



$$G = \frac{1}{R}$$
$$I = i + i'$$
$$R = \rho \frac{L}{S}$$
$$\rho = \frac{P_s}{L}$$

FORMULAIRE

$$1\text{mho} = \frac{1}{1\text{ohm}}$$

Cours de radio par correspondance

Formulaire 13
-Groupe 32-

COURS DE RADIO

Dans ce formulaire, on a rassemblé certaines courbes et diagrammes, dans le but de faciliter les quelques calculs que l'on doit habituellement faire.

Avant de fournir les indications propres à l'usage de ces diagrammes, il est nécessaire de vous expliquer pourquoi ici, comme souvent sur d'autres tableaux, on a préféré se servir d'une échelle particulière, aussi bien pour les abscisses que pour les ordonnées.

DIAGRAMME AVEC ECHELLE LOGARITHMIQUE

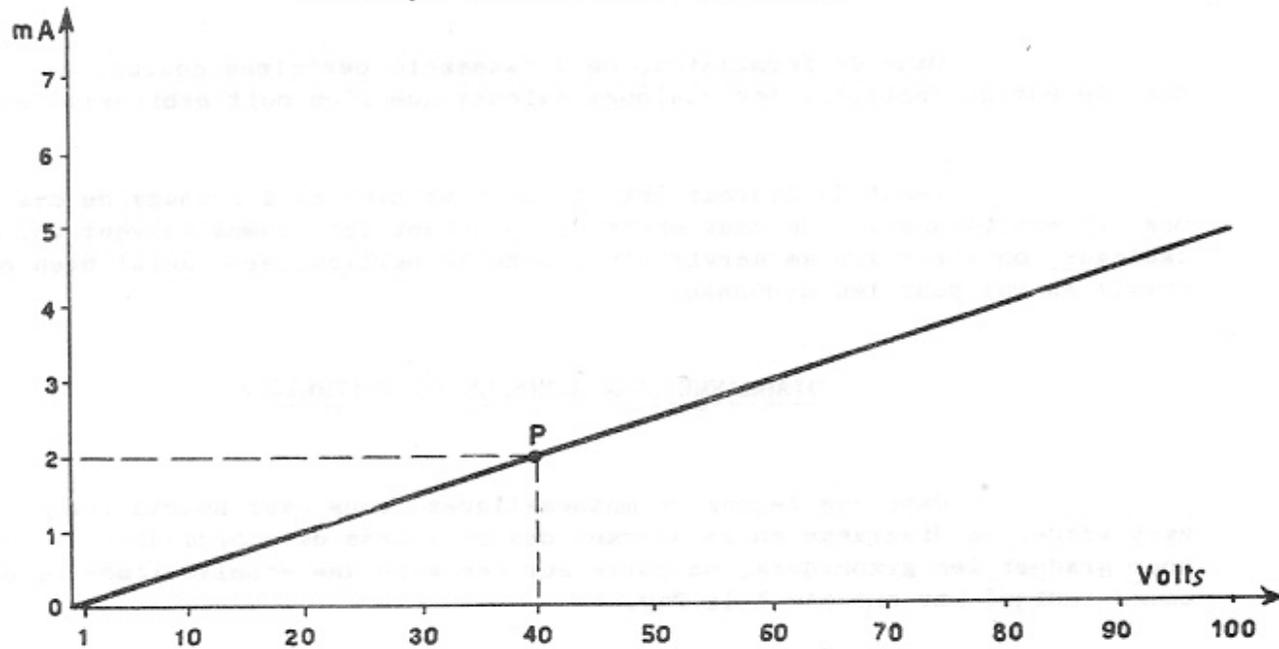
Dans les leçons de mathématiques, vous avez appris comment on pouvait tracer un diagramme en se servant des deux axes de coordonnées. Normalement, pour graduer les graphiques, on porte sur ces axes une échelle linéaire en valeur, comme indiqué par exemple à la Fig. 1-.

Si, dans ce graphique, on désire lire, par exemple, le point correspondant à 1 Volt, on note que la lecture est assez difficile parce que 1 Volt est représenté par un trait égal à la centième partie de toute l'échelle des Volts portée en abscisse.

