



FORMULAIRE

COURS DE BASE
ELECTRONIQUE

CIRCUITS ELECTRONIQUES II

Nous allons continuer, au cours de cette leçon, l'étude des alimentations anodiques, en examinant plus particulièrement les circuits de filtrage.

Un des circuits de filtrage le plus utilisé est constitué par deux condensateurs (C et C_1) séparés par une résistance (R), (figure 1-a), ou bien séparés par une bobine (L) (figure 1-b).

Le filtre avec résistance est utilisé quand le courant I_o'' , absorbé par la charge, n'est pas trop élevé et quand la chute de tension aux extrémités de la résistance de filtrage est relativement basse par rapport à la tension d'entrée V_o .

Dans les montages courants, la chute de tension aux extrémités de la résistance de filtrage est généralement inférieure à 25% de V_o . Par exemple, pour $V_o = 250$ Volts on peut admettre aux extrémités de la résistance R , une chute de tension d'environ 45 à 50 volts.

Le filtre avec bobine est utilisé quand le courant I_o'' est plus important et quand on veut obtenir un filtrage plus efficace sans avoir des chutes excessives de tension.

En observant les circuits de la figure 1, on note que le courant redressé I_o se divise en deux courants : I_o' , qui va vers un circuit anodique sans traverser la résistance R ou la bobine L ; I_o'' qui passe à travers la résistance ou la bobine et qui va alimenter d'autres circuits Haute Tension (anodiques et grilles écran). Le courant I_o' n'est filtré que par le condensateur C alors que le courant I_o'' traverse entièrement le circuit de filtrage.

Dans les récepteurs radio par exemple le courant I_o' qui alimente le circuit anodique de l'étage final, constitue une part importante du courant total redressé et admet une tension de ronflement assez importante. Le courant I_o'' alimente les circuits anodiques des étages précédents et tous les

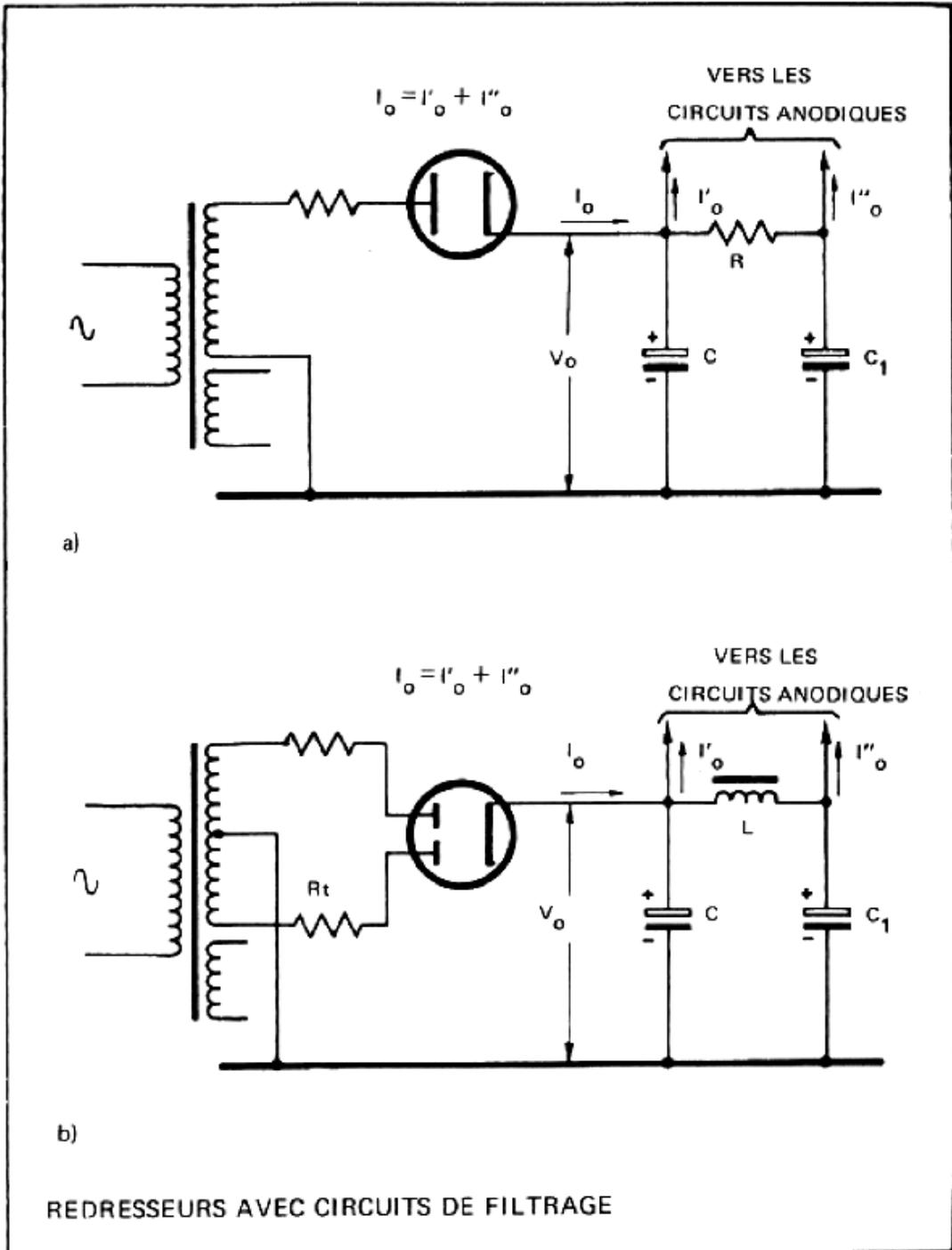


Figure 1

FORMULAIRE 7

3

circuits de grille écran. Il est généralement inférieur à $I_{o'}$, et demande un filtrage plus efficace puisqu'il faut éviter que la tension de ronflement présente dans l'alimentation des étages arrive à la sortie de l'étage final amplifiée d'une façon excessive.

