspondant au niveau + 10 en volts en un certain point, l'horizontale de ce point coupe l'échelle des ordonnées au point 24,5; le niveau + 10 en tension correspond, pour une résistance de 10.000 ohms, à *24,5 volts*.**

## *NOTE SUR LES INTENSITÉS SONORES EN ACOUSTIQUE*

La figure 1 donne les différentes zones d'audition avec les niveaux acoustiques différents en décibels pour différentes fréquences comprises entre 20 et 20.000 périodes.

En fonction de la hauteur du son, on a indiqué en trait continu l'intensité minimum que l'oreille peut encore tout juste percevoir (seuil d'audibilité), en même temps que l'intensité maximum, qu'elle peut supporter. A l'intérieur de ce domaine sont situés tous les sons audibles. Puis, au moyen de hachures sont indiqués les domaines, où se situent les intensités maxima aux diverses fréquences pour un grand orchestre de 75 personnes jouant un forte, et plus bas, le domaine pour la parole.

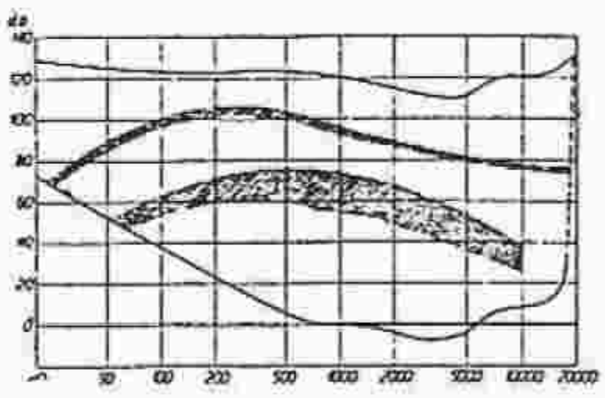


Fig. 1

La figure 2 donne les valeurs du niveau d'intensité en décibels au-dessus de $10^{-16}$ watts par $cm^2$ (niveau zéro voisin d'ailleurs du seuil d'audibilité) en fonction de la fréquence pour une intensité de son constante.

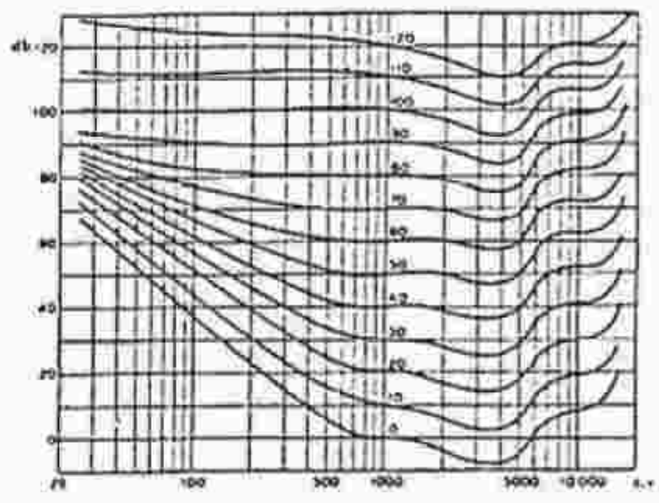
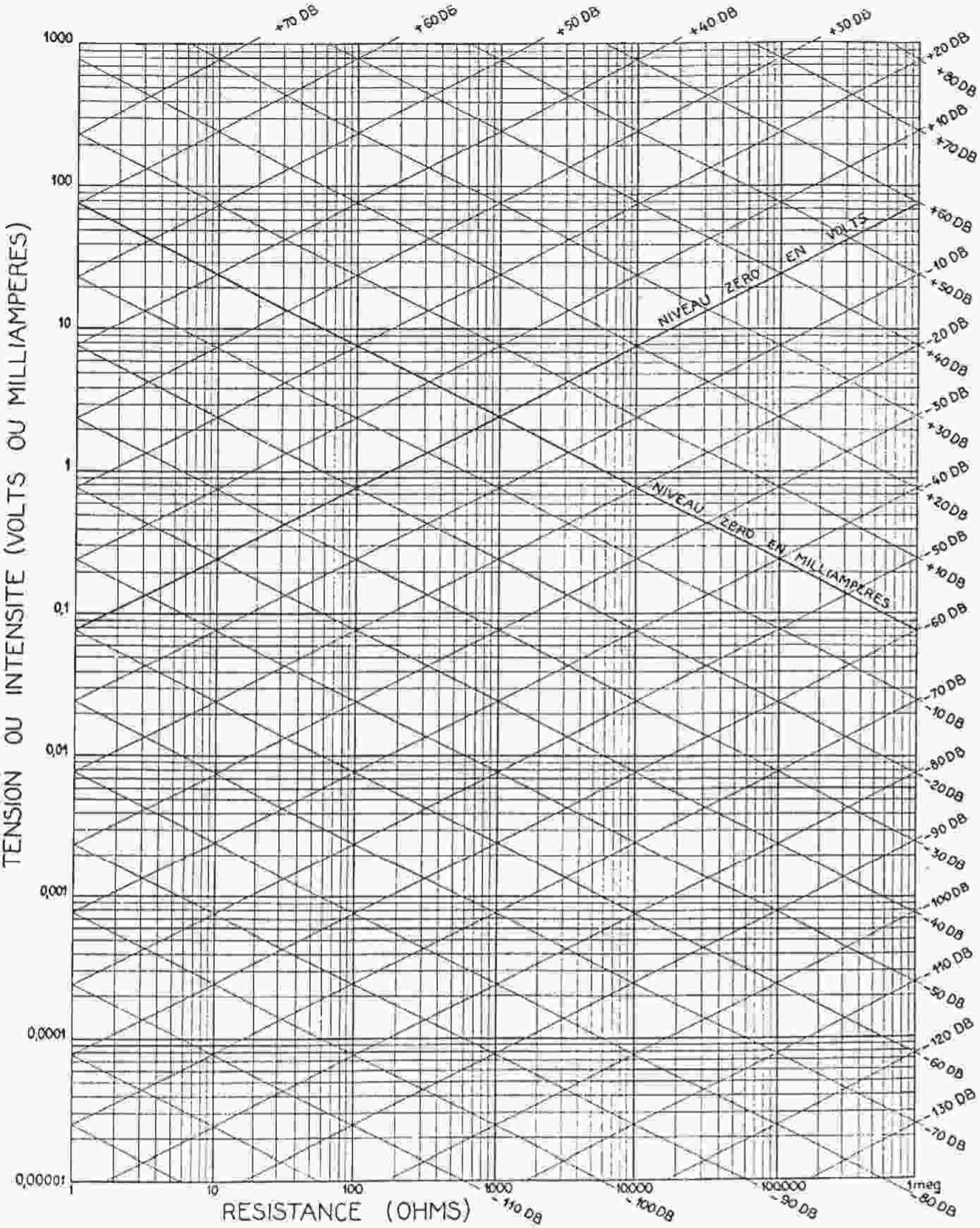


Fig. 2

Les nombres indiqués auprès des lignes donnent le niveau du son, c'est-à-dire le niveau d'intensité de la force du son correspondante pour un son à 1.000 périodes. La ligne inférieure correspond au seuil d'audibilité pour l'oreille humaine. Il est remarquable que l'intensité qui lui correspond croît fortement lorsque la fréquence diminue, tandis que les courbes pour une intensité de son plus grande ont une allure bien plus proche de l'horizontale.

# GAIN ET AFFAIBLISSEMENT
# TENSION, COURANT, RÉSISTANCE (— 130 à 70 db.)



# CONVERSION D'UNITÉS D'AFFAIBLISSEMENT

## Décibels, nepers, milles de câbles (*54 a et 54 b*)

## Profondeur de modulation (*54 c*)

*ABAQUES 54a et 64b*

### FORMULES DE CALCUL

Nous avons vu dans les abaques précédents que l'unité couramment admise en radioélectricité pour apprécier le gain ou l'affaiblissement était le décibel, unité dérivée d'un logarithme calculé dans un système de base *10* (logarithme *vulgaire* ou *décimal*).

En téléphonie et dans la technique des câbles, on emploie comme unité de gain ou d'affaiblissement le *néper*, qui exprime un logarithme *népérien* ou *naturel*, c'est-à-dire ayant pour base le nombre $e = 2{,}718$.

Avec une telle unité, un gain ou affaiblissement en puissance s'exprime par les relations :

$$\frac{P_1}{P_2} = e^{A \text{ ou } a}; \quad A \text{ ou } a = \text{Log } \frac{P_1}{P_2}$$

Dans cette relation, $\frac{P_1}{P_2}$ est le rapport des puissances, l'expression « Log » indiquant que le logarithme est népérien.

C'est ainsi que l'arrêté d'application annexé au décret du 1er décembre 1933, relatif aux parasites, indique en son article 2 :

« La réception de T. S. F. est considérée comme troublée si le niveau des perturbations n'est pas inférieur de 3 népers à celui d'un signal produit par un champ de 1 millivolt par mètre modulé au taux de 30 % à la fréquence de 800 périodes, et si la durée continue de ces perturbations est supérieure à 3 secondes.

On emploie aussi parfois, comme unité de gain, la mile standard ou standard mile, ou mille de câble.

Entre ces différentes unités, on a les relations :

(1) $\boxed{1 \text{ néper} = 8{,}686 \text{ db}}$

(2) $\boxed{1 \text{ db} = 0{,}1151 \text{ néper}}$

(3) $\boxed{1 \text{ db} = 1{,}055 \text{ mile standard}}$

(4) $\boxed{1 \text{ mile standard} = 0{,}947 \text{ db}}$

(Certains auteurs donnent pour valeur du mile standard 0,922 db.)

Quand on choisit comme unité le néper, on prend pour niveau O la puissance *0,001 watt* et une résistance de *600 ohms*, ce qui correspond en intensité et tension à 1,29 mA et 0,775 V.

### CONSTITUTION DES ABAQUES

L'abaque *54a* traduit les relations (1) et (2), l'abaque *54b* traduit les relations (3) et (4). Ils se composent d'échelles accolées et correspondent à des valeurs comprises entre 0 et 20 décibels.

### APPLICATIONS

PREMIER EXEMPLE. — *Calculer en décibels le gain correspondant à 1,75 néper.*

**En regard de 1,75 lu sur l'échelle *a*, côté gauche, nous lisons directement sur l'échelle, à droite, 15,2. A 1,75 néper, *correspondent 15,2 décibels.***

REMARQUE. — Si on avait à faire le calcul pour des valeurs supérieures à 20 décibels, on retomberait dans les valeurs de l'échelle *54a* en divisant par une puissance de 10 convenable.

---

*ABAQUE 54c*

### FORMULE DE CALCUL

Si $I_m$ désigne l'intensité efficace d'une onde modulée et $I_p$ l'intensité de l'onde porteuse en l'absence de modulation, K le taux de modulation défini en %, on a entre ces trois grandeurs la relation :

(5) $$\boxed{\frac{I_m}{I_p} = \sqrt{1 + \frac{(K/100)^2}{2}}}$$

### CONSTITUTION DE L'ABAQUE

L'abaque à 2 échelles accolées 54c traduit la formule 5. l'échelle de gauche correspondant aux valeurs de $\frac{I_m}{I_p}$ celle de droite aux valeurs du pourcentage de modulation.

### APPLICATIONS

EXEMPLE. — *Calculer le taux de modulation correspondant à un rapport* $\frac{I_m}{I_p}$ *, de 1,15.*

**En face de 1,15 lu sur l'échelle 54, côté gauche, nous lisons directement la valeur 80,5; le taux de modulation cherché est de *80 % environ*.**

# CONVERSION D'UNITÉS D'AFFAIBLISSEMENT

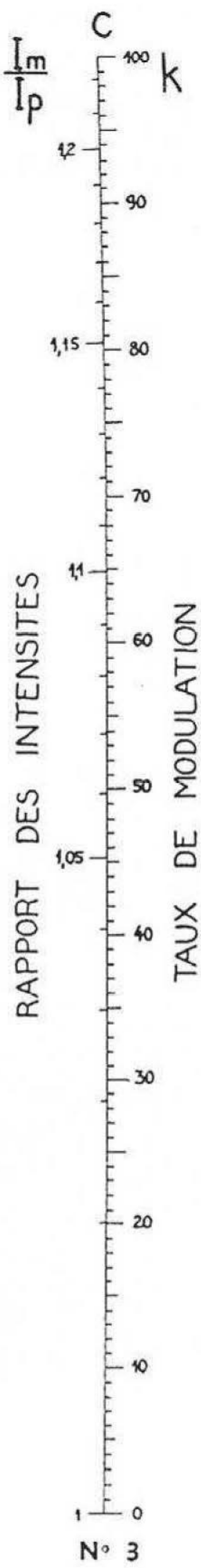
**Décibels, nepers, mille de câbles** (*54 a et 54 b*)
**Profondeur de modulation** (*54 c*)




N° 1




N° 2




N° 3

# ATTÉNUATEURS EN T ET EN H A RÉSISTANCE CONSTANTE

## (Affaiblissement)

### ROLE DES ATTÉNUATEURS DIFFÉRENTS TYPES D'ATTÉNUATEURS

Pour obtenir un transfert convenable d'énergie d'une source à un circuit d'utilisation, il faut que l'impédance des deux circuits soit égale.

Il se peut, d'autre part, que l'on désire relier les deux circuits par un atténuateur ou affaiblisseur (voir figure 1) destiné à faire varier la puissance appliquée à l'entrée du circuit d'utilisation (amplificateur de puissance attaqué par microphone ou pick-up, circuit de mesure attaqué par hétérodyne, etc.).

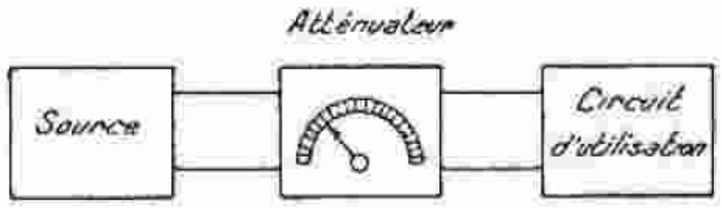



Fig. 1

En pareil cas, il faut que l'atténuateur constitue une cellule d'impédance constante (quelles que soient les valeurs des éléments en circuit dans cette cellule, c'est-à-dire la position du bouton qui la commande) et que, d'autre part, la combinaison de l'atténuateur et du circuit d'utilisation ait la même impédance que la source.

Les principaux montages d'atténuateurs sont donnés sur la figure Z où l'on distingue les atténuateurs en T (figure 2 a), en H (figure 2 b), en L (figure 2 c), en π (figure 2 d), en X (figure Z e), en O (figure 2 f), en delta (figure 2 g), en H spécial (figure 2 h).

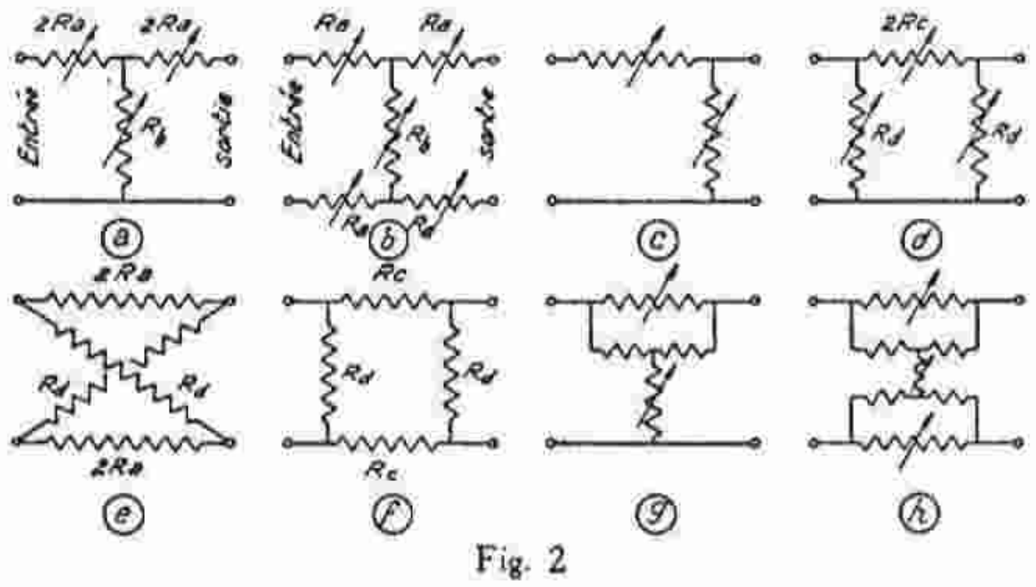



Fig. 2

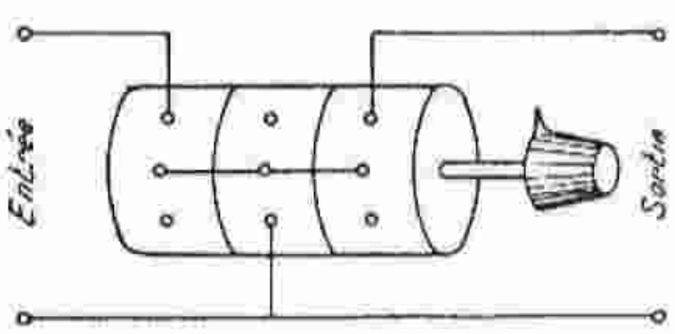



Fig. 3

Les atténuateurs en T et H (figures 2 a et 2 b) sont les plus courammment employés, les atténuateurs en delta T et en H spécial sont les plus perfectionnés.

Pour un atténuateur en T, les trois curseurs faisant varier la valeur des trois éléments résistants constituant l'atténuateur et donnant une atténuation progressive, sont montés sur le même axe et constituent trois potentiomètres accolés (voir figure 3).

### CONSTITUTION DE L'ABAQUE

L'abaque N° 55, du type cartésien logarithmique, a été établi pour calculer les éléments des atténuateurs en T et H correspondant à des valeurs d'impédances courantes (200 et 500 ohms). Il porte en abscisses, la valeur de l'atténuation (en décibels négatifs), en ordonnées la valeur de la résistance de chaque élément. Quatre courbes se rapportent aux valeurs des impédances correspondant aux éléments séries et parallèles de l'atténuateur.

### APPLICATIONS

PREMIER EXEMPLE. — *Calculer les éléments série et parallèle $R_a$ et $R_b$ d'un atténuateur en H calculé paur une impédance constante de 500 ohms et une atténuation de — 24 décibels.*

**Menons la verticale de 24 lu sur l'échelle des abscisses. Nous rencontrons la courbe marquée $R'_a = 500$ ohms en un point correspondant à l'ordonnée 225 environ. Chacun des quatre éléments série ($R_a$) de l'atténuateur en H devra avoir une résistance de *225 ohms*.**

**La même verticale coupe la courbe marquée $R'_b = 500$ en un point correspondant à l'ordonnée 63. L'élément dérivation de l'atténuateur devra avoir une résistance de *63 ohms*.**

DEUXIÈME EXEMPLE. — *Calculer les éléments série et parallèle d'un atténuateur en T calculé pour une impédance constante de 500 ohms et une atténuation de — 24 décibels.*

**Les valeurs lues sur l'abaque sont les mêmes que précédemment. Si l'on se reporte à la figure 2 a, on voit que chacun des éléments série doit avoir une valeur égale à :**

$$225 \times 2 = 450 \text{ ohms.}$$

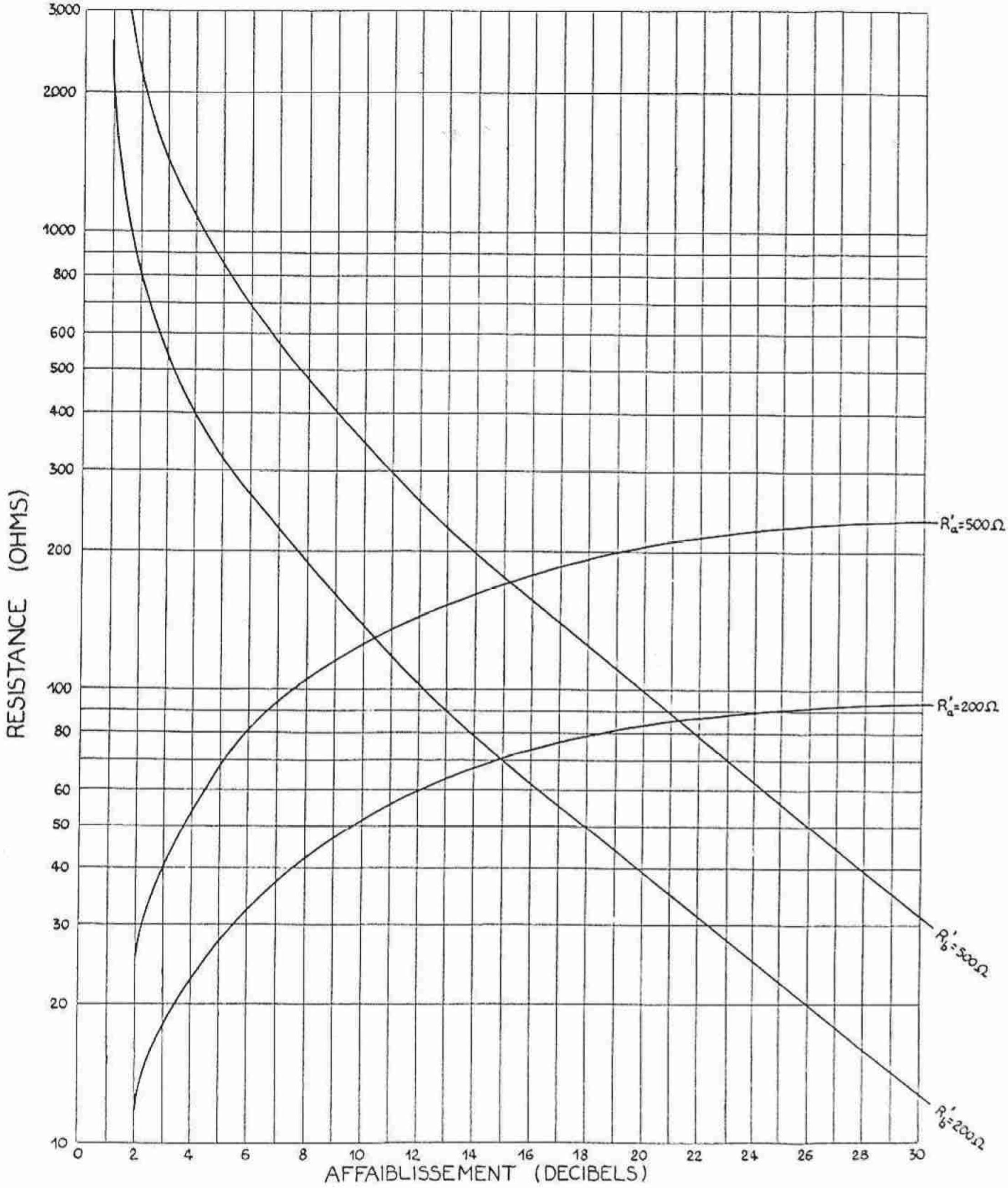
**et que la valeur de l'élément dérivation doit avoir une valeur de *63 ohms*.**

REMARQUE I. — Si l'on avait à faire le calcul pour une autre valeur d'impédance 1.500 ohms par exemple, il faudrait multiplier les valeurs trouvées ci-dessus par 3, puisque $\frac{1.500}{500} = 3$.

REMARQUE II. — Le tableau du bas de la page 128 donne pour différents atténuateurs (voir figures 2 a, 2 b, 2 d, 2 e, Z f), les valeurs des éléments constitutifs correspondant à des impédances de 500 ohms :

(*Voir la suite page 128.*)

# ATTÉNUATEURS EN T ET EN H A RÉSISTANCE CONSTANTE
## (Affaiblissement)



# AFFAIBLISSEMENT DANS LE CAS DE CIRCUITS A IMPÉDANCES DIFFÉRENTES

## FORMULE DE CALCUL

Lorsqu'on relie entre eux, deux circuits ayant des impédances et des angles de phase différents, il se produit des pertes dites pertes par réflection. Ces pertes s'expriment en décibels par la relation :

$$a = 10 \log \left[ 1 + \frac{(1 - r)^2}{4r \cos^2 \frac{\varphi}{2}} \right]$$

Dans cette relation, $a$ est l'affaiblissement compté en décibels, $r$ le rapport des impédances d'entrée et de sortie, $\varphi$ l'angle de phase relatif entre les deux circuits.

## CONSTITUTION DE L'ABAQUE

L'abaque cartésien logarithmique n° 56 traduit la formule précédente. Sur cet abaque, on a porté en abscisses, les valeurs du rapport $r = \frac{Z_2}{Z_1}$ des impédances depuis 1 jusqu'à 100; en ordonnées, les valeurs de l'affaiblissement produit, $a$, exprimé en décibels, depuis 0 jusqu'à 20. 9 courbes tracées sur le graphique correspondent à des angles de phase remarquables compris entre 0° et 120°.

## APPLICATIONS

PREMIER EXEMPLE. — *Calculer l'affaiblissement dû à la réflection du fait de la connection de deux circuits ayant les impédances suivantes : circuit d'entrée $Z_1 = 500$ ohms, circuit de sortie $Z_2 = 8.000$ ohms, l'angle de phase résultant entre les deux circuits étant de 60 degrés.*

**Ici l'on a :** $r = \frac{Z_2}{Z_1} = 16$

**Par la valeur de $r$ (16) lue sur l'échelle des abscisses, traçons une verticale qui coupe la courbe marquée $\varphi = 60$ en un certain point, l'horizontale de ce point coupe l'échelle des ordonnées au point marqué 7,5.**

**L'affaiblissement cherché a ici pour valeur : *7,5 décibels.***

DEUXIÈME EXEMPLE. — *Calculer l'impédance de sortie d'un circuit connecté à un circuit d'entrée ayant une impédance $Z_1 = 200$ ohms si l'affaiblissement produit est de 10 décibels et si l'angle de phase résultant est de 110 degrés.*

**Menons par la valeur de $a$ (10) lue sur l'échelle des ordonnées, une horizontale qui coupe la courbe marquée 110 en un point. Menons par ce point une verticale qui coupe l'échelle des abscisses au point marqué $r = 14$. Nous avons ici un rapport des impédances :**

$$r = \frac{Z_2}{Z_1} = 14$$

**Nous en tirons :**

$$Z_2 - Z_1 \times 14 = 200 \times 14 = 2.800 \text{ ohms.}$$

TROISIÈME EXEMPLE. — *On relie deux circuits ayant les impédances suivantes : entrée, $Z_1 = 500$ ohms; sortie, $Z_2 = 10.000$ ohms. L'affaiblissement dû à la réflection est de 8 décibels. Calculer l'angle de phase résultant.*

**On a ici :**

$$r = \frac{Z_2}{Z_1} = \frac{10.000}{500} = 20$$

**Menons la verticale de $r$ (20) lu sur l'échelle des abscisses et l'horizontale de $a$ (8) lu sur l'échelle des ordonnées. Ces deux droites se coupent en un certain point compris sur la courbe marquée $\varphi = 40°$.**

**L'angle de phase résultant est ici approximativement de *40 degrés*.**

---

(*Suite de la page 126, ab. 55.*)

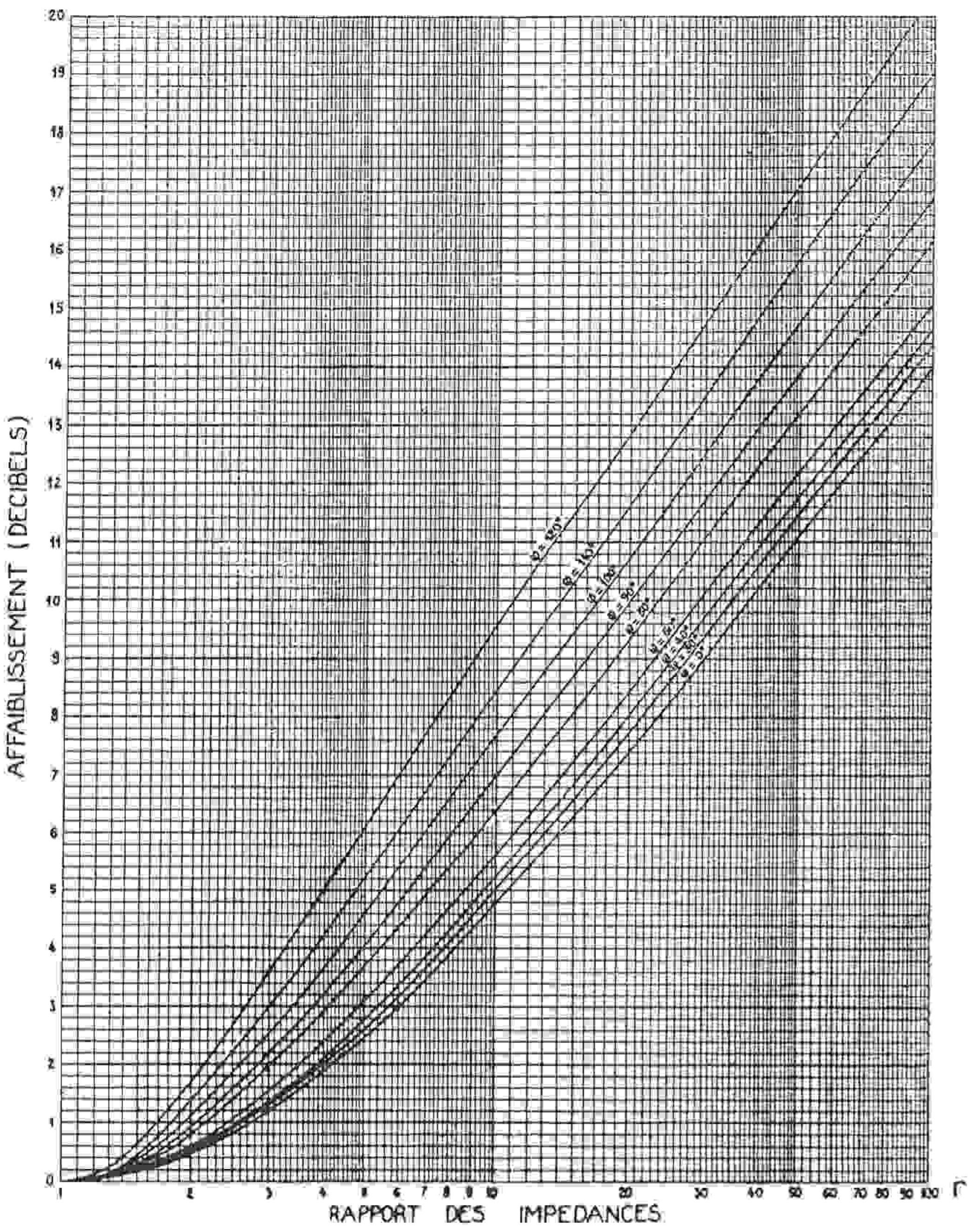
**Tableau des valeurs des éléments d'atténuateur**

**($Z = 500$ ohms)**

| db | $R_a$ | $R_b$ | $R_c$ | $R_d$ |
|---|---|---|---|---|
| 0,1 | 1,440 | 43.420 | 2,879 | 86.850 |
| 0,2 | 2,878 | 21.720 | 5,755 | 43.440 |
| 0,3 | 4,318 | 14.480 | 8,635 | 28.950 |
| 0,4 | 5,758 | 10.850 | 11,52 | 21.710 |
| 0,5 | 7,193 | 8.685 | 14,40 | 17.380 |
| 0,6 | 8,635 | 7.232 | 17,29 | 14.480 |
| 0,7 | 10,07 | 6.198 | 20,17 | 12.420 |
| 0,8 | 11,51 | 5.421 | 23,06 | 10.870 |
| 0,9 | 12,95 | 4.818 | 25,95 | 9.656 |
| 1,0 | 14,38 | 4.333 | 28,85 | 8.690 |
| 2,0 | 28,65 | 2.152 | 58,08 | 4.364 |
| 3,0 | 42,75 | 1.420 | 88,08 | 2.925 |
| 4,0 | 56,58 | 1.049 | 119,3 | 2.209 |
| 5,0 | 70,03 | 822.4 | 152,0 | 1.785 |
| 6,0 | 83,08 | 669,4 | 186,8 | 1.505 |
| 7,0 | 95,65 | 558,0 | 224,0 | 1308 |
| 8,0 | 107,7 | 473,1 | 264,3 | 1162 |
| 9,0 | 119,1 | 405,9 | 308,0 | 1050 |
| 10,0 | 129,9 | 351,3 | 355,8 | 962,5 |
| 15,0 | 174,5 | 183,6 | 680,8 | 756,3 |
| 20 | 204,5 | 101,0 | 1238 | 611,2 |
| 25 | 223,5 | 56,40 | 2216 | 559,5 |
| 30 | 234,7 | 31,65 | 3949 | 532,7 |
| 35 | 241,3 | 17,79 | 7027 | 518,0 |
| 40 | 245,1 | 10,00 | 12500 | 510,1 |
| 45 | 247. | 5,624 | 22230 | 505,7 |
| 50 | 248,5 | 3,163 | 39530 | 503,2 |
| 55 | 249,2 | 1,775 | 70300 | 501,8 |
| 60 | 249,5 | 1,0 | 125000 | 501,0 |
| 65 | 249,8 | 0,562 | 222300 | 500,5 |

Pour la signification des valeurs de $R_a$, $R_b$, $R_c$, $R_d$, se reporter à la figure 2, page 126.

# AFFAIBLISSEMENT DANS LE CAS DE CIRCUITS A IMPÉDANCES DIFFÉRENTES



# AMPLIFICATION D'UN ÉTAGE H.F. A RÉSONANCE

## FORMULE DE CALCUL

Nous avons vu (abaque 45) que l'amplification en tension d'un tube était donnée par la relation :

$$(1) \qquad A = \frac{\mu R_p}{R_p + R_i}$$

dans laquelle A est le gain ou amplification en tension, $\mu$ le coefficient d'amplification du tube, $R_i$ la résistance interne du tube, $R_p$ la résistance ou l'impédance de charge montée dans le circuit de plaque.

Dans le cas où le circuit est un circuit oscillant de coefficient de self-induction L accordé par un condensateur de capacité C (figure 1) et de résistance R, nous avons vu

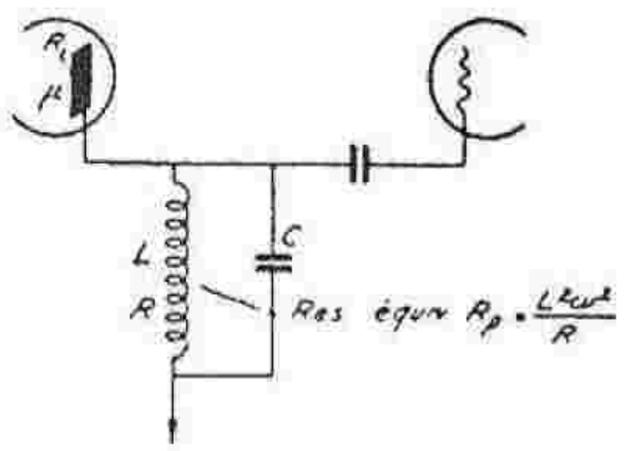



Fig. 1

(abaque 40) que la résistance équivalente à celle du circuit avait pour valeur :

$$(2) \qquad R_p = \frac{L^2\omega^2}{R}$$

Or, à la résonance, on a :

$$L\omega = \frac{1}{C\omega}$$

ou :

$$L^2\omega^2 = \frac{1}{C^2\omega^2}$$

par suite, on peut écrire :

$$\frac{L^2\omega^2}{R} = \frac{1}{C^2\omega^2 R}$$

Si l'on désigne par Q le facteur de surtension (voir abaque 28), on a :

$$Q = \frac{L\omega}{R} = \frac{1}{C\omega R}$$

et la valeur de l'amplification est, d'autre part, donnée par l'une des formules suivantes :

$$(3) \qquad A = \mu \frac{\frac{Q}{C\omega}}{\frac{Q}{C\omega} + R_i}$$

$$(4) \qquad A = \mu \frac{QL\omega}{QL\omega + R_i}$$

## CONSTITUTION DE L'ABAQUE

L'abaque 57 traduit l'abaque 3. Il comporte cinq échelles, dont une de passage, un point et une courbe.

L'échelle 1 est l'échelle des valeurs de la capacité, l'échelle 2 gauche est l'échelle des valeurs de Q et des valeurs de la longueur d'onde (au lieu d'exprimer les pulsations, on a exprimé les longueurs d'ondes), l'échelle 2 droite est l'échelle des valeurs de $R_i$, l'échelle 3 est une échelle de passage, l'échelle 4 est l'échelle des valeurs de $\mu$, l'échelle 5 est l'échelle des valeurs de l'amplification.

## APPLICATIONS

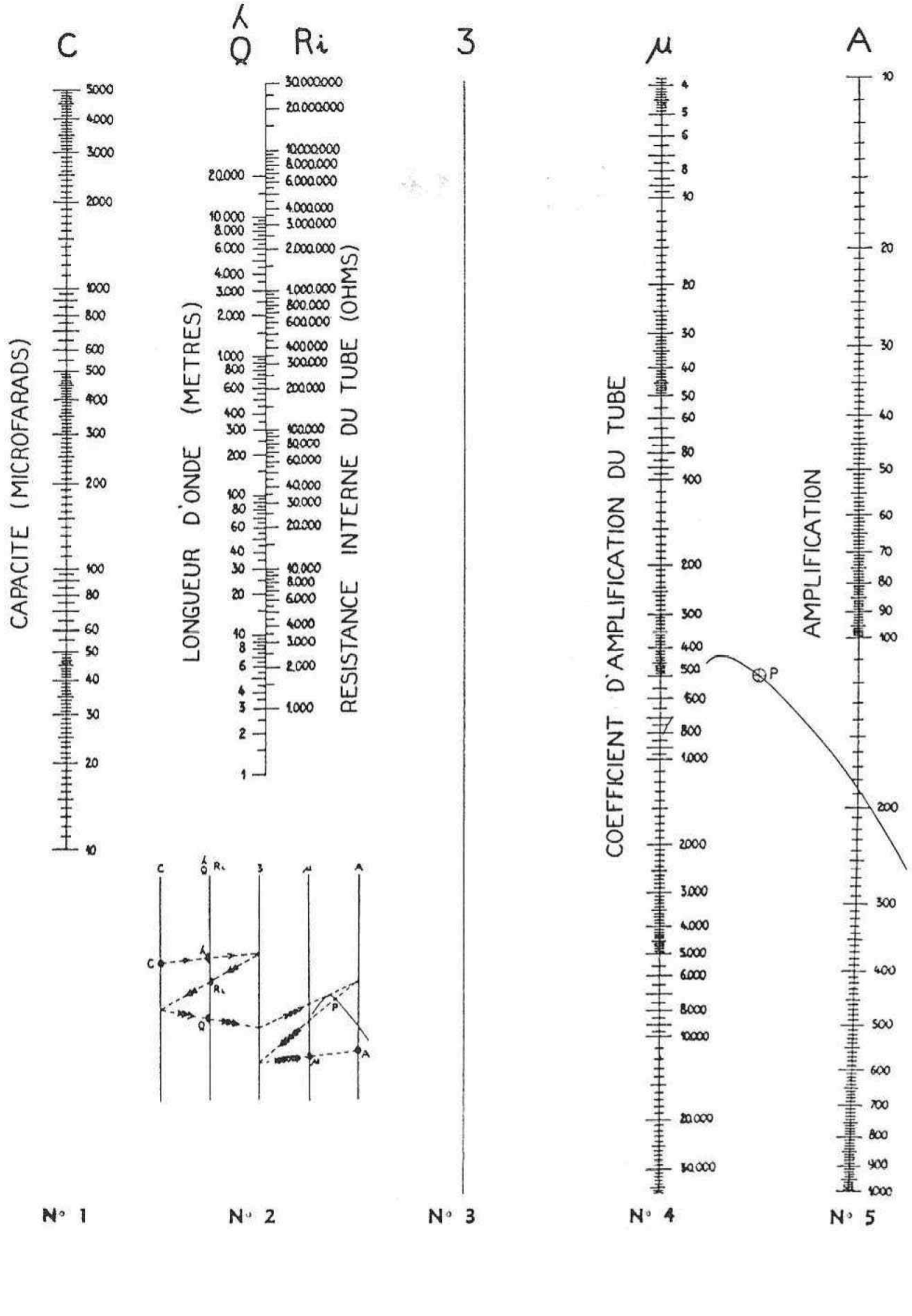
EXEMPLE. — *Calculer la valeur de l'amplification, pour 300 mètres de longueur d'onde, d'un circuit oscillant accordé par un condensateur de 200 micromicrofarads et ayant pour cette longueur d'onde un coefficient de surtension Q = 300; ce circuit est monté en série avec l'anode d'un tube EF8 ayant dans les conditions d'utilisation, une valeur de $\mu$ = 650 et une résistance interne $R_i$ de 360.000 ohms.*

**Alignons la valeur de C (200 micromicrofarads) lue sur l'échelle 1 et celle de $\lambda$ (300 mètres) lue sur l'échelle 2 gauche, nous coupons l'échelle 3 (échelle de réflexion) en un premier point. Alignons ce point et la valeur de $R_i$ (360.000 ohms) lue sur l'échelle 2, nous coupons l'échelle 1 (utilisée ici comme échelle de réflexion) en un deuxième point. Alignons ce point et la valeur de Q (300) lue sur l'échelle 2 gauche, nous coupons l'échelle 3 en un troisième point. Menons par ce point une tangente à la courbe qui coupe l'échelle 5 (utilisée comme échelle de réflexion) en un quatrième point. Joignons ce point au point fixe P, nous coupons l'échelle 3 (échelle de réflexion) en un cinquième point. Alignons ce cinquième point et la valeur de $\mu$ (650) lue sur l'échelle 3, nous coupons l'échelle 5 au point 258. La valeur cherchée du gain ou amplification est *258*.**

REMARQUE. — Si, au lieu de donner pour le circuit résonnant de plaque la valeur de C et celle de Q pour une certaine fréquence (ou une certaine longueur d'onde), on avait donné la valeur de L et celle de R, on aurait pu résoudre par le moyen d'abaques précédemment décrits, la formule (3) ou la formule (1).

L'abaque 25 aurait permis, en effet, en fonction de L et de $\lambda$ ou de F, de calculer $L\omega$; l'abaque 40 de calculer ensuite la résistance équivalente, $R_p$ en fonction de $L\omega$ et de la résistance en c.c.R; l'abaque 45 eût permis d'achever le calcul (application de la formule 1 du présent texte).

# AMPLIFICATION D'UN ÉTAGE H.F. A RÉSONANCE



# AMPLIFICATION D'UN ÉTAGE HF A TRANSFORMATEUR

## PROJET D'UN TRANSFORMATEUR HF

Quand on a à établir le projet d'un transformateur HF (ou moyenne fréquence) à air, on doit d'abord déterminer les caractéristiques du secondaire. Le point de départ du calcul est la longueur d'onde de fonctionnement $\lambda$ (ou la fréquence F) et la capacité moyenne d'accord du circuit C.

Quand on connait ces valeurs, on calcule la valeur du coefficient de self-induction de la bobine secondaire à l'aide de la formule de Thomson ou en se servant de l'un des abaques 36, 37, 38 ou 39 suivant la longueur d'onde et la précision requise.

Connaissant la valeur de L, on calcule ensuite les caractéristiques principales de la bobine secondaire en se servant de l'un des abaques 15, 16, 17 ou 18 suivant qu'il s'agit d'ondes courtes ou d'ondes moyennes, de simple couche ou de multiples couches. Ensuite, pour obtenir la meilleure bobine possible, on calcule le diamètre du fil à employer pour obtenir la résistance HF minimum. On doit avoir recours, pour ce dernier calcul, à la série des abaques 19, 20, 21, 22, suivant qu'il s'agit de fil plein ou de fil divisé.

Un complément de précision peut encore être obtenu en utilisant les abaques 23 et 24.

Après ces différents calculs, toutes les caractéristiques du circuit secondaire peuvent être parfaitement déterminées.

Pour calculer le primaire du transformateur, on doit connaître la résistance interne $R_i$ du tube dans le circuit plaque duquel est monté le primaire du transformateur. Le rapport du nombre de tours entre le primaire et le secondaire dépend de cette valeur, de la résistance HF du secondaire R, de l'inductance du secondaire $X_L$. Le coefficient de couplage est assez faible dans le cas de transformateurs bobinés sans noyau.

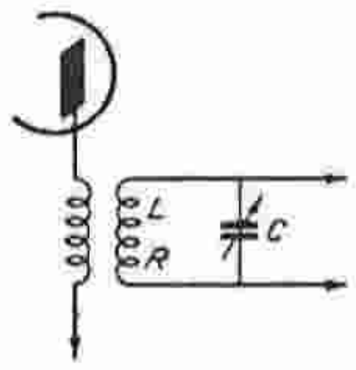



Fig. 1

## CONSTITUTION DE L'ABAQUE

L'abaque à points alignés n° 58 permet de calculer de façon exacte, le rapport du nombre de tours entre le primaire et le secondaire du transformateur. Il comporte trois échelles, dont deux doubles :

Echelle 1 gauche : échelle des valeurs de la résistance interne du tube $R_i$;

Echelle 2 droite : échelle des valeurs du rapport du nombre de tours entre primaire et secondaire. (Cette échelle n'est pas logarithmique, du fait qu'il a été tenu compte des corrections pratiques nécessaires pour obtenir une valeur exacte).

Echelle 2 gauche : Echelle des valeurs de la résistance HF du secondaire, R;

Echelle 2 droite : Echelle des valeurs de l'inductance $X_L = L\omega$ du secondaire à la fréquence de fonctionnement;

Echelle 3 : échelle de réflexion.

## APPLICATIONS

EXEMPLE. — *Les abaques 23 et 24 nous ont permis de calculer à la fréquence 1.000 Kc/s (300 mètres), pour un circuit oscillant constitué par une bobine de coefficient de self-induction L = 200 microhenrys comportant 43,5 tours de fil réalisé en fil câblé à 27 brins, une résistance en haute fréquence $R_s$ = 2,30 ohms. L'inductance de la bobine à la fréquence 1.000 donnée par l'abaque 25 est, d'autre part, 1.250 ohms environ. Calculer, d'après ces données, les caractéristiques du primaire d'un transformateur dont la dite bobine est le secondaire lorsque ce primaire constitue le circuit plaque d'un tube EF8 dont la résistance interne est $R_i$ = 360.000 ohms.*

**Alignons la valeur de $R_i$ (360.000 ohms) lue sur l'échelle 1, côté gauche, et la valeur de l'inductance (1.250 ohms) lue sur l'échelle 2, côté droit. Nous coupons l'échelle 3 (échelle de réflexion) en un certain point. Alignons ce point et la valeur de R (2,30 ohms) lue sur l'échelle 2 (côté gauche). Nous coupons l'échelle 1, côté droit) sur le nombre *0,82*.**

**0,82 est la valeur du rapport $\frac{N_p}{N_s}$ entre le nombre de tours du primaire et le nombre de tours du secondaire.**

**Dans notre exemple, nous avons $N_s$ = 43,5 tours. Nous aurons donc :**

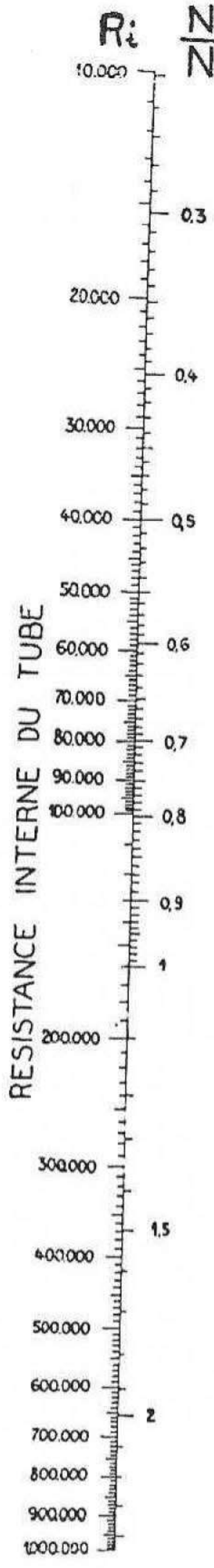
$$N_p = 43{,}5 \times 0{,}82 = 35{,}5 \text{ tours, environ.}$$

**En pratique, nous prendrons $N_p$ (nombre de tours de la bobine primaire) égal à 35 ou 36.**

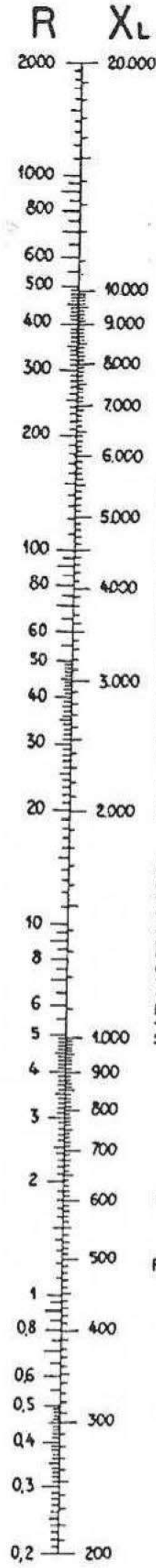
REMARQUE. — Dans le calcul du rapport $\frac{N_p}{N_s}$ pour des tubes à résistance interne faible ou moyenne, on trouve généralement une valeur inférieure à 1.

Pour de grandes valeurs de $R_i$, au contraire, ce rapport peut être supérieur à l'unité.

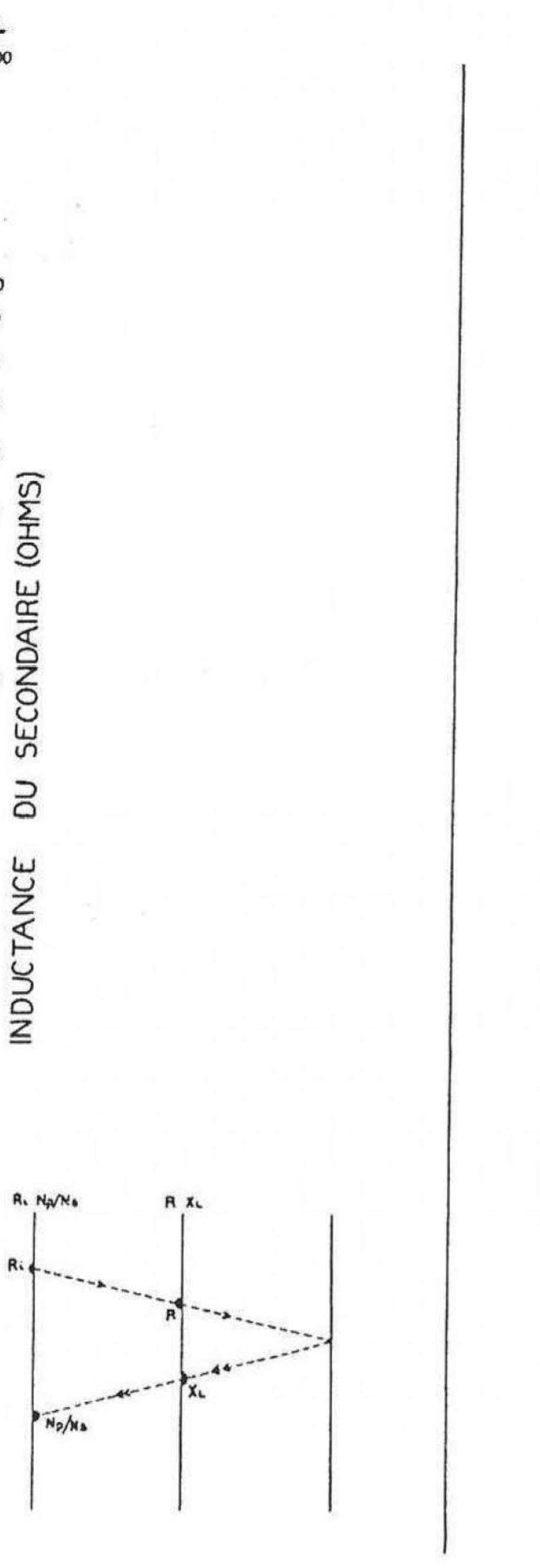
# AMPLIFICATION D'UN ÉTAGE HF A TRANSFORMATEUR




N° 1




N° 2




N° 3

# SÉLECTIVITÉ D'UN CIRCUIT OSCILLANT

## FORMULES DE CALCUL

La sélectivité d'un circuit oscillant en fonction d'un désaccord supposé petit (voir figure 1), c'est-à-dire le rapport entre la tension maximum (ou l'intensité maximum) correspondant à la résonance et la tension (ou l'intensité) correspondant à ce désaccord, a pour expression :

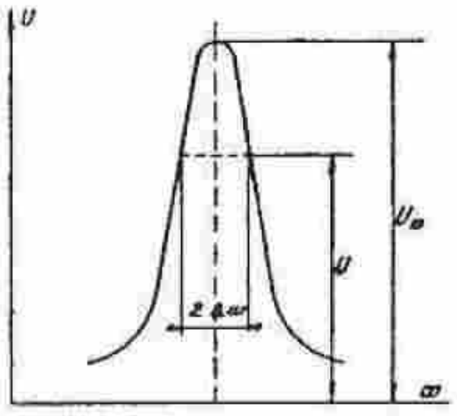


Fig. 1
Courbe de résonance d'un circuit oscillant

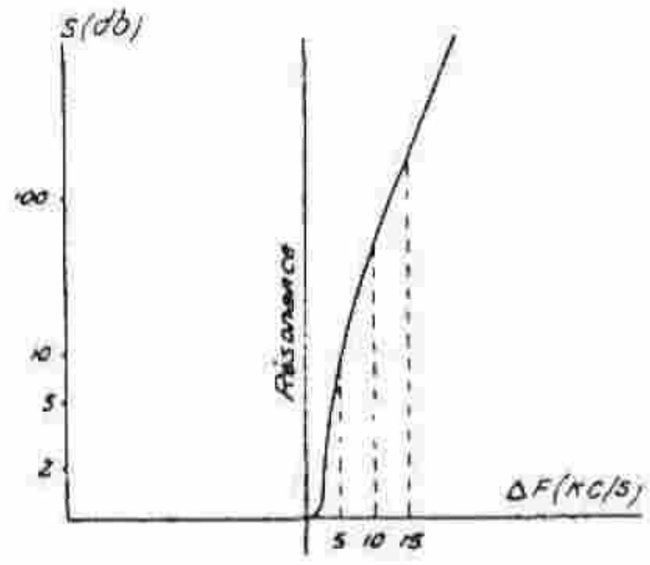



Fig. 2
Courbe de sélectivité d'un récepteur

$$(1)\quad S = \frac{U_m}{U} = \frac{I_m}{I} = \sqrt{1 + \left(\frac{2L}{R}\,\Delta\omega\right)^2}$$

$$(2)\quad = \sqrt{1 + \theta^2\,(\Delta\omega)^2}$$

$$(3)\quad \boxed{S = \sqrt{1 + (\theta \times 2\pi\Delta F)^2}}$$

Dans ces relations, S est le *facteur de sélectivité* ou simplement *sélectivité*, $U_m$ et $I_m$ la tension et l'intensité correspondant à la résonance, U et I la tension et l'intensité correspondant à un écart de fréquence $\Delta F$ exprimé en cycles : seconde, $\Delta\omega$ l'écart de pulsation correspondant ($\Delta\omega = 2\pi\Delta F$), $\theta$ la constante de temps du circuit oscillant ($\theta = \frac{2L}{R}$), L étant le coefficient de self-induction de la bobine de ce circuit et R sa résistance exprimée en ohms.

La formule (1) montre que la sélectivité d'un circuit oscillant est d'autant plus grande que la résistance est plus petite et que le coefficient de self-induction est plus grand.

En fonction de la qualité du circuit oscillant $\left(Q = \frac{L\omega}{R}\right)$ l'expression de la sélectivité s'écrit :

$$(4)\quad S = \sqrt{1 + \left(\frac{2Q\Delta\omega}{\omega}\right)^2}$$

Si, au lieu d'exprimer le rapport des tensions ou des intensités $\frac{U_m}{U} = \frac{I_m}{I}$, on exprime la sélectivité en décibels, la formule (3) devient :

$$(5)\quad \boxed{S_{db} = 20 \log S = 20 \log \sqrt{1 + (\theta \times 2\pi\Delta F)^2}}$$

## CONSTITUTION DE L'ABAQUE

L'abaque par points alignés N° 59 traduit les formules (3) et (5). Il comporte trois échelles :

Echelle n° 1 : Echelle des valeurs de la constante de temps $\theta = \frac{2L}{R}$ graduée en microsecondes;

Echelle n° 2 (gauche) : Echelle des valeurs de $S_{db}$ en décibels;

Echelle n° 2 (droite) : Echelle des valeurs de S (rapport des tensions ou des intensités) ;

Echelle n° 3 : Echelle des valeurs de l'écart de fréquence $\Delta F$ (graduée en kilocycles : seconde).