2-

Formulaire 13

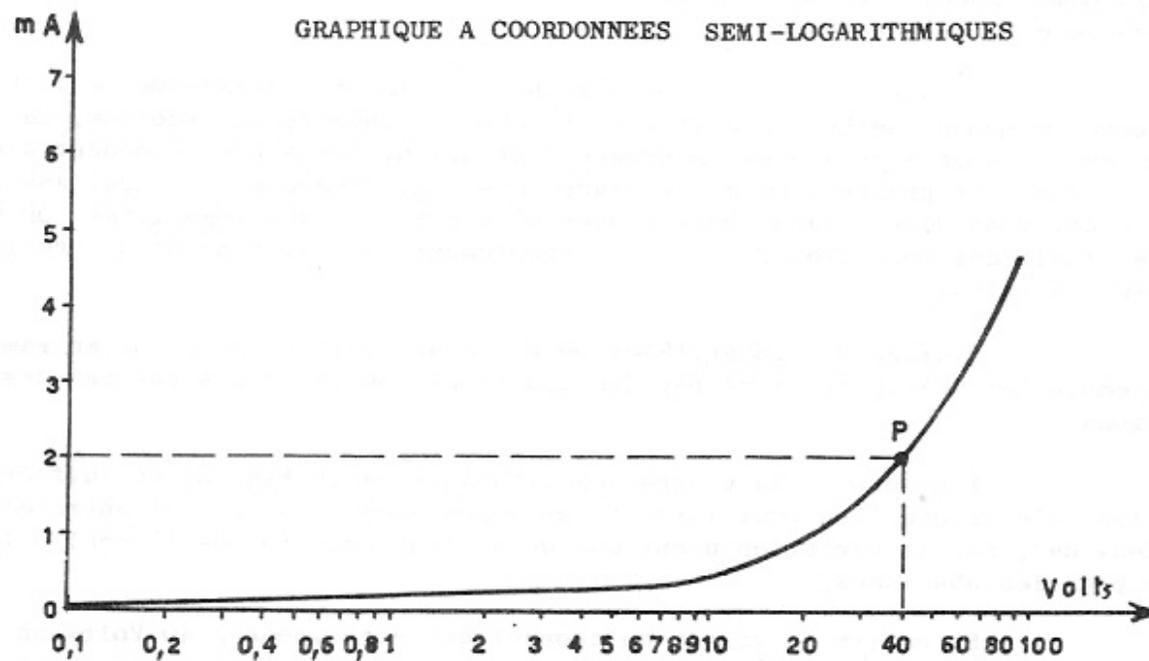
GRAPHIQUE A COORDONNEES LINEAIRES



- Fig. 1 -

Formulaire 13

3-



- Fig. 2 -

Pour éviter cet inconvénient, et avoir la possibilité de lire, sur un seul graphique, les valeurs qui nous intéressent dans un large domaine, toujours avec la même approximation, on préfère utiliser des échelles basées sur une loi particulière de mathématiques.

A la Fig. 2-, vous pouvez observer le même diagramme de la Fig. 1- avec échelle LOGARITHMIQUE en abscisse et échelle linéaire en ordonnée. Le LOGARITHME est un nombre pris dans une progression arithmétique correspondant à un nombre pris dans une progression géométrique, ces deux progressions étant assujetties à des conditions déterminées. Pour passer d'un nombre à son logarithme, on utilise une "Table des Logarithmes", ou plus simplement mais avec moins de précision une règle à calcul.

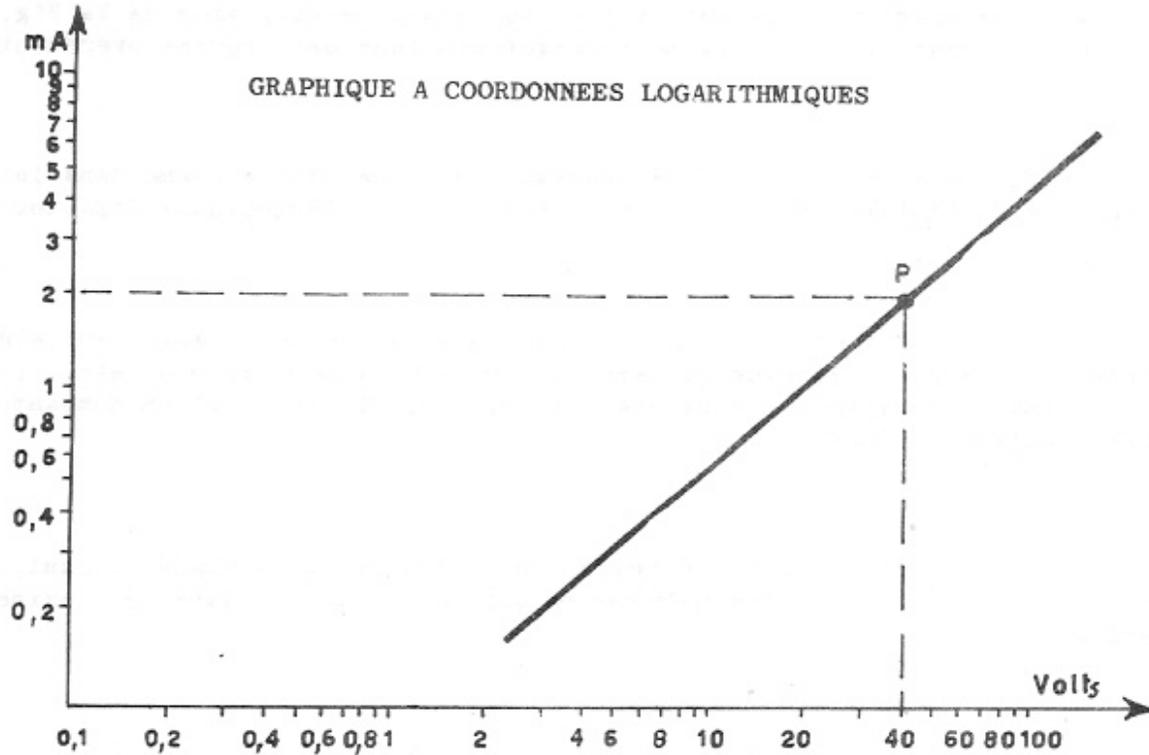
L'usage des logarithmes permet d'abrégier les calculs, en remplaçant par exemple les multiplications par des additions, ou les divisions par des soustractions.

L'allure de la courbe logarithmique de la Fig. 2- est différente, mais les valeurs que l'on peut lire en correspondance, sont égales entre elles dans les deux cas, car la variation n'est due qu'à l'introduction de l'échelle logarithmique pour les abscisses.

Si on lit la valeur du courant qui correspond à 40 Volts on aura, sur les deux graphiques, 2 mA (point "P" des Fig. 1- et 2-). Sur les abscisses, vous pouvez maintenant lire facilement jusqu'à 0,1 Volt, mais on peut encore noter que les valeurs des ordonnées pour des tensions inférieures à 1 Volt, restent difficiles à lire.

Formulaire 13

5-



- Fig. 3 -

6-

Formulaire 13

En plaçant encore une échelle logarithmique sur les ordonnées, on éliminera ce dernier inconvénient et l'on obtiendra le diagramme de la Fig. 3- dans lequel on représente toujours la même caractéristique des figures précédentes.

Dans ce cas, on a de nouveau une ligne droite comme dans la Fig. 1-, mais on a la possibilité de lire très facilement jusqu'à quelques dizaines de mA.

Comme l'échelle logarithmique n'a pas de zéro, elle peut s'étendre soit vers les valeurs les plus élevées (1, 10, 100, 1.000, 10.000, etc....) soit vers les valeurs les plus basses (1, 0,1, 0,001 etc.....) en donnant toujours la même facilité de lecture.

En électricité, l'échelle logarithmique est d'usage courant, en particulier, pour représenter les phénomènes qui se produisent dans le domaine électro-acoustique.