Dans les exemples de calcul que nous ferons dans ce formulaire, nous donnerons à la tension de ronflement admise sur le condensateur C , (pour le circuit alimenté par $I_{o'}$) et à celle admise sur le condensateur C_1 , (pour les circuits alimentés par $I_{o''}$) des valeurs arbitraires. Ensuite, dans les prochains formulaires, nous verrons comment déterminer la valeur de la tension de ronflement admissible dans l'alimentation.

Dans les formulaires, nous étudierons seulement les circuits de filtrage à entrée capacitive, puisque les circuits de filtrage à entrée inductive ne sont pratiquement pas utilisés dans les montages courants.

Calcul simplifié de la tension de ronflement sur le premier condensateur de filtrage (C)

Dans le Formulaire 6, nous avons vu comment on détermine la valeur de C . En général, la valeur de la capacité du filtrage est indiquée par le constructeur des diodes.

Nous admettons comme connue la capacité C du premier condensateur de filtrage et comme connues la fréquence du secteur f et la résistance R_o de la charge. Celle-ci est égale à la valeur de la résistance obtenue en divisant la tension continue V_o par le courant total redressé I_o .

Connaissant toutes ces valeurs, on peut déterminer facilement la valeur de pourcentage, $V_r\%$, de la tension de ronflement présente sur le premier condensateur de filtrage, c'est-à-dire le pourcentage de la tension de ronflement par rapport à la tension continue V_o .

Pour ces calculs, on utilise les graphiques du Tableau XXI (figure 2).

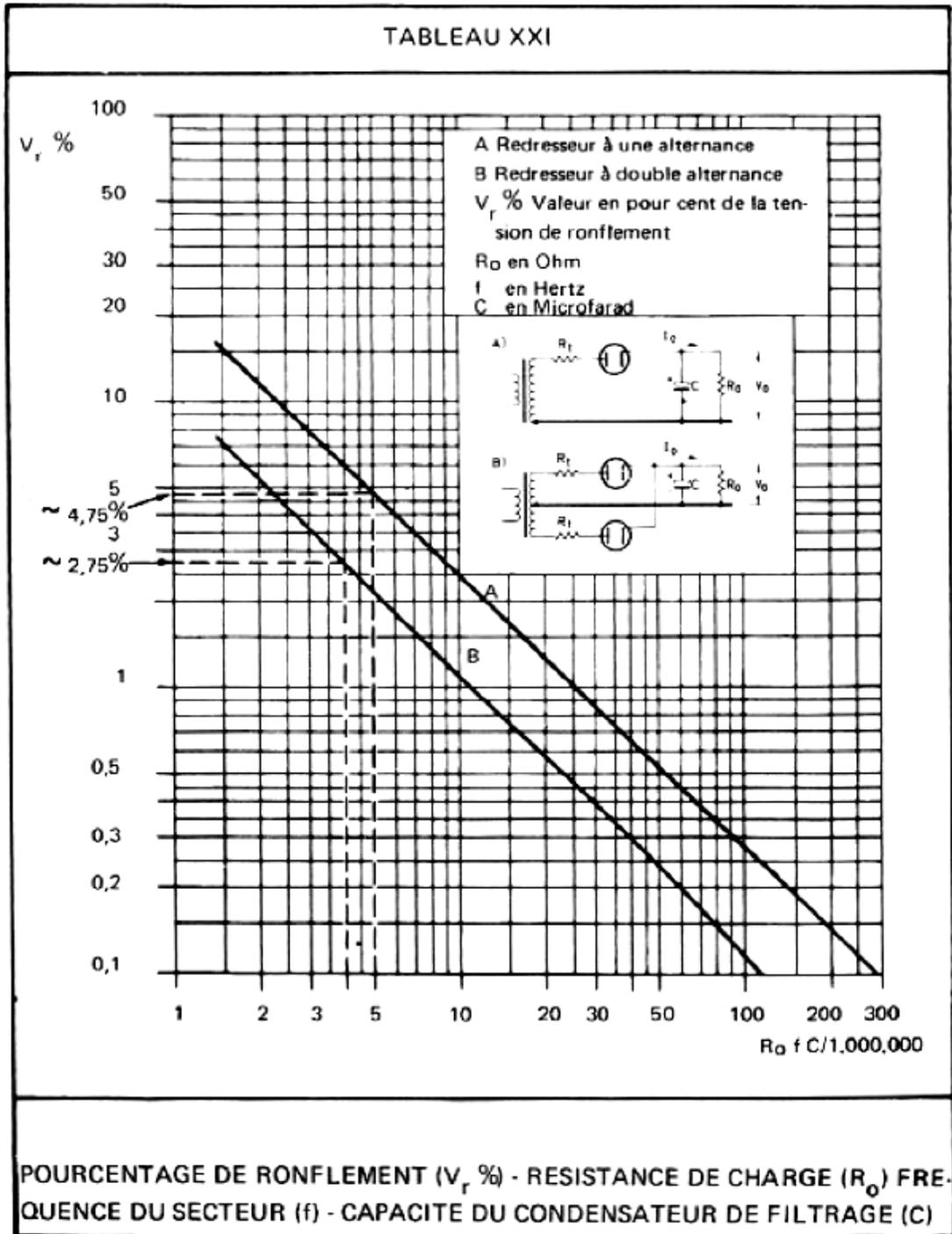


Figure 2

FORMULAIRE 7

5

Exemples :**1 - Redresseur à une alternance**Données : $C = 20 \mu\text{F}$, $f = 50 \text{ Hz}$, $V_o = 200 \text{ V}$, $I_o = 0,04 \text{ A}$.