Les échelles 1 et 3 sont des échelles logarithmiques, l'échelle 2 gauche n'est pas logarithmique; on a, en effet, porté sur cette échelle, les valeurs de $\sqrt{S^2-1}$ et inscrit en regard celles de S.

## APPLICATIONS

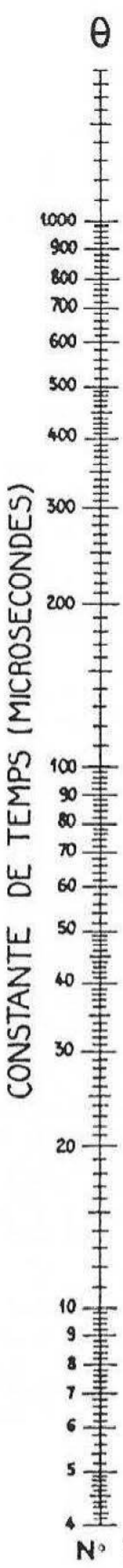
PREMIER EXEMPLE. — *Un circuit oscillant possède à la fréquence de 300 mètres (1.000 Kc/s), une constante de temps de 100 microsecondes. Calculer sa sélectivité pour un désaccord de 5 kilocycles : seconde.*

**Alignons la valeur de la constante de temps ($\theta$ = 100 microsecondes) lue sur l'échelle 1 et celle du désaccord (5 Kc/s) lue sur l'échelle 3. Nous lisons par intersection sur l'échelle 2 gauche 3,3, sur l'échelle de droite 10,4. La sélectivité, dans ces conditions, est de *3,3* ou de *10,4 décibels.***

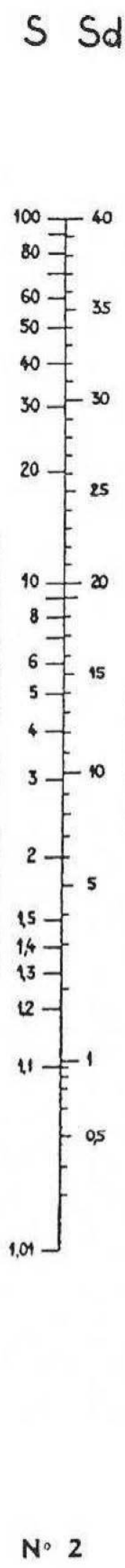
DEUXIÈME EXEMPLE. — *Calculer la constante de temps d'un circuit oscillant ayant une sélectivité de 15 décibels pour un désaccord de 7 kilocycles.*

**Alignons la valeur du désaccord (7 kilocycles) lue sur l'échelle 3 et celle de la sélectivité (15 décibels) lue sur l'échelle 2 droite. Nous coupons l'échelle 1 à la valeur 126 environ. La constante de temps cherchée est de *126 microsecondes.***

# SÉLECTIVITÉ D'UN CIRCUIT OSCILLANT

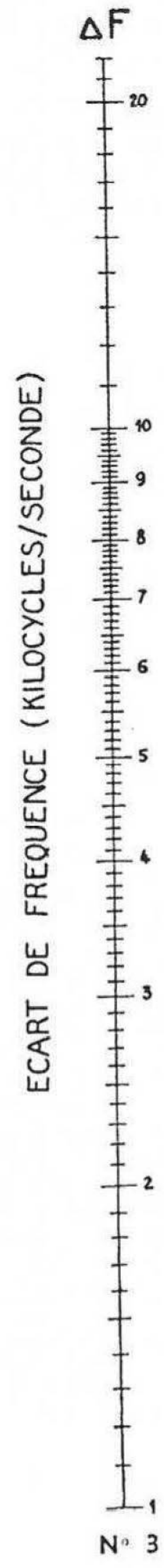



N° 1




N° 2




N° 3

# TRANSMISSION DES BANDES LATÉRALES

## FORMULES DE CALCUL

CIRCUITS ACCORDÉS. — Nous avons vu que la sélectivité d'un circuit oscillant avait pour expression (voir formule 4, abaque n° 59) :

$$S = \frac{U_m}{U} = \frac{I_m}{I} = \sqrt{1 + \left(\frac{2Q\Delta\omega}{\omega}\right)^2}$$

Si au lieu d'exprimer dans la formule la pulsation, on exprime la fréquence et si, d'autre part, on inverse le rapport, on peut écrire :

$$(1) \quad \frac{U}{U_m} = \frac{I}{I_m} = \frac{I}{S} = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{2Q\Delta F}{F}\right)^2}}$$

Dans cette formule, $U_m$ est la tension obtenue à la résonance pour la fréquence F, U la tension obtenue pour un écart de fréquence $\Delta F$, et Q la qualité de la bobine du circuit.

Si l'on a deux circuits identiques couplés par tubes, l'affaiblissement total sera égal pour un écart $\Delta F$ au carré de l'affaiblissement obtenu pour un seul circuit, c'est-à-dire à :

$$(2) \quad \frac{U}{U_m} = \frac{1}{1 + \left(\frac{2Q\Delta F}{F}\right)^2}$$

Dans le cas de 3 circuits, on aurait de même :

$$(3) \quad \frac{U}{U_m} = \frac{1}{\left(\sqrt{1 + \left(\frac{2Q\Delta F}{F}\right)^2}\right)^3}$$

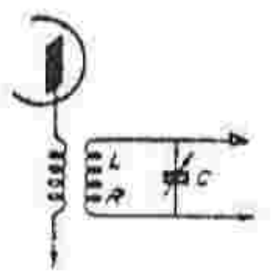



Fig. 1

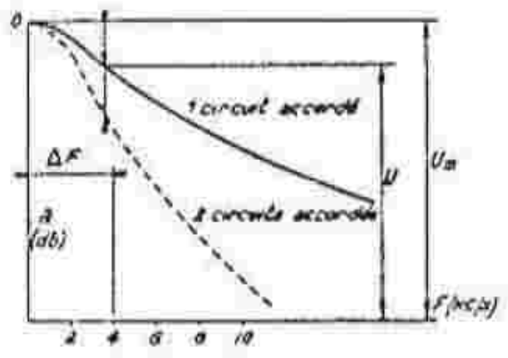



Fig. 2

(Voir, figure 2, les courbes de résonance comparées pour 1 circuit et 2 circuits identiques).

FILTRES DE BANDE. — Lorsqu'on a affaire à des filtres de bande (figure 3), la sélectivité dépend de la valeur de $Q = \frac{L\omega}{R}$ et du degré de couplage $\frac{M\omega}{R}$ (M étant le coefficient d'induction mutuelle entre les deux circuits). Si

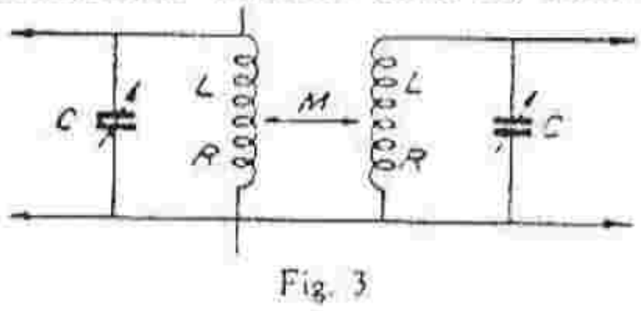



Fig. 3

l'on examine les courbes de résonance pour les filtres de bande (figure 4), on voit que la courbe obtenue donne une plus faible atténuation au voisinage de la résonance et une plus grande atténuation pour un certain écart, ce qui est

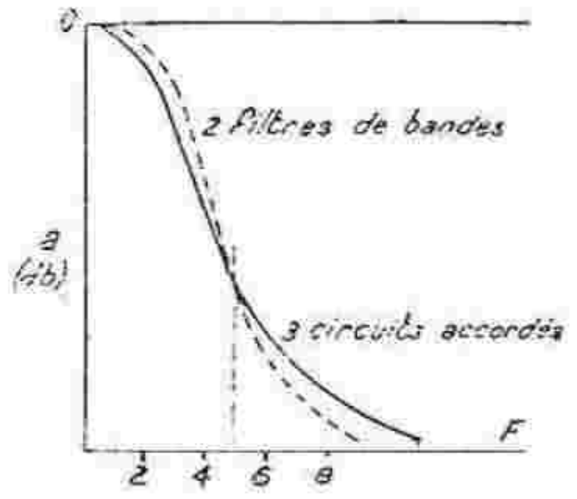



Fig. 4

fort avantageux pour la transmission correcte des signaux de la radiophonie.

## CONSTITUTION DE L'ABAQUE

L'abaque à points alignés 60 traduit les formules (1), (2) et (3) et celles relatives aux filtres de bande. Il comporte trois échelles et cinq courbes :

Echelle 1 : échelle des valeurs du facteur de surtension ou qualité Q;

Echelle 2 (gauche) : échelle des valeurs de la longueur d'onde $\lambda$;

Echelle 2 (droite) : échelle des écarts de fréquence $\Delta F$;

Echelle 3 (gauche) : échelle des affaiblissements en décibels correspondants à un désaccord donné;

Echelle 3 (droite) : échelle des rapports $\frac{U}{U_m}$ ;

Trois courbes en traits pleins correspondent à un, deux, trois circuits accordés; deux courbes en traits pointillés, à un et deux filtres de bande.

## APPLICATIONS

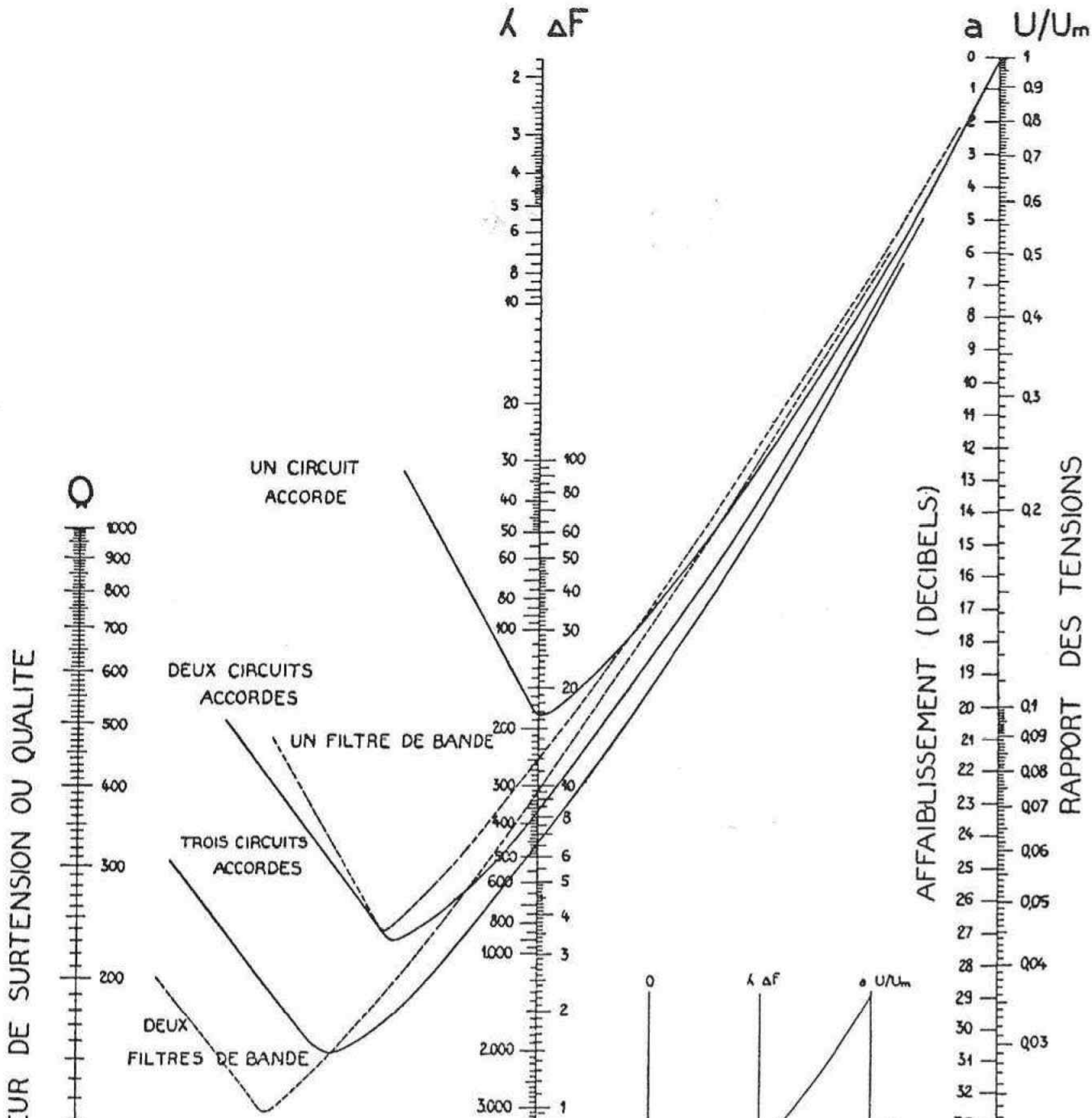
*Calculer, pour la longueur d'onde 300 mètres (1.000 Kc/s), les affaiblissements obtenus avec une bobine donnée (Q = 200) pour des désaccords de 3,5 et 10 Kc/s.*

**Alignons la valeur de Q (200) lue sur l'échelle 1 et la valeur de $\lambda$ (300) lue sur l'échelle 2 gauche, nous coupons l'échelle 3 (utilisée ici comme échelle de réflexion) en un premier point. Alignons ce point et la valeur de $\Delta F$ (3) lue sur l'échelle 2 droite, nous coupons l'échelle 1 (utilisée également comme échelle de réflexion) en un deuxième point. Menons, par ce deuxième point, une tangente à la courbe en trait plein marquée « Un circuit accordé », nous coupons l'échelle 3 droite au point 0,645. L'affaiblissement obtenu avec la bobine choisie pour un écart de 3 kilocycles :seconde est de *0,645* (4 décibels) *environ.***

En opérant de même pour les désaccords 5 et 10, on trouverait :

pour 5 Kc/s : 0,448 ( 7 décibels)
pour 10 Kc/s : 0,243 (12 à 13 décibels).

# TRANSMISSION DES BANDES LATÉRALES



# TRANSFORMATEUR M.F. A SÉLECTIVITÉ VARIABLE

## FORMULES DE CALCUL

Considérons un transformateur MF à sélectivité variable (figure 1), dans lequel le primaire et le secondaire sont identiques. Désignons par M le coefficient d'induction mutuelle des deux bobinages. Considérons, d'autre part, la courbe de résonance (figure 2) du transformateur. Lorsqu'on con-

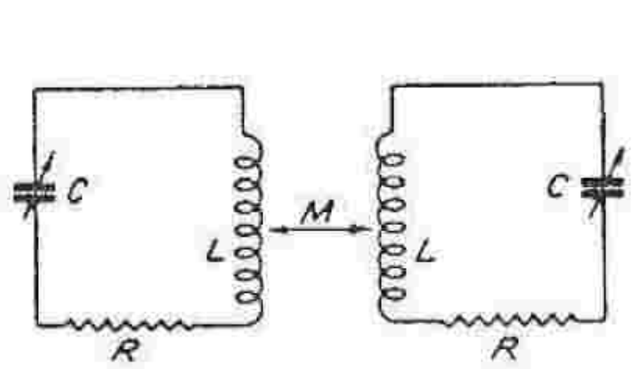



Fig. 1

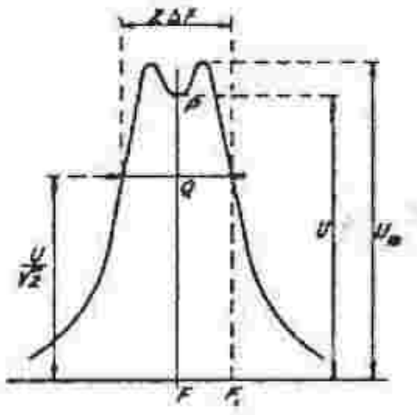



Fig. 2

tracte la bande passante $2\Delta F$ correspondant aux points P ou Q, en diminuant le couplage entre primaire et secondaire, le rapport $r = U/U_m$ (voir abaque 60) augmente.

Soient L le coefficient de self-induction du bobinage, R sa résistance HF, M le coefficient d'induction mutuelle, $\omega$ la pulsation correspondant à la fréquence F de résonance.

Nous avons :

(1) Qualité. $Q = \frac{L\omega}{R}$ (2) Coefficient de couplage $K = \frac{M}{L}$

(3) Degré de couplage..... $n = \frac{M\omega}{R}$

Nous pouvons utiliser, pour calculer la valeur $\frac{R}{2\pi L}$ et dans le cas du point Q de la courbe de la figure 2, la relation :

$$(4)\quad \boxed{\frac{R}{2\pi L} = (F - F_1)\sqrt{\frac{4\left[(1-n^2) + \sqrt{2\,(1+n^4)}\right]}{1 + 2n^2 + n^4}}}$$

D'autre part, on a, dans le cas du couplage optimum, la relation :

$$(5)\quad \omega^2 M^2 = R^2$$

Pour un couplage plus serré que le couplage optimum, on a la relation :

$$(6)\quad \omega^2 M^2 = R^2 n^2$$

($n$ étant constant pour un couplage donné).

On a, enfin, la relation :

$$(7)\quad \frac{U}{U_m} = r = \frac{2n}{1+n^2}$$

Pour le point P de la figure 2, on a (4) la relation :

$$(8)\quad \boxed{\frac{R}{2\pi L} = (F - F_1)\sqrt{\frac{2}{n^2 - 1}}}$$

(4) Formule établie par C. BARANOWSKY et A. JENKINS (*Proceedings of the Institute of the Radio Engineers*).

## CONSTITUTION DE L'ABAQUE

L'abaque cartésien 61*a* traduit la formule (4). Sur cet abaque, on a porté en abscisses les valeurs du désaccord ou 1/2 largeur de bande; en ordonnées, les valeurs de $\frac{R}{2\pi L}$, différentes droites passant par l'origine correspondent à différentes valeurs de n comprises entre 0 et 1,6.

L'abaque cartésien 61*b* traduit la formule (8) et est établi de la même façon, les obliques correspondent à des valeurs de $n$ comprises entre 1,1 et 1,6.

## APPLICATIONS

EXEMPLE. — *Calculer les caractéristiques d'un transformateur MF à sélectivité variable ayant une bande passante max. de 20 Kc/s, pour lequel on admet une valeur de r = 0,9. Le transformateur est accordé sur 465 Kc/s par un condensateur de 70 micromicrofarads.*

L'équation (7) s'écrit : $0{,}9 = \frac{2n}{1+n^2}$

Elle donne : $n = \frac{1 \pm \sqrt{1 - 0{,}9^2}}{0{,}9} = 1{,}6$

**Menons par 10 (valeur de la 1/2 largeur de bande) lu sur l'échelle des abscisses de l'abaque 61*a* une verticale qui coupe la droite relative à $n = 1{,}6$ en un point. L'horizontale de ce point coupe l'échelle des ordonnées au point marqué 8,6 qui est la valeur cherchée pour $\frac{R}{2\pi L}$**

Nous avons :

$$Q = \frac{L\omega}{R} = \frac{F}{\frac{R}{2\pi L}} = \frac{465}{8{,}6} = 54$$

L'abaque N° 38 relatif à la formule de Thomson, nous permet de calculer, d'autre part, une valeur du coefficient de self-induction L correspondant à 70 micromicrofarads et à la fréquence 465 Kc/s égale à 1.660 microhenrys.

On tire de cette valeur :

$$R = \frac{L\omega}{Q} = \frac{0{,}001660 \times 2 \times 465.000}{54}$$

$= 90$ ohms environ.

L'équation (6) permet, d'autre part, de calculer M; on a, en effet :

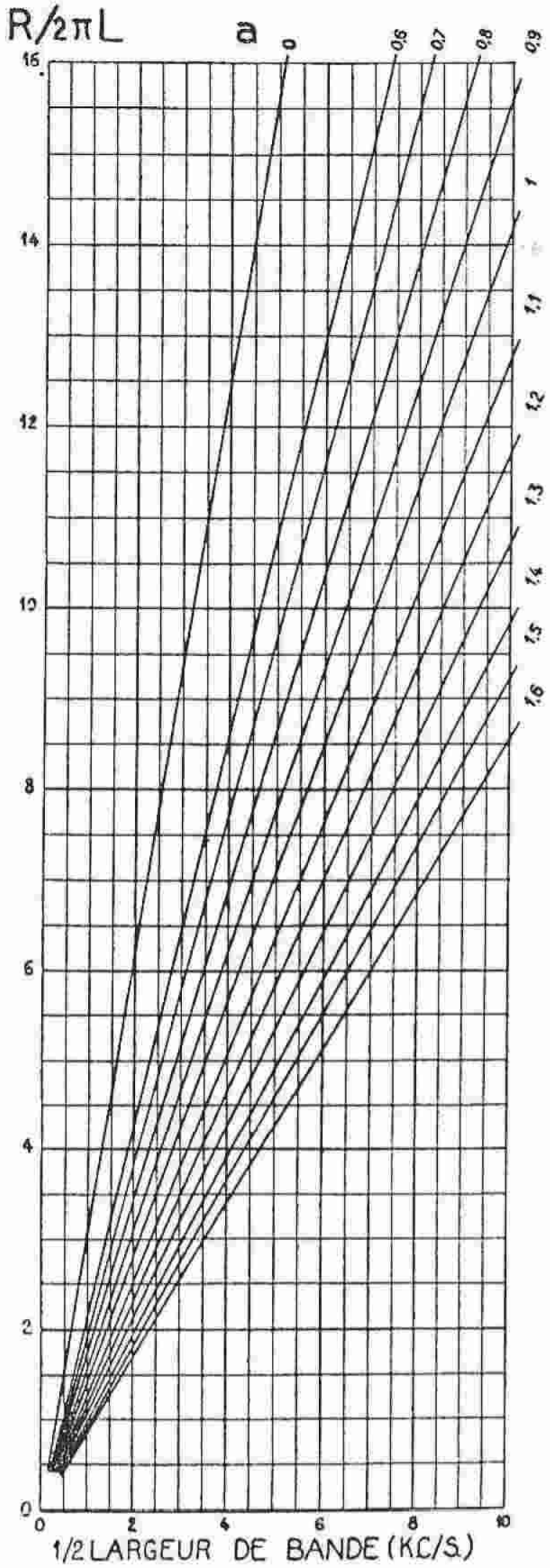
$$M = \frac{Rn}{\omega} = \frac{90 \times 1{,}6}{2 \times 465.000}$$

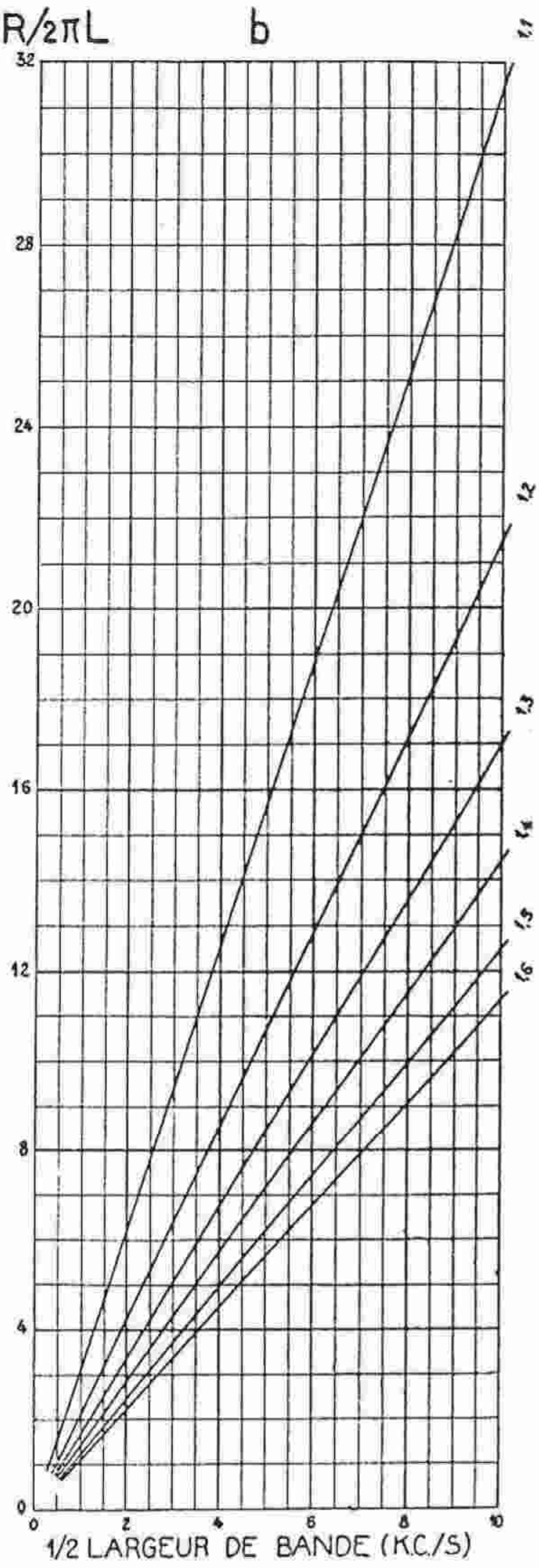
$M = 49{,}4$ microhenrys.

Le coefficient de couplage (équation 2) est par suite :

(*Voir la suite en bas de la page 142.*)

# TRANSFORMATEUR M.F. A SÉLECTIVITÉ VARIABLE



# CHARGE ET DÉCHARGE D'UN CONDENSATEUR COURANT DANS UNE BOBINE

## FONCTION EXPONENTIELLE

On dit qu'une fonction y est exponentielle lorsqu'elle a la forme :

(1) $$\boxed{y = e^a = e^n}$$

$a$ ou $n$ étant la variable indépendante, $e$ la base des logarithmes népériens $e = 2{,}718$.

## FONCTION HYPERBOLIQUE

Si l'on désigne par $i$ la valeur $\sqrt{-1}$, les lignes trigonométriques ordinaires sont données par les relations :

(2) $$\sin a = \frac{e^{ia} - e^{-ia}}{2i}$$

(3) $$\cos a = \frac{e^{ia} + e^{-ia}}{2}$$

(relations d'Euler).

Les lignes trigonométriques hyperboliques sont définies par des relations analogues; on a :

(4) $$\sinh a = \frac{e^a - e^{-a}}{2}$$

(5) $$\cosh a = \frac{e^a + e^{-a}}{2}$$

(6) $$\mathrm{tgh}\ a = \frac{e^a - e^{-a}}{e^a + e^{-a}}$$

## FORMULES DE CALCUL

On doit utiliser la fonction exponentielle pour calculer l'intensité et la force électromotrice de self-induction dans une bobine, l'intensité et la force électromotrice de capacité à la charge et à la décharge d'un condensateur.

On a les formules suivantes :

(7) $$I_L = \frac{U}{R}\left(1 - e^{\frac{-Rt}{L}}\right)$$

(8) $$E_L = U \times e^{\frac{-Rt}{L}}$$

pour la bobine

(9) $$I_C = \frac{U}{R}\left(e^{\frac{-t}{CR}}\right)$$

(10) $$E_C = U\left(1 - e^{\frac{-t}{CR}}\right)$$

pour la charge d'un condensateur

(11) $$I_C = -\frac{U}{R} \times e^{\frac{-t}{CR}}$$

(12) $$E_C = U \times e^{\frac{-t}{CR}}$$

pour la décharge d'un condensateur

Dans ces formules, U est la tension continue appliquée, R la résistance en ohms, L le coefficient de self-induction en henrys, C la capacité en farads, $t$ le temps en seconde.

On doit utiliser les fonctions hyperboliques pour calculer par exemple, la capacité répartie d'une bobine. Celle-ci est donnée par la formule de Palermo :

(13) $$C = \frac{\pi D}{3{,}6 \operatorname{arc\,cos} h\ \frac{P}{d}}$$

D étant le diamètre en cm., P le pas de l'enroulement, $d$ le diamètre du fil;

pour calculer également les éléments des atténuateurs en T. H., on a, par exemple, en se reportant au texte et aux figures de l'abaque 55 :

(14) $$R_a = \frac{Z}{2} \times tgh\left(\frac{Nf}{2}\right)$$

(15) $$R_b = \frac{Z}{\sinh (Nf)}$$

## CONSTITUTION DE L'ABAQUE

L'abaque cartésien logarithmique 62 traduit graphiquement les fonctions $e^a$, $e^{-a}$, $1\text{-}e^{-a}$.

Sur cet abaque, on a porté en abscisses, les valeurs de $a$, en ordonnées, du côté droit, les valeurs de $e^a$, en ordonnées, du côté gauche, les valeurs de $e^{-a}$ et de $1\text{-}e^{-a}$. Il permet d'appliquer *facilement* les formules 1 à 15.

## APPLICATIONS

PREMIER EXEMPLE. — *Calculer le courant de charge après 1/100 de seconde pour un condensateur de 1 microfarad. On donne* U = *1.000 volts*, R = *5.000 ohms.*

**On a, dans ce cas, d'après la formule (9) :**

$$a = \frac{t}{CR} = \frac{0{,}01}{0{,}000001 \times 5.000} = 2$$

**Menons la verticale de 2 lu sur l'échelle des abscisses. Nous coupons la courbe $e^{-a}$ au point d'ordonnée 0,135. Nous avons, par suite :**

$$I_C = \frac{1.000}{5.000} \times 0{,}135 = 0{,}027\ \text{A} = 27\ \text{mA.}$$

DEUXIÈME EXEMPLE. — *Calculer le courant, un centième de seconde après la fermeture, pour une bobine de 2 henrys et de 100 ohms, alimentée sous 115 volts.*

**Ici, on a, d'après la formule (7) :**

$$a = \frac{100 \times 0{,}01}{2} = 0{,}5$$

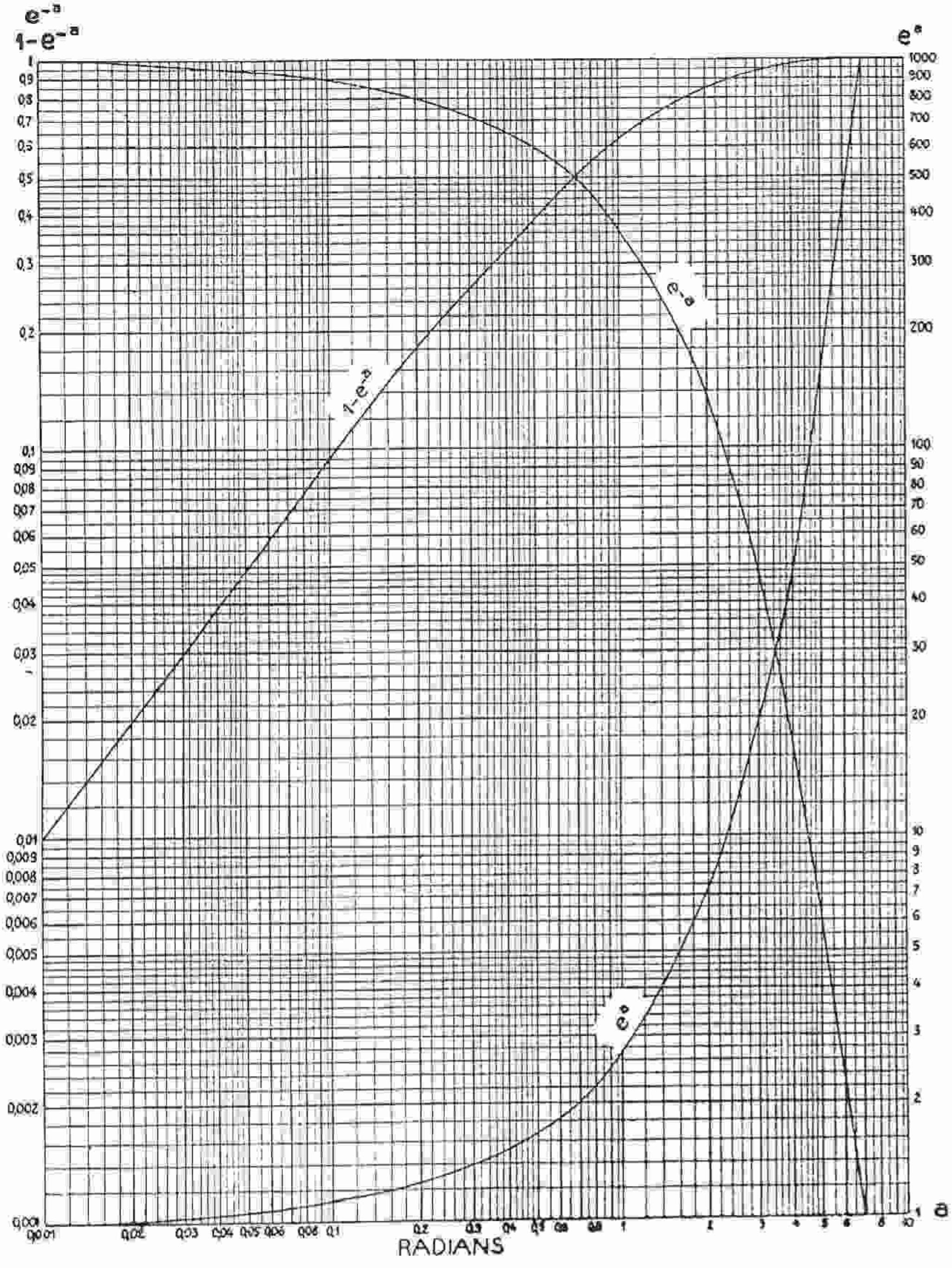
**Menons la verticale de 0,5 lu sur l'échelle des abscisses, nous coupons la courbe $1\text{-}e^{-a}$ au point d'ordonnée 0,39. La formule (7) donne :**

$$I_L = \frac{115}{100} \times 0{,}39$$

$$I_L = 0{,}449\ \text{Ampère.}$$

REMARQUE. — Nous donnons en annexe (tableaux XXII et XXIII, pages 188 et 189), deux tableaux donnant les valeurs de la fonction $e^n$ pour des valeurs de $n$ de dixièmes en dixièmes, depuis 0 jusqu'à 13 et d'unité en unité de 13 à 20.

# CHARGE ET DÉCHARGE D'UN CONDENSATEUR
# COURANT DANS UNE BOBINE



# EFFICACITÉ DU COUPLAGE PAR RÉSISTANCE CAPACITÉ

## FORMULE DE CALCUL

Dans un amplificateur à résistance-capacité (à l'heure actuelle, ce type d'amplificateur n'est plus utilisé qu'en basse-fréquence), le signal, de la plaque d'un tube, est transmis à la grille du tube suivant, à travers une capacité (figure 1).

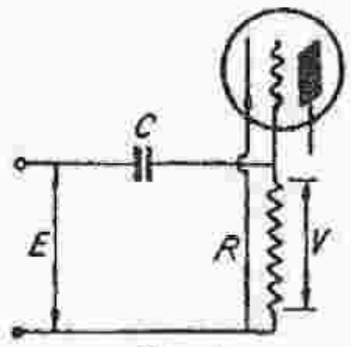


Fig. 1

Si nous désignons par V la tension alternative appliquée à la grille, par E la tension appliquée à l'entrée, par R la valeur de la résistance de grille, par $X_c$ la capacitance du condensateur de liaison C à la fréquence F ($X_c = \frac{1}{C \times 2\pi F}$), l'efficacité du couplage (rapport $\frac{V}{E}$) a pour valeur :

$$\frac{V}{E} = \frac{R}{\sqrt{R^2 + X_c^2}}$$

## CONSTITUTION DE L'ABAQUE

L'abaque par points alignés n° 63 traduit la formule précédente. Il comporte trois échelles et une courbe :

Echelle N° 1 (gauche : Echelle des valeurs de la résistance de grille R;

Echelle N° 1 (droite) : Echelle des valeurs de l'efficacité ou rapport $\frac{V}{E}$ ;

Echelle N° 2 : Echelle des valeurs de la réactance $X_c$ du condensateur de liaison C;

Echelle N° 3 : Echelle de réflexion.

## APPLICATIONS

PREMIER EXEMPLE. — *Calculer à la fréquence F = 50 cycles par seconde, l'efficacité pour un couplage par résistance-capacité réalisé avec une capacité de 20 millièmes de microfarad et une résistance R = 100.000 ohms.*

**L'abaque n° 31 (ou l'abaque 32) nous permettent de calculer que la capacitance d'un condensateur de 20 millièmes de microfarad à la fréquence 50 est :**

$$X_c = 159.000 \text{ ohms environ.}$$

**Alignons la valeur de R (100.000) lue sur l'échelle 1 gauche et celle de $X_c$ (159.200) lue sur l'échelle 2. Nous coupons l'échelle 3 en un certain point. Menons par ce point une tangente à la courbe qui coupe l'échelle 1 gauche au point marqué 0,533. L'efficacité cherchée a pour valeur : 0,533.**

DEUXIÈME EXEMPLE. — *Calculer pour les mêmes éléments de couplage, l'efficacité à 500 périodes.*

**L'abaque N° 31 ou l'abaque N° 32 nous donnent pour valeur de la capacitance d'un condensateur de 20 millièmes de microfarads à 1.000 périodes, une valeur de $X_c$ égale à 15.900 ohms. (Cette valeur aurait pu d'ailleurs être directement calculée en remarquant qu'il s'agit d'une fréquence 10 fois plus grande que précédemment).**

**Alignons la valeur de R (100.000) lue sur l'échelle 1 gauche et celle de $X_c$ (15.900) lue sur l'échelle 2. Nous coupons l'échelle 3 en un certain point. Menons par ce point, une tangente à la courbe qui coupe l'échelle 1 droite sur le nombre 0,99. L'efficacité, dans ces conditions, est 0,99.**

REMARQUE. — Les deux exemples précédents montrent qu'avec les mêmes éléments de couplage, l'efficacité est beaucoup plus faible pour les fréquences basses (notes graves) que pour les fréquences aiguës (notes élevées). Pour améliorer cette efficacité, il faut augmenter la valeur de C et celle de R.

---

*(Suite de la page 138, abaque 61.)*

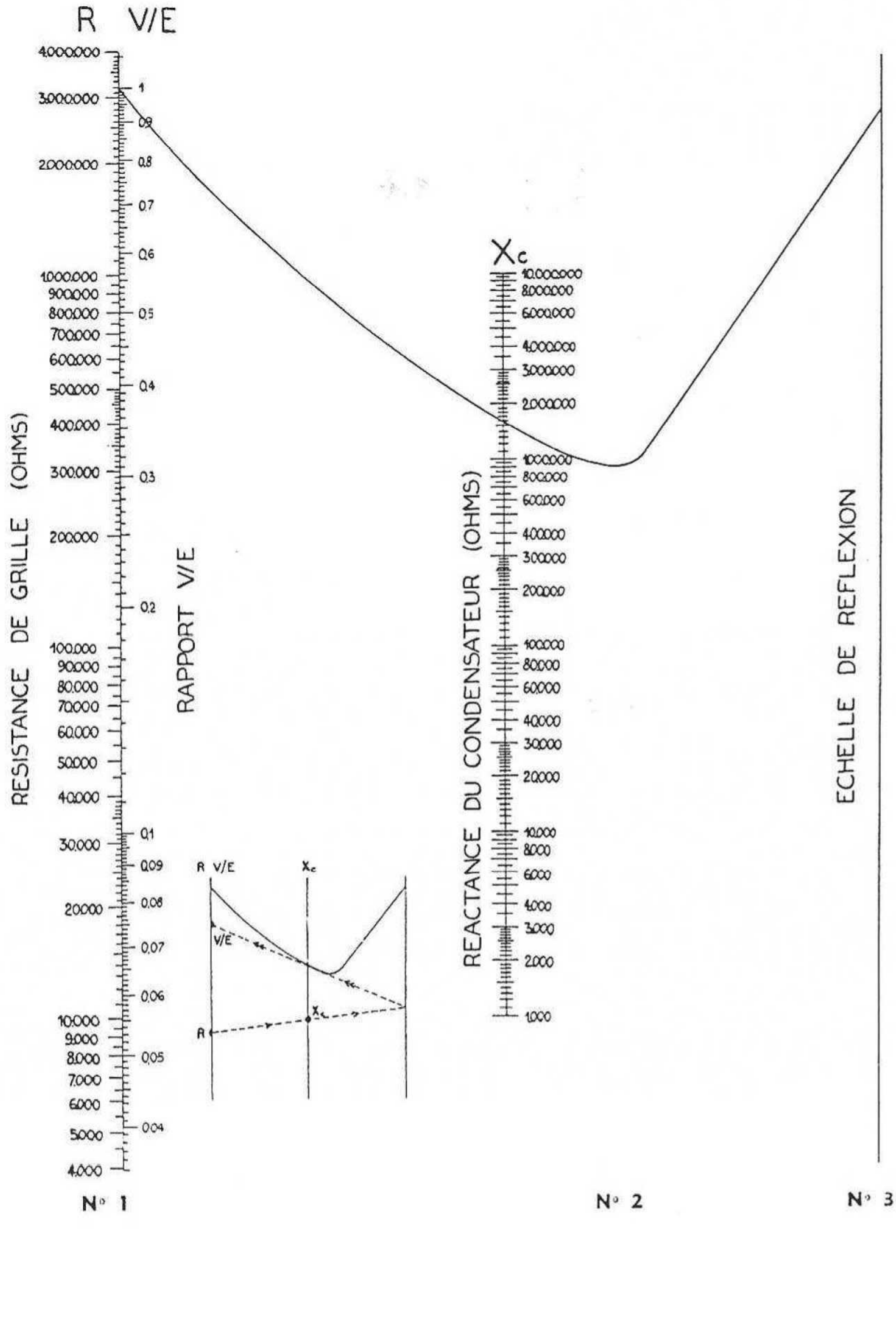
$$K = \frac{M}{L} = \frac{49,4}{1.660} = 0,0297$$

**Pour obtenir la valeur minimum de la largeur de bande correspondant à une transmission nulle ($n = 0$), nous menons par la valeur $\frac{R}{2\pi L}$ lue sur l'abaque 61 a (échelle des ordonnées). Cette horizontale coupe l'oblique correspondant à 0 en un certain point. Menons la verticale de ce point qui coupe l'échelle des abscisses au point correspondant à 2,875 Kc/s.**

**Le transformateur étudié dans l'exemple aura donc une largeur totale de bande variant avec le degré de couplage (0 à 1,6) de 2,875 × 2 = 5,75 Kc/s à 20 kilocycles : seconde.**

REMARQUE. — On aurait pu faire de même le calcul pour le point P de la figure 2 et en utilisant deux fois l'abaque 61 b de la même manière.

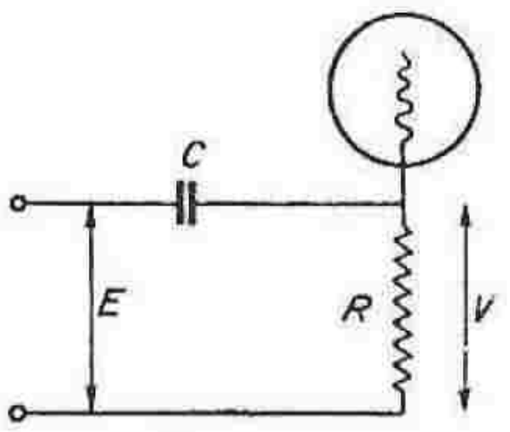
# EFFICACITÉ DU COUPLAGE PAR RÉSISTANCE CAPACITÉ



# CONSTANTE DE TEMPS DANS UN COUPLAGE PAR RÉSISTANCE CAPACITÉ

## FORMULES DE CALCUL

Si dans le montage de la figure ci-dessous, une charge électrique est appliquée au condensateur, elle sera transmise à la résistance et le potentiel correspondant à cette charge décroîtra exponentiellement de sa valeur initiale jusqu'à zéro.




La base des logarithmes népériens ou naturels $e$ ayant pour valeur 2,71828, on appellera constante de temps du circuit constitué par la résistance et la capacité, le temps nécessaire pour que le potentiel initial tombe à

$$\frac{1}{e} = \frac{1}{2{,}71828}$$

de sa valeur.

Cette constante de temps s'exprime en fonction de R et de C, par la formule :

(1) $$\theta = R\,C$$

Dans cette formule, $\theta$ est exprimé en secondes, R en ohms et C en farads.

Si R est exprimé en ohms et C en microfarads, la constante de temps est exprimée en secondes par la relation :

(2) $$\theta = \frac{R\,C}{1.000.000}$$

Enfin, si l'on exprime R en mégohms et C en microfarads, la constante de temps s'exprime par la relation :

(3) $$\theta = R\,C$$

On peut également se proposer de calculer le temps $\theta$ nécessaire pour que le potentiel tombe à $\frac{1}{10^e}$ de sa valeur initiale, 10 étant la base des logarithmes vulgaires ou décimaux.

Comme l'on a la relation :

Log népérien $a$ = logarithme décimal $a \times 2{,}30259$, on aura évidemment pour calculer $\theta_1$ la relation :

(4) $$\theta = 2{,}30259\,\theta$$

## CONSTITUTION DE L'ABAQUE

L'abaque à points alignés n° 64 traduit les relations (2) et (4). Il comporte trois échelles :

Echelle N° 1 : Echelle des valeurs de la résistance R exprimée en ohms;

Echelle N° 2 (gauche) : Echelle des valeurs de $\theta_1$ exprimées en secondes;

Echelle N° 2 (droite) : Echelle des valeurs de $\theta$ exprimées en secondes;

Echelle N° 3 : Echelle des valeurs de C graduée en microfarads.

## APPLICATIONS

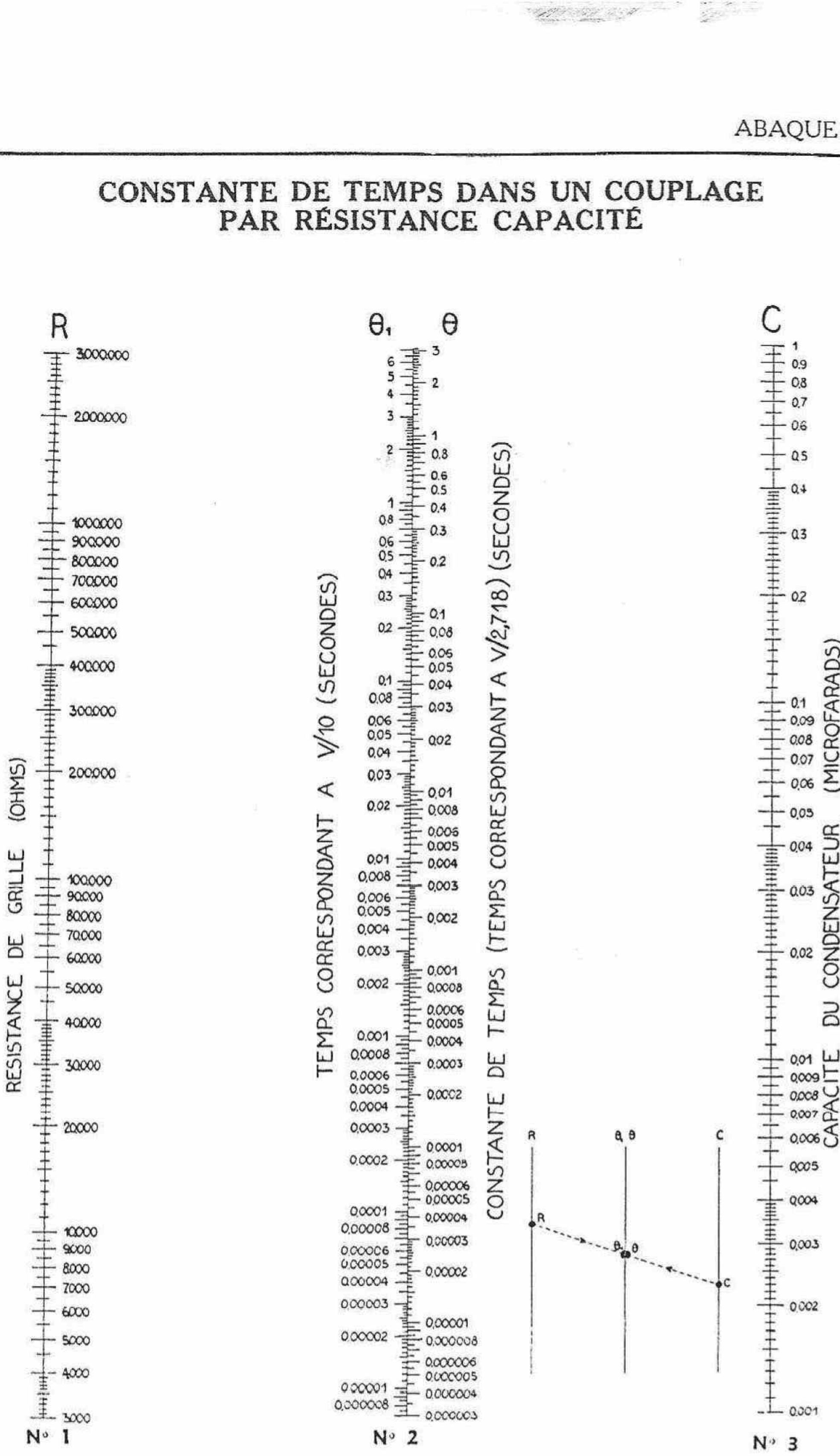
EXEMPLE. — *Calculer la constante de temps pour un couplage par résistance-capacité constitué par une résistance* R = *100.000 ohms et un condensateur de 0,020 microfarads (20 millimicrofarads).*

**Alignons la valeur de R (100.000) lue sur l'échelle 1 et celle de C (0,020) lue sur l'échelle 3. Nous coupons l'échelle 2 droite sur le nombre 0,002 et l'échelle 2 gauche sur le nombre 0,0046. Les valeurs cherchées sont $\theta$ = 0,002 seconde ou 2.000 microsecondes et $\theta_1$ = 0,0046 seconde ou 4.600 microsecondes.**

REMARQUE. — Un fort signal dans un couplage par résistance-capacité pourra produire un effet de blocage (paralysie de l'amplificateur). La tendance au blocage sera réduite si la valeur de la constante de temps $\theta$ est faible.

Si nous nous reportons à la formule (1), nous voyons que pour que $\theta$ soit faible, il faut que la valeur de R et celle de C soient faibles. Or, nous avons vu (abaque 63) que pour une bonne efficacité du couplage aux basses fréquences (notes graves), il fallait que les valeurs de R et de C soient élevées. On doit donc, dans l'établissement d'un couplage par résistance-capacité, établir un compromis entre ces deux conditions absolument contraires.

# CONSTANTE DE TEMPS DANS UN COUPLAGE PAR RÉSISTANCE CAPACITÉ



# EFFICACITÉ D'UNE CELLULE DE DECOUPLAGE

## BUT DU DÉCOUPLAGE

Dans les montages d'amplificateurs, pour séparer les différentes composantes et, par suite, éviter des accrochages, on procède à des découplages. En particulier dans le montage d'un tube, on procède au découplage des différentes électrodes.

La figure 1 représente le montage réalisé pour obtenir le découplage d'une plaque d'un tube; la figure 2 représente le découplage réalisé pour un écran de tube.

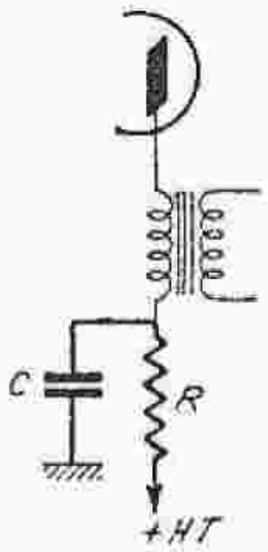


Fig. 1

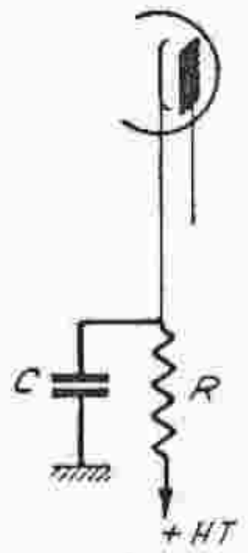


Fig. 2

Les condensateurs de découplage représentés sur ces figures ont pour effet de dériver vers la masse, des courants parasites de HF indésirables, tandis que les résistances de découplage s'opposeront davantage au passage de ces courants.

## FORMULES DE CALCUL

L'efficacité d'un découplage s'évalue en % par la relation :

(1) $$e\,\% = 100\sqrt{\frac{R^2}{R^2+\left(\frac{1}{C\omega}\right)^2}}$$

qui peut encore s'écrire :

(2) $$\boxed{e\,\% = 100\sqrt{\frac{1}{1+\left(\frac{1}{RC\omega}\right)^2}}}$$

Dans ces formules, R est la valeur en ohms de la résistance de découplage, C est la valeur en farads de la capacité de découplage, ω est la pulsation correspondant à la fréquence F ($\omega = 2\pi F$), cette fréquence étant exprimée en cycles.

L'efficacité du découplage exprime, en pour cent, la fraction de courant écoulée vers la masse par rapport au courant total. Plus la valeur calculée à l'aide des relations (1) ou (2) sera élevée et plus la cellule sera efficace (la cellule idéale serait celle dans laquelle tout le courant serait dérivé vers la masse à travers C et où R opposerait par suite une barrière absolue au passage de ce courant.

On voit, en examinant la formule, que l'efficacité est d'autant plus grande que R et C sont plus élevés et que ω, c'est-à-dire F, est élevé.

Par suite, quand on aura à examiner une cellule de découplage au regard de plusieurs fréqences, on fera le calcul pour la fréquence la plus basse.

L'efficacité moyenne d'un découplage se calcule pour la fréquence 800 périodes. Enfin, on doit considérer comme pratiquement inefficace, une cellule de découplage pour laquelle la valeur de e est inférieure à 70 %.

## CONSTITUTION DE L'ABAQUE

L'abaque cartésien logarithmique N° 65 traduit la formule (1). Sur cet abaque, on a porté en ordonnées, en haut et à droite, les fréquences (en cycles par seconde), en ordonnées, en bas et à gauche, la valeur des résistances de découplage en ohms.

Dans le haut, des obliques en trait pointillé correspondent aux valeurs des capacités de découplage, de 0,1 à 100 microfarads. Dans le bas, des obliques en trait plein correspondent aux valeurs de l'efficacité, depuis 70 % jusqu'à 99,9 %.