Nous serons également amenés à employer de telles échelles, car elles permettent une lecture plus précise dans un domaine de mesures plus vaste.

ABAQUES POUR LA CONVERSION EN DECIBEL DE RAPPORTS DE

TENSIONS OU DE PUISSANCES ET INVERSEMENT

Si l'intensité d'un son augmente linéairement, l'oreille humaine, frappée par ce son, détermine une réaction nerveuse qui n'augmente pas linéairement mais de manière logarithmique.

L'introduction d'une unité de mesure spéciale, qui puisse traduire cette réaction auditive et qui puisse ainsi servir en électro-acoustique a donc été rendue nécessaire.

Cette unité de mesure est le DECIBEL ; c'est une unité relative, dont le niveau de référence peut être de valeur quelconque.

Les installations électro-acoustiques, c'est-à-dire amplificateurs, micros, translateurs, etc , peuvent être cataloguées en se servant de cette unité.

Au lieu de dire d'un amplificateur qu'il amplifie 100 fois, on dira qu'il a un gain de 40 db en puissance.

Un exemple peut éclairer l'utilité de cette manière d'expression de l'amplification (ou de l'atténuation) des tensions (ou des puissances) dans le cas de circuits amplificateurs "B.F."

Si nous considérons l'amplificateur précité ($A = 100$ fois = 40 db)

8-

Formulaire 13

relié à un haut-parleur, en injectant une tension "B.F." à l'entrée, nous obtenons une intensité sonore de valeur déterminée en sortie.

Si l'on désire doubler l'impression sonore, il ne sera pas suffisant de doubler l'amplification, mais on devra doubler le nombre qui représente le gain de l'amplificateur en "db".

Nous aurons donc :

$$40 \times 2 = 80 \text{ db}$$

ce qui correspond à une amplification de 10.000 fois.

Dans les montages radio, l'amplification peut se faire en tension, ou en puissance. Il suffit de faire le rapport entre les tensions d'entrée et de sortie, ou entre les puissances d'entrée et de sortie.

Tous deux peuvent s'exprimer en "db".

Il ne faut toutefois pas oublier que la valeur exacte du GAIN D'UN AMPLIFICATEUR DOIT SE FAIRE EN PUISSANCE et non pas en tension, parce que le plus généralement l'impédance d'entrée est différente de l'impédance de sortie. Or l'intensité sonore analysée par notre oreille, c'est bien la puissance de sortie.

ECHELLE EN DECIBELS

Le décibel est donc une unité de gain ou de perte sonore qui sert à exprimer l'efficacité acoustique d'un amplificateur, d'un filtre, d'un microphone, etc.

La progression géométrique que l'on adopte par introduction des logarithmes vient du fait que l'oreille humaine ne perçoit pas les intensités croissantes de son en progression continue, mais suivant les divisions égales d'une échelle logarithmique : c'est la loi de WEBER - FECHNER.

Pour donner plus de "relief" à une courbe de réponse "B.F.", une courbe de sélectivité des circuits "M.F.", ou une courbe d'action du circuit anti-fading, on emploie une échelle graduée en décibels.

Il est donc important pour vous de savoir traduire rapidement les décibels en gain (en volts ou en watts) et inversement.

Les règles fondamentales sont au nombre de trois :

1- Lorsque le gain est exprimé par un certain rapport "V" de tensions, son équivalent en "db" est :

$$\text{db} = 20 \log. V.$$

10-

Formulaire 13

2- Lorsque le gain est exprimé par un certain rapport "W" de puissances, son équivalent en "db" est :

$$\text{db} = 10 \log. W$$

3- Les affaiblissements s'expriment en décibels NEGATIFS à partir du niveau pris comme référence.

Influence des Impédances.

Lorsqu'il s'agit d'un gain en puissance d'un amplificateur, vous pouvez parfaitement l'exprimer directement en "db", puisque par définition même le décibel exprime un rapport de puissances. Dans ce cas là, on peut ne pas tenir compte des impédances de sortie et d'entrée implicitement inclus dans chaque valeur de puissance.

Par exemple :

$$W_e = \text{puissance à l'entrée} = 1 \text{ mW}$$

$$W_s = \text{puissance à la sortie} = 10 \text{ W}$$

$$\begin{aligned} \text{Gain en puissance} &= 10 \log. \frac{W_s}{W_e} \\ &= 10 \log. \frac{10}{10^{-3}} = 10 \log. 10^4 = 40 \text{ db} \end{aligned}$$

Par contre, il ne faut jamais omettre d'exprimer un gain en tension d'un amplificateur sans tenir compte des impédances d'entrée et de sortie.

La seule formule valable est :

$$\text{Gain en puissance} = 20 \log. \frac{V_s}{V_e} + 10 \log. \frac{Z_e}{Z_s}$$

où : V_s = Tension à la sortie - Z_s = Impédance à la sortie
 V_e = Tension à l'entrée - Z_e = Impédance à l'entrée

LECTURE DIRECTE DES PUISSANCES ET UTILISATION
DU CONTROLÉUR UNIVERSEL

Pour plus de facilité, on peut exprimer directement une puissance quelconque en décibels, mais en prenant soin dans ce cas-là, de choisir une référence ("niveau zéro"). Plusieurs "référence"zéro" existent à l'heure actuelle.

a- Référence zéro correspondant à une puissance de 6 mW dissipée dans une impédance de 500 Ω . Le "zéro" db correspond alors à :

$$V = \sqrt{W \times Z} = \sqrt{3} = 1,732 \text{ V.}$$

b- Référence zéro correspondant à une puissance de 1 mW dissipée

12-

Formulaire 13

dans une impédance de 600Ω . Le zéro correspond à :

$$V = 0,774 \text{ V.}$$

c- Référence correspondant à une puissance de 50 mW dissipée dans une impédance de 400Ω . Le zéro correspond à :

$$V = \sqrt{50 \cdot 10^{-3} \times 400} = \sqrt{20}, \text{ soit } 4,46 \text{ Volts}$$

C'est cette dernière référence que nous avons choisie pour votre contrôleur universel.