Nous devons d'abord calculer la valeur de la résistance de charge :

$$R_o = \frac{V_o}{I_o} = \frac{200}{0,04} = 5.000 \Omega ;$$

Calculons donc la valeur du rapport indiquée sur l'axe horizontal du diagramme (*figure 2*) :

$$\frac{R_o f C}{1.000.000} = \frac{5.000 \times 50 \times 20}{1.000.000} = \frac{5.000.000}{1.000.000} = 5.$$

Sur la *figure 2*, montons une ligne verticale (Pointillés) en partant du chiffre 5 jusqu'à la ligne A des redresseurs à une alternance. On lit la valeur de pourcentage de la tension de ronflement sur le condensateur C, sur l'abscisse de gauche où l'on trouve $V_r' \% =$ environ 4,75 %.

2 - Redresseur à double alternanceDonnées : $C = 20 \mu\text{F}$, $f = 50 \text{ Hz}$, $V_o = 320 \text{ V}$, $I_o = 0,08 \text{ A}$

Nous avons donc :

$$R_o = \frac{V_o}{I_o} = \frac{320}{0,08} = 4.000 \Omega$$

$$\frac{R_o f C}{1.000.000} = \frac{4.000 \times 50 \times 20}{1.000.000} = \frac{4.000.000}{1.000.000} = 4$$

En faisant la même construction graphique que ci-dessus, mais en se basant sur la valeur déterminée, 4, et se référant au graphique B des redresseurs à double alternance (*figure 2*), on trouve que la valeur de pourcentage de la tension de ronflement sur le condensateur de filtrage C est environ 2,75 % de la tension continue V_o .

Une fois déterminée la valeur de pourcentage de la tension de ronflement V_r %, nous pouvons calculer la valeur efficace de la tension de ronflement au moyen de la formule suivante.

FORMULE 188 - Calcul de la **VALEUR EFFICACE DE LA TENSION DE RONFLEMENT**, présente sur le premier condensateur de filtrage d'un redresseur à entrée capacitive, connaissant la valeur de la tension continue V_o sur ce condensateur et la valeur de pourcentage V_r % déterminée au moyen du *Tableau XXI*.

$$V_r = \frac{V_o \times V_r \%}{100}$$

V_r = valeur efficace de la tension de ronflement en V (volt)

V_o = tension continue en V (volt)

$V_r\%$ = valeur de pourcentage de la tension de ronflement

Exemple

Données : $V_o = 200$ V, $V_r\% = 4,75$ %

$$\begin{aligned} \text{Valeur efficace de la tension de ronflement : } V_r &= \frac{200 \times 4,75}{100} = \\ &= \frac{950}{100} = 9,5 \text{ V.} \end{aligned}$$

Calcul simplifié d'un circuit de filtrage avec résistance (C, R, C_1)

Dans le calcul précédent, nous devons calculer la valeur de la tension de ronflement en fonction de la valeur de la capacité de filtrage C, déterminée pendant le calcul du redresseur. Nous effectuerons maintenant l'opération inverse : se basant sur la valeur de pourcentage de la tension de ronflement admise sur le second condensateur de filtrage, nous déterminerons la capacité

des condensateurs (C et C_1) et la valeur de la résistance (R) qui forment le circuit de filtrage.

Pour exécuter ce calcul, nous utiliserons le *tableau XXII (figure 3)*.

Voyons, avec deux exemples, comment effectuer ce calcul.

Exemples : 1 - Redresseur à une alternance -

Données : Tension continue aux extrémités de la charge, $V_o' = 220$ V, courant absorbé par la charge, $I_o'' = 0,022$ A ; la valeur de pourcentage de la tension de ronflement sur le second condensateur de filtrage, $V_r' \% = 0,15$.

On calcule la valeur de la résistance de charge :

$$R_o = \frac{V_o'}{I_o''} = \frac{220}{0,022} = 10.000 \Omega.$$

Une fois connue la valeur de R_o et la valeur de $V_r' \%$ étant donnée, on calcule le produit $R_o \times V_r' \%$ indiqué sur l'axe horizontal du diagramme (*figure 3*) :

$$R_o \times V_r' \% = 10.000 \times 0,15 = 1.500.$$

En correspondance avec la valeur d'abscisse 1,500 et en utilisant la ligne A des redresseurs à une alternance, on trouve que le produit $C C_1 R$, indiqué sur l'axe vertical, doit être environ égal à 975.000. En exprimant ce résultat sous forme mathématique, nous obtenons :

$$C C_1 R \approx 975.000.$$

Maintenant, il faut déterminer la valeur de R après avoir choisi les valeurs de C et de C_1 . D'une façon générale, on choisit deux condensateurs de filtrage ayant la même capacité. En effet, les circuits de filtrage ayant des capacités C et C_1 de valeurs égales, ont une efficacité plus grande que les circuits ayant une capacité totale ($C + C_1$) égale mais dont les valeurs de C et de C_1 sont différentes.