## APPLICATIONS

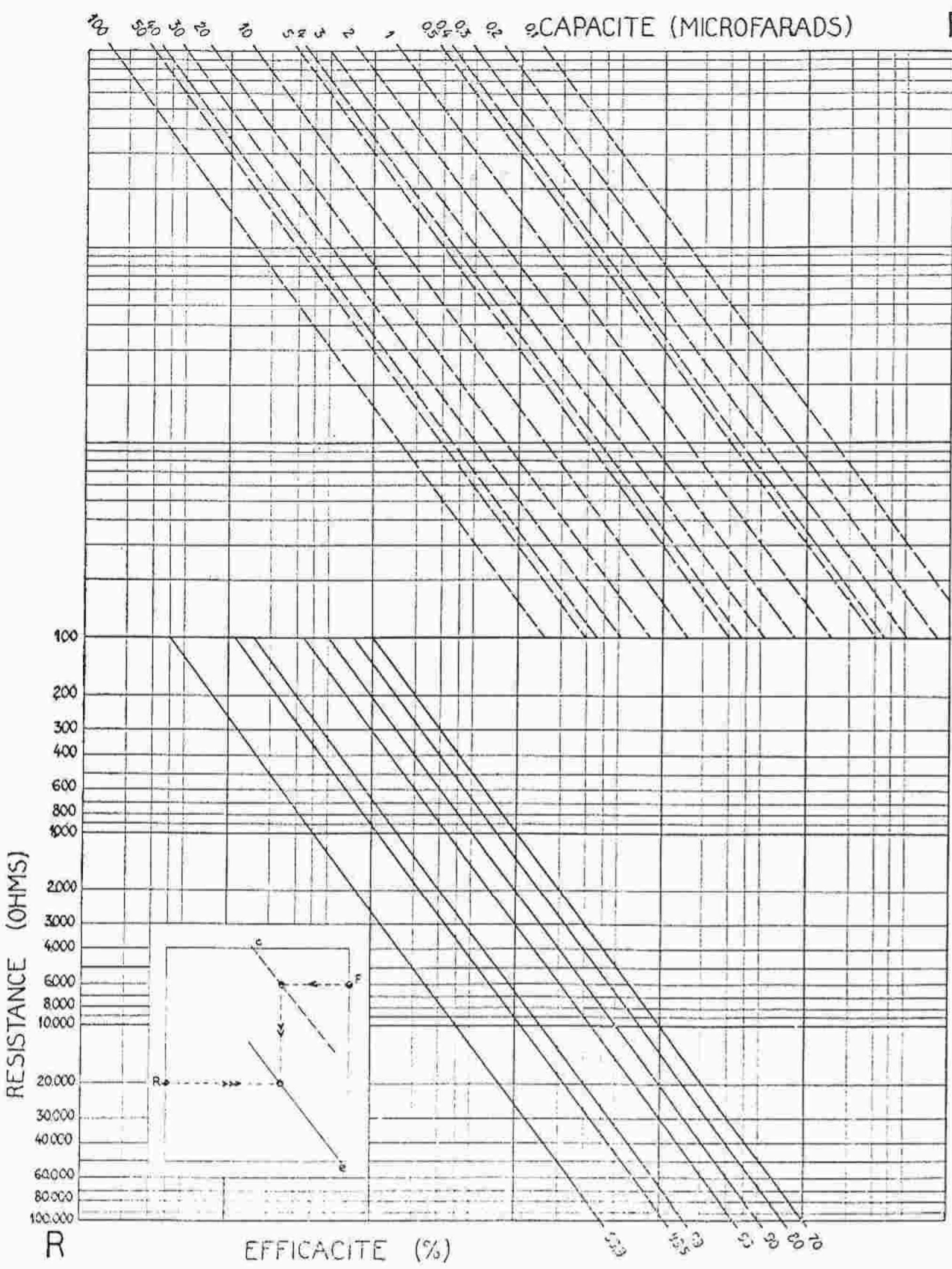
PREMIER EXEMPLE. — *Calculer, pour un tube EF6, l'efficacité moyenne (800 cycles : seconde) du découplage de la grille écran réalisé avec un condensateur de 0,1 microfarad et une résistance de 10.000 ohms.*

**Menons par la valeur de la fréquence (800) lue sur l'échelle des ordonnées, en haut et à droite, une horizontale qui coupe l'oblique en trait pointillé correspondant à 0,1 en un point. Menons la verticale de ce point et l'horizontale passant par la valeur de la résistance (10.000) lue sur l'échelle des ordonnées, en bas et à gauche. Ces deux droites se coupent entre les deux obliques marquées 95 et 99. L'efficacité du découplage avec le montage considéré est de 98 % environ.**

DEUXIÈME EXEMPLE. — *Quelle valeur de capacité doit être choisie pour obtenir une efficacité de 99,5 à 100 périodes:seconde, avec une résistance de découplage de 5.000 ohms?*

**Menons par la valeur de la résistance (5.000) lue sur l'échelle des ordonnées, en bas et à gauche, une horizontale qui coupe la droite en trait plein marquée 99,5 % en un certain point. La verticale de ce point et l'horizontale de 100 lu sur l'échelle des ordonnées, en haut et à droite, se coupent entre les deux droites en pointillé marquées 2 et 3 microfarads. La valeur de la capacité cherchée doit être de 2,5 microfarads environ.**

# EFFICACITÉ D'UNE CELLULE DE DECOUPLAGE



# BOBINES D'ARRÊT ET TRANSFORMATEURS B.F. (C.A.)

## FORMULES DE CALCUL

Dans les montages de basse-fréquence, toutes les fois que cela est possible, on doit utiliser des bobines d'arrêt et des transformateurs parcourus par du courant alternatif (courant à basse fréquence seulement). (Voir figure 1 relative à un tel montage, dit à alimentation en dérivation).

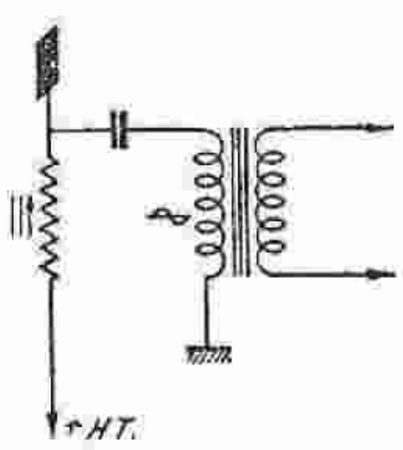



Fig. 1

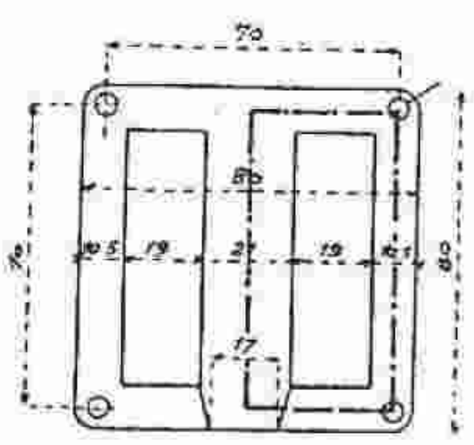



Fig. 2

En effet, lorsqu'un courant continu se superpose au courant alternatif, il y a diminution du coefficient de self-induction. Or, il convient, lorsqu'une bobine d'arrêt ou un transformateur BF sont montées dans le circuit plaque d'un tube, que l'impédance de son circuit pour les plus basses fréquences musicales à transmettre soit égale au moins à trois ou quatre fois la résistance interne de la valve. Or, on sait que cette impédance est proportionnelle au coefficient de self-induction.

Pour obtenir un coefficient de self-induction élevé, on utilise, pour une construction économique, un grand nombre de tours de fil très fin. De ce fait, lorsque ce fil est parcouru par du courant continu, la rupture du fil par électrolyse est à craindre. Le coefficient de self-induction d'une bobine s'exprime en henrys par la relation :

$$(1) \qquad L = \frac{4\,\pi\,N^2\,S}{l \times 10^9} \times \mu$$

Dans cette formule, L est le coefficient de self-induction exprimé en henrys, N le nombre de tours total de fil du bobinage, S la section du noyau magnétique en centimètres carrés, $l$ la longueur moyenne du circuit magnétique en centimètres, $\mu$ la perméabilité en courant alternatif.

Dans la formule ci-dessus, si au lieu d'exprimer le nombre total de tours, on exprime le nombre de tours par centimètre ($n = \frac{N}{l}$) et si on remarque que le produit $l \times S$ est égal au volume du noyau magnétique, on a :

$$L = \frac{4\,\pi\,n^2\,l^2\,S}{l \times 10^9} \times \mu$$

ou

$$(2) \qquad \boxed{L = \frac{4\,\pi\,n^2\,V}{10^9} \times \mu}$$

## CONSTITUTION DE L'ABAQUE

L'abaque N° 66 traduit la formule (2). Il comporte trois échelles :

Echelle 1 (gauche) : Echelle des valeurs de la perméabilité, $\mu$;

Echelle 1 (droite) : Echelle des valeurs de L;

Echelle 2 (gauche) : Echelle des valeurs du nombre de tours par centimètre, $n$;

Echelle 2 (droite) : Echelle des valeurs du volume du noyau magnétique, V.

Echelle 3 : Echelle des valeurs de $\frac{L}{V}$.

## APPLICATIONS

EXEMPLE. — *Calculer le coefficient de self-induction de la bobine à fer avec circuit magnétique, découpé dans des tôles, dont le profil est représenté ci-dessous (fig. 2). Ces tôles ont une perméabilité moyenne de 1.000 et l'épaisseur du circuit magnétique a pour valeur 21 millimètres. Le fil employé pour le bobinage est émaillé et a un diamètre de 0,32 mm.*

D'après le tableau accompagnant l'abaque 73, le fil employé a un diamètre de 0,396 mm.

La section rectangulaire du découpage (voir fig. 2) a pour valeur : $59 \times 19 = 1.121$ mm².

En remplissant complètement ce découpage, on peut disposer :

$$\frac{1.121}{0,396} = 7.140 \text{ tours de fil.}$$

D'après la figure 2, la longueur moyenne du circuit magnétique est 20,6 cm. Le nombre théorique de tours par centimètre est :

$$n_1 = \frac{7.140}{20,6} = 346,5$$

Pour tenir compte de la présence du manchon isolant et de l'épaisseur de papier isolant séparant les différentes couches de fil, nous tablerons sur un nombre de tours par cm. réel :

$$n = n_1 \times 0,9 = 346,5 \times 0,9 = 312 \text{ environ.}$$

La surface de chaque tôle du noyau est :

$$(1,05 + 2,1 + 1,05) \times 8 + 4 \times 1,9 \times 1,05 = 41,58 \text{ cm}^2.$$

Le volume théorique est :

$$V_1 = 41,58 \times 2,1 = 87,3 \text{ cm}^3.$$

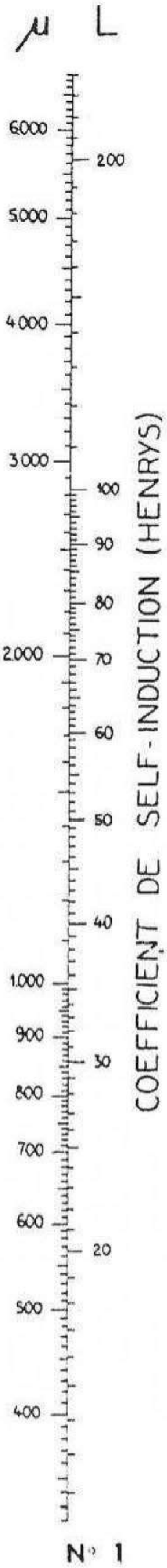
soit un volume réel (compte tenu de l'isolant entre tôles) de :

$$87,3 \times 0,9 = 78,6 \text{ cm}^3$$

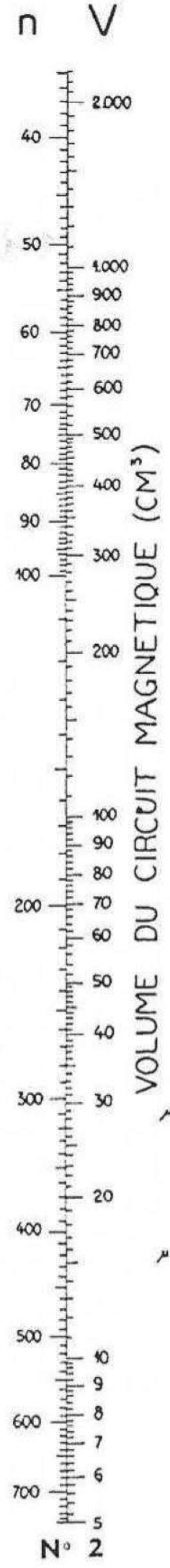
**Alignons la valeur de $\mu$ (1.000) lue sur l'échelle 1 gauche et celle de *n* (312) lue sur l'échelle 2 gauche, nous coupons l'échelle 3 au point 1,22. Alignons ce point et la valeur de V (78,6) lue sur l'échelle 2 droite, nous coupons l'échelle 1 gauche au point 95. La valeur du coefficient de self-induction de la bobine construite sera L = *95* henrys environ.**

REMARQUE. — On pourrait calculer la résistance ohmique du bobinage en utilisant l'abaque 74. On trouverait 250 ohms environ.

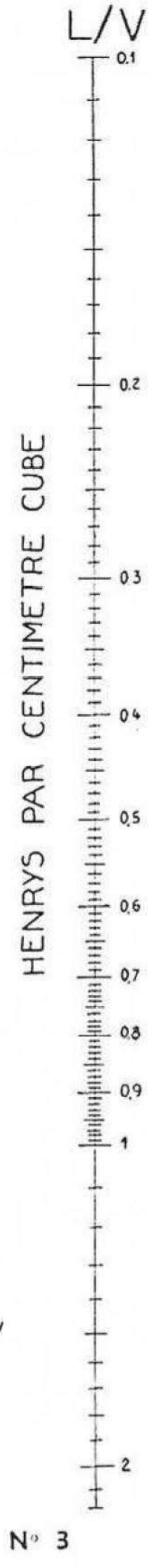
# BOBINES D'ARRÊT ET TRANSFORMATEURS B.F. (C.A.)




N° 1




N° 2




N° 3

# BOBINES D'ARRÊT ET TRANSFORMATEURS B.F. (C.C.)

## CHAMP CONTINU ET CHAMP ALTERNATIF

Lorsque le métal magnétique constituant le noyau d'une bobine d'arrêt ou d'un transformateur BF est soumis simultanément à un champ continu et à un champ alternatif (cas, par exemple, des transformateurs intervalves et des transformateurs de sortie alimentés en série conformément à la figure 1, ainsi que des bobines de filtre parcourues par du courant continu et une composante alternative (voir abaques 76 et 78), le cycle d'hystérésis décrit par le métal a une forme et une inclinaison qui dépendent de la valeur de l'induction continue. Pour un cycle alternatif de très petite amplitude, l'inclinaison $\frac{\Delta B}{\Delta H}$ du cycle, analogue à une perméabilité initiale alternative, s'appelle perméabilité réversible (voir figure 2). Les choses se passent, dans ces conditions, comme si la perméabilité du noyau diminuait.

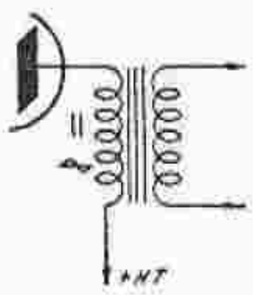


Fig. 1

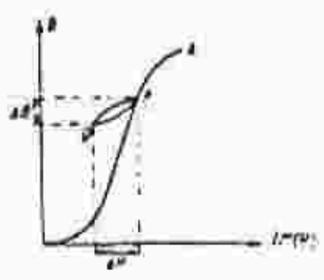


Fig. 2

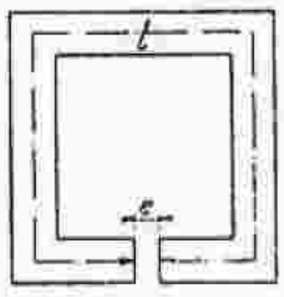


Fig. 3

Par exemple, pour un métal comme l'Anhyster D, la perméabilité réversible qui est de 2.950 environ pour un champ continu nul, est de 1.250 pour un champ continu de 0,5 œrsted et de 700 pour un champ continu superposé de 1,5 œrsted.

Pour réduire l'effet du champ continu superposé, on fait une coupure (entrefer dans le noyau magnétique).

On doit d'abord, pour le calcul d'une bobine d'arrêt ou d'un transformateur parcouru par du courant alternatif à BF et du courant continu, pouvoir calculer pour différents métaux le rapport entre le coefficient de self-induction dans les conditions de fonctionnement et lorsque l'entrefer a la valeur optimum, $L_c$, et la valeur du même coefficient de self-induction L calculé à l'aide de l'abaque 67 et lorsqu'il n'y a pas de champ continu superposé et qu'il n'y a, par la suite, pas d'entrefer, et ceci pour un nombre d'ampères-tours déterminé dû au courant continu.

Ce calcul fait, on doit pouvoir calculer, dans les mêmes conditions, la valeur du rapport entre la longueur de l'entrefer et la longueur moyenne du circuit magnétique pour ces mêmes matériaux utilisés pour la constitution des noyaux.

## CONSTITUTION DES ABAQUES

Les abaques 67 *a* et 67 *b* permettent de faire les calculs précédents.

L'abaque 67 *a* comporte 2 échelles et 6 courbes correspondant à différents matériaux magnétiques couramment utilisés :

Echelle 1 : échelle des valeurs du nombre d'ampères-tours par centimètre dus au courant continu $\frac{NI}{l}$ ;

Echelle 2 : échelle des valeurs du rapport $\frac{L_c}{L}$.

L'abaque 67 b comporte 2 échelles et 4 courbes :

Echelle 1 : échelle des valeurs de $\frac{NI}{l}$ ;

Echelle 2 : échelles des valeurs du rapport $\frac{e}{l}$ (voir fig. 3).

## APPLICATIONS

EXEMPLE. — *A l'aide de l'abaque 67, nous avons calculé la valeur du coefficient de self-induction pour une bobine d'arrêt parcourue par du courant BF seulement. Calculer la valeur du coefficient de self-induction et l'épaisseur de l'entrefer lorsque cette bobine est montée en série et parcourue par un courant de 10 mA (le noyau magnétique est constitué par des tôles DS).*

*Calcul du coefficient de self-induction* $L_C$. — Le nombre de tours par cm. calculé dans l'abaque précédent est de 312. Le nombre d'ampères-tours par cm. est donc :

$$312 \times 0{,}010 = 3{,}12$$

**Menons par cette valeur (3,12) lue sur l'échelle 1 (abaque 67 *a*) une tangente à la courbe marquée DS (B faible), nous coupons l'échelle 2 au point marqué 0,74. La valeur de $\frac{L_c}{L}$ est donc 0,74.**

**Le coefficient de self-induction de la bobine avec champ continu superposé est donc :**

$$L_c = 95 \times 0{,}74 = \textit{70 henrys environ.}$$

*Calcul de l'entrefer* e :

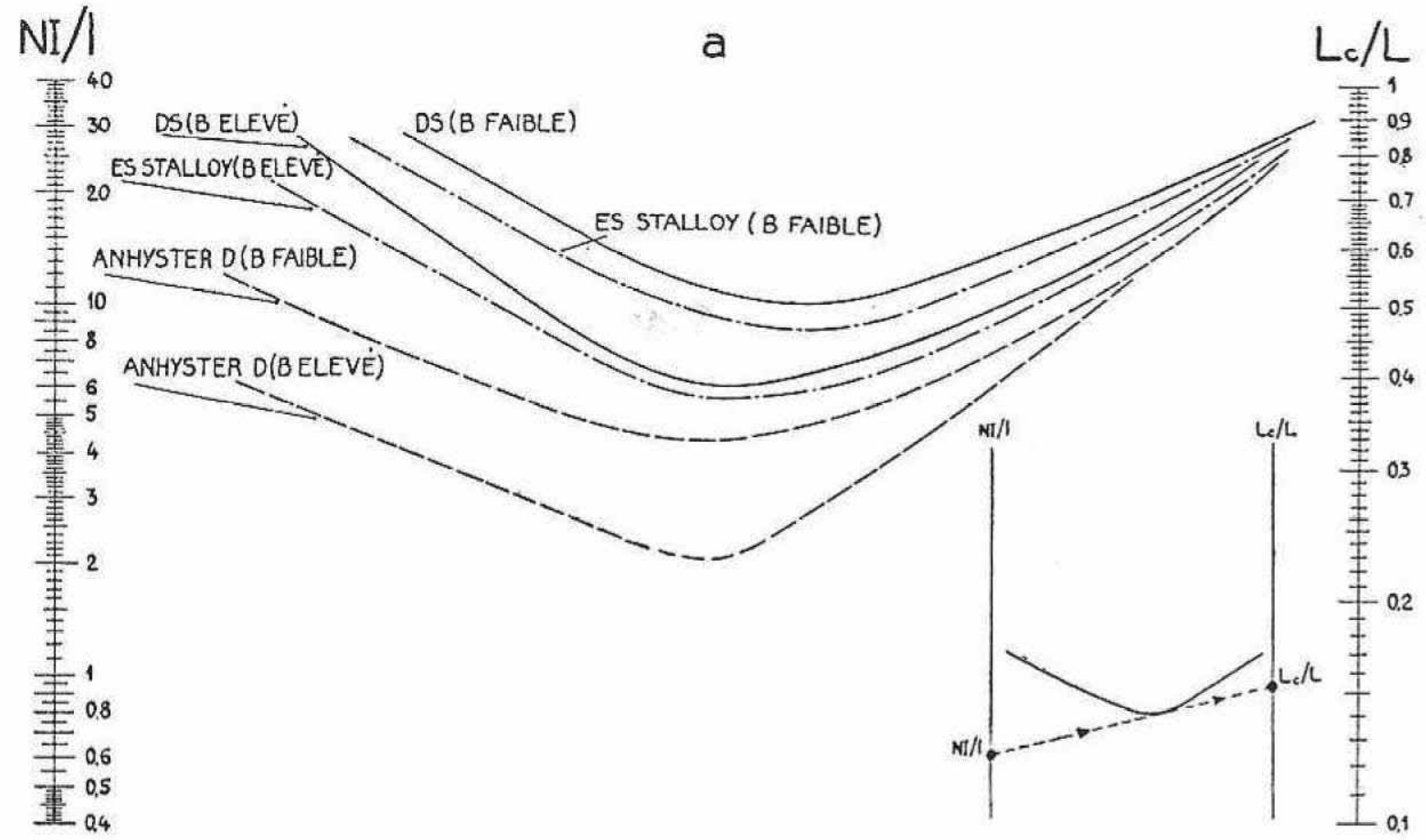
**Menons par la valeur de 3,12 lue sur l'échelle 1 une tangente à la courbe marquée DS (B faible), cette tangente coupe l'échelle 2 au point marqué : 0,0009. On a donc :**

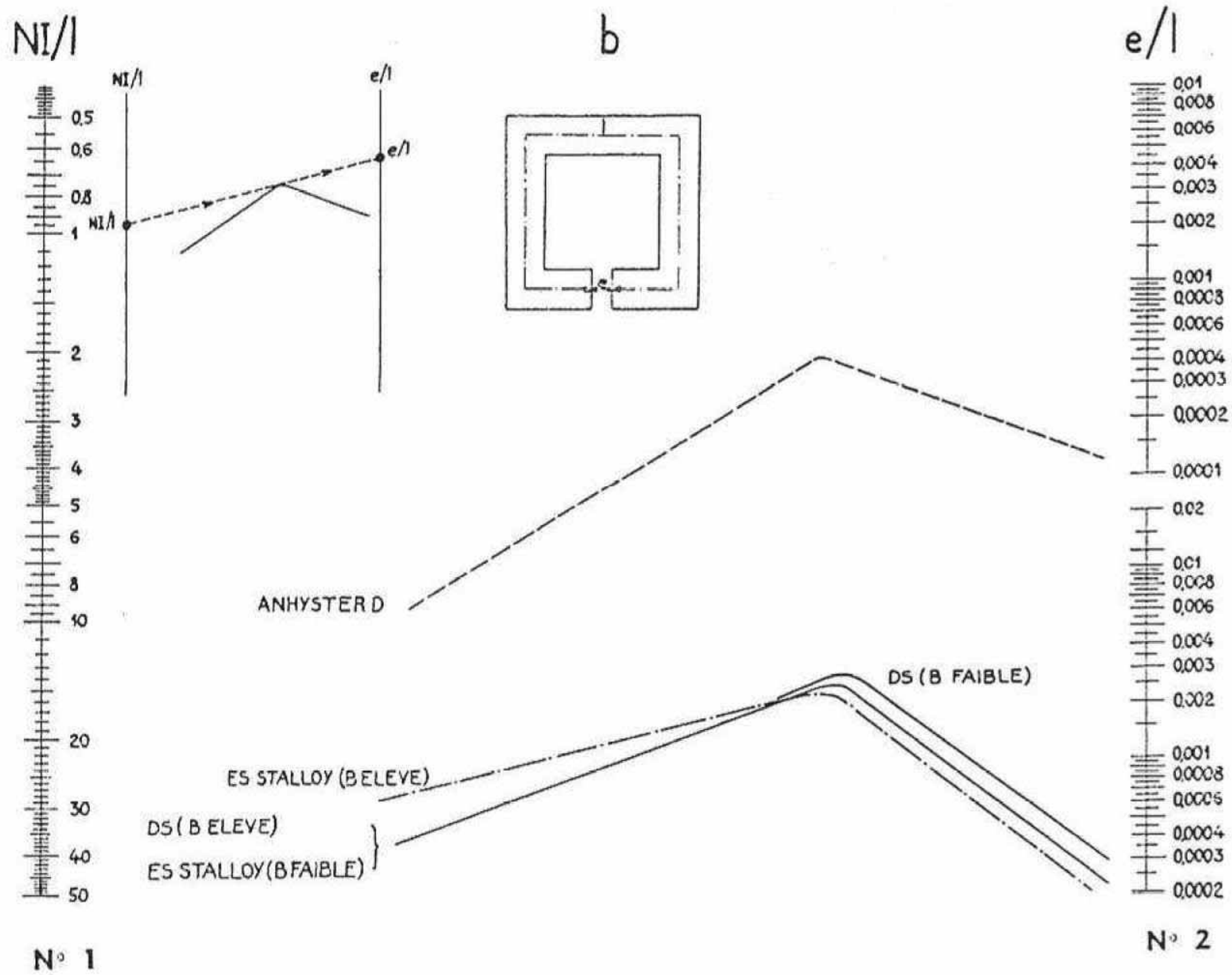
$$\frac{e}{l} = 0{,}0009$$

**Or, dans l'application de l'abaque 66, $l = 20{,}6$ centimètres.**

**On en tire : $e = 20{,}6 \times 0{,}0009 = 0{,}0180$ cm.**
**$= 0{,}18$ mm.**

# BOBINES D'ARRÊT ET TRANSFORMATEURS B.F. (C.C.)




N° 1

N° 2

# TRANSFORMATEUR DE SORTIE

## FORMULE DE CALCUL

Lorsqu'on veut effectuer une liaison entre une source et un circuit d'utilisation possédant des impédances différentes en BF et en HF, on emploie un transformateur de liaison. C'est le cas d'une antenne et d'une ligne, de la liaison entre 2 tubes, un tube de sortie et un haut-parleur, etc.

Si l'on désigne par $N_p$ le nombre de tours du primaire, du tranformateur, $N_s$ le nombre de tours du secondaire, $Z_p$ l'impédance primaire (à une certaine fréquence, en général 1.000 périodes pour un transfo BF), $Z_s$ l'impédance secondaire, on a la relation :

$$(1) \qquad n = \frac{N_p}{N_s} = \sqrt{\frac{Z_p}{Z_s}}$$

## CONSTITUTION DE L'ABAQUE

L'abaque à points alignés n° 68 traduit la formule précédente. Il comporte 3 échelles :

Echelle 1 : échelle des valeurs de l'impédance primaire $Z_p$;

Echelle 2 : échelle des valeurs de $n$;

Echelle 3 : échelle des valeurs de $Z_s$.

## APPLICATIONS

*Pour un tube EL5 l'impédance primaire à 1.000 périodes est 3.300 ohms; l'impédance secondaire du haut-parleur utilisé est 7 ohms.*

**Alignons la valeur de $Z_p$ (3.300 ohms) lue sur l'échelle 1 et celle de $Z_s$ (7 ohms) lue sur l'échelle 3, nous coupons l'échelle 2 sur le nombre de 21,7.**

**Le rapport de transformation doit être :**

$$n = \frac{N_p}{N_s} = 21{,}7$$

## DONNÉES COMPLÈTES D'UN TRANSFORMATEUR DE SORTIE

Soit le transformateur de sortie dont le rapport a été calculé dans l'application ci-dessus et destiné à l'adaptation d'un tube EL5 (I = 72 mA, impédance optimum 3.500 ohms donnée par le constructeur) à une bobine mobile ayant, à 1.000 périodes, une impédance $Z_s = 7$ ohms.

Si nous appelons $R_1$ et $R_2$ les résistances des enroulements primaire et secondaire et si nous estimons à 200 ohms la valeur $R_1 + n^2 R_2$, nous aurons :

$$Z_p = n^2 \; Z_s = 3500 - 200$$

La self-induction primaire est $L_p = 11$ henrys et la self-induction de dispersion $L_d = 1{,}1$ henry. Le noyau sur lequel est effectué le bobinage est représenté sur la figure 1.

Pour ce noyau, on a : $V = 91$ cm$^3$.

Longueur de la ligne de force moyenne :

$$l = 18 \text{ cm.}; \quad S = 5 \text{ cm}^2.$$

L'entrefer a pour valeur : $e = 0{,}3$ mm.

Le nombre de tours primaire est : $N_p = 3.000$.

On utilise pour l'enroulement primaire du fil de 0,3 mm.

La densité de courant est :

$$\frac{I}{s} = \frac{0{,}072}{\frac{\pi \times 0{,}3^2}{4}} = 1{,}02 \text{ A par mm}^2$$

L'épaisseur de l'enroulement primaire est (voir figure 2) $d_p = 5$ mm. (longueur de la spire moyenne 12 cm.). Celui-ci sera séparé de l'enroulement secondaire par une couche de papier $d_1 = 0{,}5$ mm.; $n$ ayant été trouvé égal à 21,7, on a pour l'enroulement secondaire :

$$N_s = \frac{3.000}{21{,}7} = 138$$

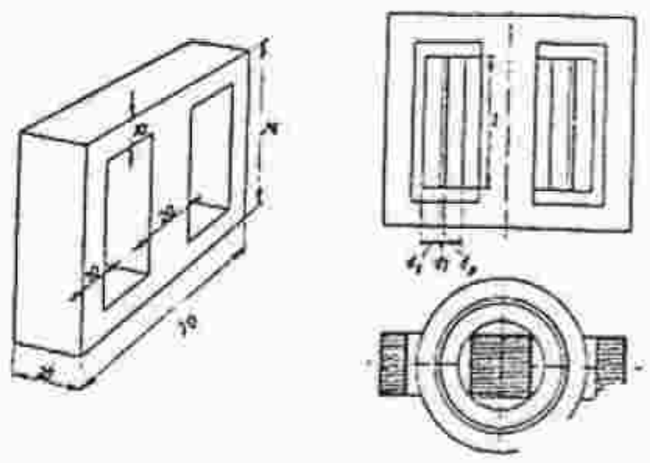


Fig. 1 Fig. 2

Si les pertes au secondaire sont égales aux pertes dans le primaire, le diamètre du fil du secondaire devra être de :

$$\sqrt{21{,}7 \times 0{,}3} = 1{,}4 \text{ mm.}$$

L'épaisseur de cet enroulement sera également de 5 mm. La longueur moyenne d'une spire au secondaire sera 16 cm. environ.

On aura pour le primaire : $l_b = 3.000 \times 12 = 360$ m., ce qui conduit à une résistance de 89 ohms, et pour le secondaire :

$$l_b = 138 \times 16 = 22 \text{ m.},$$

ce qui conduit à une résistance de 0,25 ohm.

La valeur de $R_1 + n^2 R_2$ est égale à 207 ohms (valeur à peine différente de celle calculée dans l'avant-projet. Le tube EL5 donnant 9 watts à 1.000 périodes, cela correspond à une tension alternative :

$$u = \sqrt{9 \times 3.500} = 177 \text{ volts.}$$

On a :

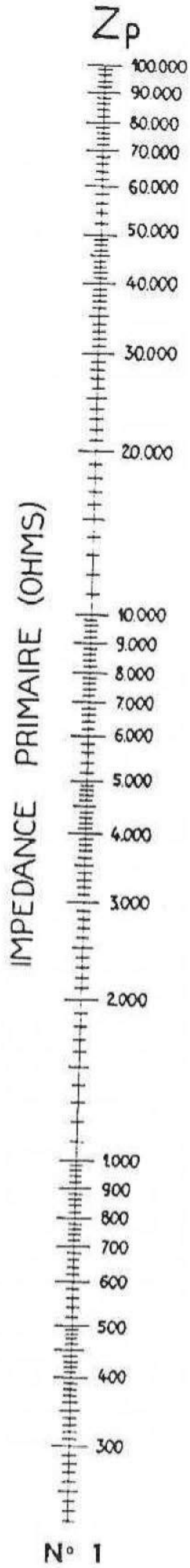
$$\frac{177 \times \sqrt{2}}{2} = 125 \text{ volts à 50 périodes.}$$

A cette fréquence, l'induction a pour valeur :

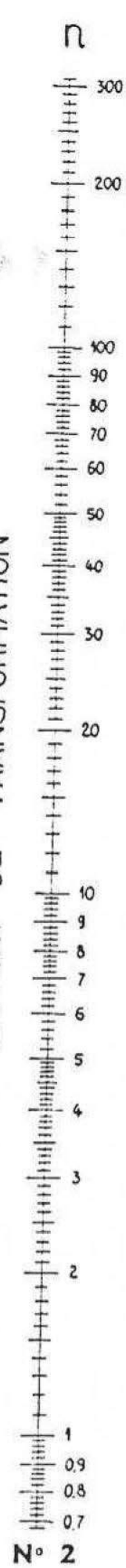
$$B = \frac{125 \times 10^8}{4{,}4 \times 50 \times 3.000 \times 5} = 3.800 \text{ gauss.}$$

REMARQUE. — Les notations et les formules pour le texte ci-dessus sont celles employées pour les abaques 66, 67, 72, 73, 74, 75.

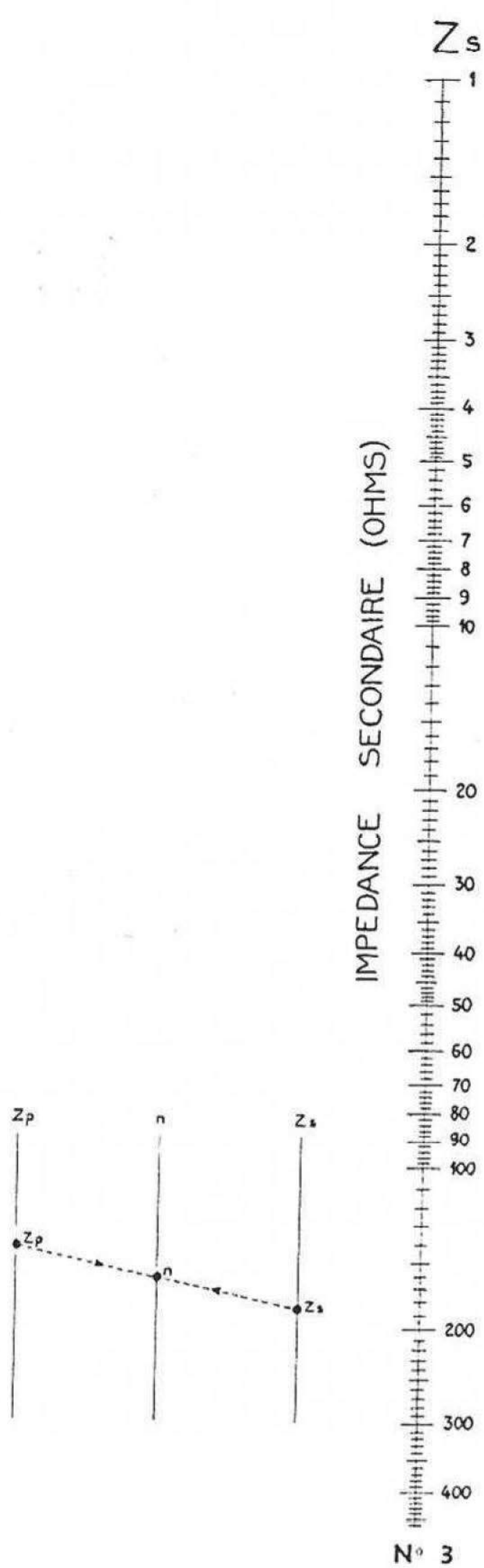
# TRANSFORMATEUR DE SORTIE




N° 1




N° 2




N° 3

# PAVILLON EXPONENTIEL DE HAUT-PARLEUR (69a) PUISSANCE MODULÉE NÉCESSAIRE POUR UNE SALLE (69b)

*ABAQUE 69a*

## CALCUL D'UN PAVILLON EXPONENTIEL

L'efficacité et la puissance d'un haut-parleur pour installation sonore (public-adress, cinéma, etc.) peuvent être notablement augmentées par l'adjonction au haut-parleur d'un pavillon exponentiel.

Le pavillon exponentiel le plus commode à construire est celui dont les sections perpendiculaires à l'axe sont carrées. On calcule un tel pavillon de la manière suivante :

On se donne le diamètre intérieur du cône du haut-parleur D. Le côté du carré minimum à la naissance du pavillon (voir figure 1) est celui dont la surface est égale à l'embouchure du haut-parleur, c'est-à-dire pour lequel on a :

$$C^2_{min} = \frac{\pi D^2}{4}$$

On tire de cette relation : $\sin h \quad C_{min} = 0{,}886\ D$

On doit se donner ensuite la fréquence de coupure la plus basse transmise $F_c$. Le côté maximum du pavillon (embouchure) est alors donné en cm. par la relation :

$$(2) \qquad C_{max} = \frac{7.500}{F_c}$$

## CONSTITUTION DE L'ABAQUE

L'abaque cartésien logarithmique 69 *a* est établi pour permettre de calculer la longueur totale du pavillon ($l_{max}$) et les ordonnées *c* (côté de la section transversale) correspondant à différentes abscisses *l* comptées suivant l'axe du pavillon.

Sur cet abaque, on a porté en abscisses les abscisses *l* du pavillon et, en ordonnées, les valeurs des côtés *c* des sections transversales. Sur l'abaque sont figurées différentes droites correspondant à des fréquences de coupure comprises entre 30 et 300 et une courbe en pointillé.

## APPLICATIONS

EXEMPLE. — *Calculer les caractéristiques d'un pavillon exponentiel à section carrée pour haut-parleur de 18 pouces (46 cm.) pouvant donner 25 walls modulés. On admettra une basse-fréquence de coupure* $F_c = 40$.

Le côté minimum du pavillon est :

$$C_{min} = 0{,}886 \times 46 = 40{,}7 \text{ cm}$$

Le côté maximum a pour valeur en cm. :

$$C_{max} = \frac{7.500}{40} = 187{,}5$$

**Cette dernière valeur, lue sur l'échelle des ordonnées, se trouve d'ailleurs sur l'horizontale du point de rencontre de la droite marquée $F_c = 40$ et de la courbe en pointillé, Appelons P ce point de rencontre (abscisse 6,65). Joignons ce point au point O (en bas et à gauche de l'abaque). La droite tracée permet de déterminer les ordonnées *c* et les valeurs fictives $l_1$ de *l*.**

**Pour avoir les valeurs réelles de *l*, on devra lire sur l'abaque l'abscisse qui correspond à $C_{min}$ (40,6) par rapport à OP. On trouve 4,60; les valeurs réelles de *l* ont pour valeur :**

$$l = l_1 - 4{,}60$$

Toutes ces valeurs (lues ou calculées) sont mentionnées dans le tableau ci-dessous et inscrites sur la figure 1 qui donne aussi les caractéristiques du pavillon projeté.

| C cm | Abscisse $l_1$ Val fictive (m) | Abscisse $l$ Val réelle (m) | Cm | Abscisse $l_1$ Val fictive (m) | Abscisse $l$ Val réelle (m) |
|---|---|---|---|---|---|
| 187,5 | 6,65 | 2,05 | 72 | 5,4 | 0,80 |
| 144 | 6,30 | 1,70 | 58 | 5,1 | 0,50 |
| 112 | 6 | 1,40 | 46 | 4,8 | 0,20 |
| 92 | 5,7 | 1,10 | 40,6 | 4,6 | 0 |

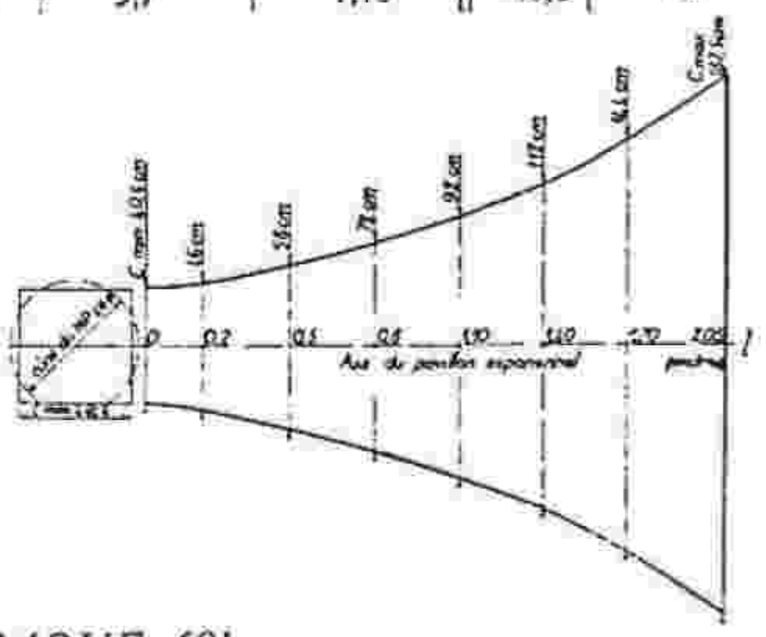


Fig. 1

*ABAQUE 69b*

## CALCUL DE LA PUISSANCE MODULÉE NÉCESSAIRE

On peut se proposer, pour une installation sonore en salle fermée, de calculer la puissance sonore modulée nécessaire en fonction du nombre moyen de sièges ou du volume de la salle.

## APPLICATIONS

PREMIER EXEMPLE. — *Calculer la puissance de l'amplificateur nécessaire pour une salle de cinéma de 1.000 places.*

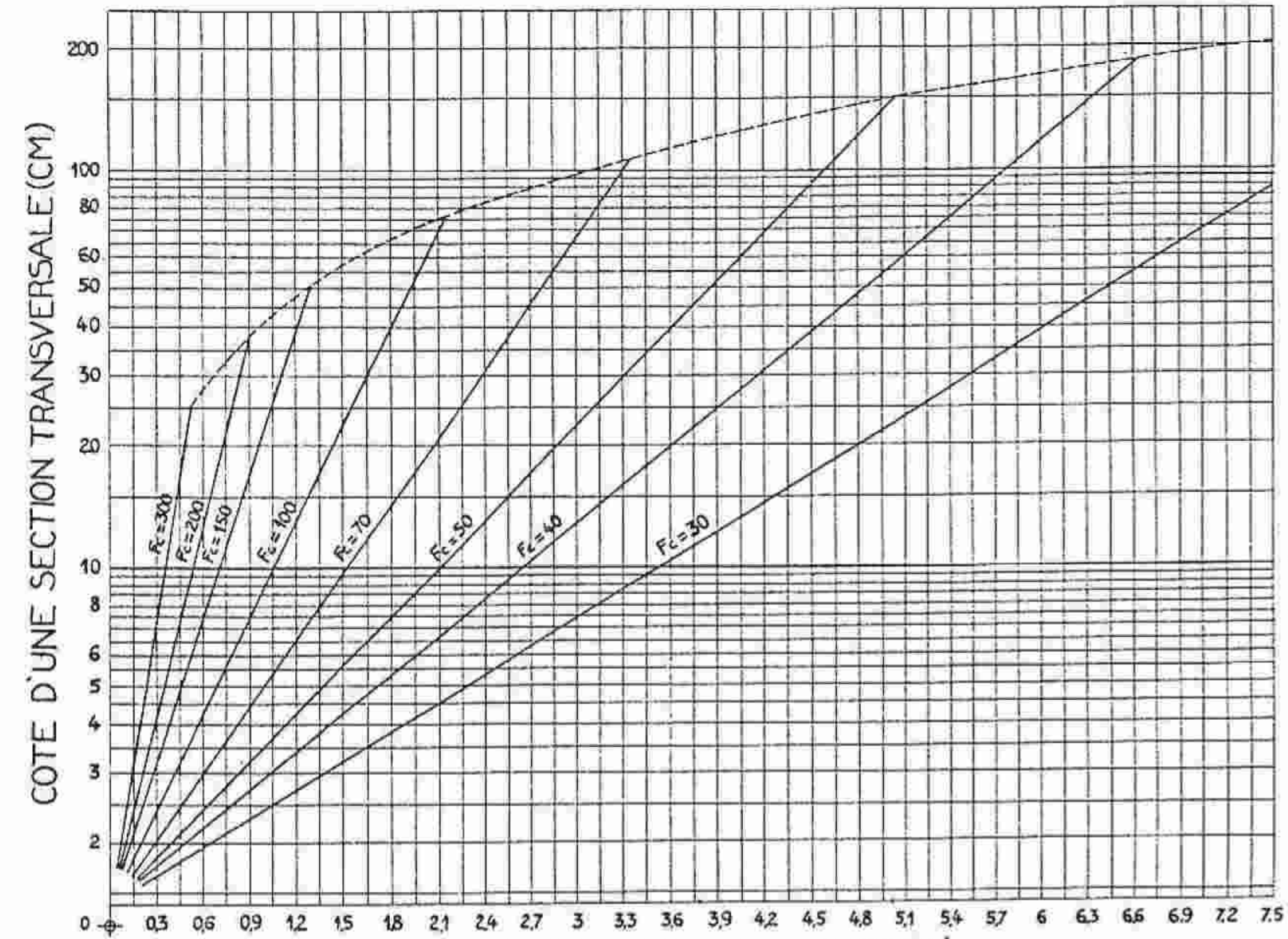
**Menons par la valeur du nombre de sièges ou places (1.000) lue sur l'échelle des abscisses, une verticale qui coupe l'oblique en trait plein en un point. L'horizontale de ce point coupe les échelles des ordonnées aux points 8 et 31,5. L'amplificateur devra donner une puissance de *8 watts modulés*, ce qui correspond à un niveau de *31,5 décibels*.**

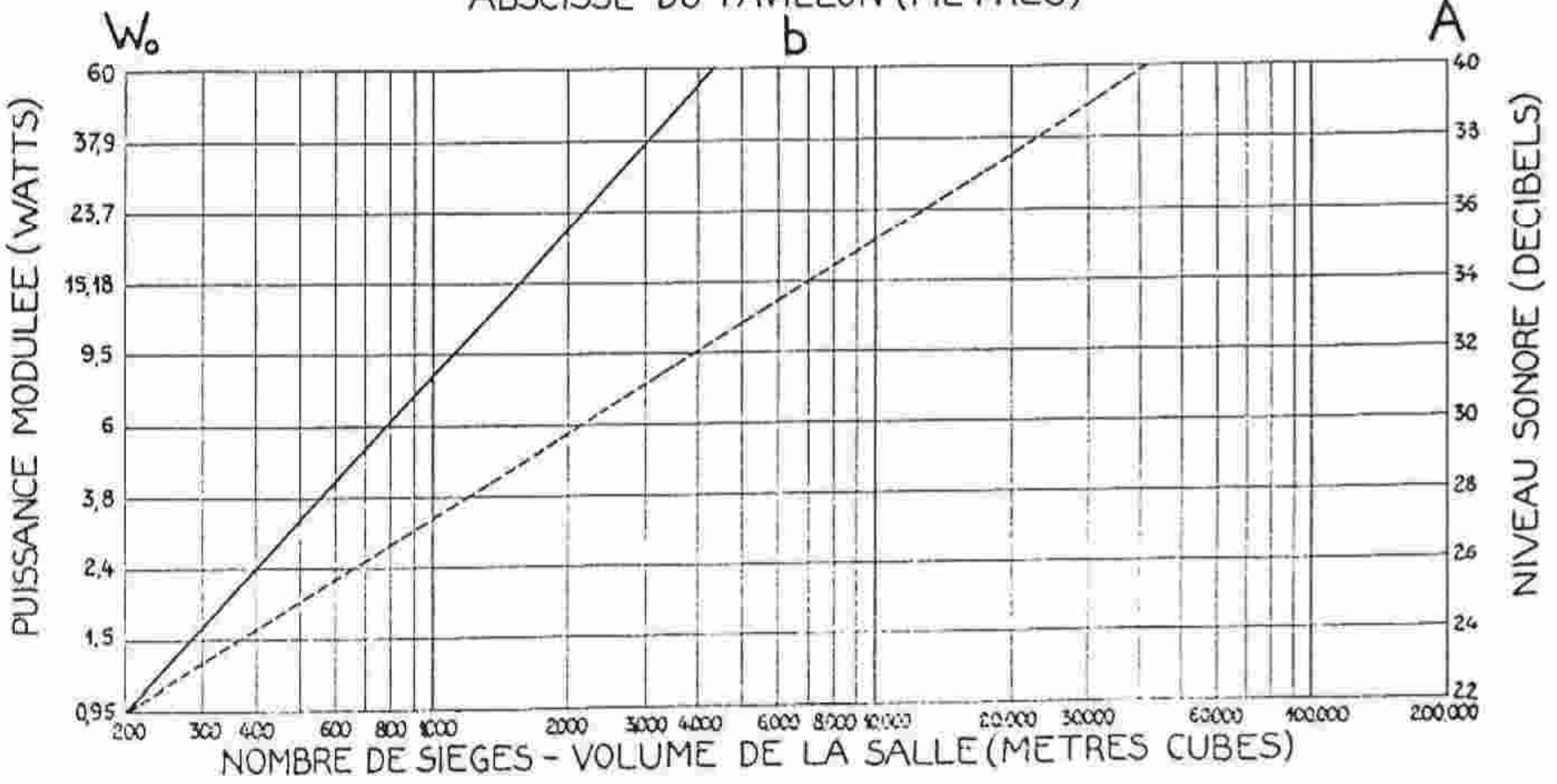
DEUXIÈME EXEMPLE. — *Quel peut être le volume maximum de la salle équipée avec un amplificateur de 15 watts modulés (34 décibels environ) ?*

**Menons l'horizontale de 34 lu sur l'échelle des ordonnées (côté droit), nous coupons l'oblique pointillé en un certain point. La verticale de ce point coupe l'échelle des abscisses au point marqué 7.000.**

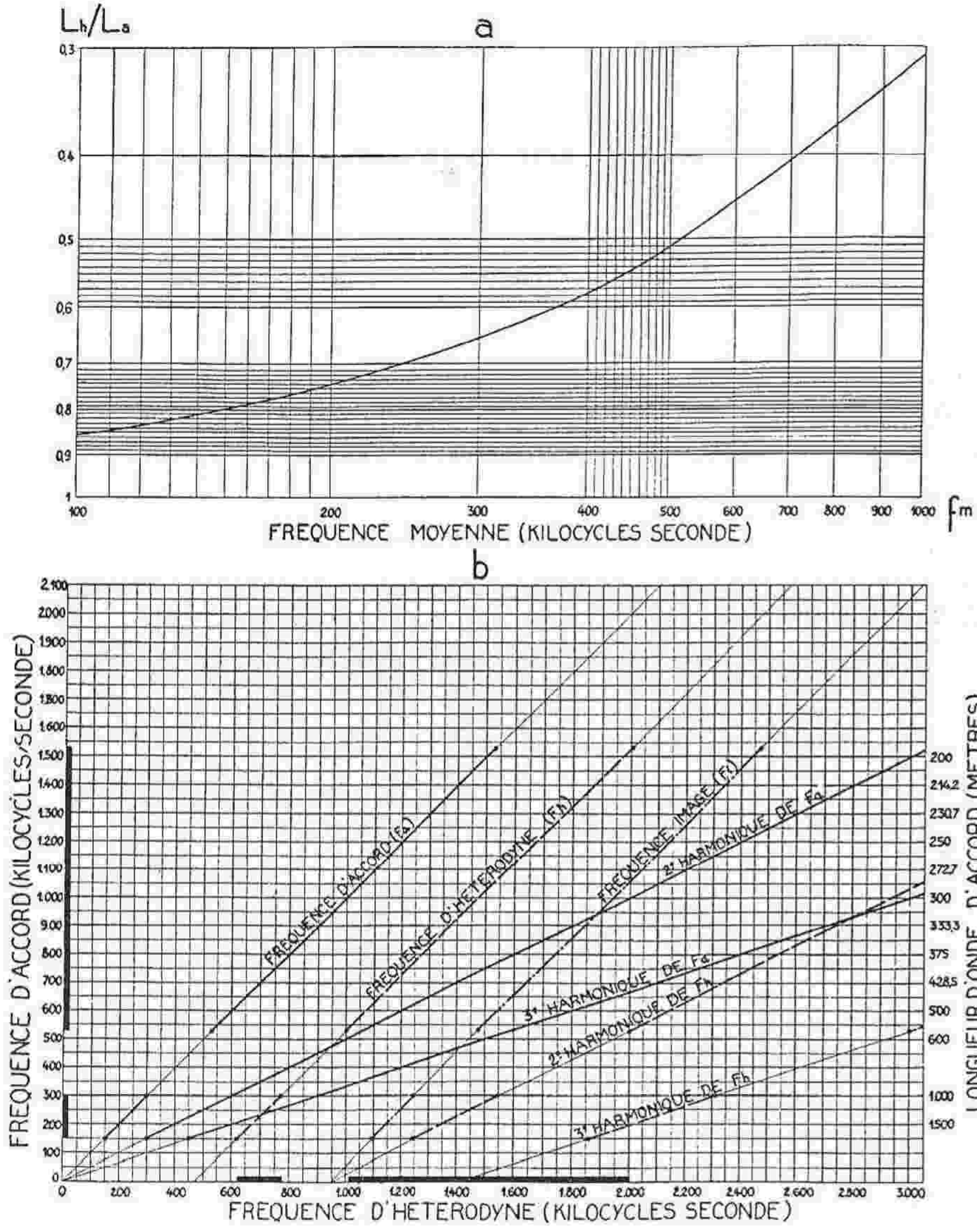
**On pourra donc, avec un amplificateur de 15 watts modulés, équiper une salle de *7.000 mètres cubes*.**

# PAVILLON EXPONENTIEL DE HAUT-PARLEUR (69a)
# PUISSANCE MODULÉE NÉCESSAIRE POUR UNE SALLE (69b)



# CARACTÉRISTIQUES D'UN CIRCUIT OSCILLANT DE SUPERHÉTÉRODYNE



(*Suite de la page 156, abaque 70.*)

DEUXIÈME EXEMPLE. — *A Paris, le Poste Parisien peut-il produire un brouillage par battement d'harmonique sur un réglage GO?*

**Menons, par 959 (fréquence du Poste Parisien) lu sur l'échelle des ordonées, une horizontale qui coupe l'oblique $F_h$ en un certain point. Menons, par ce point, une verticale jusqu'à la rencontre avec l'oblique 2e harmonique de $F_h$. Menons par ce 2e point, l'horizontale qui coupe l'échelle des ordonnées au point marqué 243 Kc/s. Nous aurons un brouillage par battement, à Paris et dans la région parisienne, sur super avec MF sur 472 Kc/s, sur la gamme GO au voisinage de Kalundborg (240 Kc/s), du fait de l'harmonique 2 de l'hétérodyne.**

## CARACTÉRISTIQUES DES CIRCUITS OSCILLANTS D'UN SUPERHÉTÉRODYNE STANDARD S. P. I. R. (1938)

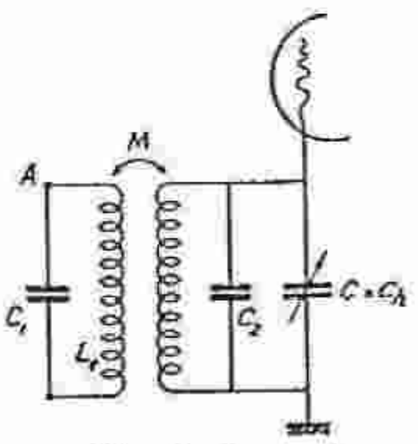
*Moyenne fréquence :* 472 Kc/s;

*Condensateur variable :* Capacité variable utile : 445 micromicrofarads; Capacité résiduelle : 15 micromicrofarads.

*Gammes couvertes :* GO : 150 à 300 Kc/s; PO : 530 à 1.530 Kc/s; OC : 5,8 à 17 Mc/s
ou, dans le cas de deux gammes : 3,5 à 10 Mc/s et 9 à 24 Mc/s.

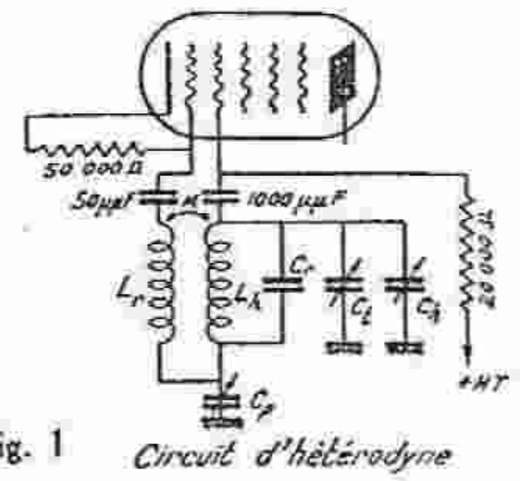
Les schémas de montage utilisés pour le circuit d'accord et le circuit oscillateur sont donnés sur la figure 1.

Les caractéristiques du circuit d'accord sont données dans le tableau ci-dessous et les caractéristiques du circuit d'hétérodyne dans le tableau ci-contre :




Circuit d'accord

Fig. 1




Circuit d'hétérodyne

## CARACTÉRISTIQUES DES CIRCUITS OSCILLANTS D'UN SUPERHÉTÉRODYNE T. O. AVEC OCTODE EK3

*Moyenne fréquence :* 470 Kc/s;

*Condensateur variable :* Capacité variable utile : 480 micromicroforads; Capacité résiduelle : 20 micromicrofarads.

*Gammes couvertes :* GO : 150 à 362 Kc/s; PO : 548 à 1.504 Kc/s; OC : 5,9 à 17 Mc/s.

Le schéma de montage utilisé pour le circuit d'accord et le circuit oscillateur sont donnés sur la figure 2.

Le dessin de détail de chaque bobine est donné sur la figure 3, page 159. Les caractéristiques des bobinages sont données dans le tableau du bas de la page 159.