=====

EMPLOI DU CONTROLEUR UNIVERSEL EN OUT-PUT METER

=====

Borne "B.F." et borne 10- (ou 50, ou 250, ou 500) Volts C.A.

Contrôleur universel en utilisation Voltmètre alternatif.

Lecture directe en db sur borne 10 Volts C.A.

ajouter + 14 db avec utilisation de la borne 50 Volts C.A.
 + 28 db avec utilisation de la borne 250 Volts C.A.
 + 34 db avec utilisation de la borne 500 Volts C.A.

Exemple de lecture : L'aiguille indique 7 Volts C.A. (échelle 0 à 10 Volts C.A.)

Si vous avez utilisé la borne 10 Volts C.A. : Gain = + 4 db

Si vous avez utilisé la borne 50 Volts C.A. : Gain = + 4 (+14) = + 18 db

Si vous avez utilisé la borne 250 Volts C.A. : Gain = + 4 (+28) = + 32 db

Si vous avez utilisé la borne 500 Volts C.A. : Gain = + 4 (+34) = + 38 db.

EXEMPLE DE CALCUL DU GAIN EN PUISSANCE

A l'entrée d'un amplificateur, on injecte une tension alternative de 0,1 V. venant d'un lecteur phonographique ; l'impédance d'entrée est de 0,5 MΩ.

A la sortie, l'on trouve 1 V. sur le haut-parleur ; l'impédance du "H.P." est de 2,5 Ω (Fig. 4-).

En faisant le rapport des tensions, nous trouvons :

$$\frac{1}{0,1} = 10$$

sur l'abaque, cela correspond à 20 db.

Cela est faux ; car l'entrée de l'amplificateur est de 0,5 MΩ et la sortie de 2,5 Ω.

Voyons ce que cela représente en puissance :

$$\text{Entrée : } \frac{V^2}{R} = \frac{0,1^2}{0,5 \text{ M}\Omega} = \frac{0,1 \times 0,1}{500.000} = \frac{10^{-2}}{5 \cdot 10^5} = \frac{10^{-7}}{5} = \frac{10 \times 10^{-8}}{5} = 2 \cdot 10^{-8}$$

$$\text{Sortie : } \frac{V^2}{R} = \frac{1^2}{2,5} = 0,4 \text{ W.}$$

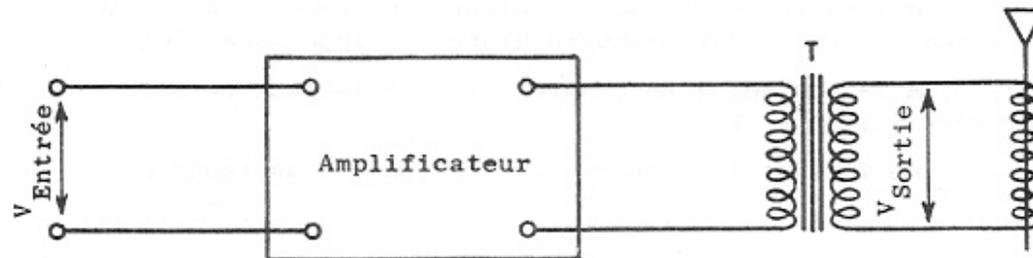
Le gain REEL en puissance est :

$$\frac{0,4}{2 \cdot 10^{-8}} = \frac{4 \cdot 10^7}{2} = 2 \cdot 10^7$$

soit 73 db, alors que le premier calcul inexact indiquait plus haut 20 db.

14-

Formulaire 13



- Fig. 4 -

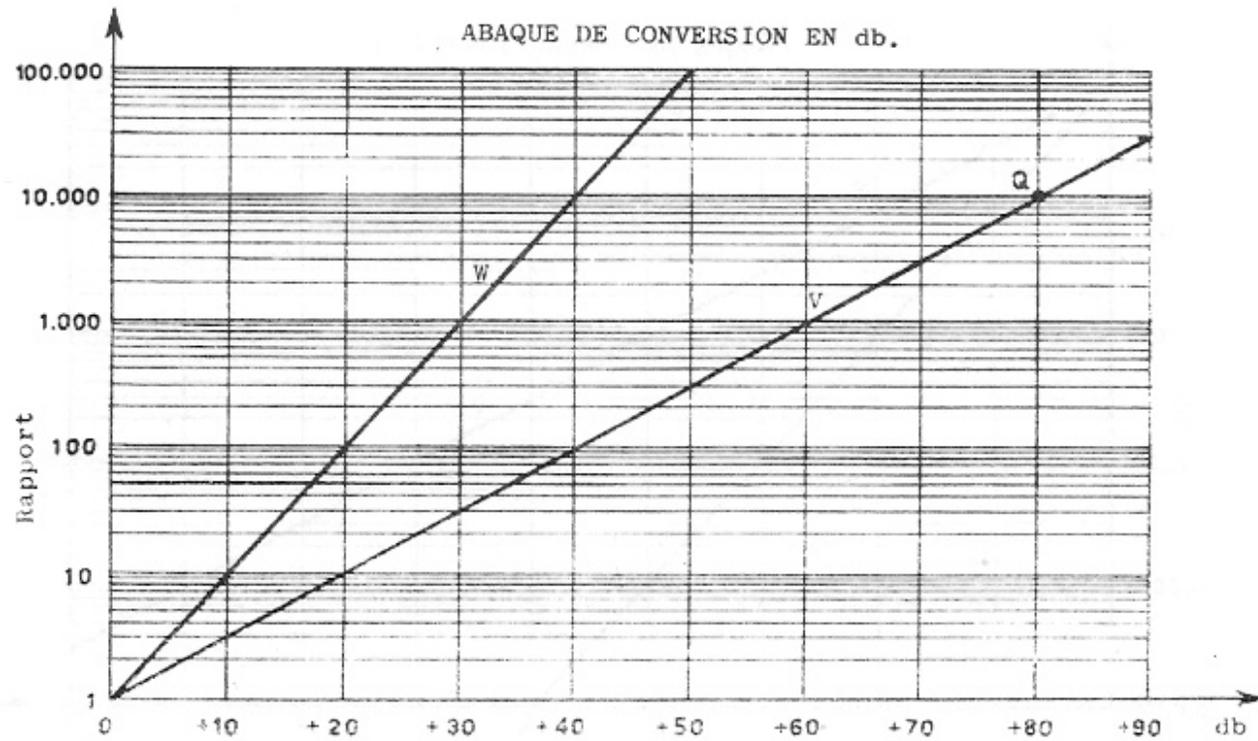
D'ailleurs, la formule du Gain (en puissance) établie au paragraphe précédent donnait tout de suite la solution :