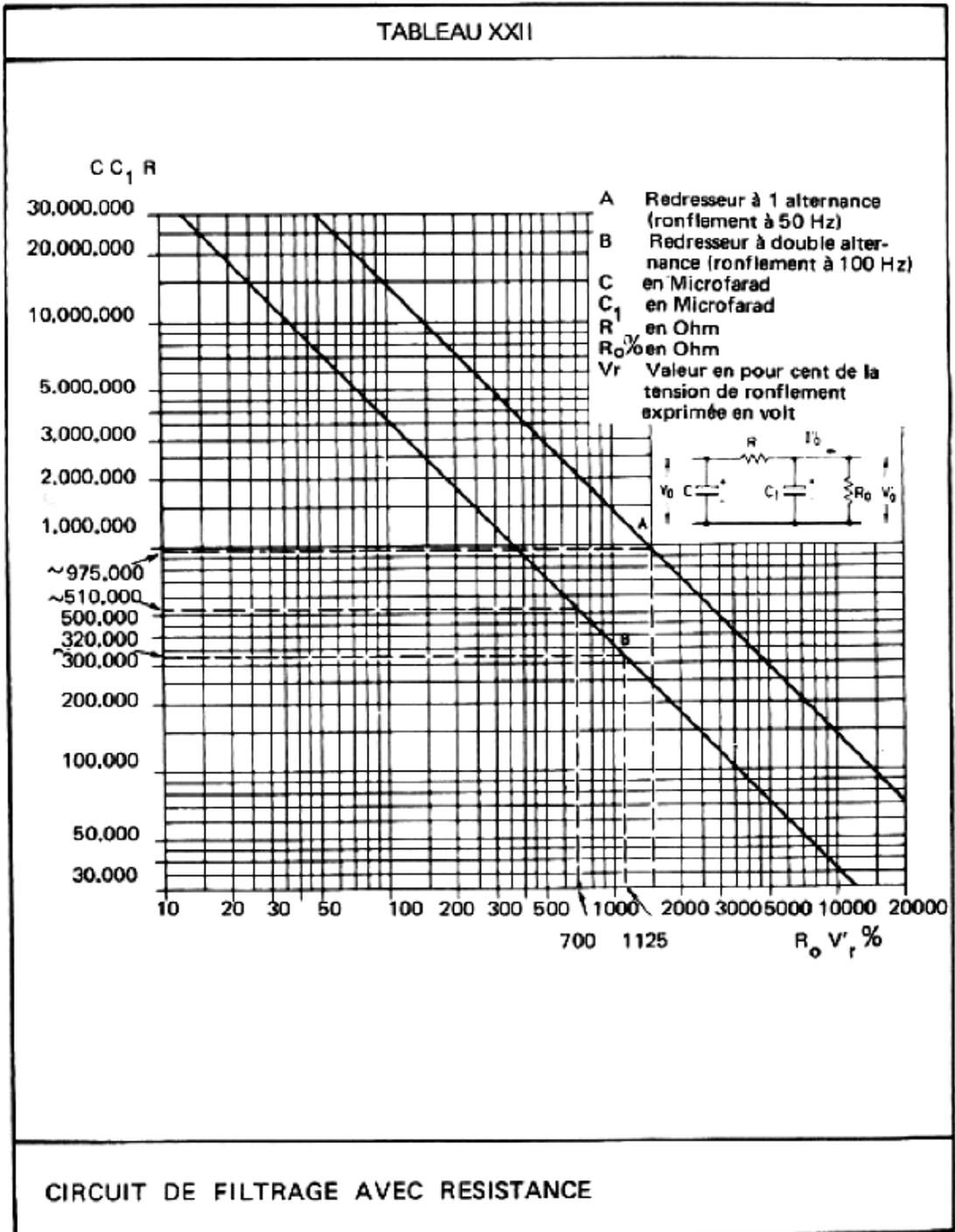


Figure 3

Pour le choix des condensateurs, il faut aussi s'assurer qu'ils sont en mesure de supporter entre leurs armatures, une tension de travail égale à la valeur de la tension continue V_o . En outre, il faut contrôler que la capacité choisie n'est pas supérieure à la capacité maximum indiquée par le constructeur de la diode.

Selon les divers types de diodes, il faudra adopter pour les deux condensateurs de filtrage la capacité indiquée dans le *formulaire 6 (tableau XVIII, figure 7)* ou bien celle reportée dans les recueils des caractéristiques des tubes.

Supposons par exemple que, se basant sur les caractéristiques de la diode, nous pouvons utiliser deux condensateurs de $32 \mu\text{F}$. Dans ce cas, en substituant dans l'expression $C C_1 R$ le symbole C avec $32 \mu\text{F}$ et le symbole C_1 avec la même valeur $32 \mu\text{F}$, on obtiendra :

$$C C_1 R = 32 \times 32 R \approx 975.000 ;$$

$$1.024 R \approx 975.000.$$

En appliquant les règles du calcul littéral exposées dans le fascicule *Mathématiques 1*, on obtient la valeur de la résistance du filtrage de la deuxième expression :

$$R \approx \frac{975.000}{1.024} \approx 952 \Omega.$$

En pratique, une résistance de 952Ω n'étant pas normalisée, on pourra utiliser une résistance de 1.000Ω .

2 - Redresseur à double alternance

Données : tension continue aux extrémités de la charge, $V_o' = 280 \text{ V}$;
courant absorbé par la charge, $I_o'' = 0,04 \text{ A}$; valeur de pourcentage de la tension de ronflement sur le second condensateur de filtrage $V_r' \% = 0,1$.