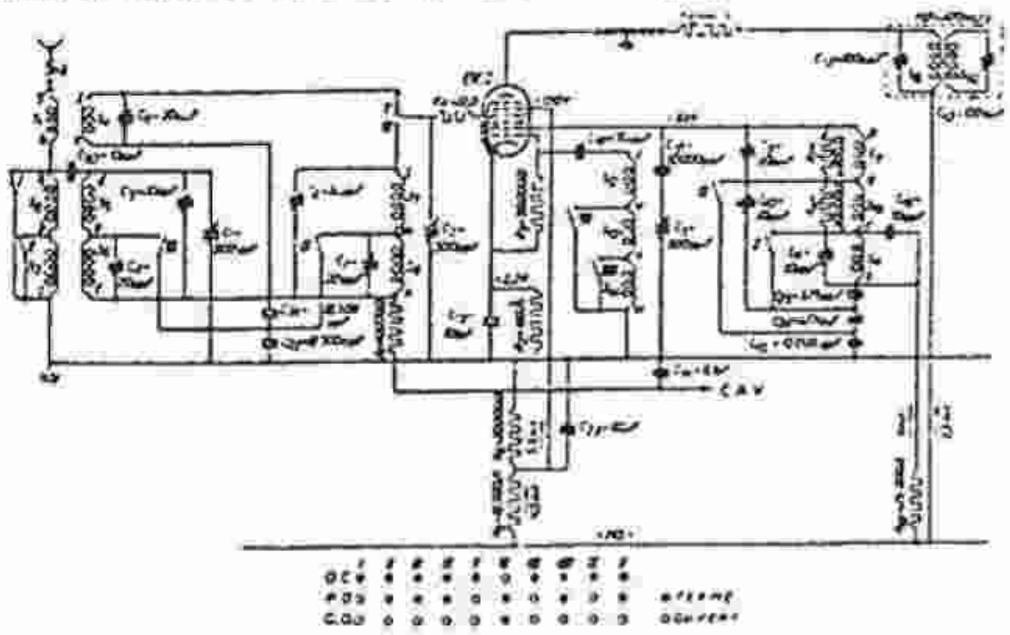
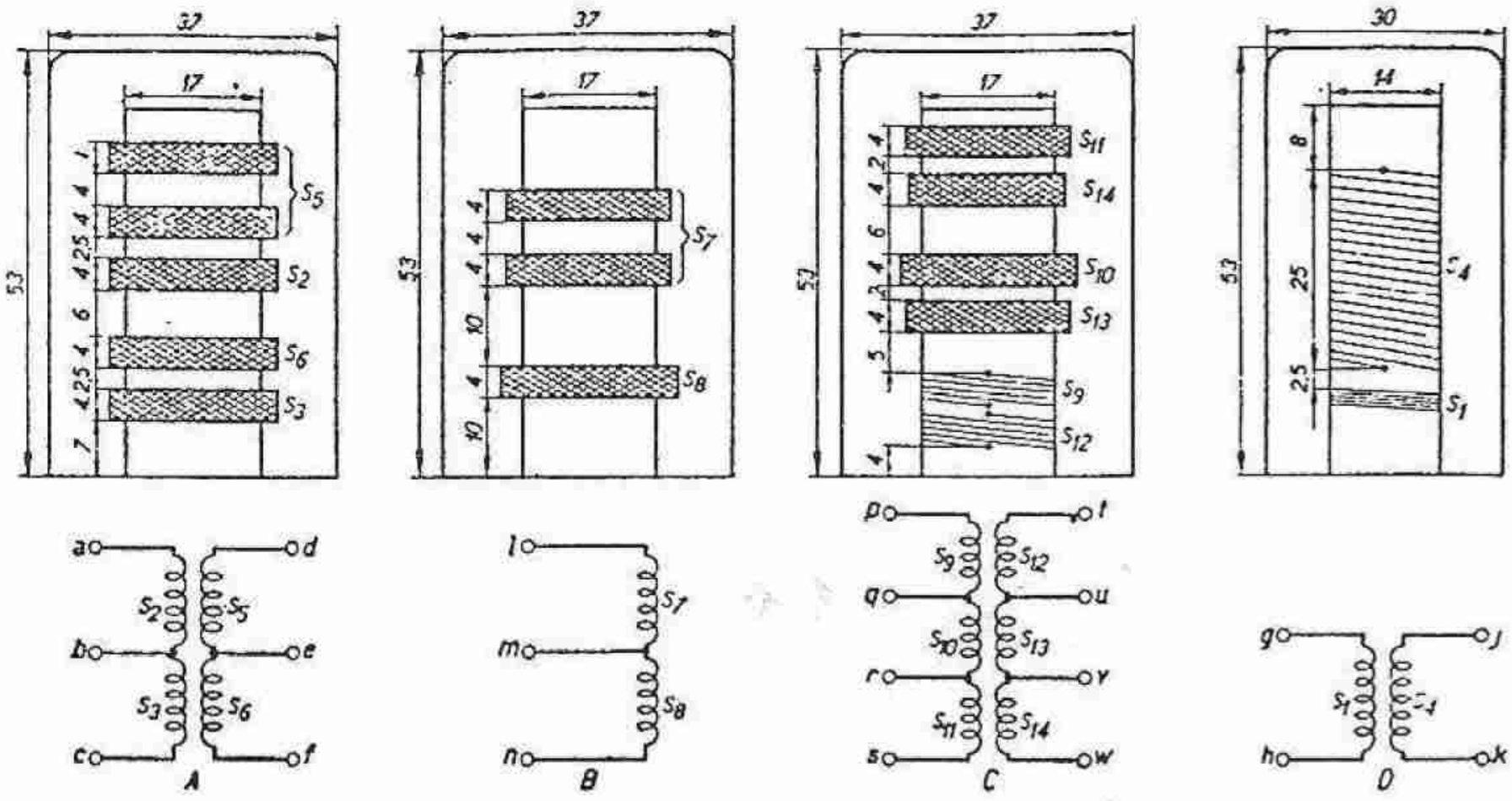


Fig. 2 Schéma de montage conseillé pour l'emploi de la EK 3 comme première lampe d'un récepteur

| Gammes d'ondes nominales | Coefficient de self-induction | | Capacité primaire | Capacité résiduelle totale | Induction mutuelle | Coefficient de couplage |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Prim. | Second. | | | | |
| | $L_o$ µH | $L_a$ µH | $C_t$ µµF | $C_r$ µµF | M µH | $k$ |
| GO Kc/s 150-300 | 22.676 | 2.008,7 | 6,9 | 134 | 807,8 | 0,1196 |
| PO Kc/s 540-1500 | 4.546 | 178,31 | 7,7 | 62.28 | 142,5 | 0,1583 |
| OC Mc/s 6-16 | — | 1,5 | — | 65 | — | — |

| Gammes d'ondes nominales | Coefficient de self-induction | | Condensateur padding | Capacité trimmer + résiduelle CV | Induction mutuelle | Coefficient de couplage |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Bobine de grille | Bobine de plaque | | | | |
| | $L_r$ µH | $L_h$ µH | $C_p$ µµF | $C_t$ µµF | M µH | $k$ |
| GO Kc/s 150-300 | pas de self de réaction | 405,2 | 200,7 | 178,5 | — | — |
| PO Kc/s 540-1500 | 18,4 | 92,58 | 529,5 | 55,5 | 35,5 | 0,8605 |
| OC Mc/s 6-16 | 0,9 | 1.73 | pas de padding | 27 | — | — |




Jeu de bobinages pour le montage de la figure

*A* = Bobines d'antenne et premières bobines du filtre de bande à haute fréquence pour les gammes d'ondes longues et moyennes.

*B* = Deuxièmes bobines du filtre de bande à haute fréquence pour les gammes d'ondes longues et moyennes.

*C* = Bobines oscillatrices pour les trois gammes d'ondes.

*D* = Bobine à haute fréquence pour les ondes courtes.

Fig. 3

## TABLEAU DES BOBINAGES

| Bobines | Nombre de spires | SELF-INDUCTION | Genre de l'enroulement | Diamètre du noyau mm | Diamètre du fil mm | Isolement du fil | Diamètre de la boîte mm |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $S_1$ | 13 | — | cylindr. | 14 | 0,1 | émaillé | 30 |
| $S_2$ | 180 | — | nid d'abeille | 17 | 0,1 | » | 37 |
| $S_3$ | 680 | — | » | 17 | 0,1 | » | 37 |
| $S_4$ | 12 | 1,3 µH | cylindr. | 14 | 1 | » | 30 |
| $S_5$ | 2×58 | 160 µH ($S_2$, $S_3$ et $S_6$ court-circuitées) | nid d'abeille | 17 | 15×0,05 | toronné | 37 |
| $S_6$ | 310 | $S_5 + S_6 = 2150$ µH ($S_2+S_3$ en série court-circuitées) | » | 17 | 0,1 | émaillé | 37 |
| $S_7$ | 2×57 | 160 µH ($S_8$ court-circuitée) | » | 17 | 15×0,05 | toronné | 37 |
| $S_8$ | 294 | $S_7 + S_8 = 2150$ µH | » | 17 | 0,1 | émaillé | 37 |
| $S_9$ | 7 | — | cylindr. | 17 | 0,5 | » | 37 |
| $S_{10}$ | 54 | $S_9 + S_{10} = 75$ µH ($S_{11}$ court-circuitée) | nid d'abeille | 17 | 0,1 | » | 37 |
| $S_{11}$ | 99 | $S_9 + S_{10} + S_{11} = 320$ µH | » | 17 | 0,1 | » | 37 |
| $S_{12}$ | 7 | — | cylindr. | 17 | 0,1 | » | 37 |
| $S_{13}$ | 35 | — | nid d'abeille | 17 | 0,1 | » | 37 |
| $S_{14}$ | 40 | — | » | 17 | 0,1 | » | 37 |

# CARACTÉRISTIQUES D'UN CONDENSATEUR PADDING

## Calcul d'un padding (*71 a*). — Erreur de réglage due au padding (*71 b*)

*ABAQUE 71 a*

### FORMULE DE CALCUL

Le condensateur padding permettant le réglage unique (voir figure 1) d'un récepteur superhétérodyne en haut de gamme, se calcule à l'aide de la relation :

$$(1) \qquad C_p = C_h \times \frac{F_a}{f_m}$$

Dans cette formule, $C_p$ est la capacité du padding, $C_h$ la capacité maximum du condensateur d'hétérodyne, $F_a$ la fréquence reçue la plus basse, $f_m$ la fréquence de réglage de l'amplificateur MF.




Fig. 1

### CONSTITUTION DE L'ABAQUE

L'abaque à points alignés 71a traduit la formule 1. Il comporte trois échelles :

Echelle 1 (gauche) : échelle des valeurs de $C_h$;
Echelle 1 (droite) : échelle des valeurs de $C_p$;
Echelle 2 : échelle de passage;
Echelle 3 (gauche) : échelle des valeurs de $f_m$;
Echelle 3 (droite) : échelle des valeurs de $F_a$.

### APPLICATIONS

EXEMPLE. — *Calculer la valeur du condensateur padding permettant le réglage unique avec une fréquence la plus basse égale à 540 Kc/s, une moyenne fréquence de 472 Kc/s. La capacité maximum du CV d'hétérodyne est : 460 micromicrofarads.*

**Alignons la valeur de $C_h$ lue sur l'échelle 2 gauche et celle de $F_a$ (540) lue sur l'échelle 3 droite. Nous coupons l'échelle de passage 2 en un certain point. Alignons ce point et la valeur de $f_m$ (472 Kc/s). Nous coupons l'échelle 1 droite au point 528 : la valeur cherchée pour le padding est : 528 micromicrofarads.**

*ABAQUE 71 b*

### FORMULE DE CALCUL

Si nous nous reportons à la figure 1, nous voyons que la capacité équivalente à $C_p$ et à $C_h$ a pour valeur :

$$C = C_h \frac{1}{1 + \frac{C_h}{C_p}}$$

Si l'on a pour la valeur de $C_p$ un écart de $x$ %, la nouvelle valeur de $C_p$ devient :

$$C'_p = C_p \left(1 \pm \frac{x}{100}\right)$$

La nouvelle valeur de C est alors :

$$C' = C_h \frac{1}{1 + \frac{C_h}{C_p\left(1 \pm \frac{x}{100}\right)}}$$

que l'on peut écrire, pour simplifier, sous la forme :

$$C' = C\left(1 \pm \frac{y}{100}\right)$$

$y$ étant défini par la relation :

$$(1) \qquad y = 100\left[\frac{1 + \frac{C_h}{C_p}}{1 + \frac{C_h}{C_p\left(1 \pm \frac{x}{100}\right)}} - 1\right]$$

Pour une certaine valeur de l'écart $x$, $y$ croît en même temps que $\frac{C_h}{C_p}$ ; $y$ sera donc le plus grand en haut de gamme.

On doit pouvoir être renseigné sur la valeur de $y$ pour un écart donné sur la valeur du padding, surtout quand *ce condensateur, dans un but d'économie, est choisi du type fixe.*

### CONSTITUTION DE L'ABAQUE

L'abaque cartésien logarithmique 71 *b* traduit la formule (1). Sur cet abaque, on a porté en abscisses les valeurs du rapport $\frac{C_h}{C_p}$ et, en ordonnées, les valeurs en % de l'écart $y$ sur la capacité totale résultant d'un écart $x$ % sur la valeur du padding. Des courbes tracées sur le graphique correspondent à différentes valeurs de $x$ (valeurs en %).

### APPLICATIONS

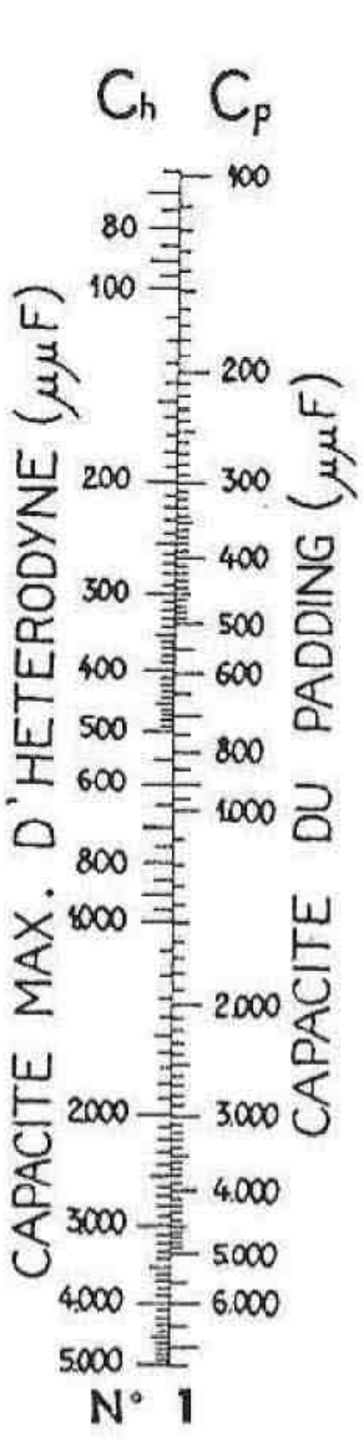
*Le padding utilisé en PO pour les bobinages normalisés S. P. I. R. 1938, doit avoir une valeur théorique de 529 micromicrofarads, celle du condensateur d'hétérodyne est 460 micromicrofarads. Quel peut être l'écart sur la capacité du padding pour que l'écart sur la capacité résultant aux bornes du circuit oscillant (y) ne dépasse pas 1 %?*

Ici, le rapport $\frac{C_h}{C_p}$ a pour valeur :

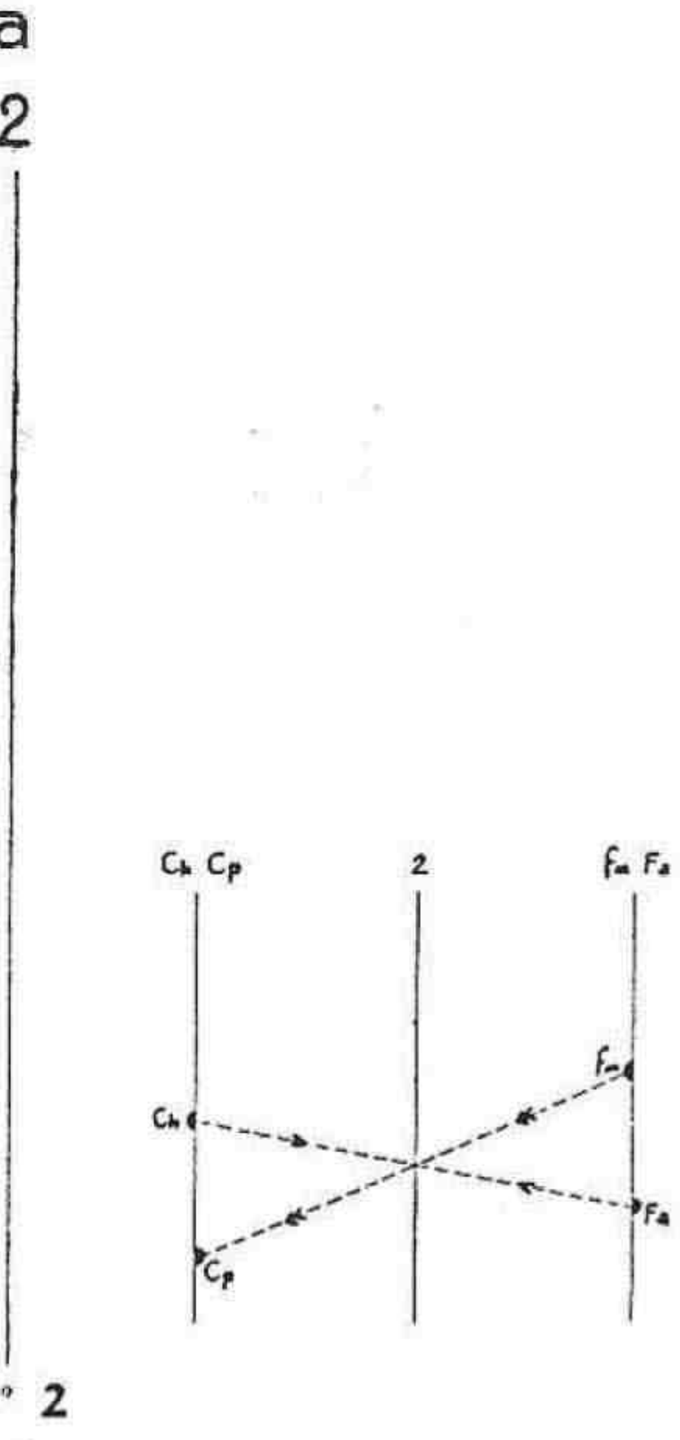
$$\frac{460}{529} = 0{,}87 \text{ environ.}$$

**Menons, par cette dernière valeur lue sur l'échelle des abscisses, une verticale. Menons l'horizontale de 1 lu sur l'échelle des ordonnées, les deux droites se coupent sur la courbe marquée 2 %. L'écart possible sur la valeur de la capacité du padding est donc 2 %. Si un padding fixe est choisi, sa capacité ne devra donc pas être inférieure à 518 micromicrofarads, ni supérieure à 540 micromicrofarads.**

# CARACTÉRISTIQUES D'UN CONDENSATEUR PADDING



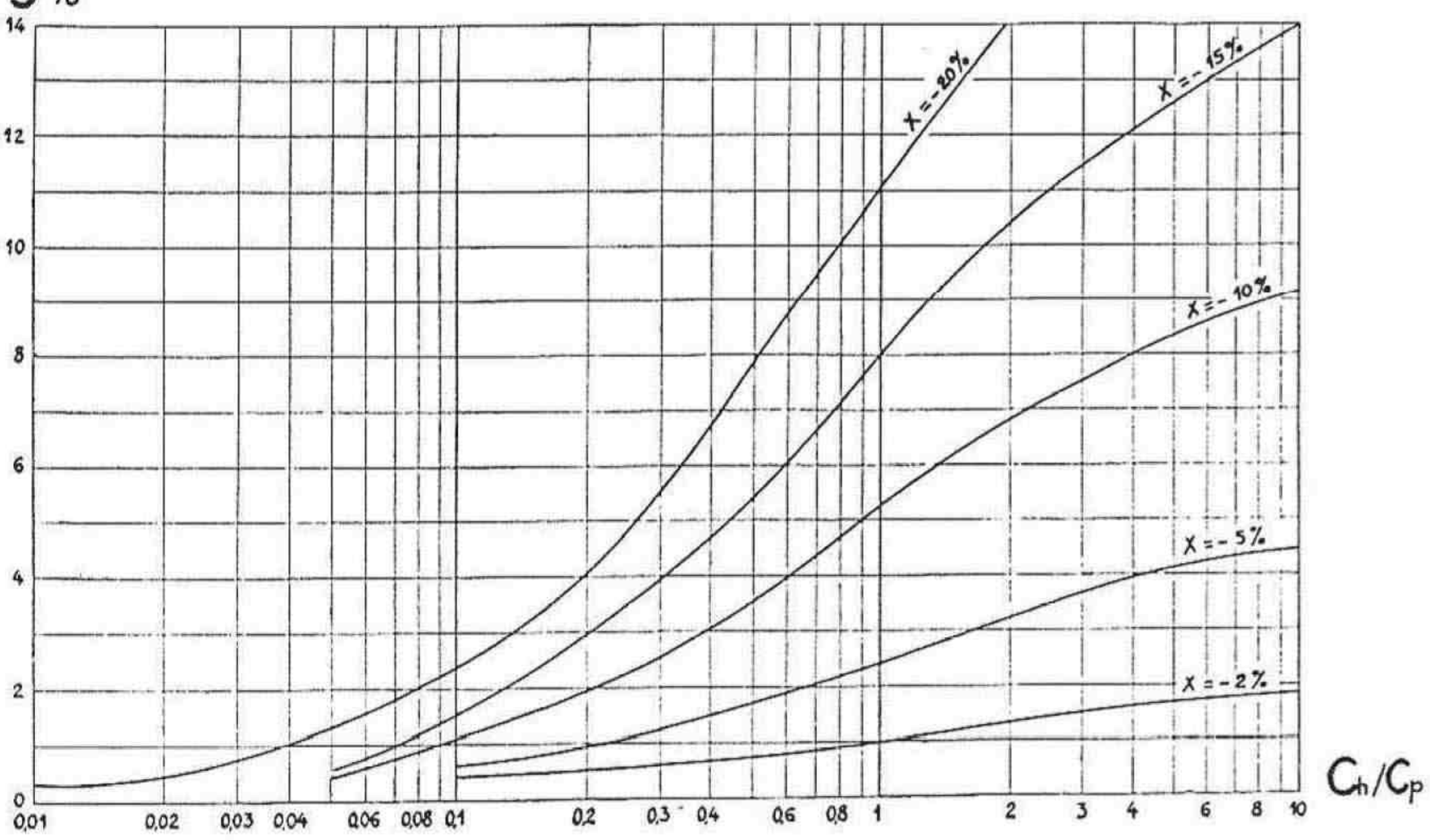

a







b



# TRANSFORMATEUR D'ALIMENTATION
# NOMBRE DE TOURS DE FIL

## FORMULES DE CALCUL

Pour un transformateur d'alimentation, le nombre de tours par volt est donné en fonction de la tension maximum par la relation :

$$(1) \qquad n_v = \frac{N}{U_{max}} = \frac{10^8}{2\pi F \times \Phi}$$

Si l'on remplace $\Phi$, le flux en maxwells, par le produit $B \times S$ de l'induction en gauss par la section en $cm^2$ et si l'on exprime la tension eftcace U en fonction de la tension maximum $U_{max}\left(U = \frac{U_{max}\sqrt{2}}{2}\right)$, la relation (1) devient :

$$(2) \qquad \boxed{n_v = \frac{10^8}{B \times F \times S \times 4{,}44}}$$

Dans cette formule, $n_v$ est le nombre de tours par volt, B est l'induction en gauss dans le noyau magnétique du transformateur, S la section de ce noyau en centimètres carrés. Le nombre de tours du primaire et de chaque secondaire se calcule en multipliant le nombre de tours par volt par le nombre de volts appliqués (cas du primaire) ou le nombre de volts nécessaires aux bornes de chaque secondaire, c'est-à-dire par la relation :

$$(3) \qquad \boxed{N = n_v \times U}$$

## CONSTITUTION DE L'ABAQUE

L'abaque à points alignés 72 traduit les relations (2) et (3). Il comporte cinq échelles :

Echelle n° 1 (gauche : échelle des valeurs de la section du noyau S;

Echelle n° 1 (droite) : échelle des valeurs du nombre de tours par volt $n_v$;

Echelle n° 2 : échelle de passage;

Echelle n° 3 (gauche) : échelle des fréquences F du courant d'alimentation;

Echelle n° 3 (droite) : échelle des valeurs de l'induction en gauss B;

Echelle n° 4 : échelle des nombres de tours des enroulements N;

Echelle n° 5 : échelle des valeurs des tensions U.

## APPLICATIONS

EXEMPLE. — *Réaliser le projet du transformateur d'alimentation pour une base de temps ou oscillateur de relaxation avec les tubes suivants : 4686, AF3, AL3, redresseur AZ1, avec primaire pouvant être alimenté sous 110, 130, 190 et 220 volts (50 périodes), le schéma du transformateur étant représenté sur la figure 1 et le noyau magnétique employé étant représenté sur la figure 2 (Induction dans le noyau : 10.000 gauss.)*

Les tensions nécessaires pour les différents enroulements sont :

$S_1$ : $U_{primaire} = 220$ V. max.
$S_2$ : Chauffage AF3 et AL3 = 4 V.
$S_3$ : Chauffage AZ1 = 4 V.
$S_4$ : Tension anodique AZ1 = 2 × 400 V.
$S_5$ : Chauffage 4686 = 4 V.

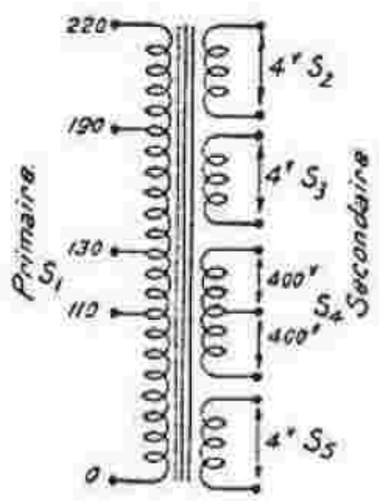



Fig. 1

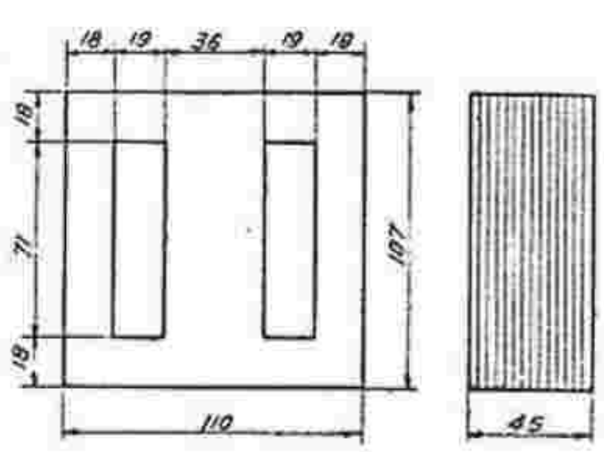



Fig. 2

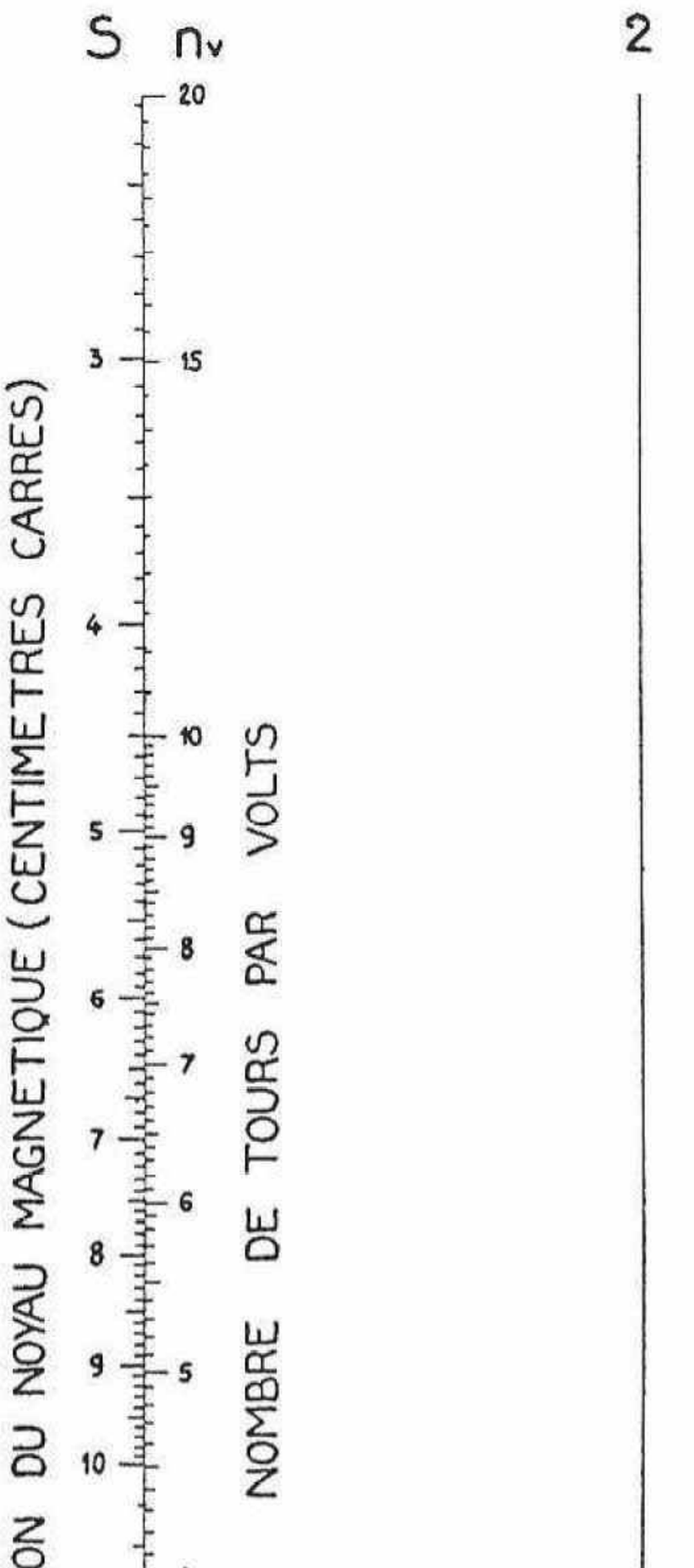
D'après la figure 1, le noyau a une section $s = 3{,}6 \times 4{,}5 = 16{,}2$ $cm^2$.

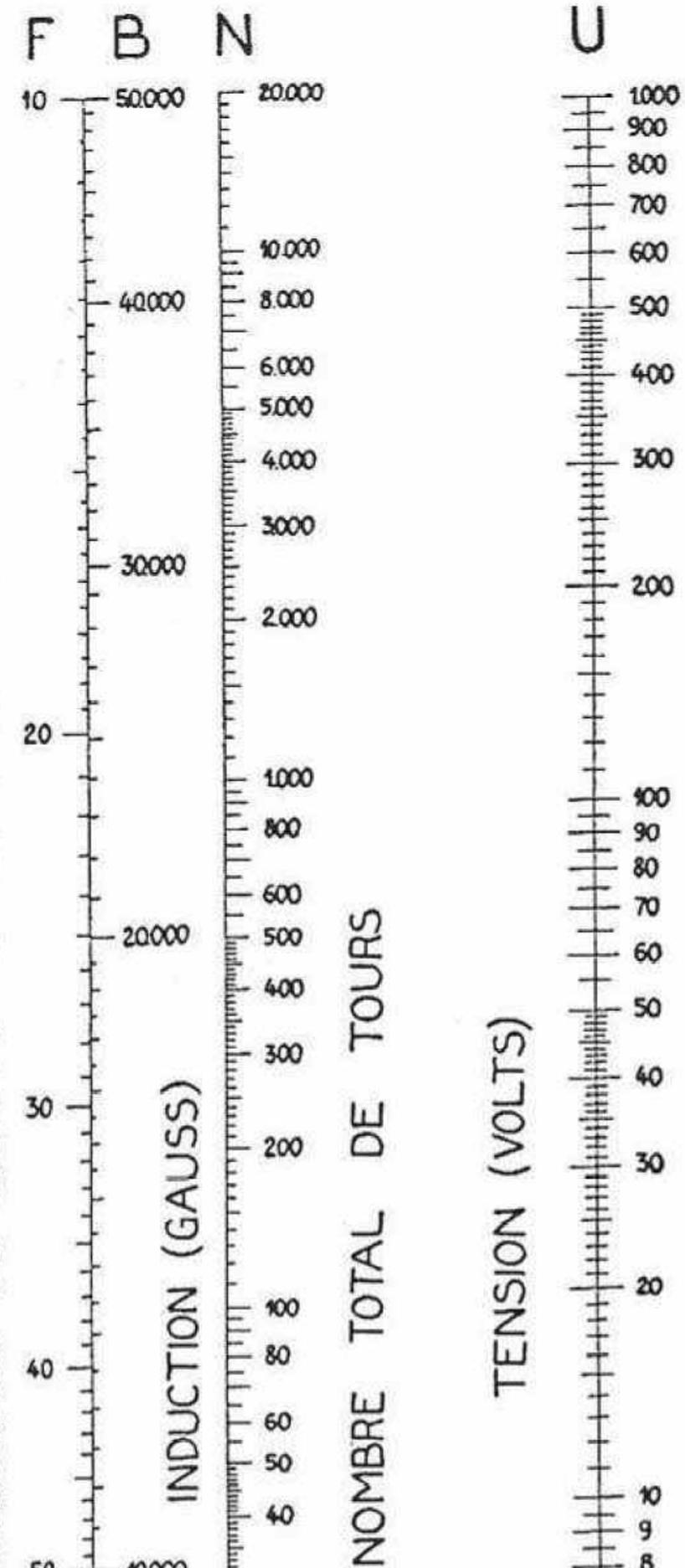
***Calcul de*** $n_v$. — **Alignons la valeur de F (50) lue sur l'échelle 3 gauche et celle de S (16,2) lue sur l'échelle 1 gauche, nous coupons l'échelle 2 en un certain point. Alignons ce point et la valeur de B (10.000) lue sur l'échelle 3 droite, nous coupons l'échelle 1 gauche au point $n_v$ = 2,80. (Pour notre exemple, les deux alignements tracés se recouvrent par hasard.**

**Pour le calcul des tensions sur le primaire et les différents secondaires, nous alignerons successivement 2,80 lu sur l'échelle 1 droite et les tensions secondaires 220, 4 et 400 lues sur l'échelle 5. Ces alignements nous donneront par intersection avec l'échelle 4, les valeurs des nombres de tours de fil calculés :**

**$S_1$ = 617 (avec prises à 308, 364, 352);**
**$S_2$ = 12 environ;**
**$S_3$ = 12 environ;**
**$S_4$ = 2 × 1.120;**
**$S_5$ = 12 environ.**

# TRANSFORMATEUR D'ALIMENTATION
# NOMBRE DE TOURS DE FIL



# TRANSFORMATEUR D'ALIMENTATION - DIAMÈTRE DU FIL ET SECTION DU BOBINAGE

## FORMULES DE CALCUL

On connaît l'intensité I circulant dans chaque enroulement du transformateur. On se donne la densité de courant $\frac{I}{s}$ dans chaque enroulement en ampères par mm²; on en déduit le diamètre du fil par la formule pratique :

(1) $$d = 1{,}128 \sqrt{\frac{I}{\frac{I}{s}}}$$

Connaissant $d$ et le genre de fil employé, c'est-à-dire le diamètre $d_1$, compte tenu de l'isolant (voir à ce sujet tableaux VII et VIII, page 91, du premier volume, tableau XXIV, page 190, en annexe du présent volume pour fils spéciaux isolés à l'émail pour transformateurs et la figure 1 donnant la valeur de l'épaisseur de la couche isolante pour différents genres d'isolants), on peut en déduire le nombre de spires par cm² de section de bobinage, $\frac{N}{S_b}$, par la relation :

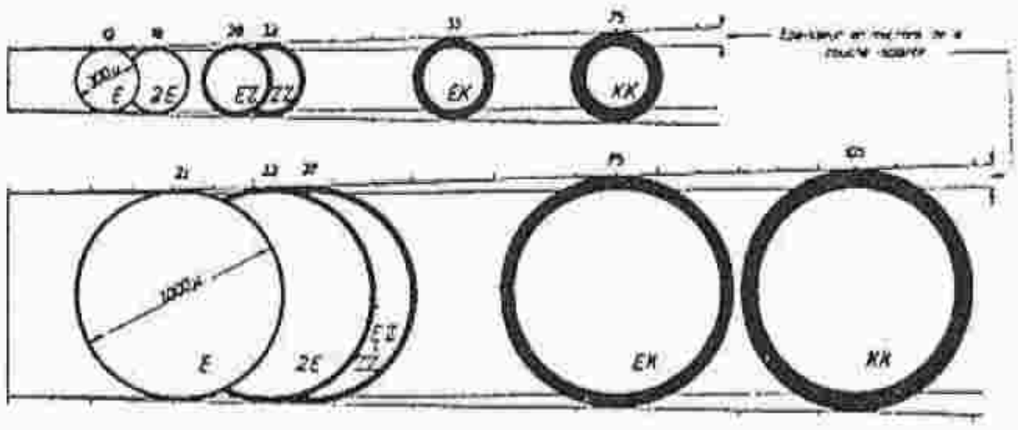



Fig. 1. Epaisseur d'isolement des fils ordinaires pour enroulements :
$E$ = émail
$2E$ = forte couche d'émail (2 × la tension de percement normale)
$EZ$ = émaillé, puis simple guipage de soie.
$ZZ$ = cuivre nu, double guipage de soie
$EK$ = émaillé, simple guipage de coton
$KK$ = cuivre nu, double guipage de coton.

(2) $$\frac{N}{S_b} = \frac{100}{d_1^2}$$

Connaissant cette dernière valeur et celle du nombre de tours N calculé à l'aide de l'abaque 3, on en déduit la valeurs de la section du bobinage par la relation :

(3) $$S_b = \frac{N}{\frac{N}{S_b}}$$

## CONSTITUTION DE L'ABAQUE

L'abaque par point alignés N° 73 traduit les formules (1), (2), (3). Il comporte trois échelles et trois courbes;

Echelle 1 (gauche) : échelle des valeurs de l'intensité, I;

Echelle 1 (droite) : échelle des valeurs du nombre de spires par cm², $\frac{N}{S_b}$ ;

Echelle 2 (gauche) : valeurs de la densité de courant, $\frac{I}{s}$ ;

Echelle 2 (droite) : valeurs du nombre de tours, N;
Echelle 3 (gauche) : valeurs du diamètre du fil, $d$;
Echelle 3 (droite) : valeurs de la section du bobinage $S_b$.

## APPLICATIONS

EXEMPLE. — *Continuer le projet de transformateur défini en applications de l'abaque 72.*

Les tableaux de tubes nous donnent pour les différents secondaires, les intensités et les puissances suivantes que nous pouvons calculer à l'aide des abaques N^os 1 ou 2 : volume) :

| | | | |
|---|---|---|---|
| $S_2$ : 4 volts | 0,65 + 1,85 = | 2,5 A | 10 watts |
| $S_3$ : 4 volts | | 1 A | 4 watts |
| $S_4$ : 2 × 400 V. | | 0,05 A | 40 watts |
| $S_5$ : 4 volts. | | 1,2 A | 4.8 watts |

Soit une puissance totale ou secondaire de 58,8 watts. Si nous tablons sur un rendement du transformateur de 7/8 ou 87,5 %, la puissance au primaire sera de :

$$\frac{58{,}8 \times 100}{87{,}5} = 67{,}2 \text{ watts}$$

ce qui correspond, pour 220 volts, à une intensité de :

$$I = \frac{67{,}2}{220} = 0{,}305 \text{ ampère.}$$

Nous choisirons les densités de courant (en ampères par mm²) et les fils suivants :

| | |
|---|---|
| $S_1$ : 2,4 (émail) | $S_4$ : 2 (émail) |
| $S_2$ : 2,2 (2 couches coton) | $S_5$ : 3 (2 couches coton) |
| $S_3$ : 2,2 (2 couches coton) | |

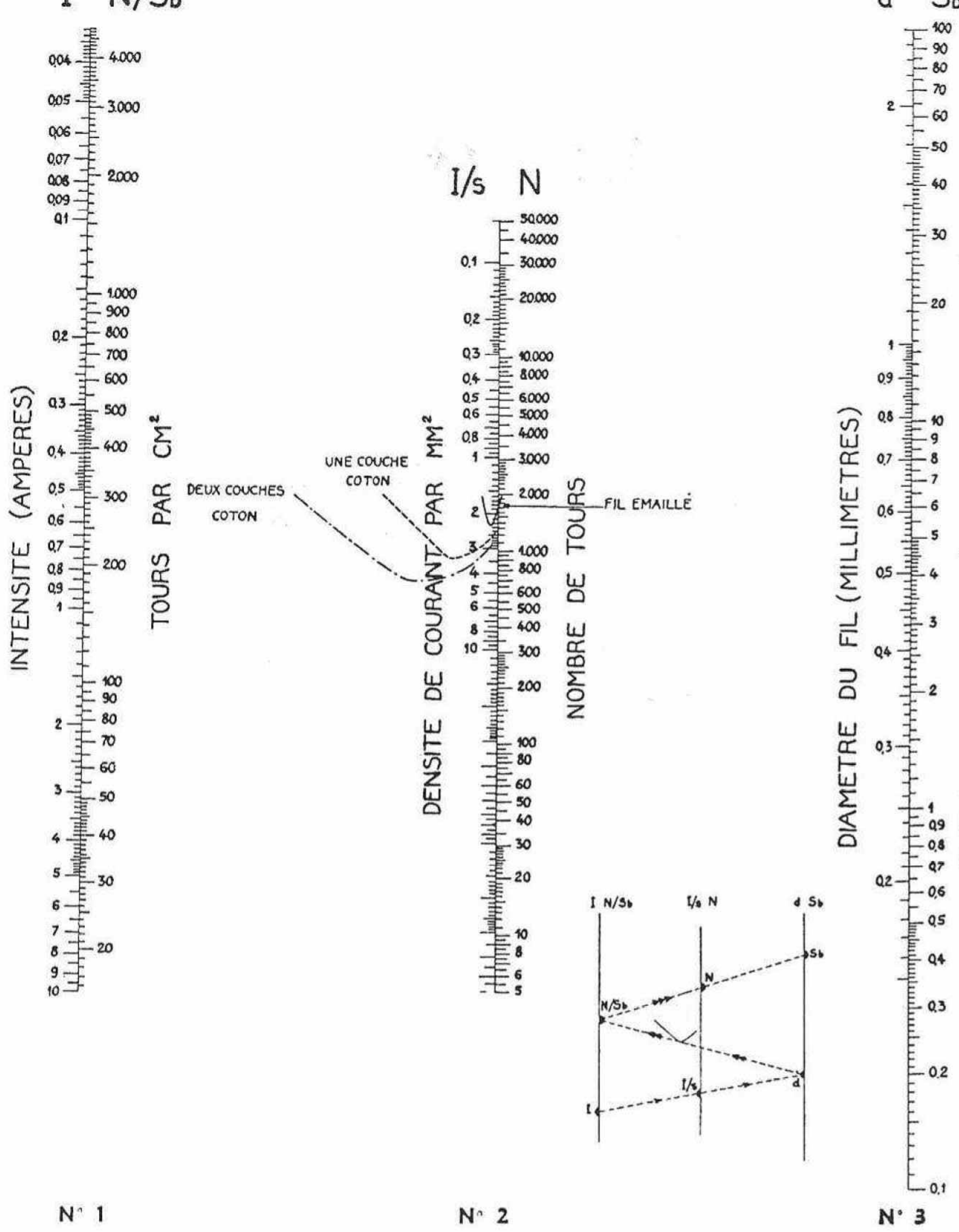
(La densité est choisie plus grande pour ce dernier fil qui sera monté à l'extérieur du bobinage (voir à ce sujet figure 1, abaque 74).

***Calcul de* d *et de* $S_b$ *pour* $S_1$. — Alignons l'intensité (0,305) lue sur l'échelle 1 gauche et la densité (2,4) lue sur l'échelle 2 gauche, nous trouvons la valeur de *d* à l'intersection avec l'échelle 3 gauche; elle est *0,40 environ*. Menons par cette valeur une tangente à la courbe marquée « fil émaillé », nous coupons l'échelle 1 droite (échelle $S_b$) au point 515 environ. Alignons cette valeur et celle de N (617) calculée à l'aide de l'abaque 72, nous coupons l'échelle 3 droite au point 1,2. La section du bobinage primaire doit être 1,20 cm² environ.**

**On trouverait de la même manière pour les autres secondaires :**

| | |
|---|---|
| $S_2$ : $d$ = 1,2 mm. | $S_b$ = 0,275 cm² |
| $S_3$ : $d$ = 0,75 mm. | $S_b$ = 0,1225 cm² |
| $S_4$ : $d$ = 0,18 mm. | $S_b$ = 2 × 0,47 cm² |
| $S_5$ : $d$ = 0,7 mm. | $S_b$ = 0,109 cm² |

# TRANSFORMATEUR D'ALIMENTATION - DIAMÈTRE DU FIL ET SECTION DU BOBINAGE




N° 1 N° 2 N° 3

# TRANSFORMATEUR D'ALIMENTATION-PERTES DANS LE CUIVRE

## FORMULES DE CALCUL

La longueur du bobinage d'une section de transformateur se calcule à l'aide de la relation :

$$(1) \qquad l_b = \frac{l_b}{N} \times N$$

Dans cette formule, $l_b$ est la longueur du bobinage, $\frac{l_b}{N}$ la longueur d'une spire et N le nombre total de spires ou de tours de la section considérée.

La résistance de ce bobinage se calcule à l'aide de la relation d'Ohm :

$$(2) \qquad R = \frac{\rho \times l_b}{\frac{\pi d^2}{4}}$$

dans laquelle R est la résistance ohmique du fil de cuivre, $\rho$ la résistance du cuivre, $l_b$ la longueur du bobinage et $d$ le diamètre du fil employé.

Quand on connaît R, on peut alors calculer la perte par effet Joule (perte dans le cuivre) pour la section considérée à l'aide de la relation :

$$(3) \qquad W_c = RI^2$$

## CONSTITUTION DE L'ABAQUE

L'abaque à points alignés 74 traduit les formules (1), (2) et (3). Il comporte trois échelles :

Echelle 3 (gauche) : échelle des valeurs de la longueur de la spire moyenne $l_b/N$;

Echelle 1 (droite) : échelle des valeurs de la résistance ohmique du bobinage R;

Echelle 2 (gauche) : échelle des valeurs du nombre de tours de fil N;

Echelle 2 (droite) : échelle des valeurs du diamètre du fil $d$ (graduée en mm.) et des valeurs de l'intensité du courant I (graduée en ampères) ;

Echelle 3 (gauche) :échelle des valeurs de la longueur $l_b$ du fil du bobinage;

Echelle 3 (droite) : échelle des valeurs de la perte dans le cuivre $W_c$.

## APPLICATIONS

EXEMPLE. — *Calculer les pertes dans le cuivre pour le transformateur défini dans les applications relatives aux abaques 72 et 73.*

L'abaque 73 nous a permis de calculer les différentes sections du bobinage $S_b$. Reste à répartir ce bobinage sur le noyau. En allant du centre à la périphérie, nous disposons (voir fig. 1 représentant le transformateur en coupe longitudinale) $S_1$ (617 spires) en six couches de chacune 103 spires (épaisseur 3 mm.), une couche d'isolant (0,5 mm.) ; $S_2$ et $S_3$ (12 spires chacun) placés côte à côte et sur une seule couche (épaisseur 1,4) une couche d'isolant (0,5 mm.) ; $S_4$ (2 × 1.120 spires) en huit couches de 280 spires (épaisseur 2,5 mm.), une couche d'isolant (0,5 mm.), une feuille de cuivre formant écran antiparasite (épaisseur 0,25), une couche de presspahn (épaisseur 5 mm.) ; $S_5$, 12 tours en une seule couche.

Avec ces épaisseurs, la longueur de la spire moyenne pour chaque bobinage a pour valeur (voir figure 2) : pour

$S_1$ : 17,4 cm.; $S_4$ : 21,4 cm.;
$S_2$ et $S_3$ : 19,6 cm.; $S_5$ : 27,4 cm.

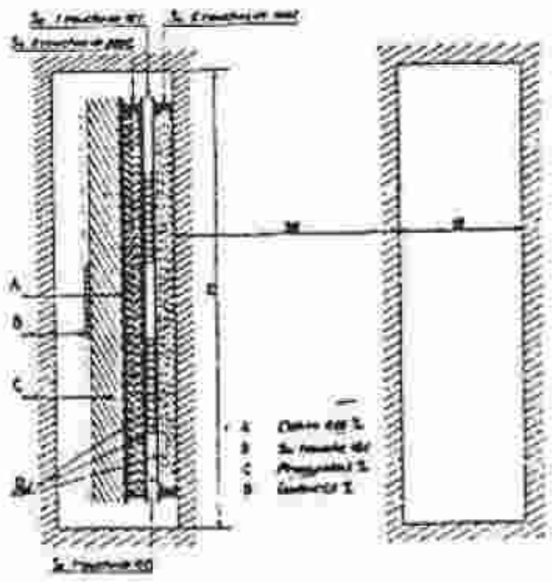


Fig. 1



Fig. 2

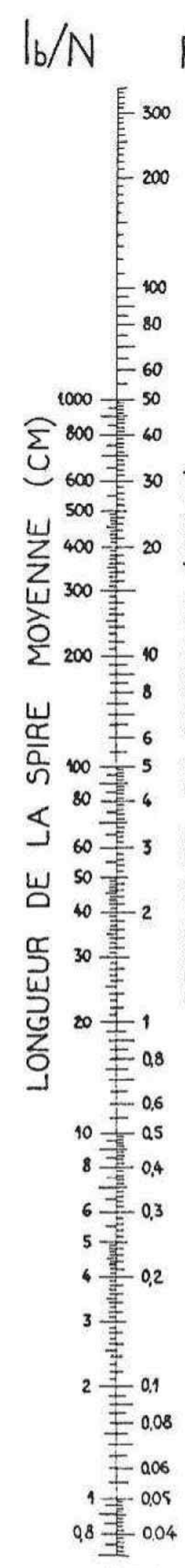
***Calcul de la perte dans le cuivre pour $S_1$.*** — **Alignons la valeur de $l_b/N$ (17,4) lue sur l'échelle 1 côté gauche et celle du nombre de tours N (617) lue sur l'échelle 2 gauche, nous coupons l'échelle 3 gauche en un point. Alignons ce point et la valeur de $d$ (0,4) lue sur l'échelle 2 droite. Nous coupons l'échelle 1 en un deuxième point. Alignons ce point et la valeur de l'intensité I (0,305 A) lue sur l'échelle 2 droite. Nous coupons l'échelle 3 droite au point marqué 1,41. Les pertes dans le cuivre pour $S_1$ sont égales à *1,41 watts*.**

**En opérant de la même manière pour $S_2$, $S_3$, $S_4$, $S_5$, on trouverait, en utilisant les valeurs calculées à l'aide des abaques 72 et 73, les valeurs suivantes por la perte dans le cuivre : pour $S_2$, 0,24 W; pour $S_3$, 0,095 W; pour $S_4$, 0,87 W; pour $S_5$, 0,23 W. Soit au total, pour les cinq enroulements, une perte de :**

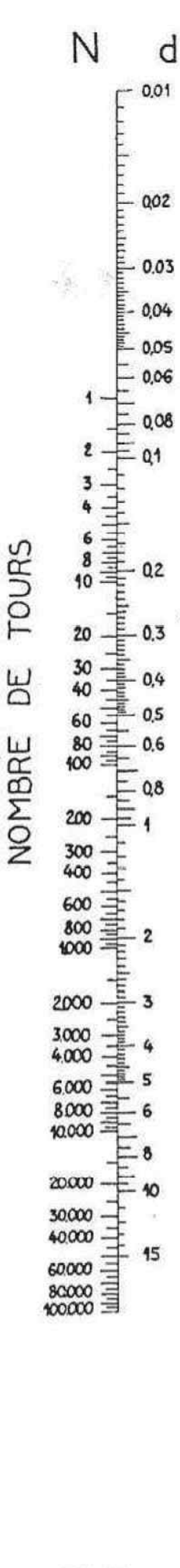
$$1{,}41 + 0{,}24 + 0{,}095 + 0{,}87 + 0{,}23 =$$

***2,845 watts.***

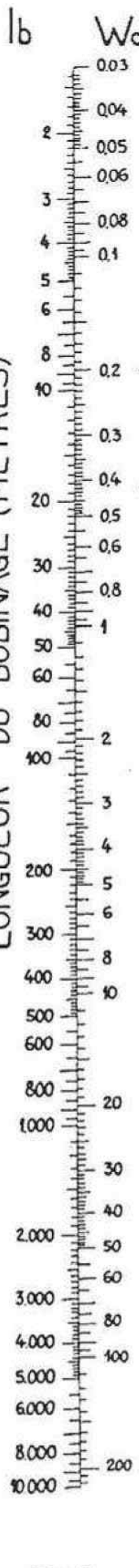
# TRANSFORMATEUR D'ALIMENTATION-PERTES DANS LE CUIVRE




N° 1




N° 2




N° 3

# TRANSFORMATEUR D'ALIMENTATION - PERTES DANS LE FER

## FORMULE DE CALCUL

Les pertes dans le fer, pour un transformateur d'alimentation ou un bobinage à fer, se calculent à l'aide de la formule :

(1) $$W_t = \frac{W_t}{P} \times V \times \Delta$$

Dans cette formule, $W_t$ est la perte totale en watts dans le noyau magnétique du transformateur, $\frac{W_t}{P}$ la perte en watts par kilogramme, V le volume du fer, $\Delta$ la densité du fer.

Avant d'appliquer cette formule, dans l'établissement d'un projet de transformateur, on doit calculer, à partir du dessin du noyau, le volume théorique de ce noyau $V_1$. Pour tenir compte du fait que le noyau est constitué par un empilement de tôles séparées par un isolant ou un vernis (ceci pour éviter les pertes par courant de Foucault), on prendra pour volume réel V, les 9/10 du volume réel calculé $V_1$.

## CONSTITUTION DE L'ABAQUE

L'abaque à points alignés 75 traduit la formule (1). Il comporte 3 échelles et 4 courbes :

Echelle 1 (gauche) : échelle des valeurs de l'induction B ;

Echelle 1 (droite) : échelle des valeurs des pertes dans le fer $W_t$ ;

Echelle 2 : échelle des valeurs du volume du fer en centimètres cubes ;

Echelle 3 : échelles des valeurs des pertes au fer par kilogramme $W_t/P$.