$$\begin{aligned}
 \text{Gain (en puissance)} &= 20 \log. \frac{V_s}{V_e} + 10 \log. \frac{Z_e}{Z_s} \\
 &= 20 \log. \frac{1}{0,1} + 10 \log. \frac{500.000}{2,5} \\
 &= 20 \log. 10 + 10 \log. 200.000 = 20 \times 1 + 10 \times 5,3 \\
 &= 20 + 53 = 73 \text{ db}
 \end{aligned}$$

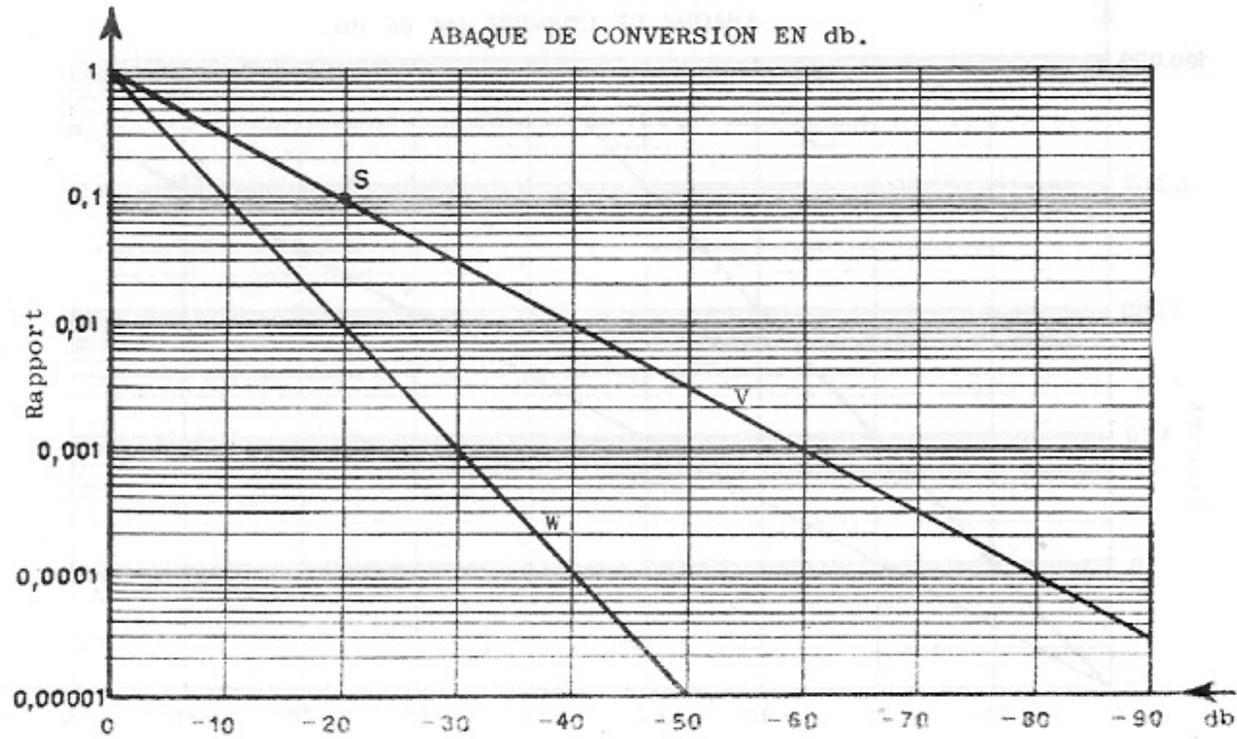
Les abaques des Fig. 5- et 6- permettent d'obtenir la conversion en décibels des rapports auxquels ils correspondent, et inversement.

Formulaire 13

15-



- Fig. 5 -



- Fig. 6 -

Formulaire 13

17-

Comme dans une installation on peut avoir une amplification ou gain, mais aussi une atténuation ou perte, le nombre qui indique les "db", doit être positif dans le premier cas et négatif dans le deuxième.

Il est donc nécessaire de faire deux abaques.

Les diagrammes sont du type à coordonnées semi-logarithmiques (échelle linéaire pour les abscisses et logarithmique pour les ordonnées).

Pour obtenir la conversion, il suffit d'effectuer la lecture sur la ligne "W" (puissance) ou sur la ligne "V" (tension).

Les "db" peuvent s'additionner ou se soustraire. Un exemple éclairera l'emploi de cette unité.

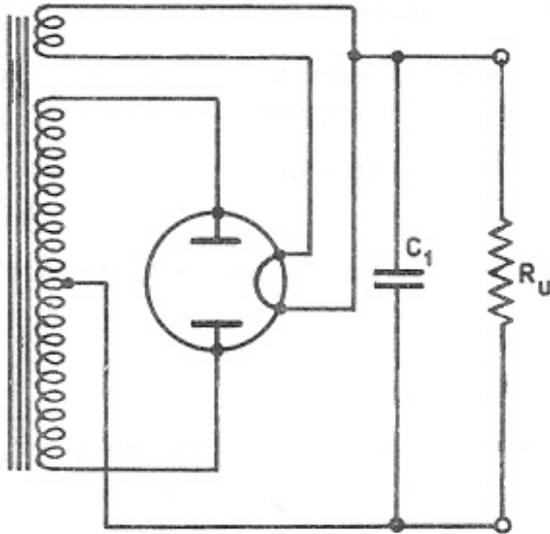
Exemple :

Un amplificateur est relié à un transformateur avec haut-parleur.