On calcule la valeur de la résistance de charge :

$$R_o = \frac{V_o'}{I_o''} = \frac{280}{0,04} = 7.000 \Omega.$$

Une fois connue la valeur de R_o et la valeur de $V_r' \%$ étant donnée, on détermine la valeur du produit $R_o \times V_r' \%$ indiquée sur l'axe horizontal du diagramme (figure 3) :

$$R_o \times V_r' \% = 7.000 \times 0,1 = 700.$$

En correspondance avec la valeur d'abscisse 700, fixée avec une certaine approximation sur l'axe horizontal du diagramme, et utilisant la ligne B des redresseurs à double alternance, on trouve que le produit $C C_1 R$, indiqué sur l'axe vertical, doit être environ égal à 510.000. En exprimant ce résultat sous une forme mathématique, on obtient :

$$C C_1 R \approx 510.000.$$

Supposons que les données caractéristiques d'une diode redresseuse préconisent l'utilisation de deux condensateurs de filtrage de $16 \mu F$. Dans ce cas, en remplaçant dans l'expression $C C_1 R \approx 510.000$, le symbole C par $16 \mu F$ et le symbole C_1 par la même valeur $16 \mu F$, on aura :

$$C C_1 R = 16 \times 16 R \approx 510.000 ;$$

$$256 R \approx 510.000.$$

De cette dernière expression, en appliquant les règles du calcul littéral exposées dans le fascicule *Mathématiques 1*, on tire la valeur de la résistance de filtrage :

$$R \approx \frac{510.000}{256} \approx 1.992 \Omega$$

En pratique, une résistance de 1.992Ω n'étant pas normalisée, on pourra utiliser une résistance de 2.000Ω .

Dans les deux exemples précédents, nous avons choisi la capacité des condensateurs et nous avons déterminé par conséquent la valeur de la résistance R de filtrage.

FORMULAIRE 7

11

Avec ce procédé, en déterminant par le calcul, la résistance R , on détermine également la valeur de la tension continue V_o , à l'entrée du circuit de filtrage.

Pour connaître la valeur de cette tension en fonction des données disponibles, on applique la formule suivante.

FORMULE 189 - Calcul de la **TENSION D'ENTREE** V_o d'un circuit de filtrage avec résistance et condensateurs, connaissant la **TENSION CONTINUE** V_o' aux extrémités de la charge, le **COURANT CONTINU** I_o'' absorbé par la charge et la **RESISTANCE** R de filtrage.

V_o = tension continue d'entrée en V (volt)

V_o' = tension continue aux extrémités de la charge en V (volt)

$$V_o = V_o' + I_o'' R$$

I_o'' = courant continu absorbé par la charge en A (ampère)

R = résistance de filtrage en Ω (ohm).

Exemples :

Nous reprendrons les données déjà utilisées dans les deux précédents exemples de calcul.

1 - Redresseur à une alternance :

Données : $V_o' = 220$ V, $I_o'' = 0,022$ A, $R = 1.000 \Omega$ (au lieu des 952Ω calculés).

Tension continue d'entrée : $V_o = 220 + 0,022 \times 1.000 =$
 $220 + 22 = 242$ V.

2 - Redresseur à double alternance :

Données : $V_o' = 280$ V, $I_o'' = 0,04$ A, $R = 2.000 \Omega$ (en substitution des 1.992Ω calculés).

$$\text{Tension continue d'entrée : } V_o = 280 + 0,04 \times 2.000 = \\ 280 + 80 = 360 \text{ V.}$$

Le procédé de calcul du circuit de filtrage avec résistance et condensateurs que nous allons voir maintenant, peut être suivi lorsqu'on n'a pas encore calculé le redresseur (*formulaire 6*). Il faut déterminer quelle doit être la tension de sortie V_o du redresseur en fonction des valeurs de tension (V_o') et de courant (I_o'') demandés par la charge.

Quand au contraire, le redresseur a déjà été calculé et que la valeur que doit avoir la tension de sortie du circuit de filtrage est fixée également (V_o'), on pourra suivre cet autre procédé.

On détermine dans un premier temps la valeur du produit $C C_1 R$ en utilisant les graphiques du *tableau XXII (figure 3)*.

Une fois le produit calculé, au lieu de fixer la valeur des deux condensateurs de filtrage, on détermine la valeur que devra avoir la résistance R grâce à la formule suivante.

FORMULE 190 - Calcul de la **RESISTANCE DE FILTRAGE** R , la valeur de la tension continue V_o sur le premier condensateur (C) de filtrage étant donnée, ainsi que celles de la tension continue V_o' sur le second condensateur (C_1) de filtrage et du courant I_o'' , traversant la charge.

R = résistance de filtrage en Ω (ohm)

V_o = tension continue d'entrée en V (volt)

$$R = \frac{V_o - V_o'}{I_o''}$$

V_o' = tension continue aux extrémités de la charge en V (volt)

I_o'' = courant continu absorbé par la charge en A (ampère).

Exemples :

$$1 - \text{Données : } V_o = 250 \text{ V, } V_o' = 226 \text{ V, } I_o'' = 0,03 \text{ A.}$$

$$\text{Résistance de filtrage : } R = \frac{250 - 226}{0,03} = \frac{24}{0,03} = 800 \Omega.$$

$$2 - \text{Données : } V_o = 200 \text{ V, } V_o' = 160 \text{ V, } I_o'' = 0,025 \text{ A.}$$

$$\text{Résistance de filtrage : } R = \frac{200 - 160}{0,025} = \frac{40}{0,025} = 1.600 \Omega.$$

Une fois établie la valeur de la résistance de filtrage, on pourra remplacer la valeur trouvée dans l'expression $C C_1 R$, et en fonction de la valeur de ce produit, on pourra calculer la valeur des deux condensateurs, grâce aux graphiques du *tableau XXII (figure 3)*.

On va illustrer maintenant le second procédé de calcul du circuit de filtrage avec de nouveaux exemples.