## APPLICATIONS

EXEMPLE. — *Calculer les pertes dans le fer pour le transformateur défini dans les applications relatives aux abaques 72 et 73, les tôles choisies étant des tôles DS, d'une épaisseur de 0,635 mm.*

Calculons d'abord, d'après la figure 2, abaque 72. représentant le noyau magnétique du transformateur, la valeur du volume théorique $V_1$ de ce noyau. Nous avons (en choisissant pour unité le cm.) :

$$V_1 = [(1,8 + 3,6 + 1,8) \times 10,7 + 1,9 \times 1,8 \times 4] \times 4,5.$$
$$= (7,2 \times 10,7 + 1,9 \times 7,2) \times 4,5.$$
$$= 410 \text{ centimètres cubes.}$$

soit un volume net, compte tenu de l'isolant entre tôles :

$$V = 0,9 \times 410 = 370 \text{ centimètres cubes.}$$

**Menons par la valeur de l'induction B dans le noyau (choisie égale à 10.000 gauss dans l'application relative à l'abaque 72) et lue sur l'échelle 1 gauche, une tangente à la courbe en pointillé marquée DS-0,635 mm. Cette tangente coupe l'échelle 3 vers le point 1,7 (ce qui correspond à une perte de 1,7 watt par kilogramme). Alignons cette valeur lue sur l'échelle 3 et celle du volume (370 cm³) lue sur l'échelle 2, nous coupons l'échelle 1 droite sensiblement au point 5. Les pertes dans le fer (noyau magnétique du transformateur) sont donc sensiblement de *5 watts*.**

Si on récapitule les calculs faits dans les abaques 72, 73, 74, 75, on obtient, pour le projet de transformateur, les valeurs indiquées dans le tableau ci-dessous :

REMARQUE. — Dans le projet, on a tablé sur un rendement de 87,5 %, soit un total de pertes égal à :

$$67,2 - 58,8 = 8,4 \text{ watts.}$$

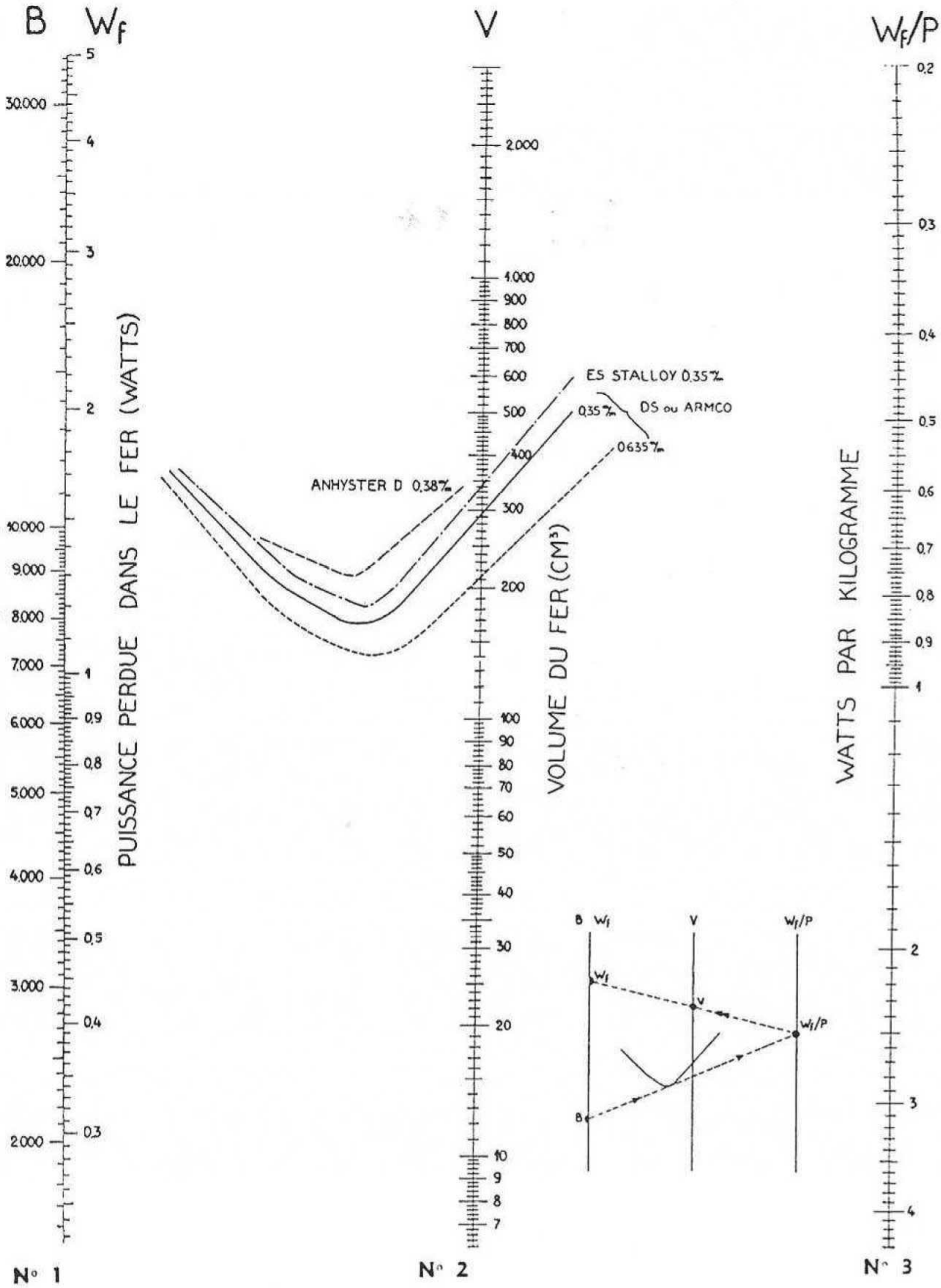
Or, le calcul montre que le total des pertes est de :

$$2,845 + 5 = 7,845 \text{ watts.}$$

La différence entre ces valeurs est ici pratiquement négligeable. Si l'écart entre les valeurs préchoisies et calculées était trop grand, on serait amené à recalculer les caractéristiques I, P et $W_c$ pour le bobinage primaire.

| Bobinage | Fonction | Tension U | Intensité I | Puissance | Nombre de tours N | Densité de courant I/S | Diamètre du fil d | Section du bobinage $S_b$ | Exécution du bobinage (Voir figures 1 et 2, abaque 74) | Longueur de la spire max. $l_b/N$ | Pertes dans le cuivre $W_c$ | | Pertes dans le fer $W_t$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $S_1$ | Primaire | 220 | 0,305 | 67,2 | 617 | 2,40 | 0,4 | 1,2 | 6 c. de 103 sp. | 17,4 | 1,41 | | |
| $S_2$ | AF7 & AL3 | 4 | 2,5 | 10 | 12 | 2,2 | 1,2 | 0,275 | 1 c. Côte à | 19,6 | 0,24 | | |
| $S_3$ | Chauf. AZ1 | 4 | 1 | 4 | 12 | 2,2 | 0,75 | 0,1225 | 1 c. côte | 19,6 | 0,095 | 2,845 | 5 |
| $S_4$ | H.T. AZ1 | 2 × 400 | 0,050 | 40 (58,8) | 2 × 1120 | 2 | 0,18 | 2 × 0,47 | 8 c. de 280 | 21,4 | 0,87 | | |
| $S_5$ | Ch. 4686 | 4 | 1,2 | 4,8 | 12 | 3 | 0,7 | 0,109 | 1 couche | 27,4 | 0,23 | | |

# TRANSFORMATEUR D'ALIMENTATION - PERTES DANS LE FER



# FILTRAGE DES COURANTS REDRESSÉS
# TENSION DE RONFLEMENT ET CAPACITÉ A L'ENTRÉE

## FORMULE DE CALCUL

Quand le courant de haute tension d'un récepteur ou d'un amplificateur BF est mal filtré, c'est-à-dire comporte une composante alternative de trop grande amplitude, un ronflement plus ou moins important est transmis par le haut-parleur.

Toute reproduction musicale est impossible si cette composante alternative dépase 5 % de celle du courant modulé à l'entrée d'un transformateur de sortie. Le ronflement a les causes suivantes :

*a*) Couplage entre fils d'alimentation et fils de liaison;

*b*) Enroulement d'excitation du haut-parleur alimenté par un mauvais redresseur;

*c*) Induction par les circuits d'alimentation des filaments ou trop grande tension appliquée aux filaments si ceux-ci sont à chauffage direct par courant alternatif;

d) Filtrage insuffisant de la tension anodique.

Dans les récepteurs possédant un haut-parleur avec bobine de filtrage confondue avec la bobine d'excitation, on peut, en ayant recours au calcul, agir sur les causes *b* et *d* ou les prédéterminer.

La figure 1 représente l'entrée d'un filtre de tension anodique. Soit I l'intensité redressée débitée par la valve exprimée en milliampères, C la capacité d'entrée exprimée en microfarads, F la fréquence des impulsions alternatives frappant le condensateur C, $u_e$ la tension alternative de ronflement appliquée à l'entrée du filtre.

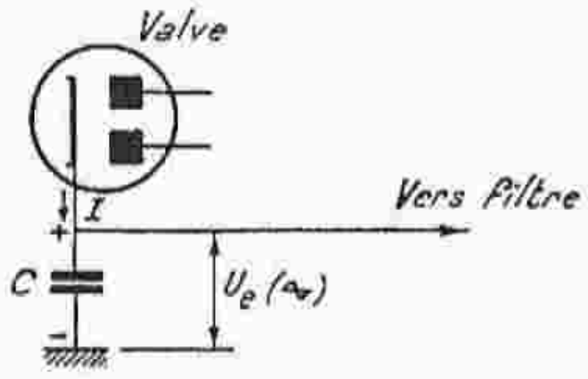



Fig. 1

On a, entre ces grandeurs, la relation :

$$(1) \qquad u_e = \frac{I \times 10^3}{\sqrt{2} \times 4 \times FC}$$

F a pour valeur 50 pour un courant à 50 périodes et une valve monoplaque, et pour un courant à 25 périodes et une valve biplaque; F a pour valeur 100 pour un courant à 50 périodes et une valve biplaque.

## CONSTITUTION DE L'ABAQUE

L'abaque à points alignés 76 traduit la formule (1). Il comporte 3 échelles :

Echelle 1 : échelle des valeurs de l'intensité I graduée en milliampères;

Echelle 2 (gauche, échelle *a*) : échelle des valeurs de la tension alternative de ronflement $u_e$ pour 50 périodes et valve monoplaque ou 25 périodes valve biplaque;

Echelle 2 (droite, échelle *b*) : échelle des valeurs de la tension alternative de ronflement $u_e$ pour 50 périodes et une valve biplaque;

Echelle 3 : échelle des valeurs de la capacité de filtrage montée à l'entrée (graduée en microfarads).

## APPLICATIONS

PREMIER EXEMPLE. — *Calculer la tension alternative à l'entrée pour un redresseur à valve biplaque débitant 50 mA et comportant une capacité d'entrée de 16 microfarads (courant à 50 périodes).*

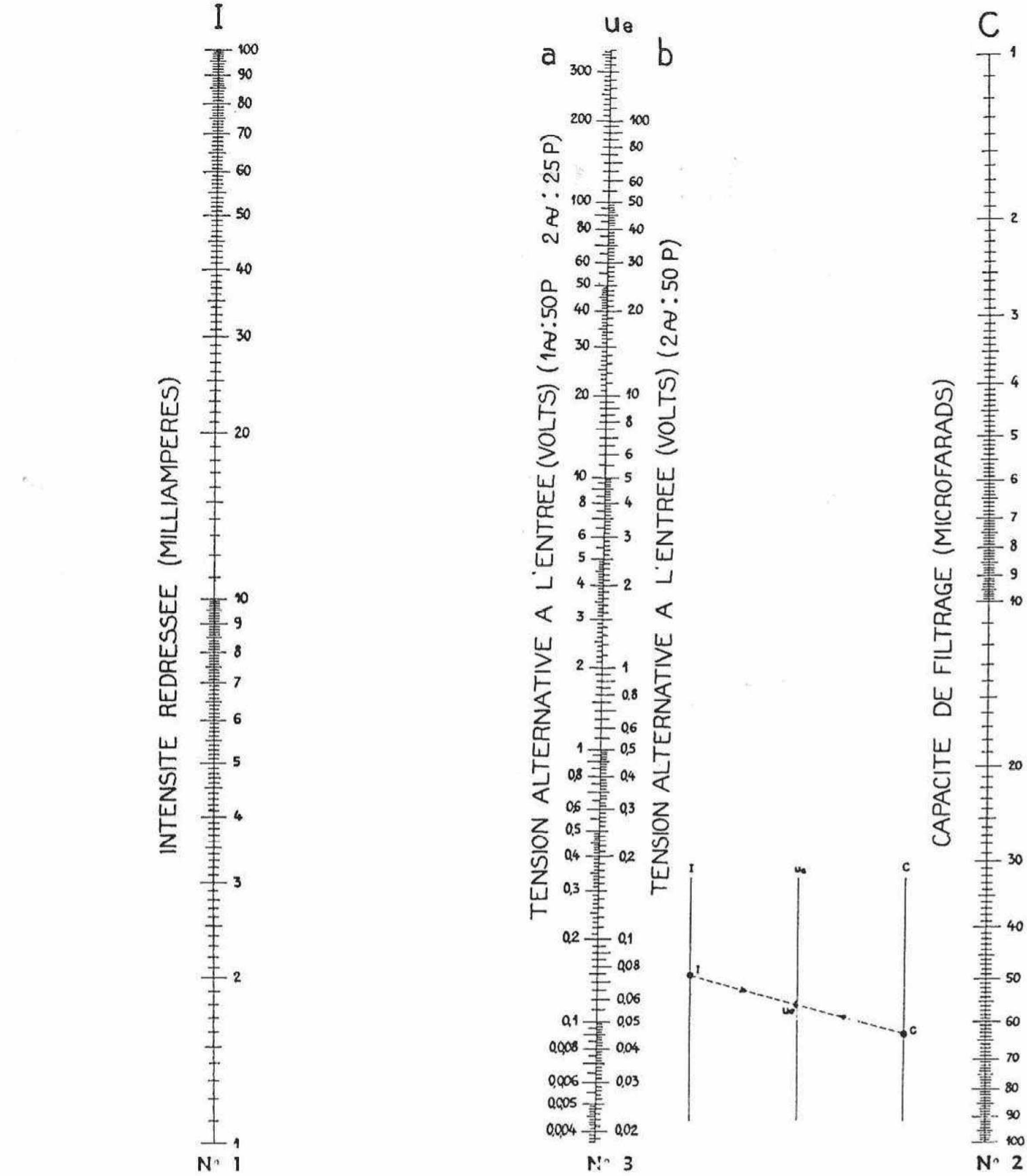
**Alignons la valeur de 1 (50 mA) lu sur l'échelle 1 et celle de C (16 microfarads) lu sur l'échelle 3. Nous coupons l'échelle 2 droite (échelle *b*) au point marqué 5,53. La tension alternative à l'entrée du filtre est de *5,53 volts*.**

DEUXIÈME EXEMPLE. — *Dans un amplificateur équipé avec valve monoplaque (courant à 50 périodes) le courant débité est égal à 100 mA. Quelle doit être la valeur de la capacité du condensateur de filtrage monté à l'entrée pour que la tension alternative à cet endroit ne dépasse pas 10 volts?*

**Alignons la valeur de I (100) lue sur l'échelle 1 et 10 lu sur l'échelle 2 gauche (échelle *a*). Nous coupons l'échelle 3 au point marqué 35,5. La capacité de filtrage à l'entrée devra avoir pour valeur 35,5 microfarads. On prendra pratiquement *36 microfarads*.**

REMARQUE. — La formule (1) montre que la tension alternative à l'entrée sera d'autant plus faible que l'intensité débitée par le redresseur sera plus faible et que la capacité d'entrée sera plus grande. Elle sera, d'autre part, plus faible dans le cas de redressement avec valve biplaque que de redressement avec valve monoplaque.

# FILTRAGE DES COURANTS REDRESSÉS
# TENSION DE RONFLEMENT ET CAPACITÉ A L'ENTRÉE



# FILTRAGE DES COURANTS REDRESSÉS
# FILTRE A BOBINE-CAPACITÉ

## FORMULES DE CALCUL

Considérons un filtre pour tension anodique (fig. 1) constitué par une bobine à fer, de coefficient de self-induction L et un condensateur de capacité $C_1$. Le rapport entre la tension de ronflement à la sortie $u_s$ et la tension de ronflement à l'entrée $u_e$ a pour valeur exacte:

$$(1) \qquad \frac{u_s}{u_e} = \frac{1}{\sqrt{1+\left(\frac{X_L}{X_{c1}}\right)^2}}$$

Dans cette relation, $X_L$ est l'inductance de la bobine à la fréquence de ronflement et $X_{c1}$ la capacitance du condensateur $C_1$ dans les mêmes conditions.

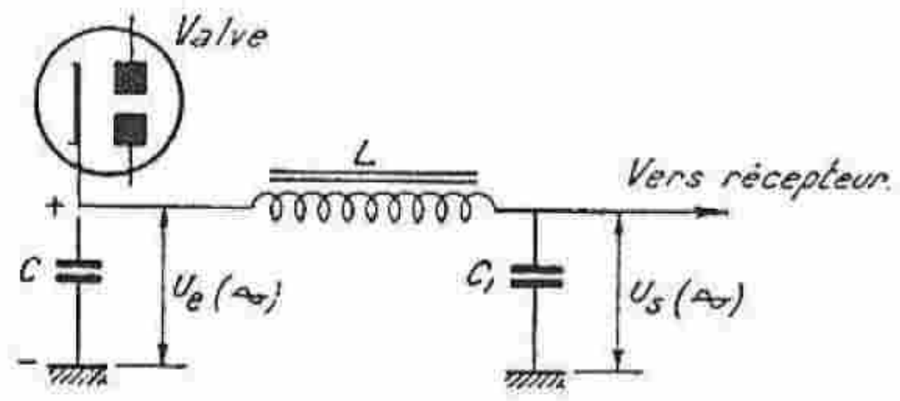



Fig. 1

Avec des valeurs couramment employées, par exemple L = 10 henrys et $C_1$ = 16 microfarads, pour un redressement avec valve biplaque d'un courant à 50 périodes, la fréquence de ronflement est égale à 100 et l'on a sensiblement:

$$X_L = L \times 2\pi F = 10 \times 6{,}28 \times 100 = 6.000 \text{ environ.}$$

$$X_{c1} = \frac{1}{0{,}000016 \times 6{,}28 \times 100} = 100 \text{ environ.}$$

Le terme $\left(\frac{X_L}{X_{c1}}\right)^2$ dans la relation (1) a pour valeur :

$$\left(\frac{6.000}{100}\right) = (60)^2 = 3.600.$$

Il est très grand par rapport à 1 ; et l'on peut écrire approximativement:

$$\frac{u_s}{u_e} = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{X_L}{X_{c1}}\right)^2}} = \frac{X_{c1}}{X_L} = \frac{1}{(2\pi F)^2 \times LC_1}$$

Si l'on évalue $C_1$ en microfarads au lieu de l'évaluer en farads, on a la relation:

$$(2) \qquad u_s = u_e \times \frac{10^6}{(2\pi F)^2 LC_1}$$

## CONSTITUTION DE L'ABAQUE

L'abaque à points alignés 77 traduit la formule précédente. Il comporte cinq échelles:

Echelle 1 : échelle des valeurs du coefficient de self-induction L de la bobine de filtrage;

Echelle 2 : échelle de passage;

Echelle 3 (gauche, échelle *a*) : échelle des valeurs de la tension de ronflement à la sortie du filtre $u_s$, pour redressement avec valve monoplaque et courant à 50 périodes ou valve biplaque et courant à 25 périodes (F = 50) ;

Echelle 3 (droite, échelle *b*) : échelle des valeurs de la tension de ronflement à la sortie du filtre $u_s$, pour redressement avec valve biplaque et courant à 50 périodes (fréquence de ronflement F = 100) ;

Echelle 4 : échelle des valeurs de la capacité du condensateur $C_1$ monté à la sortie du filtre;

Echelle 5 : échelle des valeurs de la tension alternative $u_e$ appliquée à l'entrée du filtre.

## APPLICATIONS

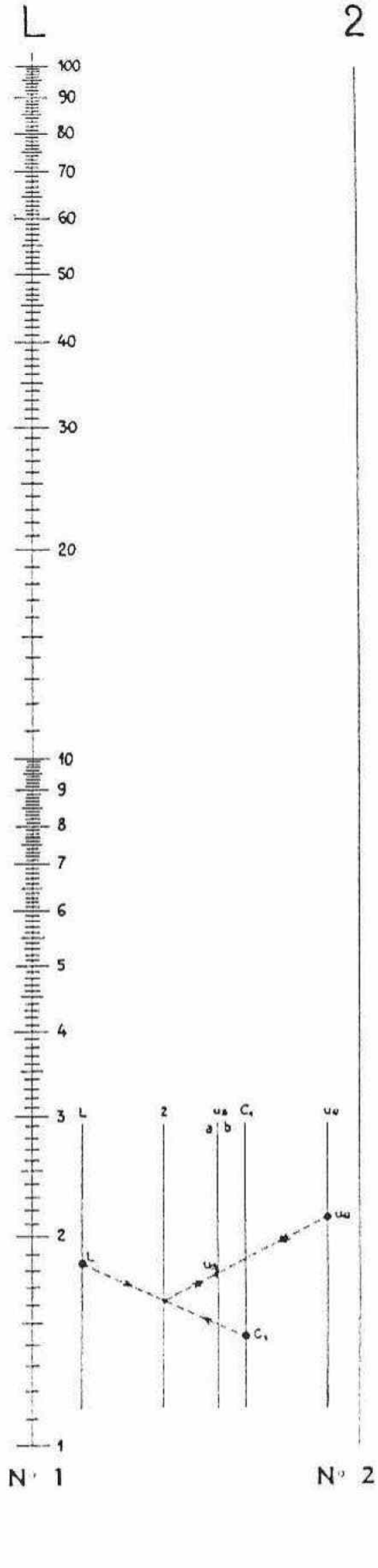
EXEMPLE. — *Dans l'exemple 1, abaque 76, nous avons trouvé pour un débit I = 50 mA et une capacité de filtroge à l'entrée C = 16 microfarads pour un redresseur de tension anodique de récepteur (redressement biplaque, courant à 50 périodes), une tension alternative d'entrée de 5,53 volts. Calculer la tension de ronflement à la sortie d'un filtre constitué par une bobine à fer de coefficient de self-induction L = 25 henrys et un condensateur de capacité $C_1$ = 16 microfarads.*

**Alignons la valeur du coefficient de self-induction L de la bobine (25) lue sur l'échelle 1 et celle de $C_1$ (16) lue sur l'échelle 4. Nous coupons l'échelle de passage (échelle 2) en un certain point. Alignons ce point et la valeur de la tension alternative à l'entrée, $u_e$ (5,33) lue sur l'échelle 5. Nous coupons l'échelle 4 droite (échelle b) au point 0,035. La tension de ronflement à la sortie est :**

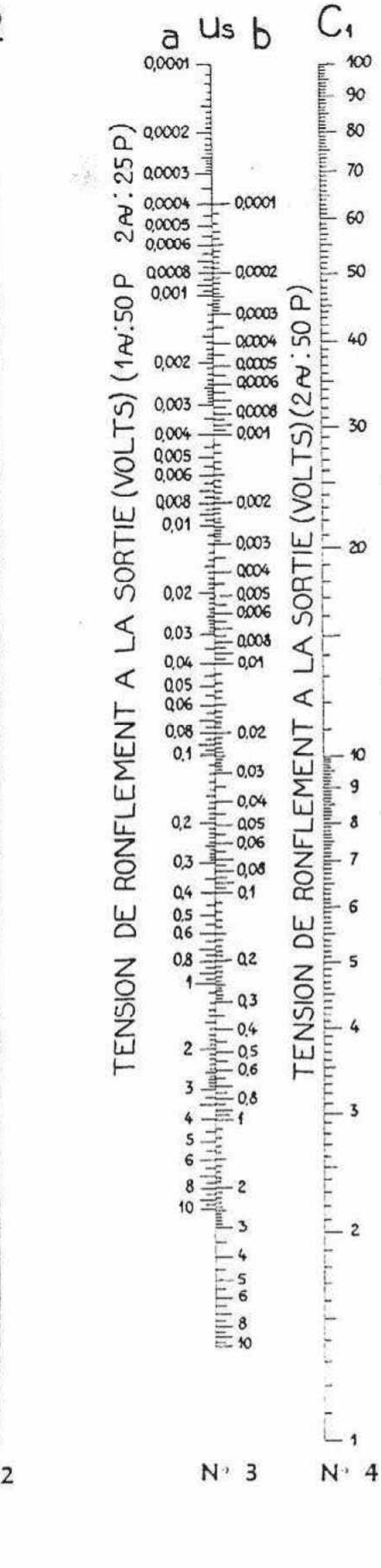
$$u_s = 0{,}0351 \text{ volt.}$$

**Elle est assez faible pour que le ronflement ne soit pas perceptible.**

# FILTRAGE DES COURANTS REDRESSÉS
# FILTRE A BOBINE-CAPACITÉ




N° 1




N° 2




N° 3 N° 4




N° 5

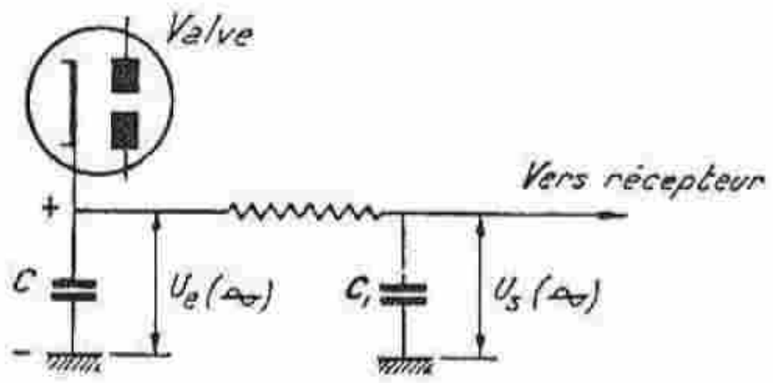
# FILTRAGE DES COURANTS REDRESSÉS
# FILTRE A RÉSISTANCE -- CAPACITÉ

## FORMULES DE CALCUL

Considérons un filtre pour tension anodique (fig. 1) constitué par une résistance R et un condensateur de capacité $C_1$. Le rapport entre la tension de ronflement a la sortie $u_s$ et la tension alternative à l'entrée du filtre a pour valeur exacte :

$$(1) \qquad \frac{u_s}{u_e} = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{R}{X_{c1}}\right)^2}}$$

Dans cette relation, R est la valeur de la résistance de filtrage et $X_{c1}$ la capacitance du condensateur $C_1$ à la fréquence F de ronflement. Avec des valeurs couramment utilisées, par exemple R = 5.000 ohms et $C_1$ = 16 microfarads, pour le redressement avec valve biplaque d'un courant à 50 périodes, la fréquence de ronflement a pour




valeur F = 100 et l'on a sensiblement :

$$X_{c1} = \frac{1}{0{,}000016 \times 6{,}28 \times 100} = 100 \text{ ohms environ.}$$

Le terme $\left(\frac{R}{X_{c1}}\right)^2$ dans la relation (1) a pour valeur :

$$\left(\frac{5.000}{100}\right)^{i2} = (50)^2 = 2.500$$

Ce terme est très grand par rapport à 1 et l'on peut écrire approximativement :

$$\frac{u_s}{u_e} = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{R}{X_{c1}}\right)^2}} = \frac{X_{c1}}{R} = \frac{1}{2\pi F \times RC_1}$$

Si l'on évalue $C_1$ en microfarads, au lieu de l'évaluer en farads, on a la relation :

$$u_s = u_e \times \frac{10^6}{2\pi FRC_1}$$

## CONSTITUTION DE L'ABAQUE

L'abaque à points alignés 78 traduit la formule (2). Il comporte cinq échelles :

Echelle 1 : échelle des valeurs de la résistance de filtrage R;

Echelle 2 : échelle de passage;

Echelle 3 (gauche, échelle *a*) : échelle des valeurs de la tension de ronflement à la sortie du filtre, $u_s$, pour redressement avec valve monoplaque et courant à 50 périodes ou valve biplaque et courant à 25 périodes (F = 50) ;

Echelle 3 (droite, échelle *b*) : échelle des valeurs de la tension de ronflement à la sortie du filtre, $u_s$, pour redressement avec valve biplaque et courant à 50 périodes (fréquence de ronflement F = 100) ;

Echelle 4 : échelle des valeurs de la capacité du condensateur $C_1$ monté à la sortie du filtre.

Echelle 5 : échelle des valeurs de la tension alternative, $u_e$, appliquée à l'entrée du filtre.

## APPLICATIONS

EXEMPLE. — *Dans l'exemple 1, abaque 76, nous avons trouvé pour un débit* I = *50 mA et une capacité de filtrage à l'entrée* C = *16 microfarads pour un redresseur de tension anodique de récepteur (redressement biplaque, courant à 50 périodes, une tension alternative d'entrée de 5,53 volts. Calculer la tension de ronflement à la sortie d'un filtre constitué par une résistance de 5.000 ohms et un condensateur de capacité* $C_1$ = *32 microfarads.*

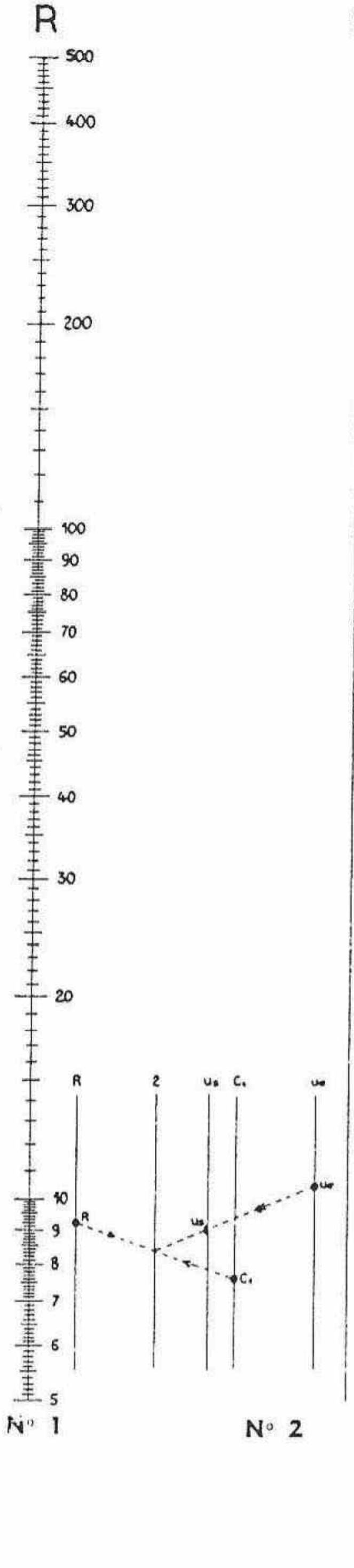
**Alignons la valeur de R (5.000) lue sur l'échelle 1 et celle de $C_1$ (32) lue sur l'échelle 4, nous coupons l'échelle de passage (échelle 2) en un certain point. Alignons ce point et la valeur de la tension alternative à l'entrée, $u_e$, (5,33) lue sur l'échelle 5. Nous coupons l'échelle 4 droite (échelle *b* correspondant à la fréquence de ronflement F = 100) au point 0,0553.**

**La tension de ronflement à la sortie est :**

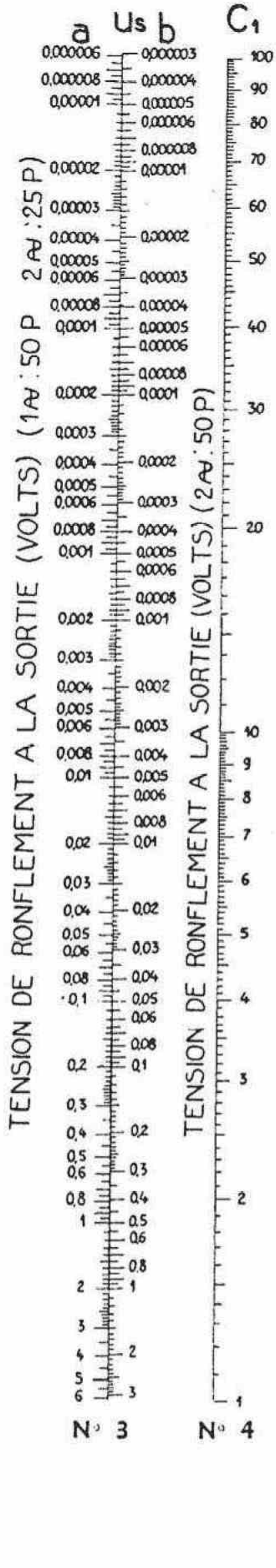
$$u_s = 0{,}0553 \text{ volt.}$$

REMARQUE. — Avec le filtre précité R = 5.000, $C_1$ = 32 microfarads, l'affaiblissement produit pour la tension de ronflement est exactement 100 (ou 40 décibels).

# FILTRAGE DES COURANTS REDRESSÉS
# FILTRE A RÉSISTANCE-CAPACITÉ



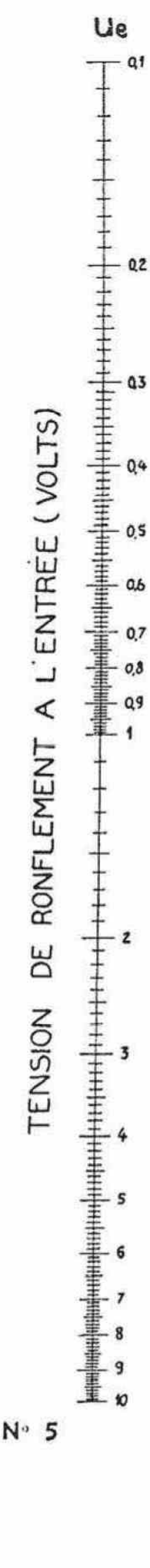

N° 1 N° 2




N° 3




N° 4




N° 5

# EFFICACITÉ D'UNE CELLULE DE FILTRAGE

## FORMULES DE CALCUL

Nous avons vu (abaque 77) que la tension de ronflement à la sortie d'un filtre simple à bobine et condensateur pouvait s'exprimer par la relation :

$$u_s = u_e \times \frac{10^6}{(2\pi F)^2 \times L_1 C}$$

Si on écrit le rapport entre les tensions d'entrée, $u_s$, et de sortie $u_e$, on a, en se reportant à la figure 1 :

(1) $$\boxed{\frac{u_s}{u_e} = \frac{10^6}{(2\pi F)^2 \times L_1 C}}$$

Dans cette formule, F est la fréquence de ronflement, $L_1$ le coefficient de self-induction de la bobine de filtrage en henrys et C, la capacité du condensateur en microfarads.

Fig. 1

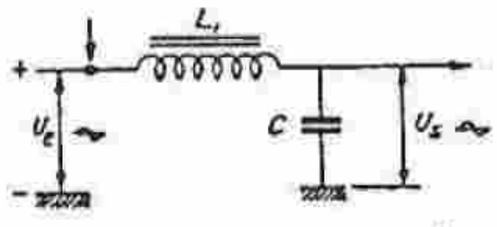
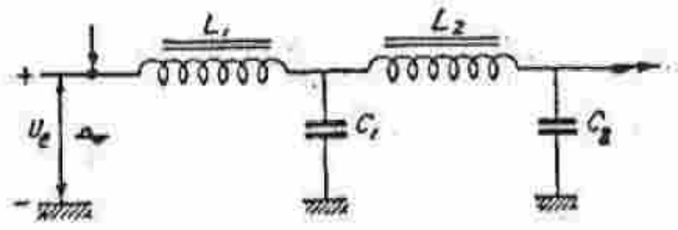



Fig. 2




Pour un filtre à deux bobines et deux condensateurs (cellule double de filtrage (figure 2), on aurait :

$$\frac{u_s}{u_e} = \frac{10^{12}}{(2\pi F)^4 \times L_1 L_2 C_1 C_2}$$

En général, pour un tel filtre, on prend $C_1 = C_2 = C$, $L_2 = 2L_1 = L$ et la formule précédente s'écrit :

(2) $$\boxed{\frac{u_s}{u_e} = \left[\frac{10^6}{(2\pi F)^2 \times 1{,}41\ LC}\right]^2}$$

Pour que cette expression soit égale au carré de l'expression (1), il faut que le coefficient de self-induction de la bobine à fer pour le filtre simple ait pour valeur :

(3) $$L_1 = 1{,}41\ L.$$

## CONSTITUTION DE L'ABAQUE

L'abaque cartésien logarithmique n° 79 traduit les formules (1) et (2). Sur cet abaque, on a porté en abscisses les valeurs du produit L × C. On a porté en ordonnées, du côté gauche, l'atténuation du ronflement $\frac{u_s}{u_e}$ calculée en % pour un filtre double avec deux bobines L et 2L et l'atténuation calculée en décibels.

On a porté en ordonnées, du côté droit, l'atténuation du ronflement $\frac{u_s}{u_e}$ calculée en % pour un filtre simple avec bobine ayant pour coefficient de self-induction 1,41 et l'atténuation calculée en décibels. Des obliques correspondent à différentes fréquences de ronflement, depuis 25 périodes jusqu'à 360 périodes.

## APPLICATIONS

PREMIER EXEMPLE. — *Calculer l'efficacité d'un filtre simple dans lequel on utilise une bobine de coefficient de self-induction* $L_1 = 1{,}41$ $L = 50$ *henrys et un condensateur de 16 microfarads (redressement des deux alternances sur courant à 50 périodes).*

**On a, ici, F = 100.**

**La valeur de L est :**

$$L = \frac{50}{1{,}41} = 35{,}4$$

**Le produit LC a pour valeur :**

$$LC = 35{,}4 \times 16 = 567$$

**Menons par 567 lu sur l'échelle des abscisses, une verticale qui coupe l'oblique marquée 100 en un point, l'horizontale de ce point coupe les échelles de droite aux points marqués respectivement 0,317 et 50 environ. L'affaiblissement de la tension de ronflement est 0,317 % ou 50 décibels.**

DEUXIÈME EXEMPLE. — *Calculer l'efficacité d'un filtre double à deux bobines et deux condensateurs dans lequel on a, en allant de l'entrée à la sortie, des bobines de 10 et 20 henrys et des condensateurs de 8 microfarads (le courant d'alimentation est à 50 périodes et la valve employée est du type monoplaque).*

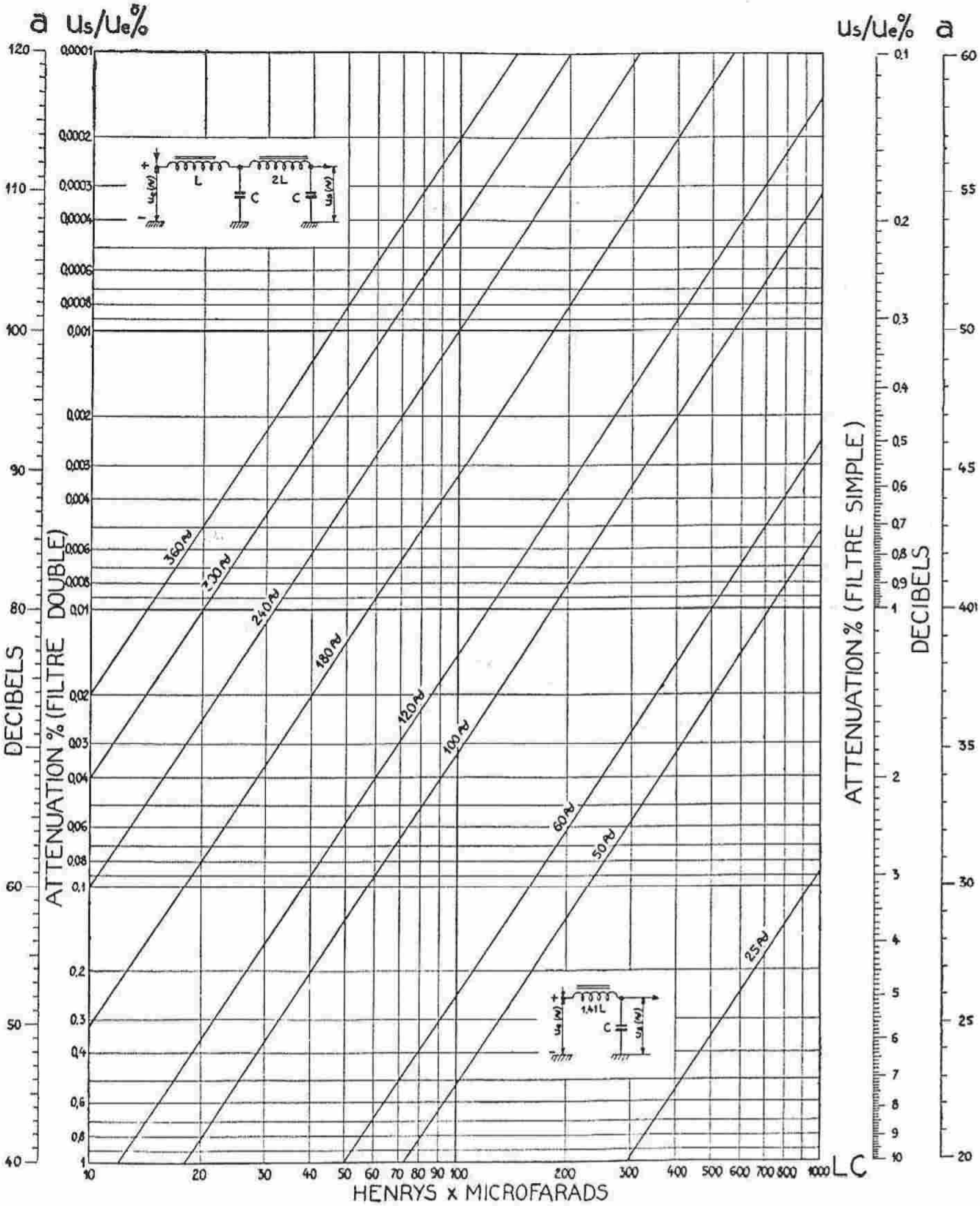
**La fréquence de ronflement est ici : F = 50.**

**Le produit LC a pour valeur :**

$$LC = 10 \times 8 = 80.$$

**Menons, par 80 lu sur l'échelle des abscisses, une verticale qui coupe l'oblique marquée 50 en un point. La verticale de ce point coupe les échelles de gauche aux points marqués respectivement 0,81 et 41,5. L'affaiblissement de la tension de ronflement est de 0,81 % ou 41,5 décibels.**

# EFFICACITÉ D'UNE CELLULE DE FILTRAGE



# BOBINE D'EXCITATION DE HAUT-PARLEUR DYNAMIQUE

## FORMULES DE CALCUL

La puissance dissipée par effet Joule dans le fil de l'enroulement d'excitation d'un haut-parleur électro-dynamique a pour valeur en watts :

(1) $$W_c = R\ I^2$$

Si l'on exprime la section du fil en mm² et sa longueur en mètres, la résistance du fil a pour valeur :

(2) $$R = \frac{\rho l_m}{S_{mm^2} \times 10^2}$$

ρ étant la résistivité du fil en microhms-centimètre: centimètre carré.

Avec les mêmes unités, le poids de l'enroulement en kilogrammes a pour valeur :

(3) $$P = \frac{S_{mm^2} \times l_m \times \Delta}{1.000}$$

Δ étant la densité du fil.

En divisant (1) par (3) et en tenant compte de (2), on obtient :

(4) $$\boxed{\frac{W_c}{P} = \left(\frac{I}{S}\right)^2 \times \frac{10\rho}{\Delta}}$$

On voit que la perte par effet Joule en watts par kilogramme est proportionnelle au carré de la densité du courant, ρ et Δ étant constants pour un fil donné.

Pour le cuivre employé pour les bobinages de transformateurs ou d'excitation, par exemple, on a $\rho = 1{,}78$ environ et $\Delta = 8{,}9$; le rapport $\frac{10\rho}{\Delta}$ vaut sensiblement 2.

On voit donc qu'à une densité de courant de 1 ampère par mm² correspond une perte par kilogramme dans le fil égale à :

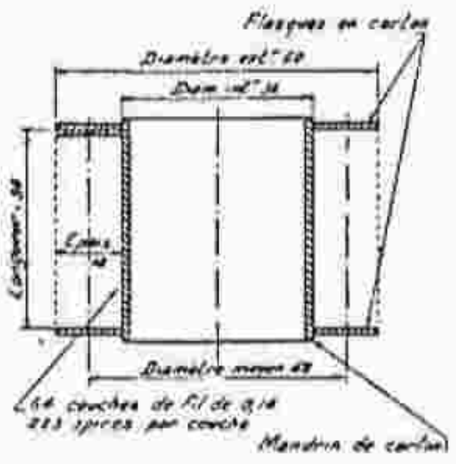
$$1 \times 2 = 2 \text{ watts.}$$

Pour $\frac{I}{S} = 2$, on a de même :

$$\frac{W_c}{P} = (2)^2 \times 2 = 8 \text{ watts.}$$

On a, d'autre part, la relation

$$I = \frac{I}{S} \times S$$




ou (5) $$\boxed{I = \frac{I}{S} \times \frac{\pi d^2}{4}}$$

## CONSTITUTION DE L'ABAQUE

L'abaque par point alignés n° 80 traduit les formules (4) et (5). Il porte trois échelles.

Echelle 1 : échelle des valeurs du diamètre du fil;

Echelle 2 (gauche) : échelle des valeurs de la perte en watts par kilogramme $\frac{W_c}{P}$ ;

Echelle 2 (droite) : échelle des valeurs de la densité de courant $\frac{I}{S}$ en ampères par millimètre carré.

(Ces deux dernières échelles sont accolées et traduisent à elles seules, la formule (4) pour le fil de cuivre d'utilisation courante).

Echelle 3 : échelle des valeurs de I exprimées en milliampères et en ampères.

## APPLICATIONS

EXEMPLE. — *L'enroulement d'excitation d'un haut-parleur électro-dynamique doit avoir une résistance de 2.500 ohms et être parcouru par un courant de 40 mA, la densité de courant choisie est de 2,5 ampères par mm². Calculer les caractéristiques de construction et de fonctionnement de cet enroulement pour lequel on donne d'autre part, un diamètre moyen de 48 mm., et une largeur de 36 mm. (voir fig. 1).*

**Alignons la valeur de l'intensité I (40) lue sur l'échelle 3 et celle de $\frac{I}{S}$ (2,5 watts) lue sur l'échelle 2 droite, nous coupons l'échelle 1 sur le nombre 0,143 mm.**

**Comme ce fil n'existe pas dans les séries de diamètres normaux, nous choisirons la valeur 0,14. En opérant un alignement inverse pour 0,14, nous trouverons une valeur de densité de courant 2,63 ampères par mm², ce qui correspond par lecture directe sur l'échelle 2 gauche, à une perte par effet Joule et par kilogramme de *13,8 watts*.**

La perte par effet Joule dans l'enroulement est dans notre exemple, de :

$$W_c = R\ I^2 = 2.500 \times \overline{0{,}040^2} = 4 \text{ watts.}$$

(Cette valeur pourrait être calculée avec l'abaque n° 1).

Le poids du fil est par suite :

$$\frac{4}{13{,}8} = 290 \text{ grammes environ.}$$

Pour calculer le nombre de tours de fil, il suffit de se reporter ensuite à l'abaque n° 74 (pertes dans le cuivre des transformateurs). On a : longueur du fil pour un tour :

$$\frac{l}{N} = 4{,}8 \times 3{,}14 = 15{,}1 \text{ cm.}$$

On déduirait de l'abaque 74, une valeur du nombre de tours : $N = 14.300$ tours.

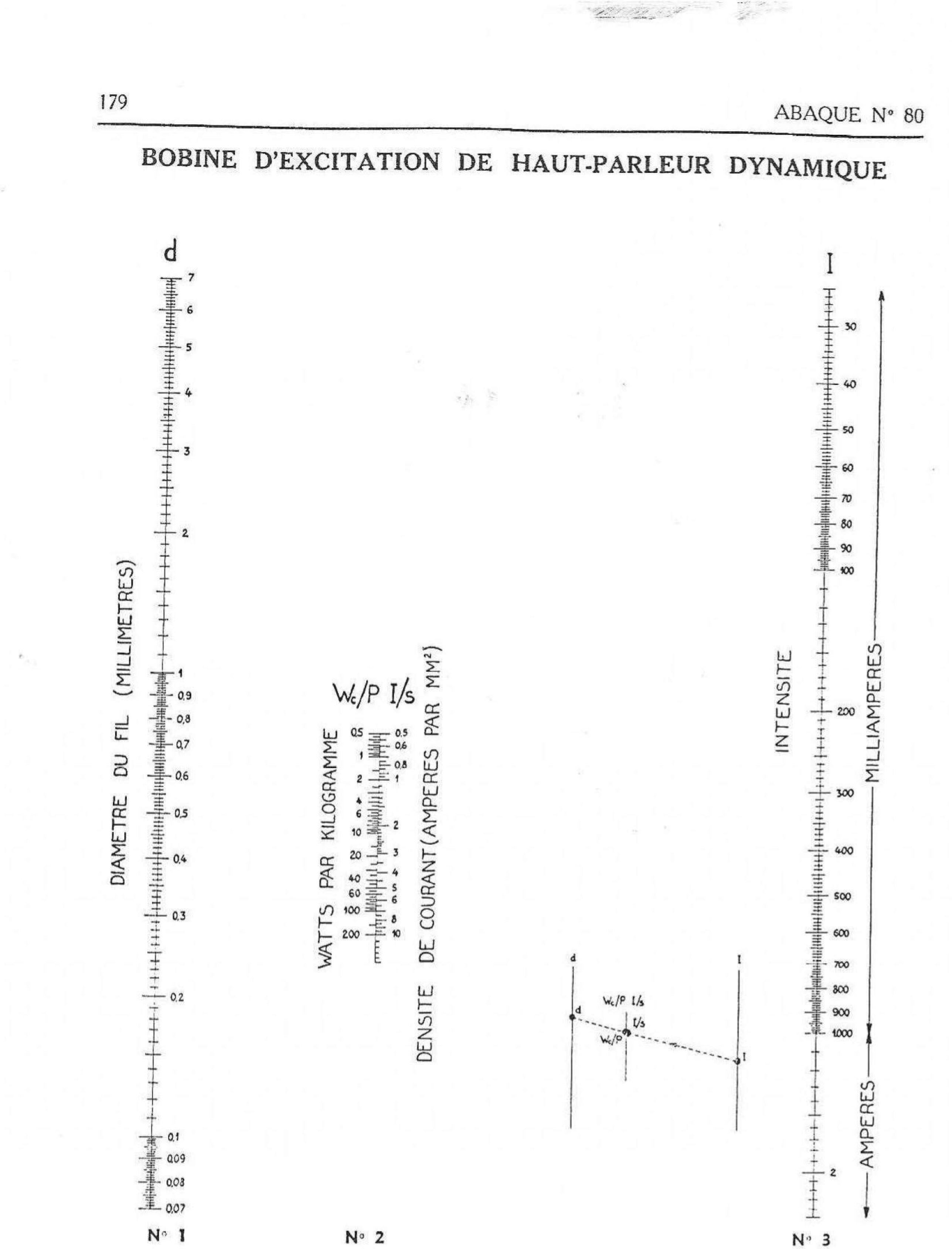
Avec le fil de 0,14 isolé à l'émail, on peut disposer 62 spires par cm. (diamètre extérieur égal à 0,1615 mm.). Sur chaque couche, on pourra donc disposer 223 spires environ. Il faudra avoir recours à :

$$\frac{14.300}{223} = 64 \text{ couches de fil environ}$$

ce qui donnera au bobinage, une épaisseur légèrement supérieure à 1 cm. (12 mm. environ). Cet enroulement est représenté sur la figure 1.

REMARQUE 1. — Avec l'enroulement ci-dessus, la tension aux bornes de l'enroulement (chute dans le circuit de tension anodique) serait de 100 volts.

# BOBINE D'EXCITATION DE HAUT-PARLEUR DYNAMIQUE



# ÉCHELLES LOGARITHMIQUES UTILISÉES DANS L'OUVRAGE

Dans la constitution d'un abaque à points alignés et d'un abaque cartésien logarithmique, on utilise couramment des échelles logarithmiques, c'est-à-dire qu'on porte sur une même droite des longueurs qui ne sont pas proportionnelles aux nombres mais aux logarithmes décimaux de ces nombres.

Pour la construction des abaques originaux du présent ouvrage (dessinés avec réduction), on a utilisé comme échelle de base une échelle ayant pour longueur totale 400 millimètres (échelle marquée échelle 1), graduée de 1 à 10.

Le nombre 2, par exemple, sur cette échelle, est obtenu en portant une longueur 1-2 à partir de l'origine égale à log 2 ou $0.30.103 \times 400 = 120,412$.

D'autres échelles ont été nécessaires :

| | | | |
|---|---|---|---|
| Echelle | 3/4 | (longueur originale : | 300) |
| — | 1/2 | ( — | 200) |
| — | 2/5 | ( — | 160) |
| — | 3/8 | ( — | 150) |
| — | 1/3 | ( — | 133 1/3) |
| — | 1/4 | ( — | 100) |
| — | 1/6 | ( — | 66 2/3) |
| — | 1/8 | ( — | 50) |
| — | 1/11 | ( — | 36, 36) |

Après réduction et tirage, ces échelles ont à peu près la moitié de la valeur sus-indiquée.

## CONSTITUTION D'ABAQUES SIMPLES

ABAQUE PRODUIT. — Supposons que l'on veuille construire un abaque tel que les nombres de l'échelle centrale P soient égaux par alignement aux produits des nombres de l'échelle de gauche (multiplicandes) par les nombres de l'échelle de droite (multiplicateurs).

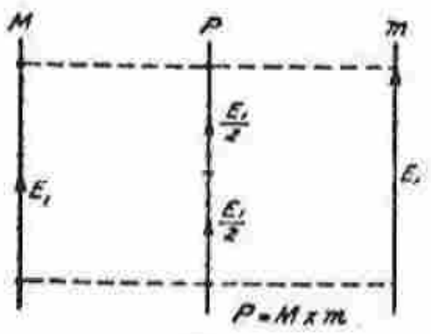



Fig. 1

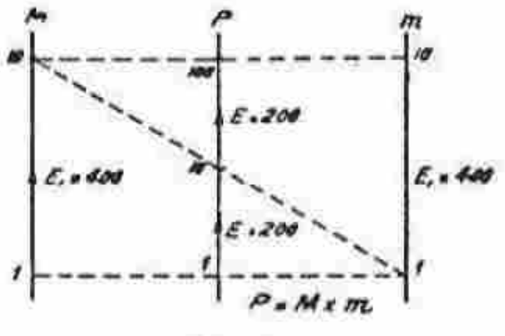



Fig. 2

Si les échelles extrêmes sont égale à $E_1$, l'échelle intermédiaire sera au milieu et aura pour valeur $E = \frac{E_1}{2}$ (figure 1) et la graduation se fera dans le sens des flèches.

EXEMPLE: — Les échelles extrêmes sont $E_1 = 400 = \frac{1}{1}$, l'échelle intermédiaire aura pour valeur $E = 200 = \frac{1}{2}$. L'abaque se présentera conformément à la figure 2.

Si les échelles extrêmes sont différentes, on devra avoir (d'après la figure 3) les relations :

$$\frac{1}{E} = \frac{1}{E_1} + \frac{1}{E_2}$$

$$\frac{a}{b} = \frac{E_1}{E_2}$$

Par exemple, si :

$$E_1 = \frac{400}{6} = 66\frac{2}{3} \; ; E_2 = \frac{400}{8} = 50$$

l'échelle produit aura pour valeur :

$$E = \frac{\frac{400}{6} \times \frac{400}{8}}{\frac{400}{6} \times \frac{400}{8}} = 28,5$$

Si la distance des échelles extrêmes est 140, on aura, d'autre part :

$$a = 80 ; \; b = 60.$$

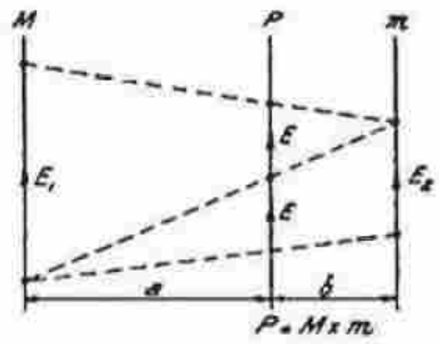



Fig. 3

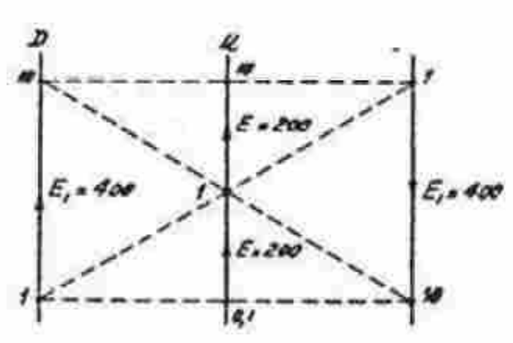


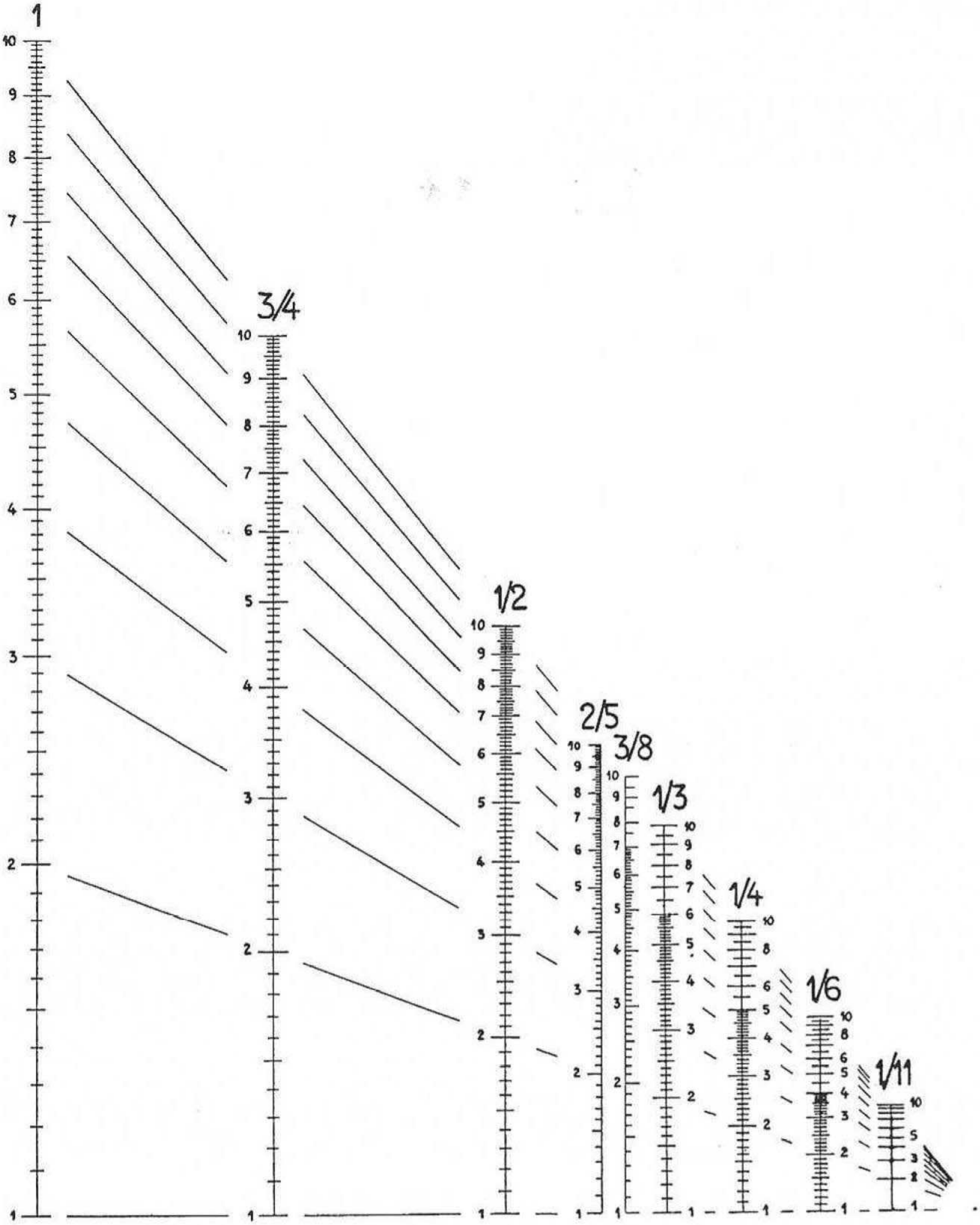

Fig. 4

ABAQUE QUOTIENT. — Dans le cas où l'on veut calculer le quotient Q de deux nombres D et $d$ $\left(Q = \frac{D}{d}\right)$ Si les échelles extrêmes (dividende et diviseur) sont égales ($E_1 = E_2$), l'échelle intermédiaire aura pour valeur :

$$E = \frac{E_1}{2}$$

La construction de l'abaque se fera conformément à la figure 4. Avec $E_1 = E_2 = 400$, on aura $E = \frac{400}{2} = 200$ (voir fig. 4).