Sachant que la tension d'entrée dans l'amplificateur est de 5 mV, que le gain en tension obtenu dans l'amplificateur est 10.000 et que le rapport de transformation du transformateur est :

$$N = 0,1.$$

on désire connaître de combien de "db" est le gain total en tension entre l'entrée



- Fig. 7 -

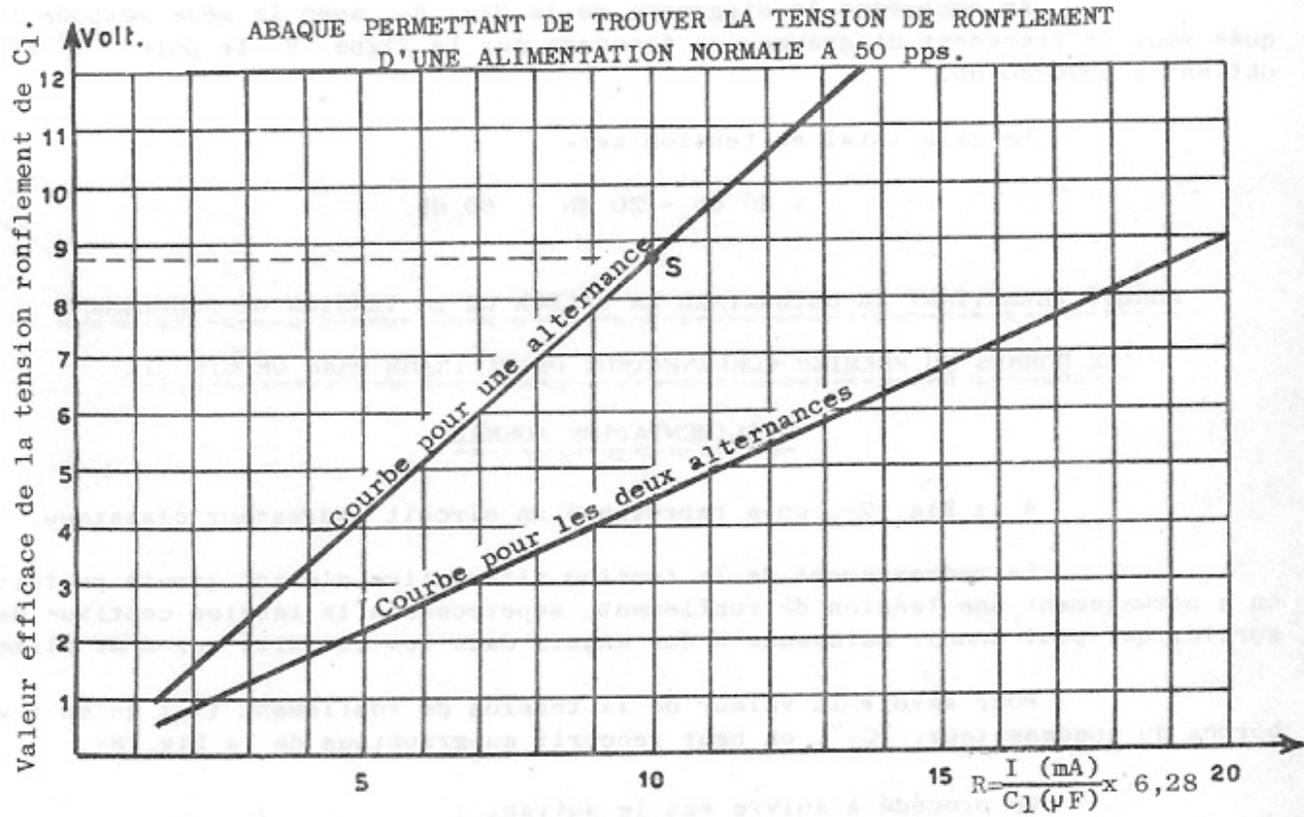
de l'amplificateur et la bobine du haut parleur : on compare donc ici un niveau de sortie à un niveau de référence, et non le gain de l'amplificateur qui n'aurait, comme on l'a dit plus haut, de valeur qu'en puissance.

Solution :

Sur la Fig. 5- on peut lire immédiatement le gain de l'amplificateur en "db".

On trace la droite horizontale d'ordonnée 10.000 : elle coupe la courbe "V" au point "Q" : on lit donc en correspondance + 80 db sur l'abscisse.

Si le rapport de transformation du transformateur est de 0,1, cela veut dire que le transformateur d'énergie a un rapport inférieur à 1, et on aura une atténuation en tension (mais la puissance transférée ne change pas si les pertes dans le transformateur sont négligeables).



- Fig. 8 -

En observant le diagramme de la Fig. 6-, avec la même méthode indiquée pour le précédent diagramme, on trouvera sur la ligne "V" le point "S" et on obtiendra donc -20 db.

Le gain total en tension sera :

$$+ 80 \text{ db} - 20 \text{ db} = 60 \text{ db.}$$

 ABAQUE PERMETTANT DE DETERMINER LA VALEUR DE LA TENSION DE RONFLEMENT

 AUX BORNES DU PREMIER CONDENSATEUR DE FILTRAGE DANS UN CIRCUIT

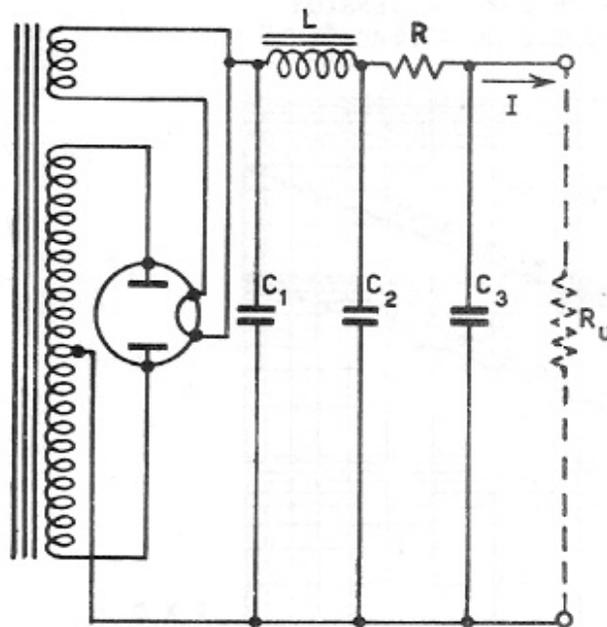
 D'ALIMENTATION NORMAL

A la Fig. 7-, on a représenté un circuit redresseur classique.