Exemples :

1 - Redresseur à une alternance

$$\text{Données : } V_o' = 180 \text{ V, } I_o'' = 0,036 \text{ A, } V_r\% = 0,3, V_o = 216 \text{ V.}$$

On calcule la valeur de la résistance de charge :

$$R_o = \frac{V_o'}{I_o''} = \frac{180}{0,036} = 5.000 \Omega.$$

On calcule le produit :

$$R_o \times V_r\% = 5.000 \times 0,3 = 1.500.$$

En correspondance avec $R_o \times V_r\% = 1.500$ et en utilisant la ligne A de la *figure 3*, on trouve :

$$C C_1 R \approx 975.000.$$

Avec la *formule 190*, on calcule la valeur de la résistance de filtrage :

$$R = \frac{V_o - V_o'}{I_o''} = \frac{216 - 180}{0,036} = \frac{36}{0,036} = 1.000 \Omega.$$

En remplaçant dans le produit $C C_1 R$, la valeur de R que nous venons de trouver, on a :

$$C C_1 \times 1.000 \approx 975.000.$$

De cette expression, en appliquant les règles du calcul littéral exposées dans le fascicule *Mathématiques 1*, on obtient :

$$C C_1 \approx \frac{975.000}{1.000} \approx 975.$$

On pourra maintenant choisir deux condensateurs dont le produit des deux valeurs de capacité (C et C_1) est égal ou même supérieur à 975. Par exemple, on pourra utiliser deux condensateurs de $32 \mu\text{F}$ ($32 \times 32 = 1024$). Attention, il faut également s'assurer que cette capacité ne dépasse pas la valeur maximum indiquée par le constructeur de la diode.

2 - Redresseur à double alternance

Données : $V_o' = 270 \text{ V}$, $I_o'' = 0,06 \text{ A}$, $V_r' \% = 0,25 \%$,
 $V_o = 330 \text{ V}$.

On calcule la valeur de la résistance de charge :

$$R_o = \frac{V_o'}{I_o''} = \frac{270}{0,06} = 4.500 \Omega$$

On calcule le produit :

$$R_o \times V_r' \% = 4.500 \times 0,25 = 1.125.$$

FORMULAIRE 7

15

En correspondance avec $R_o \times V_r \% = 1.125$, et utilisant la ligne B de la *figure 3*, on trouve :

$$C C_1 R \approx 320.000.$$

Avec la *formule 190*, on calcule la valeur de la résistance de filtrage :

$$R = \frac{V_o - V_o'}{I_o''} = \frac{330 - 270}{0,06} = \frac{60}{0,06} = 1.000 \Omega.$$

En remplaçant dans le produit $C C_1 R$, la valeur de R que nous venons de trouver, on a :

$$C C_1 \times 1.000 \approx 320.000.$$

En appliquant les règles de calcul littéral exposées dans le fascicule *Mathématiques 1*, on obtient :

$$C C_1 \approx \frac{320.000}{1.000} \approx 320.$$

Nous devons choisir maintenant deux condensateurs de filtrage tels que le produit de leur capacité soit égal ou supérieur à 320, en s'assurant pourtant que la capacité du premier condensateur de filtrage ne dépasse pas la valeur indiquée par le constructeur de la diode. Par exemple, nous pourrions choisir deux condensateurs de 18 μF ($18 \times 18 = 324$), ou bien deux de 20 μF ($20 \times 20 = 400$), etc...

Calcul simplifié d'un circuit de filtrage avec bobine (C, L, C₁)

En général, dans les filtres avec résistance, la chute de tension entre l'entrée et la sortie est appréciable. Comme nous l'avons déjà dit précédemment, dans les filtres avec bobine, on a, au contraire, une chute de tension beaucoup moins élevée. Dans ces filtres, pour des valeurs de courant inférieures à 0,1 A, la tension continue d'entrée (V_o) et celle de sortie (V_o') sont sensiblement identiques, ce qui revient à admettre l'égalité $V_o \approx V_o'$.