# ÉCHELLES LOGARITHMIQUES UTILISÉES DANS L'OUVRAGE



# CARRÉ, CUBE, RACINE CARRÉE ET CUBIQUE, CIRCONFÉRENCE

Nous avons figuré, sur l'appendice II, 6 échelles accolées donnant pour les 100 premiers nombres :

La 1re, la valeur du carré : $n^2$.
La 2e, la valeur du cube : $n^3$.
La 3e, la valeur de la racine carrée : $\sqrt{n}$.
La 4e, la valeur de la racine cubique : $\sqrt[3]{n}$.
La 5e, la valeur de la circonférence du cercle de diamètre $n$ : $\pi n$.
La 6e, la valeur de la surface du cercle de diamètre $n$ : $\frac{\pi n^2}{4}$.

Ces valeurs sont couramment employées dans les calculs pratiques.

Les tableaux ci-dessous donnent les mêmes renseignements pour les nombres compris entre 1 et 100.

Pour le cas de nombres inférieurs à 1 ou supérieurs à 100, on se ramènera, au cas d'un nombre compris entre 1 et 100, en multipliant ou divisant par une puissance de 10 convenable.

## TABLEAU DES CARRÉS, CUBES, RACINES CARRÉES ET CUBIQUES, CIRCONFÉRENCES ET SURFACES DU CERCLE

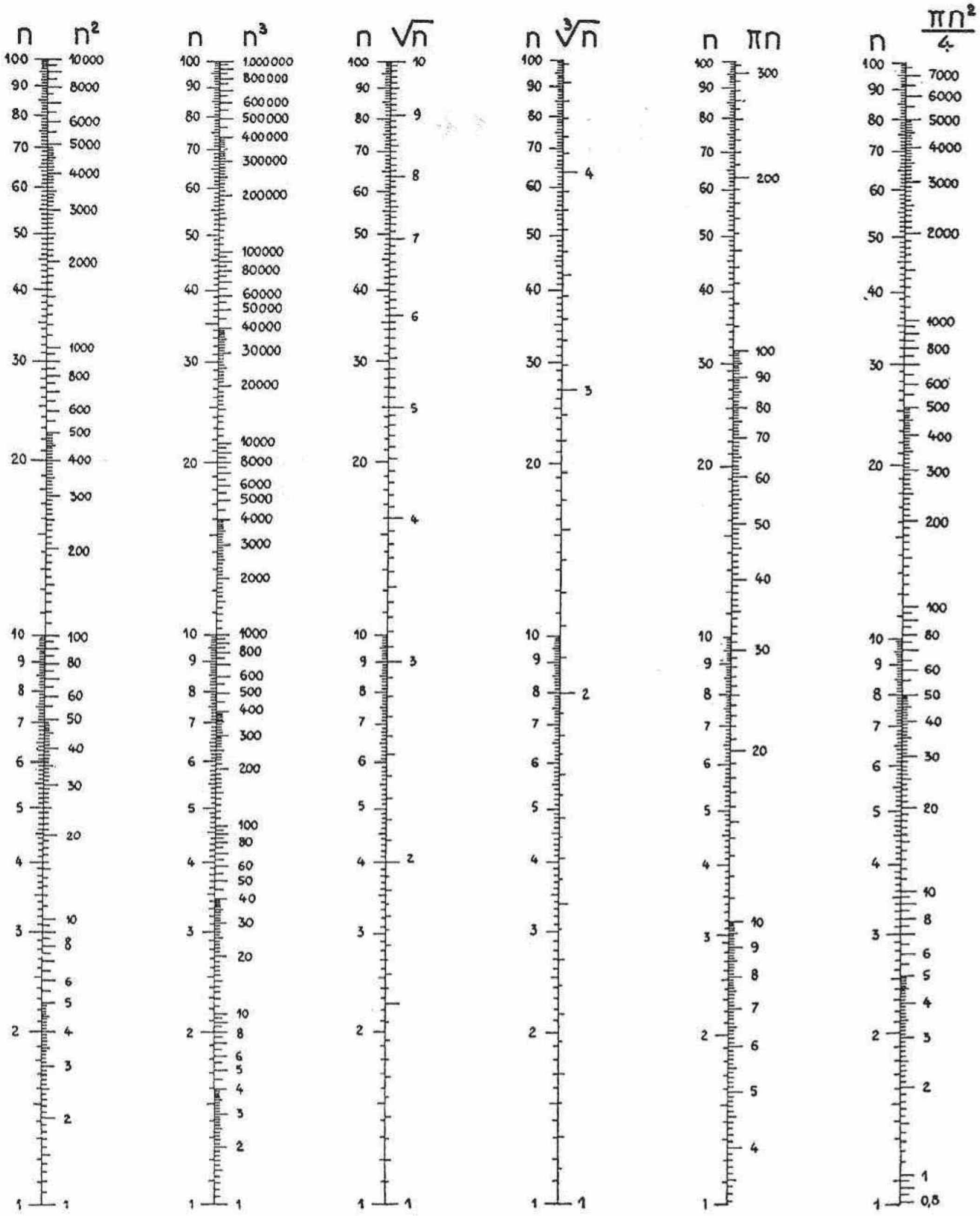
(0<n<100)

| n | $n^2$ | $n^3$ | $\sqrt{n}$ | $\sqrt[3]{n}$ | $\pi n$ | $\pi\frac{n^2}{4}$ | n |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | | | | | | | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 1,0000 | 1,0000 | 3,1416 | 0,78540 | 1 |
| 2 | 4 | 8 | 1,4142 | 1,2599 | 6,2832 | 3,14159 | 2 |
| 3 | 9 | 27 | 1,7321 | 1,4422 | 9,4248 | 7,06858 | 3 |
| 4 | 16 | 64 | 2,0000 | 1,5874 | 12,566 | 12,5664 | 4 |
| 5 | 25 | 125 | 2,2361 | 1,7100 | 15,708 | 19,6350 | 5 |
| 6 | 36 | 216 | 2,4495 | 1,8171 | 18,850 | 28,2743 | 6 |
| 7 | 49 | 343 | 2,6458 | 1,9129 | 21,991 | 38,4845 | 7 |
| 8 | 64 | 512 | 2,8284 | 2,0000 | 25,133 | 50,2655 | 8 |
| 9 | 81 | 729 | 3,0000 | 2,0801 | 28,274 | 63,6173 | 9 |
| 10 | 100 | 1000 | 3,1623 | 2,1544 | 31,416 | 78,5398 | 10 |
| 11 | 121 | 1331 | 3,3166 | 2,2240 | 34,558 | 95,0332 | 11 |
| 12 | 144 | 1728 | 3,4641 | 2,2894 | 37,699 | 113,097 | 12 |
| 13 | 169 | 2197 | 3,6056 | 2,3513 | 40,841 | 132,732 | 13 |
| 14 | 196 | 2744 | 3,7417 | 2,4101 | 43,982 | 153,938 | 14 |
| 15 | 225 | 3375 | 3,8730 | 2,4662 | 47,124 | 176,715 | 15 |
| 16 | 256 | 4096 | 4,0000 | 2,5198 | 50,265 | 201,062 | 16 |
| 17 | 289 | 4913 | 4,1231 | 2,5713 | 53,407 | 226,980 | 17 |
| 18 | 324 | 5832 | 4,2426 | 2,6207 | 56,549 | 254,469 | 18 |
| 19 | 361 | 6859 | 4,3589 | 2,6684 | 59,690 | 283,529 | 19 |
| 20 | 400 | 8000 | 4,4721 | 2,7144 | 62,832 | 314,159 | 20 |
| 21 | 441 | 9261 | 4,5826 | 2,7589 | 65,973 | 346,361 | 21 |
| 22 | 484 | 10648 | 4,6904 | 2,8020 | 69,115 | 380,133 | 22 |
| 23 | 529 | 12167 | 4,7958 | 2,8439 | 72,257 | 415,476 | 23 |
| 24 | 576 | 13824 | 4,8990 | 2,8845 | 75,398 | 452,389 | 24 |
| 25 | 625 | 15625 | 5,0000 | 2,9240 | 78,540 | 490,874 | 25 |
| 26 | 676 | 17576 | 5,0990 | 2,9625 | 81,681 | 530,929 | 26 |
| 27 | 729 | 19683 | 5,1962 | 3,0000 | 84,823 | 572,555 | 27 |
| 28 | 784 | 21952 | 5,2915 | 3,0366 | 87,963 | 615,752 | 28 |
| 29 | 841 | 24389 | 5,3852 | 3,0723 | 91,106 | 660,520 | 29 |
| 30 | 900 | 27000 | 5,4772 | 3,1072 | 94,248 | 706,858 | 30 |
| 31 | 961 | 29791 | 5,5678 | 3,1414 | 97,389 | 754,768 | 31 |
| 32 | 1024 | 32768 | 5,6569 | 3,1748 | 100,53 | 804,248 | 32 |
| 33 | 1089 | 35937 | 5,7446 | 3,2075 | 103,67 | 855,299 | 33 |
| 34 | 1156 | 39304 | 5,8310 | 3,2396 | 106,81 | 907,920 | 34 |
| 35 | 1225 | 42875 | 5,9161 | 3,2711 | 109,96 | 962,113 | 35 |
| 36 | 1296 | 46656 | 6,0000 | 3,3019 | 113,10 | 1017,88 | 36 |
| 37 | 1369 | 50653 | 6,0828 | 3,3322 | 116,24 | 1075,21 | 37 |
| 38 | 1444 | 54872 | 6,1644 | 3,3620 | 119,38 | 1134,11 | 38 |
| 39 | 1521 | 59319 | 6,2450 | 3,3912 | 122,52 | 1194,59 | 39 |
| 40 | 1600 | 64000 | 6,3246 | 3,4200 | 125,66 | 1256,64 | 40 |
| 41 | 1681 | 68921 | 6,4031 | 3,4482 | 128,81 | 1320,25 | 41 |
| 42 | 1764 | 74088 | 6,4807 | 3,4760 | 131,95 | 1385,44 | 42 |
| 43 | 1849 | 79507 | 6,5574 | 3,5034 | 135,09 | 1452,20 | 43 |
| 44 | 1936 | 85184 | 6,6332 | 3,5303 | 138,23 | 1520,53 | 44 |
| 45 | 2025 | 91125 | 6,7082 | 3,5569 | 141,37 | 1590,43 | 45 |
| 46 | 2116 | 97336 | 6,7823 | 3,5830 | 144,51 | 1661,90 | 46 |
| 47 | 2209 | 103823 | 6,8557 | 3,6088 | 147,65 | 1734,94 | 47 |
| 48 | 2304 | 110592 | 6,9282 | 3,6342 | 150,80 | 1809,56 | 48 |
| 49 | 2401 | 117649 | 7,0000 | 3,6593 | 153,94 | 1885,74 | 49 |
| 50 | 2500 | 125000 | 7,0711 | 3,6840 | 157,08 | 1963,50 | 50 |

| n | $n^3$ | $n^2$ | $\sqrt{n}$ | $\sqrt[3]{n}$ | $\pi n$ | $\pi\frac{n^2}{4}$ | n |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 50 | 2500 | 125000 | 7,0711 | 3,6840 | 157,08 | 1963,50 | 50 |
| 51 | 2601 | 132651 | 7,1414 | 3,7084 | 160,22 | 2042,82 | 51 |
| 52 | 2704 | 140608 | 7,2111 | 3,7325 | 163,36 | 2123,72 | 52 |
| 53 | 2809 | 148877 | 7,2801 | 3,7563 | 166,50 | 2206,18 | 53 |
| 54 | 2916 | 157464 | 7,3485 | 3,7798 | 169,65 | 2290,22 | 54 |
| 55 | 3025 | 166375 | 7,4162 | 3,8030 | 172,79 | 2375,83 | 55 |
| 56 | 3136 | 175616 | 7,4833 | 3,8259 | 175,93 | 2463,01 | 56 |
| 57 | 3249 | 185193 | 7,5498 | 3,8485 | 179,07 | 2551,76 | 57 |
| 58 | 3364 | 195112 | 7,6158 | 3,8709 | 182,21 | 2642,08 | 58 |
| 59 | 3481 | 205379 | 7,6811 | 3,8930 | 185,35 | 2733,97 | 59 |
| 60 | 3600 | 216000 | 7,7460 | 3,9149 | 188,50 | 2827,43 | 60 |
| 61 | 3721 | 226981 | 7,8101 | 3,9365 | 191,64 | 2922,47 | 61 |
| 62 | 3844 | 238328 | 7,8740 | 3,9579 | 194,78 | 3019,07 | 62 |
| 63 | 3969 | 250047 | 7,9373 | 3,9791 | 197,92 | 3117,25 | 63 |
| 64 | 4096 | 262144 | 8,0000 | 4,0000 | 201,06 | 3216,99 | 64 |
| 65 | 4225 | 274625 | 8,0623 | 4,0207 | 204,20 | 3318,31 | 65 |
| 66 | 4356 | 287496 | 8,1240 | 4,0412 | 207,35 | 3421,19 | 66 |
| 67 | 4489 | 300763 | 8,1854 | 4,0615 | 210,49 | 3525,65 | 67 |
| 68 | 4624 | 314432 | 8,2462 | 4,0817 | 213,63 | 3631,68 | 68 |
| 69 | 4761 | 328509 | 8,3066 | 4,1016 | 216,77 | 3739,28 | 69 |
| 70 | 4900 | 343000 | 8,3666 | 4,1213 | 219,91 | 3848,45 | 70 |
| 71 | 5041 | 357911 | 8,4261 | 4,1408 | 223,05 | 3959,19 | 71 |
| 72 | 5184 | 373248 | 8,4853 | 4,1602 | 226,19 | 4071,50 | 72 |
| 73 | 5329 | 389017 | 8,5440 | 4,1793 | 229,34 | 4185,39 | 73 |
| 74 | 5476 | 405224 | 8,6023 | 4,1983 | 232,48 | 4300,84 | 74 |
| 75 | 5625 | 421875 | 8,6603 | 4,2172 | 235,62 | 4417,86 | 75 |
| 76 | 5776 | 438976 | 8,7178 | 4,2358 | 238,76 | 4536,46 | 76 |
| 77 | 5929 | 456533 | 8,7750 | 4,2543 | 241,90 | 4656,63 | 77 |
| 78 | 6084 | 474552 | 8,8318 | 4,2727 | 245,04 | 4778,36 | 78 |
| 79 | 6241 | 493039 | 8,8882 | 4,2908 | 248,19 | 4901,67 | 79 |
| 80 | 6400 | 512000 | 8,9443 | 4,3089 | 251,33 | 5026,55 | 80 |
| 81 | 6561 | 531441 | 9,0000 | 4,3267 | 254,47 | 5153,00 | 81 |
| 82 | 6724 | 551368 | 9,0554 | 4,3445 | 257,61 | 5281,02 | 82 |
| 83 | 6889 | 571787 | 9,1104 | 4,3621 | 260,75 | 5410,61 | 83 |
| 84 | 7056 | 592704 | 9,1652 | 4,3795 | 263,89 | 5541,77 | 84 |
| 85 | 7225 | 614125 | 9,2195 | 4,3968 | 267,04 | 5674,50 | 85 |
| 86 | 7396 | 636056 | 9,2736 | 4,4140 | 270,18 | 5808,80 | 86 |
| 87 | 7569 | 658503 | 9,3274 | 4,4310 | 273,32 | 5944,68 | 87 |
| 88 | 7744 | 681472 | 9,3808 | 4,4480 | 276,46 | 6082,12 | 88 |
| 89 | 7921 | 704969 | 9,4340 | 4,4647 | 279,60 | 6221,14 | 89 |
| 90 | 8100 | 729000 | 9,4868 | 4,4814 | 282,74 | 6361,74 | 90 |
| 91 | 8281 | 753571 | 9,5394 | 4,4979 | 285,88 | 6503,88 | 91 |
| 92 | 8464 | 778688 | 9,5917 | 4,5144 | 289,03 | 6647,61 | 92 |
| 93 | 8649 | 804357 | 9,6437 | 4,5307 | 292,17 | 6792,91 | 93 |
| 94 | 8836 | 830584 | 9,6954 | 4,5468 | 295,31 | 6939,78 | 94 |
| 95 | 9025 | 857375 | 9,7468 | 4,5629 | 298,45 | 7088,22 | 95 |
| 96 | 9216 | 884736 | 9,7980 | 4,5789 | 301,59 | 7238,23 | 96 |
| 97 | 9409 | 912673 | 9,8489 | 4,5947 | 304,73 | 7389,81 | 97 |
| 98 | 9604 | 941192 | 9,8995 | 4,6104 | 307,88 | 7542,96 | 98 |
| 99 | 9801 | 970299 | 9,9499 | 4,6261 | 311,02 | 7697,69 | 99 |
| 100 | 10000 | 1000000 | 10,0000 | 4,6416 | 314,16 | 7853,98 | 100 |

# CARRÉ, CUBE, RACINE CARRÉE ET CUBIQUE, CIRCONFÉRENCE SURFACE DU CERCLE

$0<n<100$



## TABLEAU II (Annexe à l'Abaque 5.)

### FILS DE CUIVRE A HAUTE CONDUCTIVITÉ

Diamètres, sections, poids, résistances électriques et résistances mécaniques

| Diamètre en millimètres | Section en millimètres carrés | Poids au km. en kilogrammes | Résistance électrique en ohms par km. à 0° | Résistance totale à la rupture en kgs | Diamètre en millimètres | Section en millimètres carrés | Poids au km. en kilogrammes | Résistance électrique en ohms par km. à 0° | Résistance totale à la rupture en kgs |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1,0 | 0,7854 | 7,00 | 21,28 | 35,340 | 2,3 | 4,1547 | 37,03 | 4,02 | 183,000 |
| 1,1 | 0,9502 | 8,47 | 17,58 | 42,760 | 2,4 | 4,5238 | 40,32 | 3,69 | 199,500 |
| 1,2 | 1,1309 | 10,08 | 14,77 | 50,890 | 2,5 | 4,9087 | 43,75 | 3,40 | 216,400 |
| 1,3 | 1,3273 | 11,82 | 12,59 | 59,728 | 2,6 | 5,3093 | 47,32 | 3,14 | 234,100 |
| 1,4 | 1,5393 | 13,72 | 10,85 | 69,270 | 2,7 | 5,7255 | 51,03 | 2,91 | 252,500 |
| 1,5 | 1,7661 | 15,75 | 9,45 | 79,520 | 2,8 | 6,1575 | 54,88 | 2,71 | 271,500 |
| 1,6 | 2,0105 | 17,92 | 8,31 | 90,475 | 2,9 | 6,6052 | 58,87 | 2,53 | 291,200 |
| 1,7 | 2,2698 | 20,23 | 7,37 | 102,140 | 3,0 | 7,0685 | 63,00 | 2,36 | 311,700 |
| 1,8 | 2,5446 | 22,68 | 6,56 | 114,500 | 3,25 | 8,2958 | 73,94 | 2,01 | 365,800 |
| 1,9 | 2,8352 | 25,27 | 5,89 | 121,585 | 3,5 | 9,6211 | 85,75 | 1,73 | 424,300 |
| 2,0 | 3,1415 | 28,00 | 5'31 | 138,500 | 3,75 | 11,0446 | 98,44 | 1,52 | 477,100 |
| 2,1 | 3,4636 | 30,87 | 4,82 | 152,500 | 4,0 | 12,5664 | 112,00 | 1,32 | 542,800 |
| 2,2 | 3,8013 | 33,88 | 4,39 | 167,600 | | | | | |

## TABLEAU III (Annexe à l'Abaque 9.)

Diviseurs de tension pour l'alimentation de la grille-écran de la EF 5 avec réglage automatique du volume sonore.

| Tension de la source d'alimentation | Valeur de la résistance du potentiomètre connectée à la masse | Valeur de la résistance du potentiomètre connectée à la haute tension | Courant consommé par le potentiomètre (polarisation minimum) (mA) | Courant consommé par le potentiomètre (polarisation maximum) (mA) | Courant de grille-écran (polarisation minimum) (mA) | Tension de grille-écran[1]) (polarisation minimum) (V) | Tension de grille-écran[1]) (polarisation maximum) (V) | Résistance chutrice pour l'anode (Ω) | Tension d'anode pour la polarisation minimum[2]) (V) | Courant d'anode pour la polarisation minimum (mA) | Courant total pris par la sélectode (mA) | Résistance cathodique $R_k$ (Ω) | Polarisation négative de la grille 1 $V_{g1}$ (V) | Polarisation négative de la grille 1 pour le réglage total (pol. maximum) $V_{g1}$ (V) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 225 | 50.000 | 50.000 | 1,5 | 2,3 | 1,6 | 73 | 113 | 0 | 225 | 5,2 | 8,2 | 320 | —2,2 | —56,7 |
| | 50.000 | 40.000 | 1,6 | 2,5 | 2,1 | 79 | 125 | 0 | 225 | 6,5 | 10,2 | 250 | —2,1 | —63 |
| | 25.000 | 20.000 | 4,0 | 5,0 | 2,4 | 100 | 125 | 0 | 225 | 7,5 | 13,9 | 320 | —3,2 | —63 |
| 250 | 80.000 | 80.000 | 0,8 | 1,6 | 1,5 | 65 | 125 | 0 | 250 | 4,8 | 7,3 | 320 | —2,0 | —63 |
| | 50.000 | 50.000 | 1,6 | 2,5 | 1,9 | 78 | 125 | 0 | 250 | 6,3 | 9,8 | 250 | —2,1 | —63 |
| | 40.000 | 50.000 | 1,9 | 2,8 | 1,7 | 74 | 111 | 0 | 250 | 5,4 | 9,0 | 320 | —2,2 | —55,7 |
| | 25.000 | 32.000 | 3,3 | 4,4 | 2,0 | 82 | 110 | 0 | 250 | 6,7 | 12,0 | 250 | —2,2 | —55,2 |
| 275 | 50.000 | 64.000 | 1,4 | 2,4 | 1,7 | 72 | 120 | 10.000 | 222 | 5,3 | 8,4 | 320 | —2,2 | —60,4 |
| | 32.000 | 40.000 | 2,6 | 3,8 | 2,2 | 83 | 122 | 4.000 | 247 | 7,0 | 11,8 | 250 | —2,3 | —61,5 |
| | 20.000 | 32.000 | 3,9 | 5,3 | 2,0 | 78 | 105 | 4.000 | 249 | 6,5 | 12,4 | 250 | —2,1 | —52,5 |

[1]) Mesurée entre la grille-écran et le châssis.

[2]) Mesurée entre l'anode et le châssis.

## TABLEAU IV (Annexe à l'Abaque 11.)

### Code américain de couleur des capacités

| Premier Point | Deuxième Point | Troisième Point |
|---|---|---|
| 0 - noir | 0 - noir | rien - noir |
| 1 - brun | 1 - brun | 0 - brun |
| 2 - rouge | 2 - rouge | 00 - rouge |
| 3 - orange | 3 - orange | 000 - orange |
| 4 - jaune | 4 - jaune | 0000 - jaune |
| 5 - vert | 5 - vert | 00000 - vert |
| 6 - bleu | 6 - bleu | 000000 - bleu |
| 7 - violet | 7 - violet | |
| 8 - gris | 8 - gris | |
| 9 - blanc | 9 - blanc | |

## TABLEAU V (Annexe à l'Abaque 11.)

### Code allemand de couleur des capacités

| COULEURS | CAPACITES EN MICROMICROFARADS | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Blanc | | 10 | 100 | 1.000 | 10.000 | 100.000 |
| Bleu pâle | | 15 | 150 | 1.500 | 15.000 | 150.000 |
| Rouge | | 20 | 200 | 2.000 | 20.000 | 200.000 |
| Brun | | 25 | 250 | 2.500 | 25.000 | 250.000 |
| Orange | | 30 | 300 | 3.000 | 30.000 | 300.000 |
| Or | | 35 | 350 | 3.500 | 35.000 | 350.000 |
| Jaune | | 40 | 400 | 4.000 | 40.000 | 400.000 |
| Vert | 5 | 50 | 500 | 5.000 | 50.000 | 500.000 |
| Bleu foncé | 6 | 60 | 600 | 6.000 | 60.000 | 600.000 |
| Violet | 7 | 70 | 700 | 7.000 | 70.000 | 700.000 |
| Rose | 8 | 80 | 800 | 8.000 | 80.000 | 800.000 |
| Argent | 9 | 90 | 900 | 9.000 | 90.000 | 900.000 |

## TABLEAU VI (Annexe à l'Abaque 6.)

### RÉSISTIVITÉ DES MÉTAUX UTILISÉS COMME CONDUCTEURS

| NATURE DES CONDUCTEURS | Densité en g. c/m³ | Résistivité en microhms c/m à 0° C. | Coefficient moyen de température α (vers 20°) |
|---|---|---|---|
| Cuivre étalon | 8,9 | 1,593 | 0,00388 |
| Cuivre électrolytique recuit | 9,5 | 1,538 | 0,00445 |
| Cuivre écroui | — | 1,619 | 0,00388 |
| Bronze phosphoreux (haute conductibilité) | 8,91 | 1,6 | 0,0039 |
| Bronze phosphoreux (fils téléphoniques) | — | 5,6 | 0,00394 |
| Bronze phosphoreux (fils télégraphiques) | — | 1,6 | 0,00394 |
| Bronze siliceux télégraphique A | — | 1,65 | |
| Bronze siliceux télégraphique B | — | 1,8 | 0,0035 |
| Bronze siliceux télégraphique C | — | 3,84 | 0,0023 |
| Bronze chromé télégraphique | 8,92 | 1,64 | — |
| Bronze chromé téléphonique | — | 4,71 | — |
| Bronze chromé spécial pour longues portées | — | 7,80 | — |
| Fil bronze double téléphonique | 8,91 | 3,23 | 0,0032 |
| Bronze à 2 % d'étain | — | 4,57 | 0,00152 |
| Bronze d'aluminium (à 10 % d'al.) recuit | 7,7 | 12,31 | 0,00105 |
| Fil bimétal Martin | 8,05 | 2,67 | — |
| Alliage (cuivre 75, nickel 25) | — | 34,2 | 0,00019 |
| Alliage (cuivre 73, nickel 3, Mn 24) | — | 47,7 | —0,00003 |
| Maillechort | 8,62 | 30 | 0,00036 |
| Métal blanc Grammont écroui | — | 24 | 0,0002 |
| Métal blanc Grammont recuit | — | 22,7 | 0,00039 |
| Nickeline d'Obermaier A | — | 33,2 | 0,0003 |
| Nickeline d'Obermaier B | — | 44,8 | 0,00033 |
| Rhéostan. (Cu 53, Zn 17, Ni 25, Fer 4,5, Mn 0,5) | — | 52,5 | 0,00041 |
| Constantan | — | 50 | ∞0 |
| Manganine | — | 46,7 | ∞0 |
| Maillechort (Cu 60, Zn 25, Ni 15) | — | 29,95 | 0,000273 |
| Cuivre Manganèse | — | 100,6 | 0,00004 |
| Platine Argent | — | 31,58 | 0,000243 |
| Platine Iridium | — | 30,89 | 0,00082 |
| Platinoïde | — | 41,73 | 0,00031 |
| Silverine | — | 2,064 | 0,0028 |
| Rhéostatine (Fe+Ni) | 8,1 | 86 | 0,0007 |
| Rhéostatine (Cu+Ni) | 8,5 | 48 | 0,000011 |
| Nickel | 8,9 | 12,32 | 0,0061 |
| Aluminium à 99 % | — | 2,46 | 0,0039 |
| Aluminium à 97 % | — | 2,82 | — |
| Aluminium à 94 % | — | 3,011 | — |
| Acier au nickel (Rhéostène) | 7,9 | 77,07 | 0,00117 |
| Acier au nickel d'Hadfield | — | 29,45 | 0,00201 |
| Acier au manganèse d'Hadfield | — | 67,14 | 0,00127 |
| Etain | — | 13,04 | 0,0044 |
| Zinc | — | 5,751 | 0,00406 |
| Plomb | — | 20,3 | 0,0041 |
| Or écroui | — | 2,197 | 0,00377 |
| Or recuit | — | 2,088 | — |
| Fer | — | 9,693 | — |
| Fil de fer homogène | 7,8 | 13,3 | 0,00414 |
| Fil de fer ordinaire | — | 13,9 | 0,00426 |
| Fonte | — | 100 | — |
| Acier coulé | — | 20 | — |
| Palladium | — | 10,219 | 0,00354 |
| Cadmium | — | 10,023 | 0,00426 |
| Thalium | — | 17,633 | 0,00398 |
| Antimoine | — | 35,42 | 0,00389 |
| Bismuth | — | 130,9 | 0,00357 |
| Mercure liquide | — | 94,7 | 0,00072 |
| Mercure solide à — 50°/C | — | 22 | — |
| Mercure solide à — 200°/C | — | 7 | — |
| Métal Advance | 8,90 | 48,8 | ±0,00001 |
| Alliage 193 | 8,15 | 86 | 0,00080 |
| Nichrome III | 8,50 | 89,5 | 0,000187 |
| Nichrome IV | 8,50 | 103 | 0,000179 |
| Nichrome ordinaire | 8,15 | 110 | 0,00020 |

# TABLEAUX VII et VIII (Annexes aux Abaques 15 à 24.)

## FILS DE CUIVRE POUR BOBINAGES (Petites sections) (Caractéristiques, résistances, poids, nombre de spires et correspondances)

| Diamètre en m/m | RÉSISTANCES | | POIDS | | NOMBRE DE SPIRES PAR CENTIMÈTRE | | | | | CORRESPONDANCE AVEC LA : | | Diamètre en m/m |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ohm par Km. | M. par ohm | gr. par Km. (1) | M. par Kg. | Fil émaillé (Enam) | 1 couche coton (S.C.C.) | 2 couches coton (D.C.C.) | 1 couche soie (S.S.C.) | 2 couches soie (D.S.C.) | Jauge anglaise (Standard W.G.) | Jauge américaine (Brown & Sharpe) | |
| 0.07 | 4140 | 0.241 | 34 | 29060 | 128 | 71 | 56 | 101 | 95 | 45 | 41 | 0.07 |
| 0.08 | 3170 | 0.315 | 45 | 22250 | 110 | 64 | 45 | 92 | 83 | 44 | 40 | 0.08 |
| 0.09 | 2505 | 0.399 | 57 | 17580 | 96 | 58 | 40 | 84 | 73 | 43 | 39 | 0.09 |
| 0.10 | 2029 | 0.492 | 70 | 14240 | 86 | 53 | 36 | 77 | 65 | 42 | 38 | 0.10 |
| 0.11 | 1676.8 | 0 596 | 85 | 11770 | 80 | 49 | 33 | 71 | 59 | 41 | 37 | 0.11 |
| 0.12 | 1409 | 0 709 | 101 | 9890 | 72 | 46 | 31 | 66 | 55 | 40 | 37 ou 36 | 0.12 |
| 0.13 | 1200 | 0.833 | 119 | 8430 | 67 | 44 | 30 | 63 | 52 | 40 ou 39 | 36 | 0.13 |
| 0.14 | 1035.2 | 0.966 | 138 | 7270 | 62 | 42 | 29 | 59 | 50 | 39 ou 38 | 35 | 0.14 |
| 0.15 | 901.7 | 1.109 | 158 | 6330 | 57 | 40 | 28 | 55 | 48 | 38 | 35 ou 34 | 0.15 |
| 0.16 | 792 | 1.262 | 180 | 5560 | 55 | 38 | 27.5 | 54 | 46 | 38 ou 37 | 34 | 0.16 |
| 0.17 | 702 | 1.424 | 203 | 4930 | 52 | 36 | 27 | 51 | 43 | 37 | 34 ou 33 | 0.17 |
| 0.18 | 626.2 | 1 596 | 228 | 4395 | 49 | 35 | 26.5 | 48 | 40 | 37 ou 36 | 33 | 0.18 |
| 0.19 | 562 | 1.779 | 254 | 3945 | 46 | 34 | 26 | 45 | 37 | 36 | 33 ou 32 | 0.17 |
| 0.20 | 507.2 | 1.971 | 281 | 3560 | 43 | 32 | 24 | 43 | 36 | 36 ou 35 | 32 | 0.20 |
| 0.22 | 419.2 | 2.385 | 340 | 2942 | 39 | 30 | 23 | 39 | 35 | 35 ou 34 | 32 ou 31 | 0.22 |
| 0.24 | 352.2 | 2 839 | 404 | 2472 | 37 | 28 | 22 | 37 | 34 | 34 ou 33 | 31 ou 30 | 0.24 |
| 0.26 | 300.1 | 3.332 | 475 | 2106 | 35 | 27 | 21 | 35 | 32 | 33 ou 32 | 30 | 0.26 |
| 0.28 | 258.8 | 3.864 | 550 | 1816 | 33 | 26 | 20 | 33 | 30 | 32 ou 31 | 29 | 0.28 |
| 0.30 | 225.4 | 4 436 | 632 | 1582 | 31 | 24 | 19.5 | 31 | 28.5 | 31 ou 30 | 29 ou 28 | 0.30 |
| 0.32 | 198.1 | 5.048 | 719 | 1390 | 29 | 23 | 19 | 29 | 27 | 30 ou 29 | 28 | 0.32 |

(1) Pour le fil émaillé, compter environ 2 à 6 °/₀ de poids d'isolant.
— 1 x-coton, — — 2 à 12 °/₀ — —
— 2 x-coton, — — 4 à 24 °/₀ — —
— 1 x-soie, — — 1 à 10 °/₀ — —
— 2 x-soie, — — 2 à 20 °/₀ — —

## FILS DE CUIVRE POUR BOBINAGES (Grosses sections) (Caractéristiques, résistances, poids, nombre de spires et correspondances)

| Diamètre en m/m | RÉSISTANCES | | POIDS | | NOMBRE DE SPIRES PAR CENTIMÈTRE | | | | | CORRESPONDANCE AVEC LA : | | Diamètre en m/m |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ohm par Km. | M. par ohm | gr. par Km. (1) | M. par Kg. | Fil émaillé (Enam) | 1 couche coton (S.C.C.) | 2 couches coton (D.C.C.) | 1 couche soie (S.S.C.) | 2 couches soie (D.S.C.) | Jauge anglaise (Standard W. G.) | Jauge américaine (Brown & Sharpe) | |
| 0.34 | 175.5 | 5.698 | 812 | 1232 | 27 | 22 | 18.5 | 27 | 25 | 29 | 28 ou 27 | 0.34 |
| 0.36 | 156.5 | 6.390 | 910 | 1098 | 25 | 21 | 18 | 25 | 24 | 28 | 27 | 0.36 |
| 0.38 | 140.5 | 7.118 | 1014 | 986 | 24 | 20 | 17 | 24 | 23 | 28 | 27 ou 26 | 0.38 |
| 0.40 | 126.8 | 7.886 | 1123 | 890 | 23 | 19 | 16.5 | 23 | 22 | 27 | 26 | 0.40 |
| 0.42 | 115 | 8 696 | 1239 | 807 | 22 | 18 | 16 | 22 | 21 | 27 ou 26 | 26 ou 25 | 0.42 |
| 0 44 | 104.8 | 9.542 | 1359 | 735 | 21 | 17.5 | 15.5 | 21 | 20 | 26 | 25 | 0.44 |
| 0.46 | 95.88 | 10 43 | 1486 | 673 | 20 | 17 | 15 | 20 | 19 | 26 | 25 | 0.46 |
| 0.48 | 88.06 | 11.35 | 1618 | 618 | 18 | 16 | 14.5 | 18 | 17.5 | 26 ou 25 | 25 ou 24 | 0.48 |
| 0 50 | 81.16 | 12.32 | 1755 | 569 | 17 | 15 | 14 | 17 | 16 | 25 | 24 | 0.50 |
| 0.60 | 56.36 | 17.74 | 2530 | 395.6 | 15 | 13.5 | 13 | 15 | 14 | 23 | 23 ou 22 | 0.60 |
| 0.70 | 41.40 | 24.15 | 3440 | 290.6 | 13 | 12 | 11 | 13 | 12.5 | 22 | 21 | 0.70 |
| 0.80 | 31.70 | 31.54 | 4490 | 222.5 | 12 | 11 | 10 | 12 | 12 | 21 | 20 | 0.80 |
| 0.90 | 25.05 | 39.92 | 5690 | 175.8 | 10 | 10 | 9 | 10 | 10 | 20 | 19 | 0.90 |
| 1.00 | 20.29 | 49.28 | 7020 | 142.4 | 9.5 | 9.5 | 8.5 | 9.5 | 9 5 | 19 | 18 | 1.00 |
| 1.10 | 16.76 | 59.64 | 8500 | 117.7 | 9 | 9 | 8 | 9 | 9 | 19 ou 18 | 17 | 1.10 |
| 1.20 | 14.09 | 70.97 | 10110 | 98.9 | 8 | 8 | 7 | 8 | 8 | 18 | 17 ou 16 | 1.20 |
| 1.30 | 12 00 | 81.33 | 11870 | 84.2 | 7.5 | 7.5 | 6.5 | 7.5 | 7.5 | 18 ou 17 | 16 | 1.30 |
| 1.40 | 10 35 | 96.6 | 13760 | 72.6 | 7 | 7 | 6 | 7 | 7 | 17 | 16 ou 15 | 1.40 |
| 1.50 | 9 01 | 110.9 | 15800 | 63.3 | 6.5 | 6 5 | 5.5 | 6.5 | 6.5 | 17 ou 16 | 15 | 1.50 |
| 1.60 | 7.92 | 126.2 | 17980 | 55.6 | 6 | 6 | 5 | 6 | 6 | 16 | 14 | 1 60 |

(1) Pour fil émaillé, compter environ 2 à 6 °/₀ de poids d'isolant.
— 1 x-coton, — — 2 à 12 °/₀ — —
— 2 x-coton, — — 4 à 24 °/₀ — —
— 1 x-coton, — — 1 à 10 °/₀ — —
— 2 x-soie, — — 2 à 20 °/₀ — —

## TABLEAU IX (Annexe à l'Abaque 30.)

### RÉSISTANCE PAR MÈTRE, A DIFFÉRENTES FRÉQUENCES ET EN COURANT CONTINU pour le fil de cuivre. (D'après ZENNECK.)

| Diamètre du fil en m/m | Résistance par *m* m Ω | Ra par *m*. aux Fréquences | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 500 | 1.000 | 1.500 | 2.000 | 3.000 |
| 0,2 | 554 | 570 | 610 | 660 | 730 | 860 |
| 0,4 | 138 | 183 | 245 | 293 | 328 | 399 |
| 0,6 | 61,5 | 115 | 156 | 187 | 213 | 257 |
| 0,8 | 34,6 | 83 | 110 | 136 | 157 | 190 |
| 1,0 | 22,1 | 69 | 108 | 124 | 138 | 151 |
| 1,2 | 15,4 | 53 | 74 | 89 | 103 | 125 |
| 1,4 | 11,3 | 45 | 62 | 76 | 87 | 106 |
| 1,6 | 8,65 | 39,4 | 54 | 66 | 76 | 93 |
| 1,8 | 6,83 | 34,5 | 48 | 58 | 67 | 83 |
| 2,0 | 5,54 | 31 | 43,2 | 53 | 61 | 74 |
| 2,2 | 4,57 | 28 | 39,2 | 47,9 | 55,1 | 67 |
| 2,4 | 3,84 | 24,3 | 35,7 | 43,8 | 50,6 | 62 |
| 2,6 | 3,28 | 23,6 | 32,9 | 40 | 46,9 | 57 |
| 2,8 | 2,82 | 22,3 | 30,7 | 37,9 | 43,3 | 53 |
| 3,0 | 2,46 | 20,4 | 28,7 | 35 | 40,5 | 49,7 |
| 3,2 | 2,16 | 19 | 26,7 | 32,8 | 38,1 | 45,9 |
| 3,4 | 1,92 | 17,8 | 25,2 | 30,9 | 35,7 | 43,1 |
| 3,6 | 1,71 | 16,8 | 23,9 | 29,3 | 33,7 | 40,7 |
| 3,8 | 1,53 | 15,9 | 22,5 | 27,7 | 31,4 | 38,6 |
| 4,0 | 1,38 | 15,1 | 21,4 | 26,3 | 30 | 36,6 |
| 4,2 | 1,25 | 14,5 | 20,5 | 24,6 | 28,5 | 34,9 |
| 4,4 | 1.14 | 13,8 | 19,6 | 23,5 | 27,2 | 33,1 |
| 4,6 | 1,05 | 13,1 | 18,7 | 22,5 | 26 | 31,7 |
| 4,8 | 0,961 | 12,7 | 17,7 | 21,6 | 25 | 30,4 |
| 5,0 | 0,886 | 12,4 | 16,9 | 20,7 | 24 | 29,2 |
| 5,2 | 0,819 | 11,6 | 16,2 | 19,9 | 22,9 | 28,1 |
| 5,4 | 0,759 | 11,2 | 15,6 | 19,2 | 22 | 27,1 |
| 5,6 | 0,706 | 10,8 | 15,2 | 18,5 | 21,3 | 26,1 |
| 5,8 | 0,658 | 10,4 | 14,6 | 17,6 | 20,3 | 25,2 |
| 6,0 | 0,615 | 10,1 | 14,1 | 17,2 | 19,9 | 24,3 |
| 6,2 | 0,576 | 9,8 | 13,6 | 16,7 | 19,2 | 23,5 |
| 6,4 | 0,541 | 9,5 | 13,2 | 16,2 | 18,6 | 22,8 |
| 6,6 | 0,508 | 9,2 | 12,8 | 15,7 | 18,1 | 22,1 |
| 6,8 | 0,479 | 8,8 | 12,3 | 15,1 | 17,5 | 21,4 |
| 7,0 | 0,452 | 8,5 | 12 | 14,8 | 17,2 | 20,8 |
| 7,2 | 0,427 | 8,3 | 11,7 | 14,3 | 16,6 | 20,3 |
| 7,4 | 0,404 | 8,1 | 11,4 | 13,9 | 16 | 19,6 |
| 7,6 | 0,383 | 7,9 | 11,1 | 13,5 | 15,6 | 19,2 |
| 7,8 | 0,364 | 7,7 | 10,8 | 13,2 | 15,2 | 18,6 |
| 8,0 | 0,346 | 7,5 | 10,5 | 12,9 | 14,8 | 18,2 |

## TABLEAU X (Annexe à l'Abaque 34.)

### LIGNES TRIGONOMÉTRIQUES DES PRINCIPAUX ANGLES (Pour le calcul des déphasages)

| Angle | Tg | Cos | Sin | 1/cos | Angle | Tg | Cos | Sin | 1/cos |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 45° | 1 | 0,707 | 0,77 | 1,414 |
| 5° | 0,087 | 0,996 | 0,087 | 1,004 | 50° | 1,191 | 0,642 | 0,666 | 1,555 |
| 10° | 0,176 | 0,984 | 0,173 | 1,015 | 55° | 1,428 | 0,56 | 0,83 | 1,743 |
| 15° | 0,267 | 0,970 | 0,241 | 1,035 | 60° | 1,732 | 0,5 | 0,866 | 2,000 |
| 20° | 0,364 | 0,940 | 0,342 | 1,064 | 65° | 2,144 | 0,422 | 0,906 | 2,366 |
| 25° | 0,466 | 0,906 | 0,422 | 1,103 | 70° | 2,747 | 0,342 | 0,940 | 2,923 |
| 30° | 0,777 | 0,866 | 0,5 | 1,154 | 75° | 3,73 | 0,241 | 0,970 | 3,863 |
| 35° | 0,7 | 0,83 | 0,56 | 1,220 | 80° | 5,67 | 0,173 | 0,984 | 5,758 |
| 40° | 0,839 | 0,766 | 0,642 | 1,305 | 85° | 11,43 | 0,087 | 0,996 | 11,47 |
| 45° | 1 | 0,707 | 0,77 | 1,414 | 90° | inf. | 0,000 | 1 | inf. |

## TABLEAU XI

**Conversion des longueurs d'ondes en fréquences (210 à 55 m.)** Voir page 76.

## TABLEAU XII

**Conversion des longueurs d'ondes en fréquences (55 à 100 m.)** Voir page 78.

## TABLEAU XIII (Annexe à l'Abaque 38)

**Conversion des fréquences en longueurs d'ondes (810 à 300 m.)**

| KC | M | KC | M | KC | M | KC | M | KC | M | KC | M | KC | M | KC | M | KC | M |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 370 | 810.8 | 440 | 681.8 | 510 | 588.2 | 580 | 517.2 | 650 | 461.5 | 720 | 416.7 | 790 | 379.7 | 860 | 348.8 | 930 | 322.6 |
| 371 | 808.6 | 441 | 680.3 | 511 | 587.1 | 581 | 516.4 | 651 | 460.8 | 721 | 416.1 | 791 | 379.3 | 861 | 348.4 | 931 | 322.3 |
| 372 | 806.5 | 442 | 678.7 | 512 | 585.9 | 582 | 515.5 | 652 | 460.1 | 722 | 415.5 | 792 | 378.8 | 862 | 348.0 | 932 | 321.9 |
| 373 | 804.3 | 443 | 677.2 | 513 | 584.8 | 583 | 514.6 | 653 | 459.4 | 723 | 414.9 | 793 | 378.3 | 863 | 347.6 | 933 | 321.5 |
| 374 | 802.1 | 444 | 675.7 | 514 | 583.7 | 584 | 513.7 | 654 | 458.7 | 724 | 414.4 | 794 | 377.8 | 864 | 347.2 | 934 | 321.2 |
| 375 | 800.0 | 445 | 674.2 | 515 | 582.5 | 585 | 512.8 | 655 | 458.0 | 725 | 413.8 | 795 | 377.4 | 865 | 346.8 | 935 | 320.9 |
| 376 | 797.9 | 446 | 672.6 | 516 | 581.4 | 586 | 511.9 | 656 | 457.3 | 726 | 413.2 | 796 | 376.9 | 866 | 346.4 | 936 | 320.5 |
| 377 | 795.8 | 447 | 671.1 | 517 | 580.3 | 587 | 511.1 | 657 | 456.6 | 727 | 412.7 | 797 | 376.4 | 867 | 346.0 | 937 | 320.2 |
| 378 | 793.7 | 448 | 669.6 | 518 | 579.2 | 588 | 510.2 | 658 | 455.9 | 728 | 412.1 | 798 | 375.9 | 868 | 345.6 | 938 | 319.8 |
| 379 | 791.6 | 449 | 668.2 | 519 | 578.0 | 589 | 509.3 | 659 | 455.2 | 729 | 411.5 | 799 | 375.5 | 869 | 345.2 | 939 | 319.5 |
| 380 | 789.5 | 450 | 666.7 | 520 | 576.9 | 590 | 508.5 | 660 | 454.5 | 730 | 411.0 | 800 | 375.0 | 870 | 344.8 | 940 | 319.1 |
| 381 | 787.4 | 451 | 665.2 | 521 | 575.8 | 591 | 507.6 | 661 | 453.9 | 731 | 410.4 | 801 | 374.5 | 871 | 344.4 | 941 | 318.8 |
| 382 | 785.3 | 452 | 663.7 | 522 | 574.7 | 592 | 506.8 | 662 | 453.2 | 732 | 409.8 | 802 | 374.1 | 872 | 344.0 | 942 | 318.5 |
| 383 | 783.3 | 453 | 662.3 | 523 | 573.6 | 593 | 505.9 | 663 | 452.5 | 733 | 409.3 | 803 | 373.6 | 873 | 343.6 | 943 | 318.1 |
| 384 | 781.3 | 454 | 660.8 | 524 | 572.5 | 594 | 505.1 | 664 | 451.8 | 734 | 408.7 | 804 | 373.1 | 874 | 343.2 | 944 | 317.8 |
| 385 | 779.2 | 455 | 659.3 | 525 | 571.4 | 595 | 504.2 | 665 | 451.1 | 735 | 408.2 | 805 | 372.7 | 875 | 342.9 | 945 | 317.5 |
| 386 | 777.2 | 456 | 657.9 | 526 | 570.3 | 596 | 503.4 | 666 | 450.5 | 736 | 407.6 | 806 | 372.2 | 876 | 342.5 | 946 | 317.1 |
| 387 | 775.2 | 457 | 656.5 | 527 | 569.3 | 597 | 502.5 | 667 | 449.8 | 737 | 407.1 | 807 | 371.7 | 877 | 342.1 | 947 | 316.8 |
| 388 | 773.2 | 458 | 655.0 | 528 | 568.2 | 598 | 501.7 | 668 | 449.1 | 738 | 406.5 | 808 | 371.3 | 878 | 341.7 | 948 | 316.5 |
| 389 | 771.2 | 459 | 653.6 | 529 | 567.1 | 599 | 500.8 | 669 | 448.4 | 739 | 406.0 | 809 | 370.8 | 879 | 341.3 | 949 | 316.1 |
| 390 | 769.2 | 460 | 652.2 | 530 | 566.0 | 600 | 500.0 | 670 | 447.8 | 740 | 405.4 | 810 | 370.4 | 880 | 340.9 | 950 | 315.8 |
| 391 | 767.3 | 461 | 650.8 | 531 | 565.0 | 601 | 499.2 | 671 | 447.1 | 741 | 404.9 | 811 | 369.9 | 881 | 340.5 | 951 | 315.5 |
| 392 | 765.4 | 462 | 649.4 | 532 | 563.9 | 602 | 498.3 | 672 | 446.4 | 742 | 404.3 | 812 | 369.5 | 882 | 340.1 | 952 | 315.1 |
| 393 | 763.4 | 463 | 647.9 | 533 | 562.8 | 603 | 497.5 | 673 | 445.8 | 743 | 403.8 | 813 | 369.0 | 883 | 339.8 | 953 | 314.8 |
| 394 | 761.4 | 464 | 646.6 | 534 | 561.8 | 604 | 496.7 | 674 | 445.1 | 744 | 403.2 | 814 | 368.6 | 884 | 339.4 | 954 | 314.5 |
| 395 | 759.5 | 465 | 645.2 | 535 | 560.7 | 605 | 495.9 | 675 | 444.4 | 745 | 402.7 | 815 | 368.1 | 885 | 339.0 | 955 | 314.1 |
| 396 | 757.6 | 466 | 643.8 | 536 | 559.7 | 606 | 495.0 | 676 | 443.8 | 746 | 402.1 | 816 | 367.6 | 886 | 338.6 | 956 | 313.8 |
| 397 | 755.7 | 467 | 642.4 | 537 | 558.7 | 607 | 494.2 | 677 | 443.1 | 747 | 401.6 | 817 | 367.2 | 887 | 338.2 | 957 | 313.5 |
| 398 | 753.8 | 468 | 641.0 | 538 | 557.6 | 608 | 493.4 | 678 | 442.5 | 748 | 401.1 | 818 | 366.7 | 888 | 337.8 | 958 | 313.2 |
| 399 | 751.9 | 469 | 639.7 | 539 | 556.6 | 609 | 492.6 | 679 | 441.8 | 749 | 400.5 | 819 | 366.3 | 889 | 337.5 | 959 | 312.8 |
| 400 | 750.0 | 470 | 638.3 | 540 | 555.5 | 610 | 491.8 | 680 | 441.2 | 750 | 400.0 | 820 | 365.9 | 890 | 337.1 | 960 | 312.5 |
| 401 | 748.1 | 471 | 636.9 | 541 | 554.5 | 611 | 491.0 | 681 | 440.5 | 751 | 399.5 | 821 | 365.4 | 891 | 336.7 | 961 | 312.2 |
| 402 | 746.3 | 472 | 635.6 | 542 | 553.5 | 612 | 490.2 | 682 | 439.9 | 752 | 398.9 | 822 | 365.0 | 892 | 336.3 | 962 | 311.9 |
| 403 | 744.4 | 473 | 634.2 | 543 | 552.5 | 613 | 489.4 | 683 | 439.2 | 753 | 398.4 | 823 | 364.5 | 893 | 335.9 | 963 | 311.5 |
| 404 | 742.6 | 474 | 632.9 | 544 | 551.5 | 614 | 488.6 | 684 | 438.6 | 754 | 397.9 | 824 | 364.1 | 894 | 335.6 | 964 | 311.2 |
| 405 | 740.7 | 475 | 631.6 | 545 | 550.5 | 615 | 487.8 | 685 | 438.0 | 755 | 397.4 | 825 | 363.6 | 895 | 335.2 | 965 | 310.9 |
| 406 | 738.9 | 476 | 630.3 | 546 | 549.5 | 616 | 487.0 | 686 | 437.3 | 756 | 396.8 | 826 | 363.2 | 896 | 334.8 | 966 | 310.6 |
| 407 | 737.1 | 477 | 628.9 | 547 | 548.4 | 617 | 486.2 | 687 | 436.7 | 757 | 396.3 | 827 | 362.8 | 897 | 334.4 | 967 | 310.2 |
| 408 | 735.3 | 478 | 627.6 | 548 | 547.4 | 618 | 485.4 | 688 | 436.0 | 758 | 395.8 | 828 | 362.3 | 898 | 334.1 | 968 | 309.9 |
| 409 | 733.5 | 479 | 626.3 | 549 | 546.4 | 619 | 484.7 | 689 | 435.4 | 759 | 395.3 | 829 | 361.9 | 899 | 333.7 | 969 | 309.6 |
| 410 | 731.7 | 480 | 625.0 | 550 | 545.5 | 620 | 483.9 | 690 | 434.8 | 760 | 394.7 | 830 | 361.4 | 900 | 333.3 | 970 | 309.3 |
| 411 | 739.9 | 481 | 623.7 | 551 | 544.5 | 621 | 483.1 | 691 | 434.2 | 761 | 394.2 | 831 | 361.0 | 901 | 333.0 | 971 | 309.0 |
| 412 | 728.2 | 482 | 622.4 | 552 | 543.5 | 622 | 482.3 | 692 | 433.5 | 762 | 393.7 | 832 | 360.6 | 902 | 332.6 | 972 | 308.6 |
| 413 | 726.4 | 483 | 621.1 | 553 | 542.5 | 623 | 481.5 | 693 | 432.9 | 763 | 393.2 | 833 | 360.1 | 903 | 332.2 | 973 | 308.3 |
| 414 | 724.6 | 484 | 619.8 | 554 | 541.5 | 624 | 480.8 | 694 | 432.3 | 764 | 392.7 | 834 | 359.7 | 904 | 331.9 | 974 | 308.0 |
| 415 | 722.9 | 485 | 618.5 | 555 | 540.5 | 625 | 480.0 | 695 | 431.7 | 765 | 392.2 | 835 | 359.3 | 905 | 331.5 | 975 | 307.7 |
| 416 | 721.2 | 486 | 617.3 | 556 | 539.6 | 626 | 479.2 | 696 | 431.0 | 766 | 391.6 | 836 | 358.9 | 906 | 331.1 | 976 | 307.4 |
| 417 | 719.4 | 487 | 616.0 | 557 | 538.6 | 627 | 478.5 | 697 | 430.4 | 767 | 391.1 | 837 | 358.4 | 907 | 330.8 | 977 | 307.1 |
| 418 | 717.7 | 488 | 614.7 | 558 | 537.6 | 628 | 477.7 | 698 | 429.8 | 768 | 390.6 | 838 | 358.0 | 908 | 330.4 | 978 | 306.7 |
| 419 | 716.0 | 489 | 613.5 | 559 | 536.7 | 629 | 476.9 | 699 | 429.2 | 769 | 390.1 | 839 | 357.6 | 909 | 330.0 | 979 | 306.4 |
| 420 | 714.3 | 490 | 612.2 | 560 | 535.7 | 630 | 476.2 | 700 | 428.6 | 770 | 389.6 | 840 | 357.1 | 910 | 329.7 | 980 | 306.1 |
| 421 | 712.6 | 491 | 611.0 | 561 | 534.8 | 631 | 475.4 | 701 | 428.0 | 771 | 389.1 | 841 | 356.7 | 911 | 329.3 | 981 | 305.8 |
| 422 | 710.9 | 492 | 609.8 | 562 | 533.8 | 632 | 474.7 | 702 | 427.4 | 772 | 388.6 | 842 | 356.3 | 912 | 328.9 | 982 | 305.5 |
| 423 | 709.2 | 493 | 608.5 | 563 | 532.9 | 633 | 473.9 | 703 | 426.7 | 773 | 388.1 | 843 | 355.9 | 913 | 328.6 | 983 | 305.2 |
| 424 | 707.5 | 494 | 607.3 | 564 | 531.9 | 634 | 473.2 | 704 | 426.1 | 774 | 387.6 | 844 | 355.5 | 914 | 328.2 | 984 | 304.9 |
| 425 | 705.9 | 495 | 606.1 | 565 | 531.0 | 635 | 472.4 | 705 | 425.5 | 775 | 387.1 | 845 | 355.0 | 915 | 327.9 | 985 | 304.6 |
| 426 | 704.2 | 496 | 604.8 | 566 | 530.0 | 636 | 471.7 | 706 | 424.9 | 776 | 386.6 | 846 | 354.6 | 916 | 327.5 | 986 | 304.3 |
| 427 | 702.6 | 497 | 603.6 | 567 | 529.1 | 637 | 471.0 | 707 | 424.3 | 777 | 386.1 | 847 | 354.2 | 917 | 327.2 | 987 | 304.0 |
| 428 | 700.9 | 498 | 602.4 | 568 | 528.2 | 638 | 470.2 | 708 | 423.7 | 778 | 385.6 | 848 | 353.8 | 918 | 326.8 | 988 | 303.6 |
| 429 | 699.3 | 499 | 601.2 | 569 | 527.2 | 639 | 469.5 | 709 | 423.1 | 779 | 385.1 | 849 | 353.4 | 919 | 326.4 | 989 | 303.3 |
| 430 | 697.6 | 500 | 600.0 | 570 | 526.3 | 640 | 468.8 | 710 | 422.5 | 780 | 384.6 | 850 | 352.9 | 920 | 326.1 | 990 | 303.0 |
| 431 | 696.1 | 501 | 598.8 | 571 | 525.4 | 641 | 468.0 | 711 | 421.9 | 781 | 384.1 | 851 | 352.5 | 921 | 325.7 | 991 | 302.7 |
| 432 | 694.4 | 502 | 597.6 | 572 | 524.5 | 642 | 467.3 | 712 | 421.3 | 782 | 383.6 | 852 | 352.1 | 922 | 325.4 | 992 | 302.4 |
| 433 | 692.8 | 503 | 596.4 | 573 | 523.6 | 643 | 466.6 | 713 | 420.8 | 783 | 383.1 | 853 | 351.7 | 923 | 325.0 | 993 | 302.1 |
| 434 | 691.2 | 504 | 595.2 | 574 | 522.6 | 644 | 465.8 | 714 | 420.2 | 784 | 382.7 | 854 | 351.3 | 924 | 324.7 | 994 | 301.8 |
| 435 | 689.7 | 505 | 594.1 | 575 | 521.7 | 645 | 465.1 | 715 | 419.6 | 785 | 382.2 | 855 | 350.9 | 925 | 324.3 | 995 | 301.5 |
| 436 | 688.1 | 506 | 592.9 | 576 | 520.8 | 646 | 464.4 | 716 | 419.0 | 786 | 381.7 | 856 | 350.5 | 926 | 324.0 | 996 | 301.2 |
| 437 | 686.5 | 507 | 591.7 | 577 | 519.9 | 647 | 463.7 | 717 | 418.4 | 787 | 381.2 | 857 | 350.1 | 927 | 323.6 | 997 | 300.9 |
| 438 | 684.9 | 508 | 590.6 | 578 | 519.0 | 648 | 463.0 | 718 | 417.8 | 788 | 380.7 | 858 | 349.7 | 928 | 323.3 | 998 | 300.6 |
| 439 | 683.4 | 509 | 589.4 | 579 | 518.1 | 649 | 462.2 | 719 | 417.2 | 789 | 380.2 | 859 | 349.2 | 929 | 322.9 | 999 | 300.3 |