Le redressement de la tension alternative n'étant jamais parfait, on a normalement une tension de ronflement, superposée à la tension continue de sortie, qui peut donner naissance à des ennuis dans les circuits qui sont alimentés.

Pour savoir la valeur de la tension de ronflement (V_R) qu'on a aux bornes du condensateur, " C_1 ", on peut recourir au graphique de la Fig. 8-.

Le procédé à suivre est le suivant :



- Fig. 9 -

1- Diviser la valeur du courant de sortie (en mA) par la valeur de la capacité (en μF).

2- Le nombre ainsi trouvé indique l'abscisse. Lire en correspondance à cette abscisse, et sur la ligne qui nous intéresse, la valeur de la tension de ronflement.

On doit tenir compte de ce que ce graphique est valable pour la fréquence du secteur de 50 Hz, et pour une capacité "C₁" minimum de 6 μF .

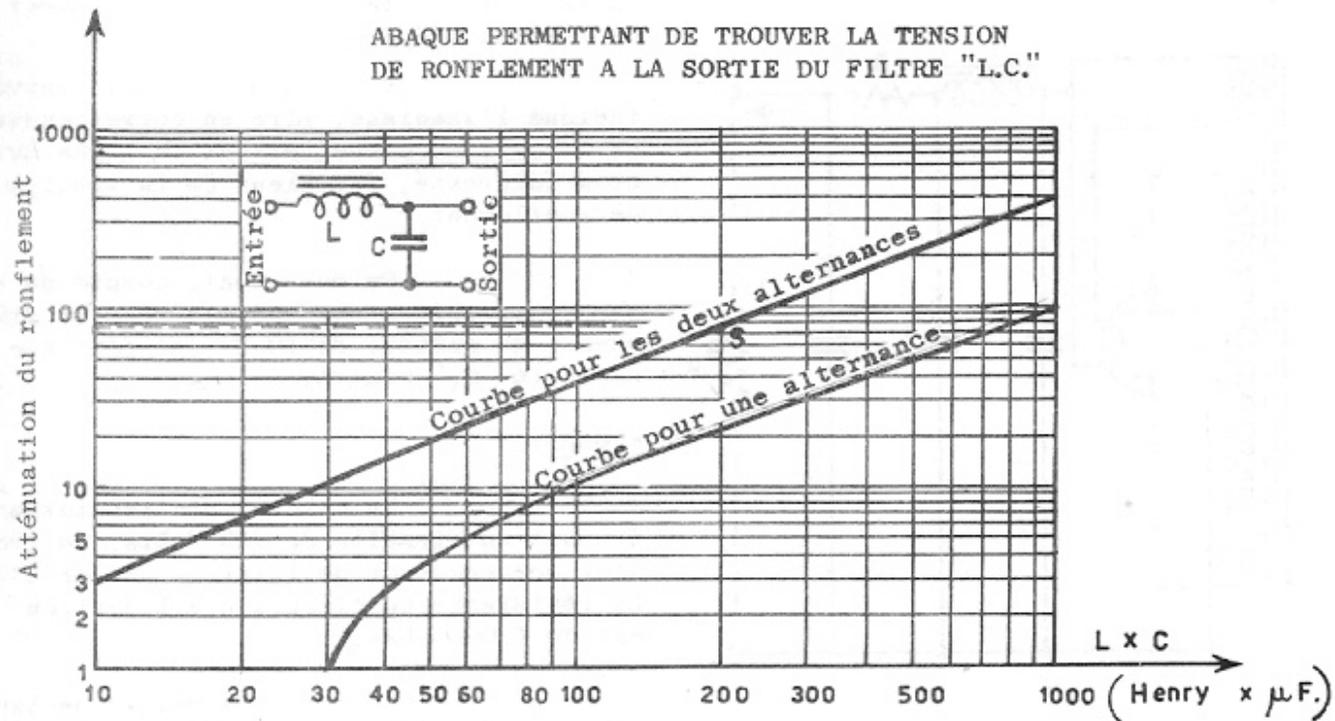
Exemple :

Un circuit d'alimentation fournit une tension de 200 Volts, le premier condensateur de filtrage est de 32 μF . La résistance du circuit d'utilisation est de 4.000 Ohms.

Calculer la valeur de la tension de ronflement aux bornes du premier condensateur de filtrage, sachant que la fréquence de la tension secteur

22-

Formulaire 13



- Fig. 10 -

est 50 Hz et que le redresseur ne redresse qu'une alternance.

Solution :

On calcule la valeur du courant de sortie :

$$\frac{200}{4000} = 0,05 \text{ A} = 50 \text{ mA}$$

$$R = \frac{50}{32} \times 6,28 = 10$$

On lit sur le graphique, sur la verticale de 10, au point "S", la valeur de la tension de ronflement d'environ 9 Volts efficaces.

ABaque POUR LE CALCUL DE LA TENSION DE RONFLEMENT

OBTENU AVEC UN FILTRE "L.C."

A la Fig. 9-, on peut observer qu'à la sortie du circuit d'alimentation, on a mis un filtre formé par une self "L" et un condensateur "C₂".

Le but de ce filtre étant de réduire au minimum la tension de ronflement qui existe sur "C₁", il est très utile de connaître la valeur de l'atténuation produite par le filtre lui-même.

24-

Formulaire 13

Voici la méthode simple à utiliser :

- 1- Multipliez la valeur de "L", exprimée en Henry, par la valeur de "C₂" exprimée en μF .
- 2- Cherchez sur le graphique de la Fig. 10-, en face du produit trouvé ci-dessus, la valeur de l'atténuation.