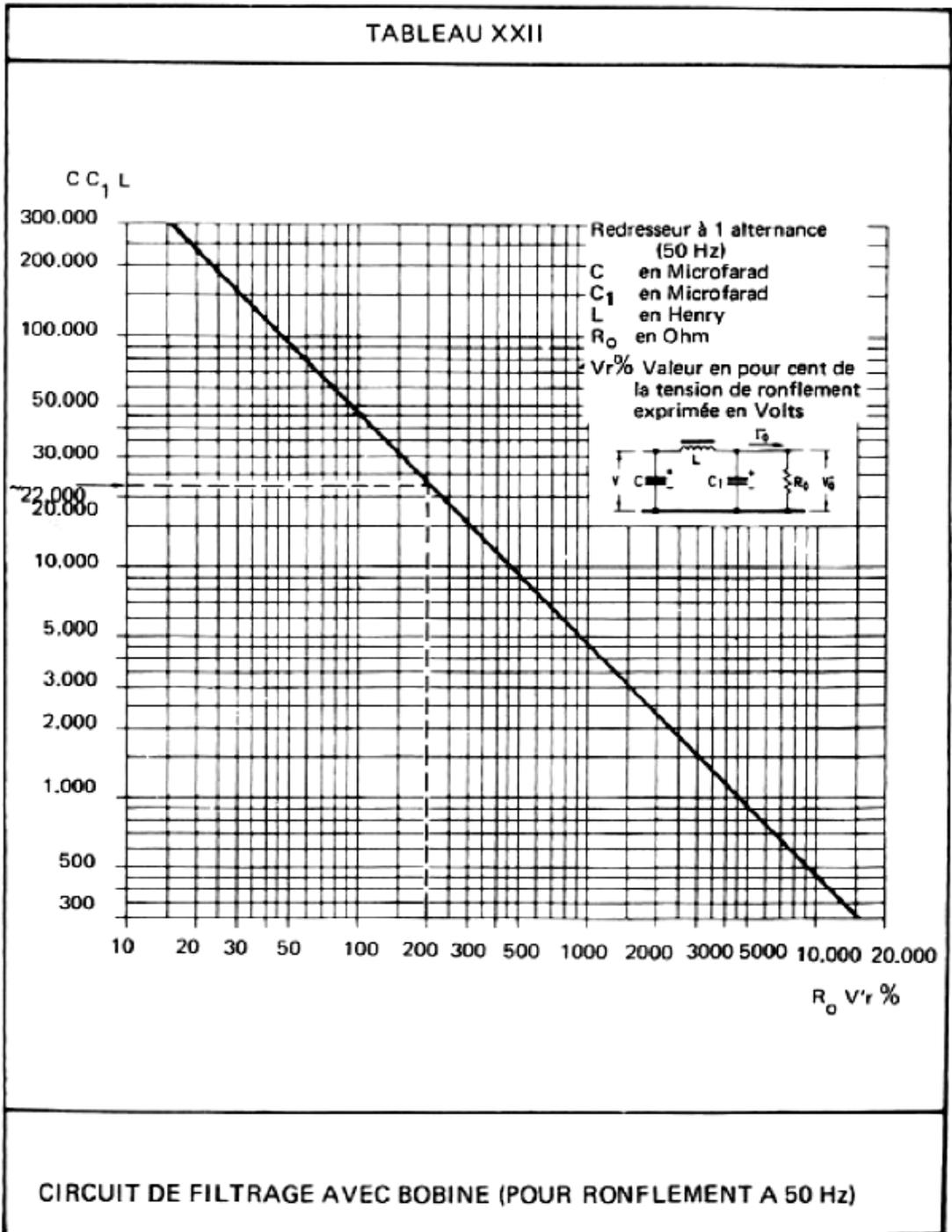


Figure 4

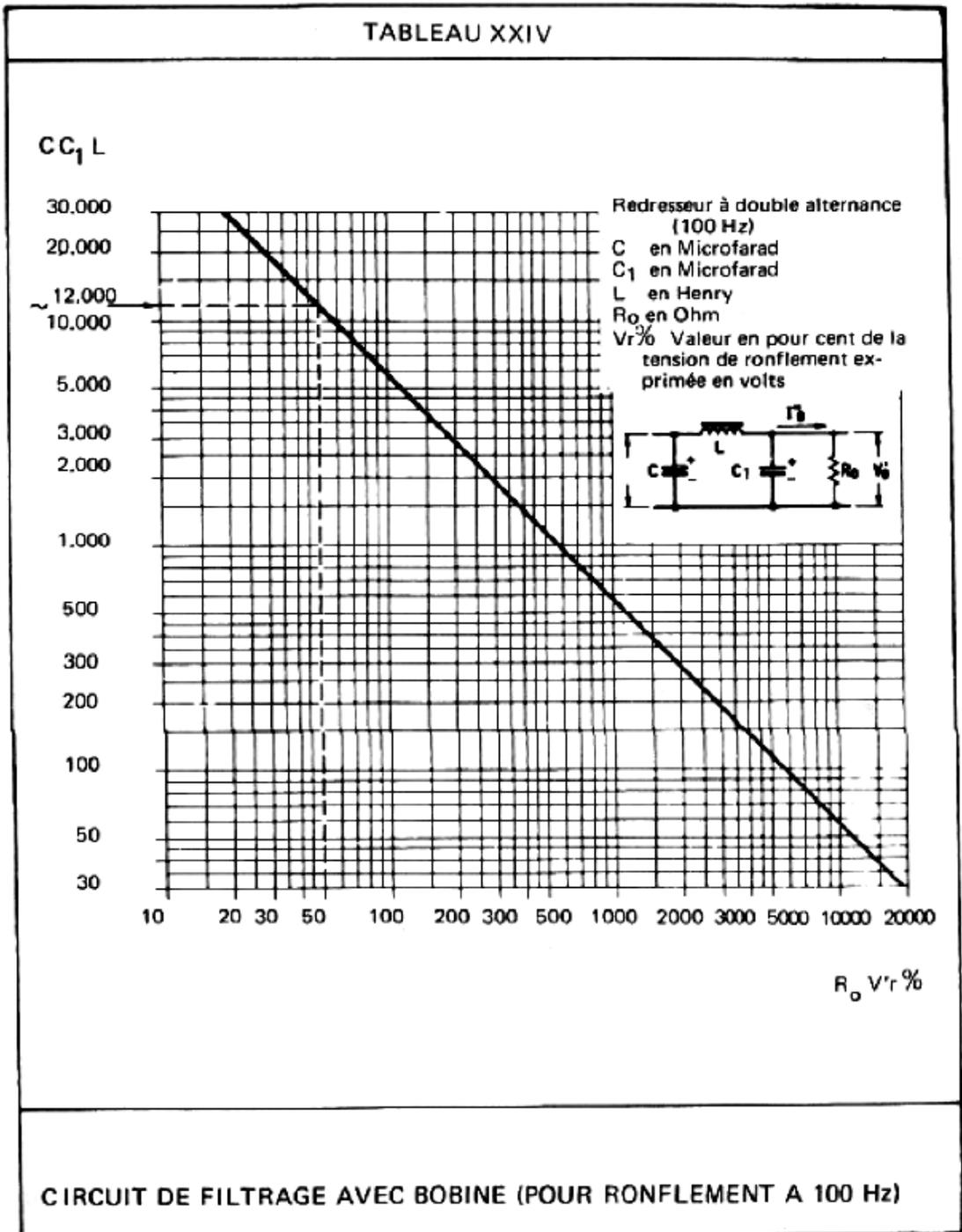


Figure 5

Avec cette égalité, on simplifie sensiblement le calcul du circuit de filtrage, puisqu'il ne sera plus nécessaire de recourir à la *formule 189* et à la *formule 190* introduites dans le calcul du circuit de filtrage avec résistance.