# Table Trigonométrique

| Degrés | SINUS 0' | 10' | 20' | 30' | 40' | 50' | | Degrés | COSINUS 0' | 10' | 20' | 30' | 40' | 50' | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 000 | 0,003 | 0,006 | 0,009 | 0,012 | 0.015 | 89 | 0 | 1,000 | 1.000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 89 |
| 1 | 0.017 | 0,020 | 0,023 | 0,026 | 0,029 | 0,032 | 88 | 1 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 0,999 | 88 |
| 2 | 0 035 | 0,038 | 0,041 | 0,044 | 0,047 | 0,049 | 87 | 2 | 0,999 | 0,999 | 0,999 | 0,999 | 0,999 | 0,999 | 87 |
| 3 | 0,052 | 0,055 | 0,058 | 0,061 | 0,064 | 0,067 | 86 | 3 | 0,999 | 0,998 | 0,998 | 0,998 | 0,998 | 0,998 | 86 |
| 4 | 0,070 | 0,073 | 0,076 | 0,078 | 0,081 | 0,084 | 85 | 4 | 0,998 | 0,997 | 0,997 | 0,997 | 0,997 | 0,996 | 85 |
| 5 | 0,087 | 0,090 | 0,093 | 0,096 | 0,099 | 0,102 | 84 | 5 | 0,996 | 0,996 | 0,996 | 0,995 | 0,995 | 0,995 | 84 |
| 6 | 0,105 | 0,107 | 0,110 | 0,113 | 0,116 | 0,119 | 83 | 6 | 0,995 | 0,994 | 0,994 | 0,994 | 0,993 | 0,993 | 83 |
| 7 | 0,122 | 0,125 | 0,128 | 0,131 | 0,133 | 0,136 | 82 | 7 | 0,993 | 0,992 | 0,992 | 0,991 | 0 991 | 0,991 | 82 |
| 8 | 0,139 | 0,142 | 0,145 | 0,148 | 0,151 | 0,154 | 81 | 8 | 0,990 | 0,990 | 0,989 | 0,989 | 0,989 | 0,988 | 81 |
| 9 | 0,156 | 0,159 | 0,162 | 0,165 | 0,168 | 0,171 | 80 | 9 | 0,988 | 0,987 | 0,987 | 0,986 | 0,986 | 0,985 | 80 |
| 10 | 0,174 | 0,177 | 0,179 | 0,182 | 0,185 | 0,188 | 79 | 10 | 0,985 | 0,984 | 0,984 | 0,983 | 0,983 | 0,982 | 79 |
| 11 | 0,191 | 0,194 | 0,197 | 0,199 | 0,202 | 0,205 | 78 | 11 | 0,982 | 0,981 | 0,981 | 0,980 | 0,979 | 0,979 | 78 |
| 12 | 0,208 | 0,211 | 0,214 | 0,216 | 0,219 | 0,222 | 77 | 12 | 0,978 | 0,978 | 0,977 | 0,976 | 0,976 | 0,975 | 77 |
| 13 | 0,225 | 0,228 | 0,231 | 0,233 | 0,236 | 0,239 | 76 | 13 | 0,974 | 0,974 | 0 973 | 0,972 | 0,972 | 0,971 | 76 |
| 14 | 0 242 | 0,245 | 0,248 | 0,250 | 0,253 | 0,256 | 75 | 14 | 0,970 | 0,970 | 0,969 | 0,968 | 0,967 | 0,967 | 75 |
| 15 | 0,259 | 0,262 | 0,264 | 0,267 | 0,270 | 0,273 | 74 | 15 | 0,966 | 0,965 | 0,964 | 0,964 | 0,963 | 0,962 | 74 |
| 16 | 0,276 | 0,278 | 0,281 | 0,284 | 0,287 | 0,290 | 73 | 16 | 0,961 | 0,960 | 0,960 | 0,959 | 0,958 | 0,957 | 73 |
| 17 | 0,292 | 0,295 | 0,298 | 0,301 | 0 303 | 0,306 | 72 | 17 | 0,956 | 0,955 | 0,955 | 0,954 | 0,953 | 0,952 | 72 |
| 18 | 0,309 | 0,312 | 0,315 | 0,317 | 0,320 | 0,323 | 71 | 18 | 0,951 | 0,950 | 0,949 | 0,948 | 0,947 | 0,946 | 71 |
| 19 | 0,326 | 0,329 | 0,331 | 0,334 | 0,337 | 0,339 | 70 | 19 | 0,946 | 0,945 | 0,944 | 0,943 | 0,942 | 0,941 | 70 |
| 20 | 0,342 | 0,345 | 0,347 | 0,350 | 0 353 | 0,356 | 69 | 20 | 0,940 | 0,939 | 0,938 | 0,937 | 0,936 | 0,935 | 69 |
| 21 | 0,358 | 0,361 | 0,364 | 0,367 | 0,369 | 0,372 | 68 | 21 | 0,934 | 0,933 | 0,931 | 0,930 | 0,929 | 0,928 | 68 |
| 22 | 0,375 | 0,377 | 0,380 | 0,383 | 0,385 | 0,388 | 67 | 22 | 0,927 | 0,926 | 0,925 | 0,924 | 0,923 | 0,922 | 67 |
| 23 | 0,391 | 0,393 | 0,396 | 0,399 | 0,401 | 0,404 | 66 | 23 | 0,921 | 0,919 | 0,918 | 0,917 | 0,916 | 0,915 | 66 |
| 24 | 0,407 | 0,409 | 0,412 | 0,415 | 0,417 | 0,420 | 65 | 24 | 0,914 | 0,912 | 0,911 | 0,910 | 0,909 | 0,908 | 65 |
| 25 | 0,423 | 0,425 | 0,428 | 0,431 | 0,433 | 0,436 | 64 | 25 | 0,906 | 0,905 | 0,904 | 0,903 | 0,901 | 0,900 | 64 |
| 26 | 0,438 | 0,441 | 0,444 | 0,446 | 0,449 | 0,451 | 63 | 26 | 0,899 | 0,898 | 0,896 | 0,895 | 0,894 | 0,892 | 63 |
| 27 | 0,454 | 0,457 | 0,459 | 0,462 | 0,464 | 0,467 | 62 | 27 | 0,891 | 0,890 | 0,888 | 0,887 | 0,886 | 0,884 | 62 |
| 28 | 0,469 | 0,472 | 0,475 | 0,477 | 0,480 | 0,482 | 61 | 28 | 0,883 | 0,882 | 0,880 | 0,879 | 0,877 | 0,876 | 61 |
| 29 | 0,485 | 0,487 | 0,490 | 0,492 | 0,495 | 0,497 | 60 | 29 | 0,875 | 0,873 | 0,872 | 0,870 | 0,869 | 0,867 | 60 |
| 30 | 0,500 | 0,503 | 0,505 | 0,508 | 0,510 | 0,513 | 59 | 30 | 0,866 | 0,865 | 0,863 | 0,862 | 0,860 | 0,859 | 59 |
| 31 | 0,515 | 0,518 | 0,520 | 0,522 | 0,525 | 0,527 | 58 | 31 | 0,857 | 0,856 | 0,854 | 0,853 | 0,851 | 0,850 | 58 |
| 32 | 0,530 | 0,532 | 0,535 | 0,537 | 0,540 | 0,542 | 57 | 32 | 0,848 | 0,847 | 0,845 | 0,843 | 0,842 | 0,840 | 57 |
| 33 | 0,545 | 0,547 | 0,550 | 0,552 | 0,554 | 0,557 | 56 | 33 | 0,839 | 0,837 | 0,835 | 0,834 | 0,832 | 0,831 | 56 |
| 34 | 0,559 | 0,562 | 0,564 | 0,566 | 0,569 | 0,571 | 55 | 34 | 0,829 | 0,827 | 0,826 | 0,824 | 0,822 | 0,821 | 55 |
| 35 | 0,574 | 0,576 | 0,578 | 0,581 | 0,583 | 0,585 | 54 | 35 | 0,819 | 0,817 | 0,816 | 0,814 | 0,812 | 0,811 | 54 |
| 36 | 0,588 | 0,590 | 0,592 | 0,595 | 0,597 | 0,599 | 53 | 36 | 0,809 | 0,807 | 0,806 | 0,804 | 0,802 | 0,800 | 53 |
| 37 | 0,602 | 0,604 | 0,606 | 0,609 | 0,611 | 0,613 | 52 | 37 | 0,799 | 0,797 | 0,795 | 0,793 | 0,792 | 0,790 | 52 |
| 38 | 0,616 | 0,618 | 0,620 | 0,623 | 0,625 | 0,627 | 51 | 38 | 0,788 | 0,786 | 0,784 | 0,783 | 0,781 | 0,779 | 51 |
| 39 | 0,629 | 0,632 | 0,634 | 0,636 | 0,638 | 0,641 | 50 | 39 | 0,777 | 0,775 | 0,773 | 0,772 | 0,770 | 0,768 | 50 |
| 40 | 0,643 | 0,645 | 0,647 | 0,649 | 0,652 | 0,654 | 49 | 40 | 0,766 | 0,764 | 0,762 | 0,760 | 0,759 | 0,757 | 49 |
| 41 | 0,656 | 0,658 | 0,660 | 0,663 | 0,665 | 0,667 | 48 | 41 | 0,755 | 0,753 | 0,751 | 0,749 | 0,747 | 0,745 | 48 |
| 42 | 0,669 | 0,671 | 0,673 | 0,676 | 0,678 | 0,680 | 47 | 42 | 0,743 | 0,741 | 0,739 | 0,737 | 0,735 | 0,733 | 47 |
| 43 | 0,682 | 0,684 | 0,686 | 0,688 | 0,690 | 0,693 | 46 | 43 | 0,731 | 0,729 | 0,727 | 0,725 | 0,723 | 0,721 | 46 |
| 44 | 0,695 | 0,697 | 0,699 | 0,701 | 0,703 | 0,705 | 45 | 44 | 0,719 | 0,717 | 0,715 | 0,713 | 0,711 | 0,709 | 45 |
| 45 | 0,707 | | | | | | 44 | 45 | 0,707 | | | | | | 44 |
| | 60' | 50' | 40' | 30' | 20' | 10' | D. | | 60' | 50' | 40' | 30' | 20' | 10' | D. |
| | COSINUS | | | | | | | | SINUS | | | | | | |

# Table Trigonométrique

| Degrés | TANGENTES 0' | 10' | 20' | 30' | 40' | 50' | | Degrés | COTANGENTES 0' | 10' | 20' | 30' | 40' | 50' | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0,000 | 0,003 | 0,006 | 0,009 | 0,012 | 0,015 | 89 | 0 | ∞ | 343,8 | 171,9 | 114,6 | 85,94 | 68,75 | 89 |
| 1 | 0,017 | 0,020 | 0,023 | 0,026 | 0,029 | 0,032 | 88 | 1 | 57,29 | 49,10 | 42,96 | 38,19 | 34,37 | 31,24 | 88 |
| 2 | 0,035 | 0,038 | 0,041 | 0,044 | 0,047 | 0,049 | 87 | 2 | 28,64 | 26,43 | 24 54 | 22,90 | 21,47 | 20,21 | 87 |
| 3 | 0,052 | 0,055 | 0,058 | 0,061 | 0,064 | 0,067 | 86 | 3 | 19,08 | 18,07 | 17,17 | 16,35 | 15,60 | 14,92 | 86 |
| 4 | 0,070 | 0,073 | 0,076 | 0,079 | 0,082 | 0,085 | 85 | 4 | 14,30 | 13,73 | 13,20 | 12,71 | 12,25 | 11,83 | 85 |
| 5 | 0,087 | 0,090 | 0,093 | 0,096 | 0,099 | 0,102 | 84 | 5 | 11,43 | 11,06 | 10,71 | 10,39 | 10,08 | 9,788 | 84 |
| 6 | 0,105 | 0,108 | 0,111 | 0,114 | 0,117 | 0,120 | 83 | 6 | 9,514 | 9,255 | 9,010 | 8,777 | 8,556 | 8,345 | 83 |
| 7 | 0,123 | 0,126 | 0,129 | 0,132 | 0,135 | 0,138 | 82 | 7 | 8,144 | 7,953 | 7.770 | 7,596 | 7,429 | 7,269 | 82 |
| 8 | 0,141 | 0,144 | 0,146 | 0,149 | 0,152 | 0,155 | 81 | 8 | 7,115 | 6 968 | 6 827 | 6,691 | 6,561 | 6,345 | 81 |
| 9 | 0,158 | 0,161 | 0,164 | 0,167 | 0,170 | 0,173 | 80 | 9 | 6,314 | 6,197 | 6,084 | 5,976 | 5,871 | 5,769 | 80 |
| 10 | 0,176 | 0,179 | 0,182 | 0,185 | 0.188 | 0,191 | 79 | 10 | 5,671 | 5,576 | 5,485 | 5,396 | 5.309 | 5,226 | 79 |
| 11 | 0,194 | 0,197 | 0,200 | 0,203 | 0,206 | 0,210 | 78 | 11 | 5,145 | 5,066 | 4,989 | 4 915 | 4,843 | 4,773 | 78 |
| 12 | 0,213 | 0,216 | 0,219 | 0,222 | 0,225 | 0,228 | 77 | 12 | 4,705 | 4,638 | 4,574 | 4,511 | 4,449 | 4,390 | 77 |
| 13 | 0,231 | 0,234 | 0,237 | 0,240 | 0,243 | 0,246 | 76 | 13 | 4,331 | 4 275 | 4 219 | 4,165 | 4,113 | 4,061 | 76 |
| 14 | 0,249 | 0,252 | 0,256 | 0,259 | 0,262 | 0,265 | 75 | 14 | 4,011 | 3,962 | 3 914 | 3,867 | 3,821 | 3,776 | 75 |
| 15 | 0,268 | 0,271 | 0,274 | 0,277 | 0,280 | 0,284 | 74 | 15 | 3,732 | 3,689 | 3,647 | 3 606 | 3,566 | 3,526 | 74 |
| 16 | 0,287 | 0,290 | 0,293 | 0,296 | 0,299 | 0,303 | 73 | 16 | 3,487 | 3,450 | 3 412 | 3,376 | 3,340 | 3,305 | 73 |
| 17 | 0,306 | 0,309 | 0,312 | 0,315 | 0,318 | 0,322 | 72 | 17 | 3,271 | 3,237 | 3,204 | 3,172 | 3,140 | 3,108 | 72 |
| 18 | 0,325 | 0,328 | 0,331 | 0,335 | 0,338 | 0,341 | 71 | 18 | 3,078 | 3,047 | 3,018 | 2,989 | 2,960 | 2,932 | 71 |
| 19 | 0,344 | 0,348 | 0,351 | 0,354 | 0,357 | 0,361 | 70 | 19 | 2,904 | 2,877 | 2,850 | 2,824 | 2,798 | 2,773 | 70 |
| 20 | 0,364 | 0,367 | 0,371 | 0,374 | 0,377 | 0,381 | 69 | 20 | 2 747 | 2 723 | 2,699 | 2,675 | 2,651 | 2,628 | 69 |
| 21 | 0,384 | 0 387 | 0,391 | 0,394 | 0,397 | 0,401 | 68 | 21 | 2,605 | 2,583 | 2,560 | 2 539 | 2,517 | 2,496 | 68 |
| 22 | 0,404 | 0,407 | 0,411 | 0,414 | 0,418 | 0,421 | 67 | 22 | 2,475 | 2,455 | 2,434 | 2,414 | 2,394 | 2,375 | 67 |
| 23 | 0,424 | 0,428 | 0,431 | 0,435 | 0,438 | 0,442 | 66 | 23 | 2,356 | 2,337 | 2 318 | 2,300 | 2,282 | 2 264 | 66 |
| 24 | 0,445 | 0,449 | 0,452 | 0,456 | 0,459 | 0,463 | 65 | 24 | 2,246 | 2 229 | 2 211 | 2,194 | 2,177 | 2,161 | 65 |
| 25 | 0,466 | 0,470 | 0,473 | 0,477 | 0,481 | 0,484 | 64 | 25 | 2,145 | 2,128 | 2 112 | 2.097 | 2,081 | 2,066 | 64 |
| 26 | 0,488 | 0,491 | 0,495 | 0,499 | 0,502 | 0,506 | 63 | 26 | 2,050 | 2,035 | 2,020 | 2,006 | 1,991 | 1 977 | 63 |
| 27 | 0,510 | 0,513 | 0,517 | 0,521 | 0,524 | 0,528 | 62 | 27 | 1,963 | 1,949 | 1,935 | 1,921 | 1,907 | 1,894 | 62 |
| 28 | 0,532 | 0,535 | 0,539 | 0,543 | 0,547 | 0,551 | 61 | 28 | 1,881 | 1,868 | 1,855 | 1,842 | 1,829 | 1,816 | 61 |
| 29 | 0,554 | 0,558 | 0,562 | 0,566 | 0,570 | 0,573 | 60 | 29 | 1,804 | 1,792 | 1 780 | 1,767 | 1 756 | 1,744 | 60 |
| 30 | 0.577 | 0,581 | 0,585 | 0,589 | 0,593 | 0,597 | 59 | 30 | 1,732 | 1,720 | 1,709 | 1,698 | 1 686 | 1,675 | 59 |
| 31 | 0,601 | 0,605 | 0,609 | 0,613 | 0,617 | 0,621 | 58 | 31 | 1,664 | 1,653 | 1,643 | 1,632 | 1,621 | 1,611 | 58 |
| 32 | 0,625 | 0,629 | 0,633 | 0,637 | 0,641 | 0,645 | 57 | 32 | 1,600 | 1,590 | 1,580 | 1,570 | 1,560 | 1,550 | 57 |
| 33 | 0,649 | 0,654 | 0,658 | 0,662 | 0,666 | 0,670 | 56 | 33 | 1,540 | 1,530 | 1,520 | 1,511 | 1 501 | 1,492 | 56 |
| 34 | 0,675 | 0,679 | 0,683 | 0,687 | 0,692 | 0 696 | 55 | 34 | 1,483 | 1,473 | 1,464 | 1,455 | 1,446 | 1,437 | 55 |
| 35 | 0,700 | 0,705 | 0,709 | 0,713 | 0,718 | 0,722 | 54 | 35 | 1,428 | 1,419 | 1,411 | 1,402 | 1,393 | 1,385 | 54 |
| 36 | 0,727 | 0,731 | 0,735 | 0,740 | 0,744 | 0,749 | 53 | 36 | 1,376 | 1,368 | 1,360 | 1,351 | 1,343 | 1,335 | 53 |
| 37 | 0,754 | 0,758 | 0,763 | 0,767 | 0,772 | 0,777 | 52 | 37 | 1,327 | 1,319 | 1,311 | 1 303 | 1,295 | 1,288 | 52 |
| 38 | 0,781 | 0,786 | 0,791 | 0,795 | 0,800 | 0,805 | 51 | 38 | 1,280 | 1,272 | 1 265 | 1,257 | 1,250 | 1,242 | 51 |
| 39 | 0,810 | 0,815 | 0,819 | 0,824 | 0,829 | 0,834 | 50 | 39 | 1,235 | 1,228 | 1,220 | 1,213 | 1,206 | 1 199 | 50 |
| 40 | 0,839 | 0,844 | 0,849 | 0,854 | 0,859 | 0,864 | 49 | 40 | 1,192 | 1,185 | 1,178 | 1,171 | 1,164 | 1,157 | 49 |
| 41 | 0,869 | 0,874 | 0,880 | 0,885 | 0,890 | 0,895 | 48 | 41 | 1,150 | 1,144 | 1,137 | 1,130 | 1,124 | 1,117 | 48 |
| 42 | 0,900 | 0,906 | 0,911 | 0,916 | 0,922 | 0,927 | 47 | 42 | 1,111 | 1,104 | 1,098 | 1,091 | 1,085 | 1,079 | 47 |
| 43 | 0,939 | 0,938 | 0,943 | 0,949 | 0,955 | 0,960 | 46 | 43 | 1,072 | 1,066 | 1,060 | 1,054 | 1,048 | 1,042 | 46 |
| 44 | 0,966 | 0,971 | 0,977 | 0,983 | 0,988 | 0,994 | 45 | 44 | 1,036 | 1,030 | 1,024 | 1,018 | 1,012 | 1,006 | 45 |
| 45 | 1,000 | | | | | | 44 | 45 | 1,000 | | | | | | 44 |
| | 60' | 50' | 40' | 30' | 20' | 10' | D | | 60' | 50' | 40' | 30' | 20' | 10' | D |

COTANGENTES

TANGENTES

ANNEXE

# TABLEAU de CONVERSION des POUCES ANGLAIS en MILLIMÈTRES

| Pouces anglais | | 1″ | 2″ | 3″ | 4″ | 5″ | 6″ | 7″ | 8″ | 9″ | 10″ | 11″ | 12″ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | | 25.3995 | 50.7990 | 76.1986 | 101.598 | 126.998 | 152.397 | 177.797 | 203.196 | 228.596 | 253.995 | 279.394 | 304.794 |
| 1/64 | 0.3968 | 25.7964 | 51.1959 | 76.5954 | 101.995 | 127.394 | 152.794 | 178.193 | 203.593 | 228.992 | 254.392 | 279.791 | 305.191 |
| 1/32 | 0.7937 | 26.1932 | 51.5928 | 76.9923 | 102.391 | 127.791 | 153.190 | 178.590 | 203.990 | 229.389 | 254.789 | 280.188 | 305.588 |
| 3/64 | 1.1906 | 26.5901 | 51.9896 | 77.3892 | 102.788 | 128.188 | 153.588 | 178.987 | 204.386 | 229.786 | 255.186 | 280.585 | 306.985 |
| 1/16 | 1.5874 | 26.9870 | 52.3865 | 77.7860 | 103.185 | 128.585 | 153.984 | 179.384 | 204.783 | 230.183 | 255.582 | 280.982 | 306.381 |
| 5/64 | 1.9843 | 27.3838 | 52.7834 | 78.1829 | 103.582 | 128.982 | 154.381 | 179.781 | 205.180 | 230.580 | 255.979 | 281.379 | 306.778 |
| 3/32 | 2.3812 | 27.7807 | 53.1802 | 78.5798 | 103.979 | 129.378 | 154.778 | 180.177 | 205.577 | 230.977 | 256.376 | 281.776 | 307.175 |
| 7/64 | 2.7780 | 28.1776 | 53.5771 | 78.9766 | 104.376 | 129.775 | 155.175 | 180.574 | 205.974 | 231.373 | 256.773 | 282.173 | 307.572 |
| 1/8 | 3.1749 | 28.5744 | 53.9740 | 79.3735 | 104.773 | 130.172 | 155.572 | 180.971 | 206.370 | 231.770 | 257.170 | 282.569 | 307.969 |
| 9/64 | 3.5718 | 28.9713 | 54.3708 | 79.7704 | 105.169 | 130.569 | 155.969 | 181.368 | 206.768 | 232.167 | 257.567 | 282.966 | 308.365 |
| 5/32 | 3.9686 | 29.3682 | 54.7677 | 80.1672 | 105.566 | 130.966 | 156.365 | 181.765 | 207.164 | 232.564 | 257.964 | 283.363 | 308.763 |
| 11/64 | 4.3655 | 29.7650 | 55.1646 | 80.5641 | 105.963 | 131.363 | 156.762 | 182.162 | 207.561 | 232.961 | 258.360 | 283.760 | 309.160 |
| 3/16 | 4.7624 | 30.1619 | 55.5614 | 80.9610 | 106.360 | 131.760 | 157.159 | 182.559 | 207.958 | 233.358 | 258.757 | 284.157 | 309.556 |
| 13/64 | 5.1592 | 30.5588 | 55.9583 | 81.3579 | 106.757 | 132.156 | 157.556 | 182.956 | 208.355 | 233.755 | 259.154 | 284.554 | 309.953 |
| 7/32 | 5.5561 | 30.9556 | 56.3552 | 81.7547 | 107.154 | 132.553 | 157.953 | 183.352 | 208.752 | 234.152 | 259.551 | 284.951 | 310.350 |
| 15/64 | 5.9530 | 31.3525 | 56.7520 | 82.1516 | 107.551 | 132.950 | 158.350 | 183.749 | 209.149 | 234.548 | 259.948 | 285.347 | 310.747 |
| 1/4 | 6.3498 | 31.7494 | 57.1489 | 82.5485 | 107.948 | 133.347 | 158.747 | 184.146 | 209.546 | 234.945 | 260.345 | 285.744 | 311.144 |
| 17/64 | 6.7467 | 32.1462 | 57.5458 | 82.9453 | 108.344 | 133.744 | 159.143 | 184.543 | 209.943 | 235.342 | 260.742 | 286.141 | 311.541 |
| 9/32 | 7.1436 | 32.5431 | 57.9426 | 83.3422 | 108.741 | 134.141 | 159.540 | 184.940 | 210.339 | 235.739 | 261.139 | 286.538 | 311.938 |
| 19/64 | 7.5404 | 32.9400 | 58.3395 | 83.7391 | 109.138 | 134.538 | 159.937 | 185.337 | 210.736 | 236.136 | 261.535 | 286.935 | 312.334 |
| 5/16 | 7.9373 | 33.3368 | 58.7364 | 84.1359 | 109.535 | 134.935 | 160.334 | 185.734 | 211.133 | 236.532 | 261.932 | 287.332 | 312.731 |
| 21/64 | 8.3342 | 33.7337 | 59.1333 | 84.5328 | 109.932 | 135.331 | 160.731 | 186.131 | 211.530 | 236.930 | 262.329 | 287.729 | 313.128 |
| 11/32 | 8.7310 | 34.1306 | 59.5301 | 84.9297 | 110.329 | 135.728 | 161.128 | 186.527 | 211.927 | 237.326 | 262.726 | 288.126 | 313.525 |
| 23/64 | 9.1279 | 34.5274 | 59.9270 | 85.3265 | 110.726 | 136.125 | 161.525 | 186.924 | 212.324 | 237.723 | 263.123 | 288.522 | 313.922 |
| 3/8 | 9.5248 | 34.9243 | 60.3239 | 85.7234 | 111.122 | 136.522 | 161.922 | 187.321 | 212.721 | 238.120 | 263.520 | 288.919 | 314.319 |
| 25/64 | 9.9216 | 35.3212 | 60.7207 | 86.1203 | 111.529 | 136.919 | 162.318 | 187.718 | 213.118 | 238.517 | 263.917 | 289.316 | 314.716 |
| 13/32 | 10.3185 | 35.7180 | 61.1176 | 86.5171 | 111.916 | 137.316 | 162.715 | 188.115 | 213.514 | 238.914 | 264.313 | 289.713 | 315.113 |
| 27/64 | 10.7154 | 36.1149 | 61.5145 | 86.9140 | 112.313 | 137.713 | 163.112 | 188.512 | 213.911 | 239.311 | 264.710 | 290.110 | 315.509 |
| 7/16 | 11.1122 | 36.5118 | 61.9113 | 87.3109 | 112.710 | 138.109 | 163.509 | 188.909 | 214.308 | 239.708 | 265.107 | 290.507 | 315.906 |
| 29/64 | 11.5091 | 36.9087 | 62.3082 | 87.7077 | 113.107 | 138.506 | 163.906 | 189.305 | 214.705 | 240.105 | 265.504 | 290.903 | 316.303 |
| 15/32 | 11.9060 | 37.3055 | 62.7051 | 88.1046 | 113.504 | 138.903 | 164.303 | 189.702 | 215.102 | 240.501 | 265.901 | 291.300 | 316.700 |
| 31/64 | 12.3029 | 37.7024 | 63.1019 | 88.5015 | 113.901 | 139.300 | 164.700 | 190.099 | 215.499 | 240.898 | 266.298 | 291.697 | 317.097 |
| 1/2 | 12.6997 | 38.0993 | 63.4988 | 88.8983 | 114.297 | 139.697 | 165.097 | 190.496 | 215.896 | 241.295 | 266.695 | 292.094 | 317.494 |
| 33/64 | 13.0966 | 38.4961 | 63.8957 | 89.2952 | 114.694 | 140.094 | 165.493 | 190.893 | 216.292 | 241.692 | 267.092 | 292.491 | 317.891 |
| 17/32 | 13.4934 | 38.8930 | 64.2925 | 89.6921 | 115.091 | 140.491 | 165.890 | 191.290 | 216.689 | 242.089 | 267.488 | 292.888 | 318.287 |
| 35/64 | 13.8903 | 39.2899 | 64.6894 | 90.0989 | 115.489 | 140.888 | 166.287 | 191.687 | 217.086 | 242.486 | 267.885 | 293.285 | 318.684 |
| 9/16 | 14.2872 | 39.6867 | 65.0863 | 90.4858 | 115.885 | 141.284 | 166.684 | 192.084 | 217.483 | 242.883 | 268.282 | 293.682 | 319.081 |
| 37/64 | 14.6841 | 40.0836 | 65.4831 | 90.8827 | 116.282 | 141.681 | 167.081 | 192.480 | 217.880 | 243.279 | 268.679 | 294.079 | 319.478 |
| 19/32 | 15.0809 | 40.4805 | 65.8800 | 91.2795 | 116.679 | 142.078 | 167.478 | 192.877 | 218.277 | 243.676 | 269.076 | 294.475 | 319.875 |
| 39/64 | 15.4778 | 40.8773 | 66.2769 | 91.6764 | 117.075 | 142.475 | 167.875 | 193.274 | 218.674 | 244.073 | 269.473 | 294.872 | 320.272 |
| 5/8 | 15.8747 | 41.2742 | 66.6737 | 92.0733 | 117.472 | 142.872 | 168.271 | 193.671 | 219.071 | 244.470 | 269.870 | 295.269 | 320.669 |
| 41/64 | 16.2715 | 41.6711 | 67.0706 | 92.4701 | 117.869 | 143.269 | 168.668 | 194.068 | 219.467 | 244.867 | 270.266 | 295.666 | 321.066 |
| 21/32 | 16.6684 | 42.0679 | 67.4675 | 92.8670 | 118.266 | 143.666 | 169.065 | 194.465 | 219.864 | 245.263 | 270.663 | 296.063 | 321.462 |
| 43/64 | 17.0653 | 42.4648 | 67.8643 | 93.2639 | 118.663 | 144.063 | 169.462 | 194.862 | 220.261 | 245.661 | 271.060 | 296.460 | 321.859 |
| 11/16 | 17.4621 | 42.8617 | 68.2612 | 93.6608 | 119.060 | 144.459 | 169.859 | 195.258 | 220.658 | 246.058 | 271.457 | 296.857 | 322.256 |
| 45/64 | 17.8590 | 43.2585 | 68.6581 | 94.0576 | 119.457 | 144.856 | 170.256 | 195.655 | 221.055 | 246.454 | 271.854 | 297.253 | 322.653 |
| 23/32 | 18.2559 | 43.6554 | 69.0549 | 94.4545 | 119.854 | 145.253 | 170.653 | 196.052 | 221.452 | 246.851 | 272.251 | 297.650 | 323.050 |
| 47/64 | 18.6527 | 44.0523 | 69.4518 | 94.8513 | 120.250 | 145.650 | 171.050 | 196.449 | 221.849 | 247.248 | 272.648 | 298.047 | 323.447 |
| 3/4 | 19.0496 | 44.4491 | 69.8487 | 95.2482 | 120.647 | 146.047 | 171.446 | 196.846 | 222.245 | 247.645 | 273.045 | 298.444 | 323.844 |
| 49/64 | 19.4465 | 44.8460 | 70.2455 | 95.6451 | 121.044 | 146.444 | 171.843 | 197.243 | 222.642 | 248.042 | 273.441 | 298.841 | 324.241 |
| 25/32 | 19.8433 | 45.2429 | 70.6424 | 96.0419 | 121.441 | 146.841 | 172.240 | 197.640 | 223.039 | 248.439 | 273.838 | 299.238 | 324.638 |
| 51/64 | 20.2402 | 45.6397 | 71.0393 | 96.4388 | 121.838 | 147.237 | 172.637 | 198.037 | 223.436 | 248.836 | 274.236 | 299.635 | 325.035 |
| 13/16 | 20.6371 | 46.0366 | 71.4362 | 96.8357 | 122.235 | 147.634 | 173.034 | 198.433 | 223.883 | 249.232 | 274.632 | 300.032 | 325.431 |
| 53/64 | 21.0339 | 46.4335 | 71.8330 | 97.2326 | 122.632 | 148.031 | 178.431 | 198.830 | 224.230 | 249.629 | 275.029 | 300.428 | 325.828 |
| 27/32 | 21.4308 | 46.8303 | 72.2299 | 97.6294 | 123.029 | 148.428 | 173.828 | 199.227 | 224.627 | 250.026 | 275.426 | 300.825 | 326.225 |
| 55/64 | 21.8277 | 47.2272 | 72.6267 | 98.0263 | 123.425 | 148.825 | 174.224 | 199.624 | 225.024 | 250.423 | 275.823 | 301.222 | 326.622 |
| 7/8 | 22.2245 | 47.6241 | 73.0236 | 98.4232 | 123.822 | 149.222 | 174.621 | 200.021 | 225.420 | 250.820 | 276.220 | 301.619 | 327.019 |
| 57/64 | 22.6214 | 48.0209 | 73.4205 | 98.8200 | 124.219 | 149.619 | 175.018 | 200.418 | 225.817 | 251.217 | 276.616 | 302.016 | 327.415 |
| 29/32 | 23.0183 | 48.4178 | 73.8173 | 99.2169 | 124.616 | 150.016 | 175.415 | 200.815 | 226.214 | 251.614 | 277.013 | 302.413 | 327.812 |
| 59/64 | 23.4151 | 48.8147 | 74.2142 | 99.6137 | 125.013 | 150.412 | 175.812 | 201.211 | 226.611 | 252.011 | 277.410 | 302.810 | 328.209 |
| 15/16 | 23.8120 | 49.2116 | 74.6111 | 100.011 | 125.410 | 150.809 | 176.209 | 201.608 | 227.008 | 252.407 | 277.807 | 303.207 | 328.606 |
| 61/64 | 24.2089 | 49.6084 | 75.0080 | 100.408 | 125.807 | 151.206 | 176.606 | 202.005 | 227.405 | 252.804 | 278.204 | 303.603 | 329.002 |
| 31/32 | 24.6057 | 50.0053 | 75.4048 | 100.804 | 126.203 | 151.603 | 177.003 | 202.402 | 227.802 | 253.201 | 278.601 | 304.000 | 329.400 |
| 63/64 | 25.0026 | 50.4021 | 75.8017 | 101.201 | 126.600 | 152.000 | 177.399 | 202.799 | 228.198 | 253.598 | 278.998 | 304.397 | 329.797 |

# TABLEAU XVIII (Annexe à l'Abaque 45)

## AMPLIFICATION DES TUBES AMÉRICAINS EN TENSION

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| DUO-DIODES TRIODES 2 A 6, 75, 6 Q 7 | Tension plaque (volts) (1) | Vb | 100 | | | | 135 | | | | 180 | | | | 250 | | | |
| | Tension grille écran (volts) | $Vg_2$ | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Polarisation de grille (volts) | $Vg_1$ | —1,05 | —1,05 | —1,10 | —1,05 | —1,05 | —1,10 | —1,05 | —1,10 | —1,25 | —1,20 | —1,30 | —1,30 | —1,30 | —1,30 | —1,35 | —1,35 |
| | Résist. de cathode (ohms) | Rk | 10.500 | 15.400 | 11.550 | 15.000 | 6.200 | 9.150 | 5.850 | 10.000 | 4.900 | 7.100 | 5.450 | 9.000 | 3.170 | 5.200 | 3.380 | 5.600 |
| | Résist. de plaque (mégohms) | Ra | 0,25 | 0,50 | 0,25 | 0,50 | 0,25 | 0,50 | 0,25 | 0,50 | 0,25 | 0,50 | 0,25 | 0,50 | 0,25 | 0,50 | 0,25 | 0,50 |
| | Résist. série de la grille écran | $Rg_2$ | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Résist. de grille (mégohms) (2) | $Rg_1x$ | 0,25 | 0,25 | 0,50 | 0,50 | 0,25 | 0,25 | 0,50 | 0,50 | 0,25 | 0,25 | 0,50 | 0,50 | 0,25 | 0,25 | 0,50 | 0,50 |
| | Courant plaque (milliamp.) | Ia | 0,10 | 0,07 | 0,09 | 0,07 | 0,17 | 0,12 | 0,18 | 0,11 | 0,25 | 0,17 | 0,24 | 0,14 | 0,41 | 0,25 | 0,40 | 0,24 |
| | Courant de grille écran | $Ig_2$ | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Tension alternative de sortie | Vo | 11-16 | 10-14 | 15-19 | 14-19 | 17-23 | 17-21 | 20-30 | 18-27 | 26-33 | 24-30 | 32-40 | 30-38 | 33-38 | 28-35 | 36-46 | 35-44 |
| | Amplification en tension | Vo/Vi | 30 | 29 | 36 | 37 | 42 | 38 | 50 | 48 | 48 | 46 | 56 | 55 | 51 | 48 | 59 | 58 |
| DUO-DIODES PENTODES 2 A 7, 6 B 7, 6 S 8 | Tension plaque (volts) (1) | Vb | 100 | | | | 135 | | | | 180 | | | | 250 | | | |
| | Tension grille écran (volts) | $Vg_2$ | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 25 | 25 | 25 | 25 | 50 | 50 | 50 | 50 |
| | Polarisation de grille (volts) | $Vg_1$ | —2,0 | —2,50 | —2,15 | —2,60 | —1,80 | —2,25 | —1,95 | —2,40 | —2,10 | —2,60 | —2,10 | —2,60 | —4,5 | —5,0 | —4,5 | —5,0 |
| | Résist. de cathode (ohms) | Rk | 5.550 | 12.200 | 9.350 | 19.250 | 3.800 | 8.300 | 4.850 | 10.900 | 3.700 | 7.600 | 3.500 | 7.300 | 5.500 | 11.400 | 5.500 | 11.400 |
| | Résist. de plaque (mégohms) | Ra | 0,25 | 0,50 | 0,25 | 0,50 | 0,25 | 0,50 | 0,25 | 0,50 | 0,25 | 0,50 | 0,25 | 0,50 | 0,25 | 0,50 | 0,25 | 0,50 |
| | Résist. série de la grille écran | $Rg_2$ | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Résist. de grille (mégohms) (2) | $Rg_1x$ | 0,25 | 0,25 | 0,50 | 0,50 | 0,25 | 0,25 | 0,50 | 0,50 | 0,25 | 0,25 | 0,50 | 0,50 | 0,25 | 0,25 | 0,50 | 0,50 |
| | Courant plaque (milliamp.) | Ia | 0,27 | 0,15 | 0,23 | 0,13 | 0,35 | 0,20 | 0,30 | 0,16 | 0,43 | 0,26 | 0,45 | 0,26 | 0,65 | 0,35 | 0,63 | 0,35 |
| | Courant de grille écran | $Ig_2$ | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Tension alternative de sortie | Vo | 28-30 | 25-27 | 36-38 | 32-33 | 38-40 | 32-35 | 48-50 | 42-44 | 50-53 | 45-49 | 65-68 | 64-66 | 53-65 | 55-60 | 65-70 | 65-75 |
| | Amplification en tension | Vo/Vi | 35 | 36 | 47 | 46 | 35 | 38 | 53 | 56 | 50 | 53 | 63 | 70 | 54 | 53 | 65 | 75 |
| DUO-DIODES TRIODES 55, 85, 6 B 7 | Tension plaque (volts) (1) | Vb | 100 | | | | 135 | | | | 180 | | | | 250 | | | |
| | Tension grille écran (volts) | $Vg_2$ | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Polarisation grille (volts) | $Vg_1$ | —4,75 | —3,75 | —5,00 | —5,50 | —6,80 | —4,75 | —7,00 | —7,00 | —7,50 | —7,00 | —7,00 | —7,50 | —11 | —10 | —14 | —12 |
| | Résist. de cathode (ohms) | Rk | 16.800 | 25.600 | 21.200 | 46.000 | 21.200 | 24.300 | 22.000 | 42.500 | 16.300 | 28.000 | 14.900 | 31.200 | 17.300 | 28.500 | 25.200 | 38.600 |
| | Résist. de plaque (mégohms) | Ra | 0,25 | 0,50 | 00,25 | 0,50 | 0,25 | 0,50 | 0,25 | 0,50 | 0,25 | 0,50 | 0,25 | 0,50 | 0,25 | 0,50 | 0,25 | 0,50 |
| | Résist. série de la grille écran | $Rg_2$ | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Résist. de grille (mégohms) (2) | $Rg_1x$ | 0,25 | 0,25 | 0,50 | 0,50 | 0,25 | 0,25 | 0,50 | 0,50 | 0,25 | 0,25 | 0,60 | 0,50 | 0,25 | 0,25 | 0,50 | 0,50 |
| | Courant plaque (milliamp.) | Ia | 0,28 | 0,14 | 0,23 | 0,12 | 0,32 | 0,19 | 0,31 | 0,16 | 0,46 | 0,25 | 0,47 | 0,24 | 0,625 | 0,35 | 0,55 | 0,32 |
| | Courant de grille écran | $Ig_2$ | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Tension alternative de sortie | Vo | 24-26 | 17-22 | 21-29 | 26-27 | 34-36 | 27-30 | 38-42 | 36-40 | 38-40 | 36-38 | 40-44 | 40-45 | 55-60 | 45-55 | 65-75 | 65-70 |
| | Amplification en tension | Vo/Vi | 6,1 | 6,0 | 6,6 | 6,2 | 6,1 | 6,1 | 6,5 | 6,3 | 6,4 | 6,4 | 6,7 | 6,5 | 6,4 | 6,3 | 6,7 | 6,6 |
| PENTODES 57, 77, 6 J 7 | Tension plaque (volts) (1) | Vb | 100 | | | | 135 | | | | 180 | | | | 250 | | | |
| | Tension grille écran (volts) | $Vg_2$ | 20 | 20 | 20 | 20 | 25 | 25 | 25 | 25 | 30 | 30 | 30 | 30 | 52 | 54 | 50 | 52 |
| | Polarisation de grille (volts) | $Vg_1$ | —1,10 | —1,25 | —1,05 | —1,25 | —1,20 | —1,35 | —1,25 | —1,40 | —1,25 | —1,50 | —1,30 | —1,55 | —2 | —2,2 | —2,1 | —2,3 |
| | Résist. de cathode (ohms) | Rk | 3.760 | 6.450 | 3.400 | 7.250 | 3.100 | 5.600 | 3.750 | 6.300 | 2.180 | 4.550 | 2.600 | 4.850 | 3.100 | 5.700 | 3.500 | 6.200 |
| | Résist. de plaque (mégohms) | Ra | 0,25 | 0,50 | 0,25 | 0,50 | 0,25 | 0,50 | 0,25 | 0,50 | 0,25 | 0,50 | 0,25 | 0,50 | 0,25 | 0,50 | 0,25 | 0,50 |
| | Résist. série de la grille écran | $Rg_2$ | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Résist. de grille (mégohms) (2) | $Rg_1x$ | 0,25 | 0,25 | 0,50 | 0,50 | 0,25 | 0,25 | 0,50 | 0,50 | 0,25 | 0,25 | 0,50 | 0,50 | 0,25 | 0,25 | 0,50 | 0,50 |
| | Courant plaque (milliamp.) | Ia | 0,22 | 0,14 | 0,23 | 0,13 | 0,29 | 0,18 | 0,25 | 0,17 | 0,43 | 0,25 | 0,38 | 0,24 | 0,52 | 0,31 | 0,48 | 0,295 |
| | Courant de grille écran | $Ig_2$ | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Tension alternative de sortie | Vo | 15-23 | 17-22 | 16-29 | 18-28 | 21-32 | 27-31 | 29-37 | 34-38 | 31-43 | 36-41 | 36-52 | 45-52 | 50-60 | 50-55 | 60-70 | 60-7 |
| | Amplification en tension | Vo/Vi | 40 | 39 | 54 | 53 | 54 | 52 | 61 | 62 | 76 | 65 | 92 | 93 | 80 | 75 | 100 | 110 |
| TRIODE 6 F 5 | Tension plaque (volts) | Vb | 90 | | | | 180 | | | | 300 | | | | | | | |
| | Tension grille écran (volts) | $Vg_2$ | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Polarisation de grille (volts) | $Vg_1$ | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Résist. de cathode (ohms) | Rk | 9.000 | 12.200 | 13.500 | 14.700 | 3.500 | 4.100 | 4.500 | 6.100 | 6.900 | 7.700 | 2.600 | 3.200 | 3.500 | 4.500 | 5.400 | 6.100 |
| | Résist. de plaque (mégohms) | Ra | 0,25 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| | Résist. série de la grille écran | $Rg_2$ | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Résist. de grille (mégohms) | $Rg_1x$ | 1 | 0,5 | 1 | 2 | 0,25 | 0,5 | 1 | 0,5 | 1 | 2 | 0,25 | 0,5 | 1 | 0,5 | 1 | 2 |
| | Courant plaque (milliampères) | Ia | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Courant de grille écran | $Ig_2$ | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Tension alternative de sortie | Vo | 10 | 8 | 10 | 12 | 21 | 26 | 32 | 24 | 33 | 37 | 41 | 54 | 63 | 50 | 62 | 70 |
| | Amplification en tension | Vo/Vi | 44 | 43 | 46 | 48 | 48 | 53 | 57 | 53 | 63 | 66 | 56 | 63 | 67 | 65 | 70 | 70 |
| DUO-TRIODES 6 A 6, 6 N 7, 53 (un seul élément triode) | Tension plaque (volts) | Vb | 90 | | | | 180 | | | | 300 | | | | | | | |
| | Tension grille écran (volts) | $Vg_2$ | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Polarisation de grille (volts) | $Vg_1$ | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Résist. de cathode (ohms) | Rk | 5.400 | 7.000 | 8.500 | 9.650 | 2.950 | 3.800 | 4.300 | 5.250 | 6.400 | 7.650 | 2.650 | 3.400 | 4.000 | 4.850 | 6.100 | 7.150 |
| | Résist. de plaque (mégohms) | Ra | 0,25 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| | Résist. série de la grille écran | $Rg_2$ | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Résist. de grille (mégohms) | $Rg_1x$ | 1 | 0,5 | 1 | 2 | 0,25 | 0,5 | 1 | 0,5 | 1 | 2 | 0,25 | 0,5 | 1 | 0,5 | 1 | 2 |
| | Courant plaque (milliampères) | Ia | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Courant de grille écran | $Ig_2$ | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Tension alternative de sortie | Vo | 24 | 18 | 23 | 26 | 40 | 50 | 57 | 44 | 54 | 61 | 75 | 87 | 100 | 76 | 94 | 104 |
| | Amplification en tension | Vo/Vi | 23 | 22 | 23 | 23 | 23 | 24 | 24 | 24 | 25 | 25 | 23 | 24 | 24 | 23 | 24 | 24 |
| TRIODES 56, 76 | Tension plaque (volts) | Vb | 90 | | | | 180 | | | | 300 | | | | | | | |
| | Tension grille écran (volts) | $Vg_2$ | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Polarisation grille (volts) | $Vg_1$ | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Résist. de cathode (ohms) | Rk | 7.500 | 11.100 | 15.100 | 18.300 | 4.500 | 6.500 | 7.600 | 10.700 | 14.700 | 17.700 | 4.500 | 6.400 | 7.500 | 11.100 | 15.200 | 18.300 |
| | Résist. de plaque (mégohms) | Ra | 0,25 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| | Résist. série de la grille écran | $Rg_2$ | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Résist. de grille (mégohms) | $Rg_1x$ | 0,5 | 0,25 | 0,5 | 1 | 0,1 | 0,25 | 0,5 | 0,25 | 0,5 | 1 | 0,1 | 0,25 | 0,5 | 0,25 | 0,5 | 1 |
| | Courant plaque (milliampères) | Ia | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Courant de grille écran | $Ig_2$ | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Tension alternative de sortie | Vo | 25 | 21 | 24 | 28 | 45 | 55 | 57 | 49 | 59 | 64 | 74 | 95 | 104 | 82 | 96 | 108 |
| | Amplification en tension | Vo/Vi | 9,3 | 9,4 | 9,7 | 9,8 | 9,3 | 9,5 | 9,8 | 9,7 | 10 | 10 | 9,5 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| TRIODES 6 C 5, 6 C 6, 6 J 7, 57 (connexion triode) | Tension plaque (volts) | Vb | 90 | | | | 180 | | | | 300 | | | | | | | |
| | Tension grille écran (volts) | $Vg_2$ | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Polarisation de grille (volts) | $Vg_1$ | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Résist. de cathode (ohms) | Rk | 7.500 | 11.400 | 14.500 | 17.300 | 3.900 | 5.300 | 6.200 | 9.500 | 12.300 | 14.700 | 3.800 | 5.300 | 6.000 | 9.600 | 12.300 | 14.300 |
| | Résist. de plaque (mégohms) | Ra | 0,25 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| | Résist. série de la grille écran | $Rg_2$ | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Résist. de grille (mégohms) | $Rg_1x$ | 0,5 | 0,25 | 0,5 | 1 | 0,1 | 0,25 | 0,5 | 0,25 | 0,5 | 1 | 0,1 | 0,25 | 0,5 | 0,25 | 0,5 | 1 |
| | Courant plaque (milliampères) | Ia | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Courant de grille écran | $Ig_2$ | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Tension alternative de sortie | Vo | 23 | 18 | 23 | 26 | 41 | 54 | 55 | 44 | 52 | 59 | 65 | 84 | 88 | 73 | 85 | 97 |
| | Amplification en tension | Vo/Vi | 12 | 12 | 12 | 13 | 12 | 12 | 13 | 13 | 13 | 13 | 12 | 13 | 13 | 13 | 14 | 14 |

(1) *La véritable tension appliquée à la plaque Va est celle indiquée Vb diminuée de la chute de tension dans la résistance de plaque (Ra × Ia).*