Ce graphique n'est valable que pour la fréquence de 50 Hz et il s'agit d'un diagramme à coordonnées logarithmiques.

Exemple :

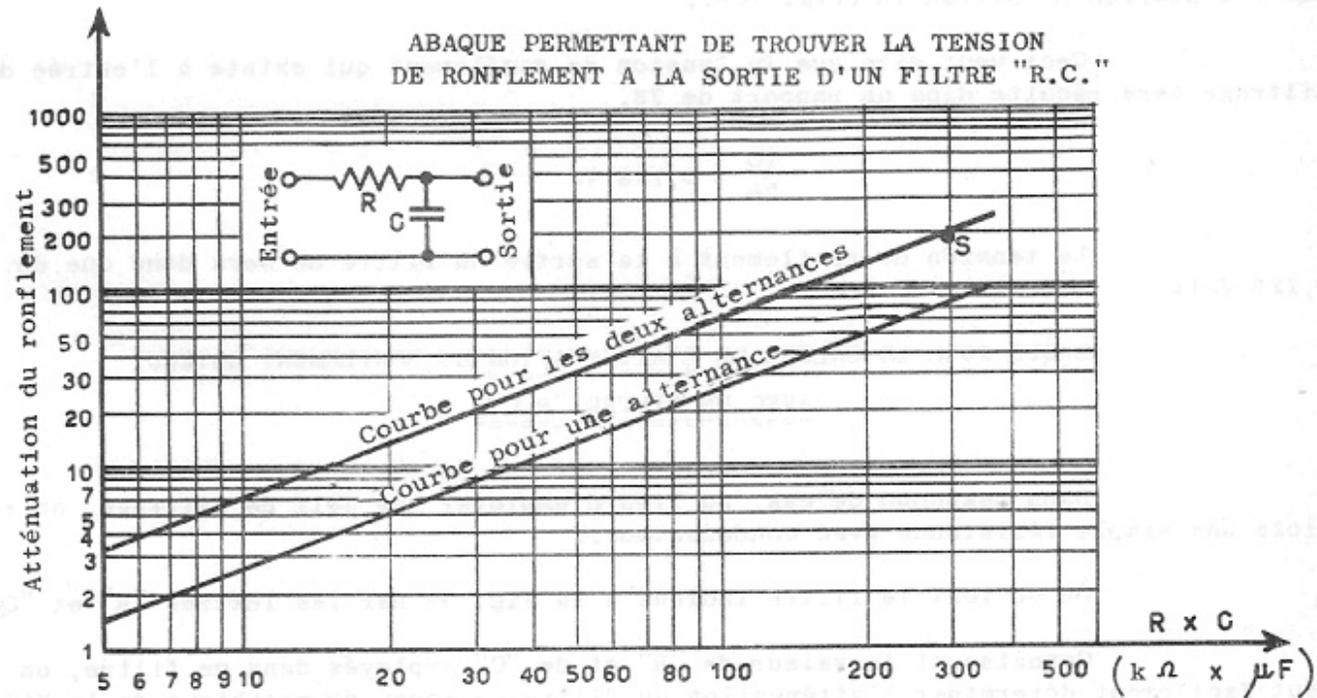
Un redresseur à deux alternances a une tension de ronflement de 10 Volts sur le condensateur "C₁" (voir Fig. 9-). On place un filtre formé par une self de 10 H et un condensateur de 20 μF .

Quelle sera la valeur de la tension de ronflement à la sortie du filtre ?

Solution :

On multiplie $L \times C$

$$10 \times 20 = 200$$



- Fig. 11 -

26-

Formulaire 13

Sur le graphique on cherche, en face de 200 sur la courbe relative à l'atténuation des deux étages, sur la courbe des condensateurs, une atténuation d'environ 78 (Fig. 10-).

Ceci veut dire que la tension de ronflement qui existe à l'entrée du filtrage sera réduite dans un rapport de 78.

$$\frac{10}{78} = 0,128 \text{ V.}$$

La tension de ronflement à la sortie du filtre ne sera donc que de 0,128 Volt.

ABAQUE POUR LE CALCUL DE L'ATTENUATION DU RONFLEMENT OBTENU
AVEC UN FILTRE "R.C."

Dans beaucoup de cas, au lieu d'employer une self de filtrage, on emploie une simple résistance avec condensateur.

On obtient le filtre indiqué à la Fig. 9- par les lettres "R" et "C₃".

Connaissant la valeur de "R" et de "C" employés dans ce filtre, on peut facilement déterminer l'atténuation du filtre au moyen du graphique de la Fig. 11-.

Le procédé est semblable à celui décrit dans le cas d'un filtre "L.C.",

et le diagramme est ici aussi en coordonnées logarithmiques.

Ces courbes ne peuvent être utilisées que pour le secteur à 50 Hz.

Exemple :

La tension de ronflement qui existe à l'entrée d'un filtre "R.C." est de 2 Volts. La résistance étant de $30\text{ k}\Omega$ et le condensateur de $10\text{ }\mu\text{F}$, calculez la valeur de la tension de ronflement à la sortie du filtre.

Solution :

$$10 \times 30 = 300$$

A cette valeur correspond le point "S" sur le graphique de la Fig. 11- qui donne la valeur de 180 environ.

Nous avons donc :

$$\frac{2}{180} = 0,011 \text{ Volt (ronflement à la sortie du filtre "R.C.")}$$

Il reste encore à faire quelques observations importantes.

Dans tous les graphiques examinés jusqu'à présent, on peut inverser l'ordre de la recherche, c'est-à-dire qu'au lieu de connaître la valeur des éléments des filtres, on peut introduire la valeur de l'atténuation que l'on désire obtenir

28-

Formulaire 13

et chercher la valeur des divers éléments ("L", "R", "C",). On suit alors le chemin inverse.

Dans le cas où l'on a plusieurs filtres en série, on exécutera le calcul un par un, en se rappelant que la tension de ronflement à l'entrée du deuxième filtre est celle à la sortie du premier, et ainsi de suite.

On trouve que le coefficient d'atténuation total est le produit des coefficients d'atténuation de chaque filtre.