(2) *Cette valeur est donnée pour le tube amplificateur suivant.*

# TABLEAU XIX (Annexe à l'Abaque 43)

## AMPLIFICATION DES TUBES EUROPÉENS EN TENSION

| | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| PENTODE AF7 (CA - 4 v) | Tension plaque (volts) (1) | Vb | | | | | | | | 200 | | | 250 | | |
| | Tension grille écran (volts) | $Vg_2$ | | | | | | | | 90 | 80 | 72 | 112 | 98 | 90 |
| | Polarisation de grille (volts) | $Vg_1$ | | | | | | | | 2,46 | 2,50 | 2,28 | 3,12 | 3,20 | 2,80 |
| | Résist. de cathode (ohms) | Rk | | | | | | | | 1.600 | 2.500 | 4.000 | 1.600 | 2.500 | 4.000 |
| | Résist. de plaque (mégohms) | Ra | | | | | | | | 0,1 | 0,2 | 0,32 | 0,1 | 0,2 | 0,32 |
| | Résist. série de la grille écran | $Rg_1$ | | | | | | | | 0,25 | 0,4 | 0,8 | 0,25 | 0,4 | 0,8 |
| | Résist. de grille (mégohms) (2) | $Rg_1x$ | | | | | | | | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 |
| | Courant plaque (milliamp.) | Ia | | | | | | | | 1,1 | 0,7 | 0,41 | 1,4 | 0,9 | 0,52 |
| | Courant de grille écran | $Ig_2$ | | | | | | | | 0,44 | 0,3 | 0,16 | 0,55 | 0,38 | 0,2 |
| | Tension alternative de sortie | Vo | | | | | | | | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 |
| | Amplification en tension | Vo/Vi | | | | | | | | 85 | 135 | 157 | 90 | 135 | 157 |
| TRIODE AC2 (CA - 4 v) | Tension plaque (volts) (1) | Vb | 100 | | | 150 | | | 200 | | | 250 | | | |
| | Tension grille écran (volts) | $Vg_2$ | | | | | | | | | | | | | |
| | Polarisation de grille (volts) | $Vg_1$ | 2,04 | 2,72 | 2,32 | 3,33 | 3,20 | 3,36 | 3,60 | 2,40 | 3,50 | 4,00 | 3,60 | 3,84 | |
| | Résist. de cathode (ohms) | Rk | 6.400 | 16.000 | 16.000 | 6400 | 10.000 | 16.000 | 4.000 | 5.000 | 10.000 | 3.200 | 5.000 | 8.000 | |
| | Résist. de plaque (mégohms) | Ra | 0,1 | 0,2 | 0,32 | 0,1 | 0,2 | 0,32 | 0,1 | 0,2 | 0,32 | 0,1 | 0,2 | 0,32 | |
| | Résist. série de la grille écran | $Rg_2$ | | | | | | | | | | | | | |
| | Résist. de grille (mégohms) (2) | $Rg_1x$ | | | | | | | | | | | | | |
| | Courant plaque (milliamp.) | Ia | 0,32 | 0,17 | 0,145 | 0,52 | 0,32 | 0,21 | 0,9 | 0,48 | 0,33 | 1,25 | 0,75 | 0,48 | |
| | Courant de grille écran | $Ig_2$ | | | | | | | | | | | | | |
| | Tension alternative de sortie | Vo | 10 | 10 | 10 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | |
| | Amplification en tension | Vo/Vi | 15 | 15 | 15 | 15,9 | 16 | 16,3 | 17 | 17 | 17,8 | 18,5 | 18,5 | 18,5 | |
| DUO-DIODES TRIODES ABC1 (CA - 4 v) | Tension plaque (volts) (1) | Vb | 100 | | | 150 | | | 200 | | | 250 | | | |
| | Tension grille écran (volts) | $Vg_2$ | | | | | | | | | | | | | |
| | Polarisation grille (volts) | $Vg_1$ | 2,64 | 2,50 | 2,40 | 3,05 | 2,96 | 2,80 | 2,75 | 2,90 | 2,68 | 3,00 | | 2,85 | |
| | Résist. de cathode (ohms) | Rk | 8.000 | 12.500 | 16.000 | 5000 | 8.000 | 10.000 | 2.500 | 5.000 | 6.400 | 2.000 | 3.200 | 0,32 | |
| | Résist. de plaque (mégohms) | Ra | 0,10 | 0,20 | 0,32 | 0,10 | 0,20 | 0,32 | 0,10 | 0,20 | 0,32 | 0,10 | 0,20 | 0,32 | |
| | Résist. série de la grille écran | $Rg_2$ | | | | | | | | | | | | | |
| | Résist. de grille (mégohms) (2) | $Rg_1x$ | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | |
| | Courant plaque (milliamp.) | Ia | 0,33 | 0,20 | 0,15 | 0,61 | 0,37 | 0,28 | 1,10 | 0,58 | 0,42 | 1,5 | | 0,57 | |
| | Courant de grille écran | $Ig_2$ | | | | | | | | | | | | | |
| | Tension alternative de sortie | Vo | 10-14 | 10-14 | 10-14 | 10-14 | 10-14 | 10-14 | 10-14 | 10-14 | 10-14 | 10-14 | 10-14 | 10-14 | |
| | Amplification en tension | Vo/Vi | 14 | 17 | 18 | 18 | 18 | 19 | 19 | 20 | 20 | 19 | 21 | 21 | |
| PENTODE CF7 (U - 13 v) | Tension plaque (volts) (1) | Vb | 100 | | | 150 | | | 200 | | | | | | |
| | Tension grille écran (volts) | $Vg_2$ | 74 | 62 | 50 | 95 | 95 | 90 | 120 | 125 | 120 | | | | |
| | Polarisation de grille (volts) | $Vg_1$ | 2,45 | 2,6 | 2,04 | 3,60 | 3,84 | 3,00 | 5 | 5,12 | 3,71 | | | | |
| | Résist. de cathode (ohms) | Rk | 2.500 | 4.000 | 6.400 | 2.500 | 4.000 | 6.400 | 2.500 | 4.000 | 6.400 | | | | |
| | Résist. de plaque (mégohms) | Ra | 0,1 | 0,2 | 0,32 | 0,1 | 0,2 | 0,32 | 0,1 | 0,2 | 0,32 | | | | |
| | Résist. série de la grille écran | $Rg_2$ | 0,16 | 0,25 | 0,5 | 0,16 | 0,25 | 0,5 | 0,16 | 0,25 | 0,5 | | | | |
| | Résist. de grille (mégohms) (2) | $Rg_1x$ | | | | | | | | | | | | | |
| | Courant plaque (milliamp.) | Ia | 0,76 | 0,50 | 0,22 | 1,1 | 0,74 | 0,33 | 1,5 | 0,98 | 0,42 | | | | |
| | Courant de grille écran | $Ig_2$ | 0,22 | 0,15 | 0,1 | 0,34 | 0,22 | 0,14 | 0,5 | 0,3 | 0,16 | | | | |
| | Tension alternative de sortie | Vo | 10-14 | 10-14 | 10-14 | 10-14 | 10-14 | 10-14 | 10-14 | 10-14 | 10-14 | | | | |
| | Amplification en tension | Vo/Vi | 70 | 100 | 115 | 75 | 120 | 130 | 80 | 130 | 140 | | | | |
| TRIODE CC2 (U - 13 v) | Tension plaque (volts) (1) | Vb | 100 | | | 150 | | | 200 | | | 250 | | | |
| | Tension grille écran (volts) | $Vg_2$ | | | | | | | | | | | | | |
| | Polarisation de grille (volts) | $Vg_1$ | 2,04 | 2,72 | 2,32 | 3,32 | 3,2 | 3,36 | 3,6 | 2,4 | 3,5 | 5,56 | 5,3 | 3,8 | |
| | Résist. de cathode (ohms) | Rk | 6.400 | 16.000 | 16.000 | 6.400 | 10.000 | 16.000 | 4.000 | 5.000 | 10.000 | 6.400 | 10.000 | 8.000 | |
| | Résist. de plaque (mégohms) | Ra | 0,1 | 0,2 | 0,32 | 0,1 | 0,2 | 0,32 | 0,1 | 0,2 | 0,32 | 0,1 | 0,2 | 0,32 | |
| | Résist. série de la grille écran | $Rg_2$ | | | | | | | | | | | | | |
| | Résist. de grille (mégohms) (2) | $Rg_1x$ | | | | | | | | | | | | | |
| | Courant plaque (milliamp.) | Ia | 0,32 | 0,17 | 0,145 | 0,52 | 0,32 | 0,21 | 0,9 | 0,45 | 0,35 | 0,87 | 0,53 | 0,48 | |
| | Courant de grille écran | $Ig_2$ | | | | | | | | | | | | | |
| | Tension alternative de sortie | Vo | 10-14 | 10-14 | 10 | 10-14 | 10-14 | 10-14 | 10-14 | 10-14 | 10-14 | 10-14 | 10-14 | 10-14 | |
| | Amplification en tension | Vo/Vi | 15 | 15 | 15 | 15,9 | 16 | 16,3 | 17 | 17 | 17,8 | 16,1 | 17,5 | 18,5 | |
| DUO-DIODES TRIODE CBC1 (U - 13 v) | Tension plaque (volts) (1) | Vb | 100 | | | 150 | | | 200 | | | 250 | | | |
| | Tension grille écran (volts) | $Vg_2$ | | | | | | | | | | | | | |
| | Polarisation de grille (volts) | $Vg_1$ | 2,64 | 2,50 | 2,40 | 3,84 | 3,75 | 3,52 | 5,12 | 4,87 | 4,64 | 6,32 | 6,00 | 5,92 | |
| | Résist. de cathode (ohms) | Rk | 8.000 | 12.500 | 16.000 | 8.000 | 12.500 | 16.000 | 8.000 | 12.500 | 16.000 | 8.000 | 12.500 | 16.000 | |
| | Résist. de plaque (mégohms) | Ra | 0,1 | 0,2 | 0,32 | 0,1 | 0,2 | 0,32 | 0,1 | 0,2 | 0,32 | 0,1 | 0,2 | 0,32 | |
| | Résist. série de la grille écran | $Rg_2$ | | | | | | | | | | | | | |
| | Résist. de grille (mégohms) (2) | $Rg_1x$ | | | | | | | | | | | | | |
| | Courant plaque (milliamp.) | Ia | 0,33 | 0,2 | 0,15 | 0,48 | 0,3 | 0,28 | 0,64 | 0,39 | 0,29 | 0,79 | 0,48 | 0,37 | |
| | Courant de grille écran | $Ig_2$ | | | | | | | | | | | | | |
| | Tension alternative de sortie | Vo | 10 | 10 | 10 | 10-14 | 10-14 | 10-14 | 10-14 | 10-14 | 10-14 | 10-14 | 10-14 | 10-14 | |
| | Amplification en tension | Vo/Vi | 14 | 17 | 18 | 17 | 18 | 18 | 17 | 19 | 18 | 17 | 19 | 18 | |
| DUO-DIODES TRIODE EBC 3 (A, U, Au - 6,3 v) | Tension plaque (volts) (1) | Vb | 100 | | | 150 | | | 200 | | | 250 | | | |
| | Tension grille écran (volts) | $Vg_2$ | | | | | | | | | | | | | |
| | Polarisation grille (volts) | $Vg_1$ | 2,5 | 2,4 | 2,2 | 3,5 | 3,4 | 3,4 | 2,6 | 2,4 | 2,5 | 3,4 | 3 | 3,1 | |
| | Résist. de cathode (ohms) | Rk | 8.000 | 12.500 | 16.000 | 8.000 | 12.500 | 16.000 | 2.500 | 4.000 | 6.400 | 2.500 | 4.000 | 6.400 | |
| | Résist. de plaque (mégohms) | Ra | 0,1 | 0,2 | 0,32 | 0,1 | 0,2 | 0,32 | 0,1 | 0,2 | 0,32 | 0,1 | 0,2 | 0,32 | |
| | Résist. série de la grille écran | $Rg_2$ | | | | | | | | | | | | | |
| | Résist. de grille (mégohms) (2) | $Rg_1x$ | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | |
| | Courant plaque (milliamp.) | Ia | 0,31 | 0,19 | 0,14 | 0,44 | 0,28 | 0,21 | 1,05 | 0,61 | 0,40 | 1,35 | 0,75 | 0,48 | |
| | Courant de grille écran | $Ig_2$ | | | | | | | | | | | | | |
| | Tension alternative de sortie | Vo | 10-14 | 10-14 | 10-14 | 10-14 | 10-14 | 10-14 | 10-14 | 10-14 | 10-14 | 10-14 | 10-14 | 10-14 | |
| | Amplification en tension | Vo/Vi | 18 | 20 | 20 | 19 | 20 | 20 | 22 | 23 | 23 | 23 | 24 | 24 | |
| PENTODE EF 6 (A, U, Au 6, 3 v) | Tension plaque (volts) (1) | Vb | 100 | | | 150 | | | 200 | | | 250 | | | |
| | Tension grille écran (volts) | $Vg_2$ | 63 | 52 | 42 | 97 | 82 | 73 | 90 | 72 | 64 | 115 | 98 | 90 | |
| | Polarisation de grille (volts) | $Vg_1$ | 2,7 | 2,2 | 2 | 3,9 | 3,1 | 2,9 | 2,7 | 2,8 | 2,4 | 3,2 | 3,2 | 2,9 | |
| | Résist. de cathode (ohms) | Rk | 3.200 | 5.000 | 6.400 | 3.200 | 5.000 | 6.400 | 1.600 | 2.500 | 4.000 | 1.600 | 2.600 | 4.000 | |
| | Résist. de plaque (mégohms) | Ra | 0,1 | 0,2 | 0,32 | 0,1 | 0,2 | 0,32 | 0,1 | 0,2 | 0,32 | 0,1 | 0,2 | 0,32 | |
| | Résist. série de la grille écran | $Rg_2$ | 0,16 | 0,4 | 0,64 | 0,16 | 0,4 | 0,64 | 0,25 | 0,4 | 0,8 | 0,25 | 0,4 | 0,8 | |
| | Résist. de grille (mégohms) (2) | $Rg_1x$ | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | |
| | Courant plaque (milliamp.) | Ia | 0,63 | 0,31 | 0,22 | 0,90 | 0,45 | 0,33 | 1,2 | 0,75 | 0,45 | 1,45 | 0,92 | 0,54 | |
| | Courant de grille écran | $Ig_2$ | 0,23 | 0,12 | 0,09 | 0,33 | 0,17 | 0,12 | 0,44 | 0,32 | 0,17 | 0,54 | 0,38 | 0,20 | |
| | Tension alternative de sortie | Vo | 10-14 | 10-14 | 10-14 | 10-14 | 10-14 | 10-14 | 10-14 | 10-14 | 10-14 | 10-14 | 10-14 | 10-14 | |
| | Amplification en tension | Vo/Vi | 75 | 100 | 110 | 84 | 110 | 120 | 105 | 152 | 165 | 112 | 158 | 180 | |

(1) *La véritable tension appliquée à la plaque Va est celle indiquée Vb diminuée de la chute de tension dans la résistance de plaque (Ra × Ia).*

(2) *Cette valeur est donnée pour le tube amplificateur suivant.*

## TABLEAU XX (Annexe à l'Abaque 48)

### GAIN ET AFFAIBLISSEMENT EN PUISSANCE 0,1 à 20 DÉCIBELS

| db | $\frac{P_1}{P_2}$ | $\frac{P_2}{P_1}$ | db | $\frac{P_1}{P_2}$ | $\frac{P_2}{P_1}$ | db | $\frac{P_1}{P_2}$ | $\frac{P_2}{P_1}$ | db | $\frac{P_1}{P_2}$ | $\frac{P_2}{P_1}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,1 | 1,023 | 0,977 | 5,1 | 3,236 | 0,309 | 10,1 | 10,23 | 0,977 | 15,1 | 32,36 | 0,309 |
| 0,2 | 1,047 | 0,955 | 5,2 | 3,311 | 0,302 | 10,2 | 10,47 | 0,955 | 15,2 | 33,11 | 0,302 |
| 0,3 | 1,072 | 0,933 | 5,3 | 3,388 | 0,295 | 10,3 | 10,72 | 0,933 | 15,3 | 33,88 | 0,295 |
| 0,4 | 1,096 | 0,912 | 5,4 | 3,467 | 0,288 | 10,4 | 10,96 | 0,912 | 15,4 | 34,67 | 0,288 |
| 0,5 | 1,122 | 0,891 | 5,5 | 3,548 | 0,281 | 10,5 | 11,22 | 0,891 | 15,5 | 35,48 | 0,281 |
| 0,6 | 1,148 | 0,871 | 5,6 | 3,631 | 0,275 | 10,6 | 11,48 | 0,871 | 15,6 | 36,31 | 0,275 |
| 0,7 | 1,175 | 0,851 | 5,7 | 3,715 | 0,269 | 10,7 | 11,75 | 0,851 | 15,7 | 37,15 | 0,269 |
| 0,8 | 1,202 | 0,831 | 5,8 | 3,802 | 0,263 | 10,8 | 12,02 | 0,831 | 15,8 | 38,02 | 0,263 |
| 0,9 | 1,230 | 0,812 | 5,9 | 3,891 | 0,257 | 10,9 | 12,30 | 0,812 | 15,9 | 38,90 | 0,257 |
| 1,0 | 1,259 | 0,794 | 6,0 | 3,981 | 0,251 | 11,0 | 12,59 | 0,794 | 16,0 | 39,81 | 0,251 |
| 1,1 | 1,288 | 0,776 | 6,1 | 4,074 | 0,245 | 11,1 | 12,88 | 0,776 | 16,1 | 40,74 | 0,245 |
| 1,2 | 1,318 | 0,758 | 6,2 | 4,169 | 0,239 | 11,2 | 13,18 | 0,758 | 16,2 | 41,69 | 0,239 |
| 1,3 | 1,349 | 0,741 | 6,3 | 4,266 | 0,234 | 11,3 | 13,49 | 0,741 | 16,3 | 42,66 | 0,234 |
| 1,4 | 1,380 | 0,724 | 6,4 | 4,365 | 0,229 | 11,4 | 13,80 | 0,724 | 16,4 | 43,65 | 0,229 |
| 1,5 | 1,412 | 0,708 | 6,5 | 4,467 | 0,223 | 11,5 | 14,13 | 0,708 | 16,5 | 44,67 | 0,223 |
| 1,6 | 1,445 | 0,691 | 6,6 | 4,571 | 0,218 | 11,6 | 14,45 | 0,691 | 16,6 | 45,71 | 0,218 |
| 1,7 | 1,479 | 0,676 | 6,7 | 4,677 | 0,213 | 11,7 | 14,79 | 0,676 | 16,7 | 46,77 | 0,213 |
| 1,8 | 1,514 | 0,660 | 6,8 | 4,786 | 0,208 | 11,8 | 15,14 | 0,660 | 16,8 | 47,86 | 0,208 |
| 1,9 | 1,549 | 0,645 | 6,9 | 4,898 | 0,204 | 11,9 | 15,49 | 0,645 | 16,9 | 48,98 | 0,204 |
| 2,0 | 1,585 | 0,631 | 7,0 | 5,012 | 0,199 | 12,0 | 15,85 | 0,631 | 17,0 | 50,12 | 0,199 |
| 2,1 | 1,622 | 0,616 | 7,1 | 5,128 | 0,195 | 12,1 | 16,22 | 0,616 | 17,1 | 51,29 | 0,195 |
| 2,2 | 1,660 | 0,602 | 7,2 | 5,248 | 0,190 | 12,2 | 16,60 | 0,602 | 17,2 | 52,48 | 0,190 |
| 2,3 | 1,698 | 0,588 | 7,3 | 5,370 | 0,186 | 12,3 | 16,98 | 0,588 | 17,3 | 53,70 | 0,186 |
| 2,4 | 1,738 | 0,575 | 7,4 | 5,495 | 0,182 | 12,4 | 17,38 | 0,575 | 17,4 | 54,95 | 0,182 |
| 2,5 | 1,778 | 0,562 | 7,5 | 5,623 | 0,177 | 12,5 | 17,78 | 0,562 | 17,5 | 56,23 | 0,177 |
| 2,6 | 1,820 | 0,549 | 7,6 | 5,754 | 0,173 | 12,6 | 18,20 | 0,234 | 17,6 | 57,54 | 0,173 |
| 2,7 | 1,862 | 0,537 | 7,7 | 5,888 | 0,169 | 12,7 | 18,62 | 0,537 | 17,7 | 58,88 | 0,169 |
| 2,8 | 1,906 | 0,524 | 7,8 | 6,028 | 0,166 | 12,8 | 19,05 | 0,524 | 17,8 | 60,26 | 0,166 |
| 2,9 | 1,950 | 0,512 | 7,9 | 6,166 | 0,162 | 12,9 | 19,50 | 0,512 | 17,9 | 61,66 | 0,162 |
| 3,0 | 1,995 | 0,501 | 8,0 | 6,310 | 0,158 | 13,0 | 19,95 | 0,501 | 18,0 | 63,10 | 0,158 |
| 3,1 | 2,042 | 0,489 | 8,1 | 6,457 | 0,154 | 13,1 | 20,42 | 0,489 | 18,1 | 64,57 | 0,154 |
| 3,2 | 2,089 | 0,478 | 8,2 | 6,607 | 0,151 | 13,2 | 20,89 | 0,478 | 18,2 | 66,07 | 0,151 |
| 3,3 | 2,138 | 0,467 | 8,3 | 6,761 | 0,147 | 13,3 | 21,38 | 0,467 | 18,3 | 67,61 | 0,147 |
| 3,4 | 2,188 | 0,457 | 8,4 | 6,918 | 0,144 | 13,4 | 21,88 | 0,457 | 18,4 | 69,18 | 0,144 |
| 3,5 | 2,239 | 0,446 | 8,5 | 7,080 | 0,141 | 13,5 | 22,39 | 0,446 | 18,5 | 70,79 | 0,141 |
| 3,6 | 2,291 | 0,436 | 8,6 | 7,244 | 0,138 | 13,6 | 22,91 | 0,436 | 18,6 | 72,44 | 0,138 |
| 3,7 | 2,344 | 0,426 | 8,7 | 7,413 | 0,134 | 13,7 | 23,44 | 0,426 | 18,7 | 74,13 | 0,134 |
| 3,8 | 2,399 | 0,416 | 8,8 | 7,586 | 0,131 | 13,8 | 23,99 | 0,416 | 18,8 | 75,86 | 0,131 |
| 3,9 | 2,455 | 0,407 | 8,9 | 7,763 | 0,128 | 13,9 | 24,55 | 0,407 | 18,9 | 77,62 | 0,128 |
| 4,0 | 2,512 | 0,398 | 9,0 | 7,943 | 0,125 | 14,0 | 25,12 | 0,398 | 19,0 | 79,43 | 0,125 |
| 4,1 | 2,570 | 0,389 | 9,1 | 8,128 | 0,123 | 14,1 | 25,70 | 0,389 | 19,1 | 81,28 | 0,123 |
| 4,2 | 2,630 | 0,380 | 9,2 | 8,318 | 0,120 | 14,2 | 26,30 | 0,380 | 19,2 | 83,18 | 0,120 |
| 4,3 | 2,692 | 0,371 | 9,3 | 8,511 | 0,117 | 14,3 | 26,92 | 0,371 | 19,3 | 85,11 | 0,117 |
| 4,4 | 2,754 | 0,363 | 9,4 | 8,710 | 0,114 | 14,4 | 27,54 | 0,363 | 19,4 | 87,10 | 0,114 |
| 4,5 | 2,818 | 0,354 | 9,5 | 8,913 | 0,112 | 14,5 | 28,18 | 0,354 | 19,5 | 89,13 | 0,112 |
| 4,6 | 2,884 | 0,346 | 9,6 | 9,120 | 0,109 | 14,6 | 28,84 | 0,346 | 19,6 | 91,20 | 0,109 |
| 4,7 | 2,951 | 0,338 | 9,7 | 9,333 | 0,107 | 14,7 | 29,51 | 0,338 | 19,7 | 93,33 | 0,107 |
| 4,8 | 3,020 | 0,331 | 9,8 | 9,550 | 0,104 | 14,8 | 30,20 | 0,331 | 19,8 | 95,50 | 0,104 |
| 4,9 | 3,090 | 0,323 | 9,9 | 9,772 | 0,102 | 14,9 | 30,90 | 0,323 | 19,9 | 97,72 | 0,102 |
| 5,0 | 3,162 | 0,316 | 10,0 | 10,000 | 0,100 | 15,0 | 31,62 | 0,316 | 20,0 | 100,00 | 0,100 |

# TABLEAU XXI (Annexe à l'Abaque 49)

## GAIN ET AFFAIBLISSEMENT EN TENSION OU EN INTENSITÉ

## 0,1 à 20 DÉCEBELS

| db | $U_1/U_2$ ou $I_1/I_2$ | $U_2/U_1$ ou $I_2/I_1$ | db | $U_1/U_2$ ou $I_1/I_2$ | $U_2/U_1$ ou $I_2/I_1$ | db | $U_1/U_2$ ou $I_1/I_2$ | $U_2/U_1$ ou $I_2/I_1$ | db | $U_1/U_2$ ou $I_1/I_2$ | $U_2/U_1$ ou $I_2/I_1$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,1 | 1,012 | 0,988 | 5,1 | 1,799 | 0,555 | 10,1 | 3,199 | 0,312 | 15,1 | 5,689 | 0,175 |
| 0,2 | 1,023 | 0,977 | 5,2 | 1,820 | 0,549 | 10,2 | 3,236 | 0,309 | 15,2 | 5,754 | 0,173 |
| 0,3 | 1,035 | 0,966 | 5,3 | 1,841 | 0,543 | 10,3 | 3,273 | 0,305 | 15,3 | 5,821 | 0,171 |
| 0,4 | 1,047 | 0,955 | 5,4 | 1,862 | 0,537 | 10,4 | 3,311 | 0,302 | 15,4 | 5,888 | 0,169 |
| 0,5 | 1,059 | 0,944 | 5,5 | 1,884 | 0,530 | 10,5 | 3,350 | 0,298 | 15,5 | 5,957 | 0,167 |
| 0,6 | 1,072 | 0,933 | 5,6 | 1,906 | 0,524 | 10,6 | 3,388 | 0,295 | 15,6 | 6,026 | 0,166 |
| 0,7 | 1,084 | 0,922 | 5,7 | 1,928 | 0,518 | 10,7 | 3,428 | 0,291 | 15,7 | 6,095 | 0,164 |
| 0,8 | 1,096 | 0,912 | 5,8 | 1,950 | 0,512 | 10,8 | 3,467 | 0,288 | 15,8 | 6,166 | 0,162 |
| 0,9 | 1,100 | 0,901 | 5,9 | 1,972 | 0,507 | 10,9 | 3,508 | 0,285 | 15,9 | 6,237 | 0,160 |
| 1,0 | 1,122 | 0,891 | 6,0 | 1,995 | 0,501 | 11,0 | 3,548 | 0,281 | 16,0 | 6,310 | 0,158 |
| 1,1 | 1,135 | 0,881 | 6,1 | 2,018 | 0,495 | 11,1 | 3,589 | 0,278 | 16,1 | 6,383 | 0,156 |
| 1,2 | 1,148 | 0,871 | 6,2 | 2,042 | 0,489 | 11,2 | 3,631 | 0,275 | 16,2 | 6,457 | 0,154 |
| 1,3 | 1,162 | 0,861 | 6,3 | 2,065 | 0,484 | 11,3 | 3,673 | 0,272 | 16,3 | 6,531 | 0,153 |
| 1,4 | 1,175 | 0,851 | 6,4 | 2,089 | 0,478 | 11,4 | 3,715 | 0,269 | 16,4 | 6,607 | 0,151 |
| 1,5 | 1,189 | 0,841 | 6,5 | 2,114 | 0,473 | 11,5 | 3,758 | 0,266 | 16,5 | 6,683 | 0,149 |
| 1,6 | 1,202 | 0,831 | 6,6 | 2,138 | 0,467 | 11,6 | 3,802 | 0,263 | 16,6 | 6,761 | 0,147 |
| 1,7 | 1,216 | 0,822 | 6,7 | 2,163 | 0,462 | 11,7 | 3,846 | 0,260 | 16,7 | 6,839 | 0,146 |
| 1,8 | 1,230 | 0,812 | 6,8 | 2,188 | 0,457 | 11,8 | 3,891 | 0,257 | 16,8 | 6,918 | 0,144 |
| 1,9 | 1,245 | 0,803 | 6,9 | 2,213 | 0,451 | 11,9 | 3,936 | 0,254 | 16,9 | 6,998 | 0,142 |
| 2,0 | 1,259 | 0,794 | 7,0 | 2,239 | 0,446 | 12,0 | 3,981 | 0,251 | 17,0 | 7,080 | 0,141 |
| 2,1 | 1,274 | 0,785 | 7,1 | 2,265 | 0,441 | 12,1 | 4,027 | 0,248 | 17,1 | 7,161 | 0,139 |
| 2,2 | 1,288 | 0,776 | 7,2 | 2,291 | 0,436 | 12,2 | 4,074 | 0,245 | 17,2 | 7,244 | 0,138 |
| 2,3 | 1,303 | 0,767 | 7,3 | 2,317 | 0,431 | 12,3 | 4,121 | 0,242 | 17,3 | 7,328 | 0,136 |
| 2,4 | 1,318 | 0,758 | 7,4 | 2,344 | 0,426 | 12,4 | 4,169 | 0,239 | 17,4 | 7,413 | 0,134 |
| 2,5 | 1,334 | 0,749 | 7,5 | 2,371 | 0,421 | 12,5 | 4,217 | 0,237 | 17,5 | 7,499 | 0,133 |
| 2,6 | 1,349 | 0,741 | 7,6 | 2,399 | 0,416 | 12,6 | 4,266 | 0,234 | 17,6 | 7,585 | 0,131 |
| 2,7 | 1,365 | 0,732 | 7,7 | 2,427 | 0,412 | 12,7 | 4,315 | 0,231 | 17,7 | 7,674 | 0,130 |
| 2,8 | 1,380 | 0,724 | 7,8 | 2,455 | 0,407 | 12,8 | 4,365 | 0,229 | 17,8 | 7,763 | 0,128 |
| 2,9 | 1,396 | 0,716 | 7,9 | 2,483 | 0,402 | 12,9 | 4,416 | 0,226 | 17,9 | 7,852 | 0,127 |
| 3,0 | 1,413 | 0,708 | 8,0 | 2,512 | 0,398 | 13,0 | 4,467 | 0,223 | 18,0 | 7,943 | 0,125 |
| 3,1 | 1,429 | 0,699 | 8,1 | 2,541 | 0,393 | 13,1 | 4,519 | 0,221 | 18,1 | 8,035 | 0,124 |
| 3,2 | 1,445 | 0,691 | 8,2 | 2,570 | 0,389 | 13,2 | 4,571 | 0,218 | 18,2 | 8,128 | 0,123 |
| 3,3 | 1,462 | 0,683 | 8,3 | 2,600 | 0,384 | 13,3 | 4,624 | 0,216 | 18,3 | 8,222 | 0,121 |
| 3,4 | 1,479 | 0,676 | 8,4 | 2,630 | 0,380 | 13,4 | 4,677 | 0,213 | 18,4 | 8,318 | 0,120 |
| 3,5 | 1,496 | 0,668 | 8,5 | 2,661 | 0,375 | 13,5 | 4,732 | 0,211 | 18,5 | 8,414 | 0,118 |
| 3,6 | 1,514 | 0,660 | 8,6 | 2,692 | 0,371 | 13,6 | 4,786 | 0,208 | 18,6 | 8,511 | 0,117 |
| 3,7 | 1,531 | 0,653 | 8,7 | 2,723 | 0,367 | 13,7 | 4,842 | 0,206 | 18,7 | 8,610 | 0,116 |
| 3,8 | 1,549 | 0,645 | 8,8 | 2,754 | 0,363 | 13,8 | 4,898 | 0,204 | 18,8 | 8,710 | 0,114 |
| 3,9 | 1,567 | 0,638 | 8,9 | 2,786 | 0,358 | 13,9 | 4,955 | 0,201 | 18,9 | 8,811 | 0,113 |
| 4,0 | 1,585 | 0,631 | 9,0 | 2,818 | 0,354 | 14,0 | 5,012 | 0,199 | 19,0 | 8,913 | 0,112 |
| 4,1 | 1,603 | 0,623 | 9,1 | 2,851 | 0,350 | 14,1 | 5,070 | 0,197 | 19,1 | 9,016 | 0,110 |
| 4,2 | 1,622 | 0,616 | 9,2 | 2,884 | 0,346 | 14,2 | 5,128 | 0,195 | 19,2 | 9,120 | 0,109 |
| 4,3 | 1,641 | 0,609 | 9,3 | 2,917 | 0,342 | 14,3 | 5,188 | 0,192 | 19,3 | 9,226 | 0,108 |
| 4,4 | 1,660 | 0,602 | 9,4 | 2,951 | 0,338 | 14,4 | 5,248 | 0,190 | 19,4 | 9,333 | 0,107 |
| 4,5 | 1,679 | 0,595 | 9,5 | 2,985 | 0,335 | 14,5 | 5,309 | 0,188 | 19,5 | 9,441 | 0,105 |
| 4,6 | 1,698 | 0,588 | 9,6 | 3,020 | 0,331 | 14,6 | 5,370 | 0,186 | 19,6 | 9,550 | 0,104 |
| 4,7 | 1,718 | 0,582 | 9,7 | 3,055 | 0,327 | 14,7 | 5,433 | 0,184 | 19,7 | 9,661 | 0,103 |
| 4,8 | 1,738 | 0,575 | 9,8 | 3,090 | 0,323 | 14,8 | 5,495 | 0,182 | 19,8 | 9,772 | 0,102 |
| 4,9 | 1,758 | 0,568 | 9,9 | 3,126 | 0,319 | 14,9 | 5,559 | 0,179 | 19,9 | 9,886 | 0,101 |
| 5,0 | 1,778 | 0,562 | 10,0 | 3,162 | 0,316 | 15,0 | 5,623 | 0,177 | 20,0 | 10,000 | 0,100 |

## TABLEAU XXII (Annexe à l'Abaque 62)

### VALEURS DE $e^n$ (0 à 3,5)

# Tableau des valeurs $e^n$

| n | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,0 | 1 | 1,010 | 1,020 | 1,030 | 1,041 | 1,051 | 1,062 | 1,073 | 1,083 | 1,094 |
| 0,1 | 1,105 | 1,116 | 1,127 | 1,139 | 1,150 | 1,162 | 1,174 | 1,185 | 1,197 | 1,209 |
| 0,2 | 1,221 | 1,234 | 1,246 | 1,259 | 1,271 | 1,284 | 1,297 | 1,310 | 1,323 | 1,336 |
| 0,3 | 1,350 | 1,363 | 1,377 | 1,391 | 1,405 | 1,419 | 1,433 | 1,448 | 1,462 | 1,477 |
| 0,4 | 1,492 | 1,507 | 1,522 | 1,537 | 1,553 | 1,568 | 1,584 | 1,600 | 1,616 | 1,632 |
| 0,5 | 1,649 | 1,665 | 1,682 | 1,699 | 1,716 | 1,733 | 1,751 | 1,768 | 1,786 | 1,804 |
| 0,6 | 1,822 | 1,840 | 1,859 | 1,878 | 1,896 | 1,916 | 1,935 | 1,954 | 1,974 | 1,994 |
| 0,7 | 2,014 | 2,034 | 2,054 | 2,075 | 2,096 | 2,117 | 2,138 | 2,160 | 2,181 | 2,203 |
| 0,8 | 2,226 | 2,248 | 2,271 | 2,293 | 2,316 | 2,340 | 2,363 | 2,387 | 2,411 | 2,435 |
| 0,9 | 2,460 | 2,484 | 2,509 | 2,535 | 2,560 | 2,586 | 2,612 | 2,638 | 2,664 | 2,691 |
| 1,0 | 2,718 | 2,746 | 2,773 | 2,801 | 2,829 | 2,858 | 2,886 | 2,915 | 2,945 | 2,974 |
| 1,1 | 3,004 | 3,034 | 3,065 | 3,096 | 3,127 | 3,158 | 3,190 | 3,222 | 3,254 | 3,287 |
| 1,2 | 3,320 | 3,353 | 3,387 | 3,421 | 3,456 | 3,490 | 3,525 | 3,561 | 3,597 | 3,633 |
| 1,3 | 3,669 | 3,706 | 3,743 | 3,781 | 3,819 | 3,857 | 3,896 | 3,935 | 3,975 | 4,015 |
| 1,4 | 4,055 | 4,096 | 4,137 | 4,179 | 4,221 | 4,263 | 4,306 | 4,349 | 4,393 | 4,437 |
| 1,5 | 4,482 | 4,527 | 4,572 | 4,618 | 4,665 | 4,711 | 4,759 | 4,807 | 4,855 | 4,904 |
| 1,6 | 4,953 | 5,003 | 5,053 | 5,104 | 5,155 | 5,207 | 5,259 | 5,312 | 5,366 | 5,419 |
| 1,7 | 5,474 | 5,529 | 5,585 | 5,641 | 5,697 | 5,755 | 5,812 | 5,871 | 5,930 | 5,989 |
| 1,8 | 6,050 | 6,110 | 6,172 | 6,234 | 6,297 | 6,360 | 6,424 | 6,488 | 6,554 | 6,619 |
| 1,9 | 6,686 | 6,753 | 6,821 | 6,890 | 6,959 | 7,029 | 7,099 | 7,171 | 7,243 | 7,316 |
| 2,0 | 7,389 | 7,463 | 7,538 | 7,614 | 7,691 | 7,768 | 7,846 | 7,925 | 8,004 | 8,085 |
| 2,1 | 8,166 | 8,248 | 8,331 | 8,415 | 8,499 | 8,585 | 8,671 | 8,758 | 8,846 | 8,935 |
| 2,2 | 9,025 | 9,116 | 9,207 | 9,300 | 9,393 | 9,488 | 9,583 | 9,679 | 9,777 | 9,875 |
| 2,3 | 9,974 | 10,07 | 10,18 | 10,28 | 10,38 | 10,49 | 10,59 | 10,70 | 10,80 | 10,91 |
| 2,4 | 11,02 | 11,13 | 11,25 | 11,36 | 11,47 | 11,59 | 11,71 | 11,82 | 11,94 | 12,06 |
| 2,5 | 12,18 | 12,31 | 12,43 | 12,55 | 12,68 | 12,81 | 12,94 | 13,07 | 13,20 | 13,33 |
| 2,6 | 13,46 | 13,60 | 13,74 | 13,87 | 14,01 | 14,15 | 14,30 | 14,44 | 14,59 | 14,73 |
| 2,7 | 14,90 | 15,03 | 15,18 | 15,33 | 15,49 | 15,64 | 15,80 | 15,96 | 16,12 | 16,28 |
| 2,8 | 16,44 | 16,61 | 16,78 | 16,95 | 17,12 | 17,29 | 17,46 | 17,64 | 17,71 | 17,99 |
| 2,9 | 18,17 | 18,40 | 18,54 | 18,73 | 18,92 | 19,11 | 19,30 | 19,50 | 19,70 | 19,90 |
| 3,0 | 20,10 | 20,30 | 20,50 | 20,70 | 20,91 | 21,12 | 21,33 | 21,54 | 21,80 | 21,98 |
| 3,1 | 22,20 | 22,42 | 22,65 | 22,87 | 23,10 | 23,34 | 23,57 | 23,81 | 24,05 | 24,30 |
| 3,2 | 24,53 | 24,80 | 25,03 | 25,30 | 25,53 | 25,79 | 26,05 | 26,31 | 26,58 | 26,84 |
| 3,3 | 27,11 | 27,39 | 27,66 | 27,94 | 28,22 | 28,50 | 28,79 | 29,08 | 29,37 | 29,67 |
| 3,4 | 29,96 | 30,27 | 30,57 | 30,88 | 31,19 | 31,50 | 31,82 | 32,14 | 32,46 | 32,79 |
| 3,5 | 33,12 | 33,45 | 33,79 | 34,12 | 34,47 | 34,81 | 35,16 | 35,52 | 35,87 | 36,23 |

# TABLEAU XXIII (Annexe à l'Abaque 62)

## VALEURS DE $e^n$ (3,6 à 20)

| n | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 3,6 | 36,60 | 36,97 | 37,34 | 37,71 | 38,09 | 38,48 | 38,86 | 39,25 | 39,65 | 40,05 |
| 3,7 | 40,45 | 40,85 | 41,26 | 41,68 | 42,10 | 42,52 | 42,95 | 43,38 | 43,82 | 44,26 |
| 3,8 | 44,70 | 45,15 | 45,60 | 46,06 | 46,53 | 46,99 | 47,47 | 47,94 | 48,42 | 48,91 |
| 3,9 | 49,40 | 50,00 | 50,40 | 50,91 | 51,42 | 51,94 | 52,46 | 53,00 | 53,52 | 54,06 |
| 4,0 | 54,60 | 55,15 | 55,70 | 56,26 | 56,83 | 57,40 | 57,98 | 58,56 | 59,15 | 59,74 |
| 4,1 | 60,34 | 60,95 | 61,56 | 62,18 | 62,80 | 63,43 | 64,07 | 64,72 | 65,37 | 66,02 |
| 4,2 | 66,69 | 67,36 | 68,03 | 68,72 | 69,41 | 70,11 | 70,81 | 71,52 | 72,24 | 72,97 |
| 4,3 | 73,70 | 74,44 | 75,19 | 75,95 | 76,71 | 77,49 | 78,26 | 79,04 | 79,84 | 80,64 |
| 4,4 | 81,45 | 82,27 | 83,10 | 83,93 | 84,78 | 85,63 | 86,49 | 87,36 | 88,24 | 89,12 |
| 4,5 | 90,02 | 90,92 | 91,84 | 92,76 | 93,69 | 94,63 | 95,58 | 96,54 | 97,51 | 98,49 |
| 4,6 | 99,48 | 100,5 | 101,5 | 102,5 | 103,5 | 104,6 | 105,6 | 106,7 | 107,8 | 108,9 |
| 4,7 | 110,0 | 111,1 | 112,2 | 113,3 | 114,4 | 115,6 | 116,8 | 117,9 | 119,1 | 120,3 |
| 4,8 | 121,5 | 122,7 | 124,0 | 125,2 | 126,5 | 127,7 | 129,0 | 130,3 | 131,6 | 133,0 |
| 4,9 | 134,3 | 135,6 | 137,0 | 138,4 | 139,8 | 141,2 | 142,6 | 144,0 | 145,5 | 147,0 |
| 5,0 | 148,4 | 149,9 | 151,4 | 152,9 | 154,5 | 156,0 | 157,6 | 159,2 | 160,8 | 162,4 |
| 5,1 | 164,0 | 165,7 | 167,3 | 169,0 | 170,7 | 172,4 | 174,2 | 175,9 | 177,7 | 179,5 |
| 5,2 | 181,3 | 183,1 | 184,9 | 186,8 | 188,7 | 190,6 | 192,5 | 194,4 | 196,4 | 198,3 |
| 5,3 | 200,3 | 202,3 | 204,4 | 206,4 | 208,5 | 210,6 | 212,7 | 214,9 | 217,0 | 219,2 |
| 5,4 | 221,4 | 223,6 | 225,9 | 228,2 | 230,4 | 232,8 | 235,1 | 237,5 | 239,9 | 242,3 |
| 5,5 | 244,7 | 247,2 | 249,6 | 252,1 | 254,7 | 257,2 | 259,8 | 262,4 | 265,1 | 267,7 |
| 5,6 | 270,4 | 273,1 | 275,9 | 278,7 | 281,5 | 284,3 | 287,2 | 290,0 | 293,0 | 295,9 |
| 5,7 | 298,9 | 301,9 | 304,9 | 308,0 | 311,0 | 314,2 | 317,4 | 320,5 | 323,8 | 327,0 |
| 5,8 | 330,3 | 333,6 | 337,0 | 340,4 | 343,8 | 347,2 | 350,7 | 354,3 | 357,8 | 361,4 |
| 5,9 | 365,0 | 368,7 | 372,4 | 376,1 | 379,9 | 383,7 | 387,6 | 391,5 | 395,4 | 399,4 |
| 6,0 | 403,4 | 407,5 | 411,6 | 415,7 | 419,9 | 424,1 | 428,4 | 432,7 | 437,0 | 441,4 |
| 6 | 403,4 | 445,9 | 492,8 | 544,6 | 601,8 | 665,1 | 735,1 | 812,4 | 897,8 | 992,3 |
| 7 | 1097 | 1212 | 1339 | 1480 | 1636 | 1808 | 1998 | 2208 | 2441 | 2697 |
| 8 | 2981 | 3294 | 3641 | 4024 | 4447 | 4915 | 5432 | 6003 | 6634 | 7332 |
| 9 | 8103 | 8955 | 9897 | 10940 | 12090 | 13360 | 14770 | 16320 | 18030 | 19930 |
| 10 | 22030 | 24340 | 26900 | 29730 | 32860 | 36310 | 40130 | 44350 | 49020 | 54170 |
| 11 | 59870 | 66170 | 73130 | 80820 | 89320 | 98710 | 109100 | 120600 | 133200 | 147300 |
| 12 | 162750 | 179900 | 198800 | 219700 | 242800 | 268300 | 296500 | 327700 | 362200 | 400300 |
| 13 | $0,44241 \cdot 10^5$ | | | | 17 | $24,15 \cdot 10^6$ | | | | |
| 14 | $1,20226 \cdot 10^5$ | | | | 18 | $65,66 \cdot 10^6$ | | | | |
| 15 | $3,269 \cdot 10^5$ | | | | 19 | $178,5 \cdot 10^6$ | | | | |
| 16 | $8,8861 \cdot 10^5$ | | | | 20 | $485,2 \cdot 10^6$ | | | | |

# TABLEAU XXIV (Annexe à l'Abaque 73)

## FILS SPÉCIAUX ISOLÉS A L'ÉMAIL POUR TRANSFORMATEURS

| Diamètre du fil nu en m/m | Intensité en ampères pour une densité de courant de : | | | Section mm² | Résistance pour 100 mètres Ohms | Poids par mètre grammes | Diamètre du fil recouvert mm |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2 A/mm² | 2,5 A/mm² | 3 A/mm² | | | | |
| 0,05 | 0,004 | 0,005 | 0,006 | 0,00196 | 908 | 0,021 | 0,08 |
| 0,07 | 0,008 | 0,010 | 0,011 | 0,0038 | 468 | 0,040 | 0,10 |
| 0,08 | 0,010 | 0,013 | 0,015 | 0,0050 | 356 | 0,049 | 0,115 |
| 0,09 | 0,013 | 0,016 | 0,019 | 0,0064 | 278 | 0,0627 | 0,127 |
| 0,10 | 0,016 | 0,02 | 0,024 | 0,0078 | 228 | 0,0806 | 0,138 |
| 0,12 | 0,022 | 0,028 | 0,034 | 0,0113 | 158 | 0,115 | 0,163 |
| 0,15 | 0,035 | 0,045 | 0,053 | 0,0177 | 100,4 | 0,1785 | 0,200 |
| 0,16 | 0,040 | 0,050 | 0,060 | 0,0201 | 87,0 | 0,203 | 0,212 |
| 0,18 | 0,051 | 0,063 | 0,076 | 0,0254 | 70,2 | 0,256 | 0,236 |
| 0,20 | 0,063 | 0,080 | 0,094 | 0,0314 | 56,7 | 0,314 | 0,259 |
| 0,22 | 0,076 | 0,095 | 0,114 | 0,0380 | 46,8 | 0,379 | 0,282 |
| 0,25 | 0,098 | 0,120 | 0,147 | 0,0491 | 36,3 | 0,487 | 0,316 |
| 0,27 | 0,114 | 0,143 | 0,171 | 0,0572 | 31,1 | 0,557 | 0,342 |
| 0,28 | 0,123 | 0,154 | 0,184 | 0,0616 | 28,9 | 0,602 | 0,350 |
| 0,30 | 0,141 | 0,175 | 0,212 | 0,0707 | 25,2 | 0,694 | 0,374 |
| 0,32 | 0,161 | 0,201 | 0,241 | 0,0884 | 21,9 | 0,868 | 0,396 |
| 0,35 | 0,190 | 0,240 | 0,289 | 0,0962 | 18,5 | 0,946 | 0,430 |
| 0,38 | 0,227 | 0,283 | 0,340 | 0,1134 | 15,7 | 1,11 | 0,460 |
| 0,40 | 0,251 | 0,310 | 0,377 | 0,1257 | 14,2 | 1,22 | 0,487 |
| 0,45 | 0,318 | 0,400 | 0,477 | 0,159 | 11,2 | 1,54 | 0,540 |
| 0,50 | 0,390 | 0,490 | 0,588 | 0,196 | 9,08 | 1,88 | 0,595 |
| 0,55 | 0,476 | 0,600 | 0,714 | 0,238 | 7,48 | 2,27 | 0,650 |
| 0,60 | 0,566 | 0,700 | 0,849 | 0,283 | 6,29 | 2,69 | 0,700 |
| 0,65 | 0,664 | 0,830 | 1,0 | 0,332 | 5,36 | 3,17 | 0,750 |
| 0,70 | 0,770 | 0,960 | 1,16 | 0,385 | 4,62 | 3,65 | 0,810 |
| 0,75 | 0,884 | 1,1 | 1,33 | 0,442 | 4,03 | 4,30 | 0,860 |
| 0,80 | 1,01 | 1,25 | 1,51 | 0,503 | 3,54 | 4,96 | 0,920 |
| 0,85 | 1,14 | 1,41 | 1,70 | 0,568 | 3,13 | 5,48 | 0,970 |
| 0,90 | 1,27 | 1,6 | 1,91 | 0,636 | 2,80 | 6,00 | 1,03 |
| 0,95 | 1,42 | 1,77 | 2,13 | 0,709 | 2,51 | 6,70 | 1,08 |
| 1,00 | 1,57 | 1,96 | 2,36 | 0,785 | 2,27 | 7,40 | 1,13 |
| 1,10 | 1,90 | 2,38 | 2,85 | 0,950 | 1,88 | 8,95 | 1,23 |
| 1,20 | 2,26 | 2,83 | 3,39 | 1,131 | 1,58 | 10,65 | 1,34 |
| 1,25 | 2,45 | 3,06 | 3,68 | 1,227 | 1,45 | 11,58 | 1,39 |
| 1,30 | 2,65 | 3,32 | 3,98 | 1,327 | 1,34 | 12,5 | 1,44 |
| 1,40 | 3,08 | 3,85 | 4,62 | 1,539 | 1,16 | 14,52 | 1,55 |
| 1,50 | 3,53 | 4,42 | 5,30 | 1,767 | 1,01 | 16,40 | 1,64 |
| 1,60 | 4,02 | 5,03 | 6,03 | 2,010 | 0,887 | 18,85 | 1,75 |
| 1,70 | 4,54 | 5,67 | 6,81 | 2,27 | 0,785 | 21,20 | 1,86 |
| 1,80 | 5,09 | 6,36 | 7,64 | 2,545 | 0,700 | 23,80 | 1,96 |
| 1,90 | 5,67 | 7,08 | 8,50 | 2,835 | 0,628 | 26,50 | 2,07 |
| 2,00 | 6,28 | 7,87 | 9,42 | 3,141 | 0,567 | 29,40 | 2,18 |
| 2,20 | 7,60 | 9,5 | 11,40 | 3,801 | 0,468 | 35,60 | 2,40 |
| 2,50 | 9,82 | 10,3 | 14,73 | 4,909 | 0,363 | 45,80 | 2,80 |
| 3,00 | 14,14 | 17,7 | 21,20 | 7,069 | 0,252 | 66,00 | 3,35 |
| 3,50 | 19,24 | 24,05 | 28,86 | 9,62 | 0,185 | 90,50 | 3,90 |
| 4,00 | 25.14 | 31,43 | 37.71 | 12,57 | 0,142 | 118,00 | 4,45 |




LE développement industriel toujours croissant de la Radio et de ses débouchés explique les grands besoins de l'Industrie en techniciens de —— valeur, depuis le simple monteur jusqu'à l'ingénieur conseil. —— *Aucun diplôme* n'est plus apprécié par les chefs d'entreprise que celui —————— que décerne en fin d'études ——————

# L'ÉCOLE CENTRALE DE T.S.F.

*La grande école française de la Radio*

## JEUNES GENS...

qui lisez cette Revue et qui aimez la Radio, soyez prévoyants, préparez dès maintenant votre avenir en vous inscrivant aux COURS du JOUR — du SOIR — ou par CORRESPONDANCE de

# L'ÉCOLE CENTRALE DE T.S.F.

*La pépinière des Radios français*

qui, en quelques années, a déjà instruits, formés, diplômés et pourvus de situations enviables plus de

## 15.000 JEUNES TECHNICIENS

● *Demandez-nous le* « Guide des Carrières professionnelles militaires T. S. F.

# ECOLE CENTRALE DE T-S-F

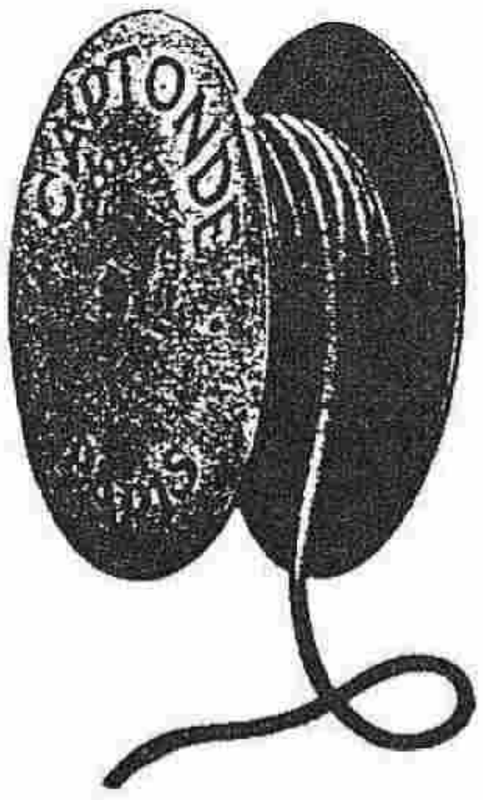
**12 rue de la Lune PARIS 2e** **Telephone_Central 78.87**

# RÉSISTANCES POUR APPAREILS DE MESURES

*BOITES DE RESISTANCES*

Etude de toutes applications spéciales pour appareils scientifiques

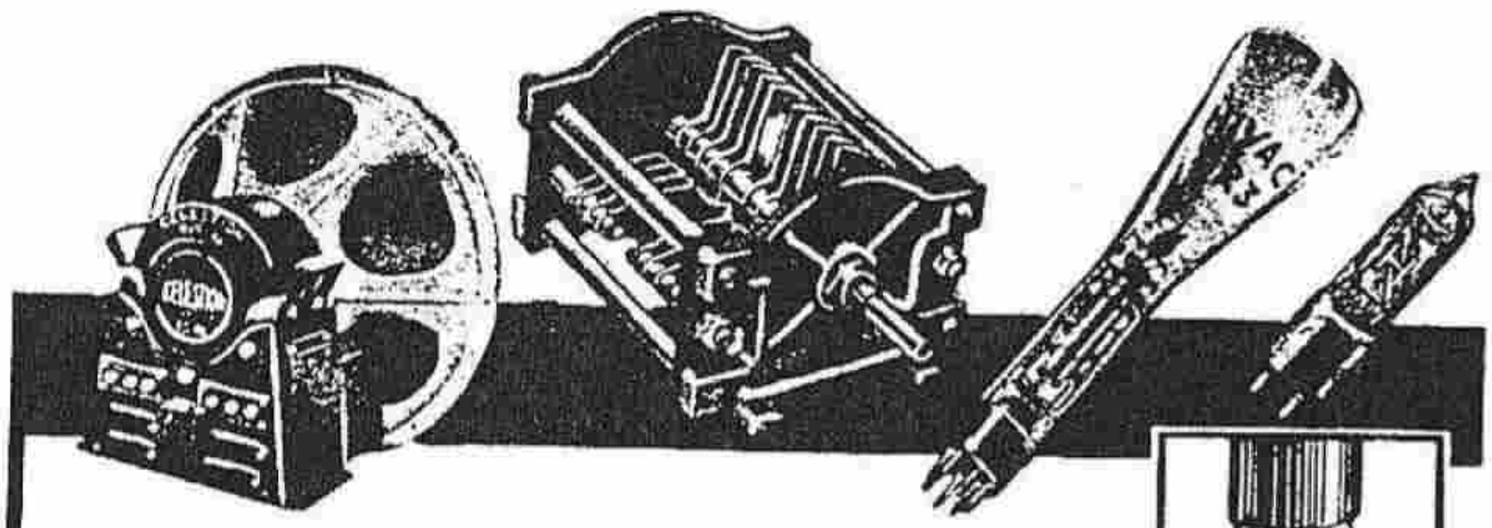
## Cordes résistantes




| Ohms par mètre | Diamètre 1 m/m mA. | Diamètre 2 m/m mA. | Ohms par mètre | Diamètre 1 m/m mA. | Diamètre 2 m/m mA. | Ohms par mètre | Diamètre 1 m/m mA. | Diamètre 2 m/m mA. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 100 | 500 | 1.000 | 25.000 | 17 | 24 | 200.000 | 6.3 | 8.6 |
| 200 | 300 | 500 | 30.000 | 16 | 22 | 250.000 | 5.6 | 7.7 |
| 500 | 200 | 300 | 40.000 | 14 | 19 | 300.000 | 5.1 | 7 |
| 1.000 | 100 | 150 | 50.000 | 12 | 17 | 400.000 | 4.4 | 6.1 |
| 2.500 | 60 | 80 | 60.000 | 11 | 15 | 500.000 | 4 | 5.4 |
| 5.000 | 40 | 54 | 80.000 | 10 | 14 | 600.000 | | 5 |
| 10.000 | 28 | 38 | 90.000 | 9.4 | 12.9 | 800.000 | | 4.3 |
| 15.000 | 23 | 31 | 100.000 | 8.9 | 12.3 | 1 M.O. | | 3.8 |
| 20.000 | 20 | 27 | 150.000 | 7.3 | 10 | | | |

● *Documentation sur simple demande*

Ets **M. BARINGOLZ** ING. E.S.E. — LICENCIÉ ÈS-SCIENCES. —
103, Bd Lefebvre - PARIS (15e). Tél. VAU 00-79




CABLES HF COAXIAUX pour toutes intensités - Tubes cathodiques et lampes miniature « HIVAC » - Matériel spécial Ondes Courtes « EDDYSTONE » - Hauts-Parleurs « CELESTION-AUDITORIUM » - CONDENSATEURS DE COMPENSATION p. lignes téléphoniques - Condensateurs HT à diélectrique nitrogène - SERPENTINS de refroidissement en céramique - INSTRUMENTS DE MESURES HF. Modèles exclusifs.

●

Agents exclusifs : Ets ELMA
10, rue Théophraste - Renaudot
PARIS-XV$^{e}$ - Tél. : VAU. 07-08

**FIN**

**IMPRIME PAR :**
**EDITIONS BIBLOS**
**38 rue de Fenouillet**
**31140 SAINT ALBAN**

**DEPOT LEGAL : AVRIL 1999**

**ISBN N° : 2-913365-04-3**
**PRIX PUBLIC : 199 F**