Le procédé de calcul, ne considérant pas la simplification dérivée de l'exclusion des deux formules, est semblable à celui décrit pour le circuit de filtrage avec résistance. En fait, nous utiliserons deux graphiques, celui du *tableau XXIII (figure 4)* pour le redresseur à une alternance et celui du *tableau XXIV (figure 5)* pour le redresseur à double alternance semblable aux graphiques reportés sur le *tableau XXI (figure 3)*.

Les nouveaux graphiques se distinguent de ceux de la *figure 3* seulement par l'expression $C C_1 L$ reporté sur l'axe vertical. Elle contient le symbole L de la bobine en remplacement du symbole R de la résistance. Pour cette raison, à la fin des calculs, on retrouvera une valeur d'inductance L au lieu de la valeur de la résistance R .

Exemples :

1 - Redresseur à une alternance (figure 4)

Données : Tension continue d'entrée et de sortie du circuit de filtrage $V_o \approx V_o' \approx 320 \text{ V}$; courant continu absorbé par la charge, $I_o'' = 0,08 \text{ A}$; valeur de pourcentage de la tension de ronflement sur le second condensateur de filtrage $V_r\% = 0,05$.

On calcule la valeur de la résistance de charge :

$$R_o = \frac{V_o'}{I_o''} = \frac{320}{0,08} = 4.000 \Omega.$$

On calcule le produit $R_o \times V_r\%$ indiqué sur l'axe horizontal du diagramme (*figure 4*) :

$$R_o \times V_r\% = 4.000 \times 0,05 = 200\Omega.$$

En correspondance avec $R_o \times V_r\% = 200$ sur l'axe vertical du diagramme, on trouve :

$$C C_1 L \approx 22.000.$$

En donnant aux deux condensateurs de filtrage (C et C₁) la valeur déjà déterminée pour le condensateur C pendant le calcul du redresseur (*Formulaire 6*), on pourra calculer immédiatement la valeur que doit avoir la bobine de filtrage L.

Par exemple, par C = 50 μF et C₁ = 50 μF, en suivant les règles du calcul littéral exposées dans le fascicule *Mathématiques 1*, on aura :

$$C C_1 L \approx 22.000 ;$$

$$50 \times 50 \times L \approx 22.000 ;$$

$$2.500 \times L \approx 22.000.$$

$$\text{Inductance : } L \approx \frac{22.000}{2.500} \approx 8,8 \text{ H (henry).}$$

2 - Redresseur à double alternance

Données : Tension continue d'entrée et de sortie du filtrage, V_o ≈ V_o' ≈ 300 V ; courant continu absorbé par la charge, I_o'' = 0,006 A ; valeur de pourcentage de la tension de ronflement sur le second condensateur de filtrage, V_r' % = 0,01.

On calcule la valeur de la résistance de charge :

$$R_o = \frac{V_o'}{I_o''} = \frac{300}{0,06} = 5.000 \Omega.$$

On calcule le produit R_o × V_r'%, indiqué sur l'axe horizontal du diagramme, (*figure 5*) :

$$R_o \times V_r' \% = 5.000 \times 0,01 = 50.$$

En correspondance avec R_o × V_r'% = 50 sur l'axe vertical du diagramme, on trouve :

$$C C_1 L \approx 12.000.$$

En donnant maintenant aux deux condensateurs de filtrage (C et C_1), la valeur déjà déterminée pour le condensateur C durant le calcul du redresseur (*Formulaire 6*), on pourra calculer immédiatement la valeur que doit avoir la bobine de filtrage L .

Par exemple, par $C = 50 \mu\text{F}$ et $C_1 = 50 \mu\text{F}$, en appliquant les règles du calcul littéral exposées dans le fascicule *Mathématiques 1*, on aura :

$$C C_1 L \approx 12.000 ;$$

$$50 \times 50 \times L \approx 12.000 ;$$

$$2.500 \times L \approx 12.000.$$

$$\text{Inductance : } L \approx \frac{12.000}{2.500} \approx 4,8 \text{ H (henry).}$$

Calcul simplifié d'une bobine de filtrage

Il peut arriver que, après avoir exécuté le calcul précédent et avoir obtenu une certaine valeur de la bobine L , on ne puisse trouver dans le commerce des bobines de filtrage (appelées aussi couramment self de filtrage) de la valeur demandée.

Dans ce cas, on peut adopter diverses solutions ; ou on utilise : une bobine de valeur L légèrement supérieure à celle calculée ; ou bien on répète le calcul en partant du produit $C C_1 L$ et en donnant aux condensateurs de filtrage, une valeur de capacité moins grande que celle déjà établie ; ou bien, ayant à sa disposition un paquet de tôles, on construit une bobine après l'avoir calculée en suivant le procédé que nous allons décrire maintenant.

Pour commencer ce calcul, il faut fixer quelques données. Il faut établir les dimensions des tôles (*tableau X, figure 4 du formulaire 4*) et du paquet de tôles. Il faut connaître la valeur du courant continu qui doit passer à travers le circuit de filtrage et la valeur L de la bobine.

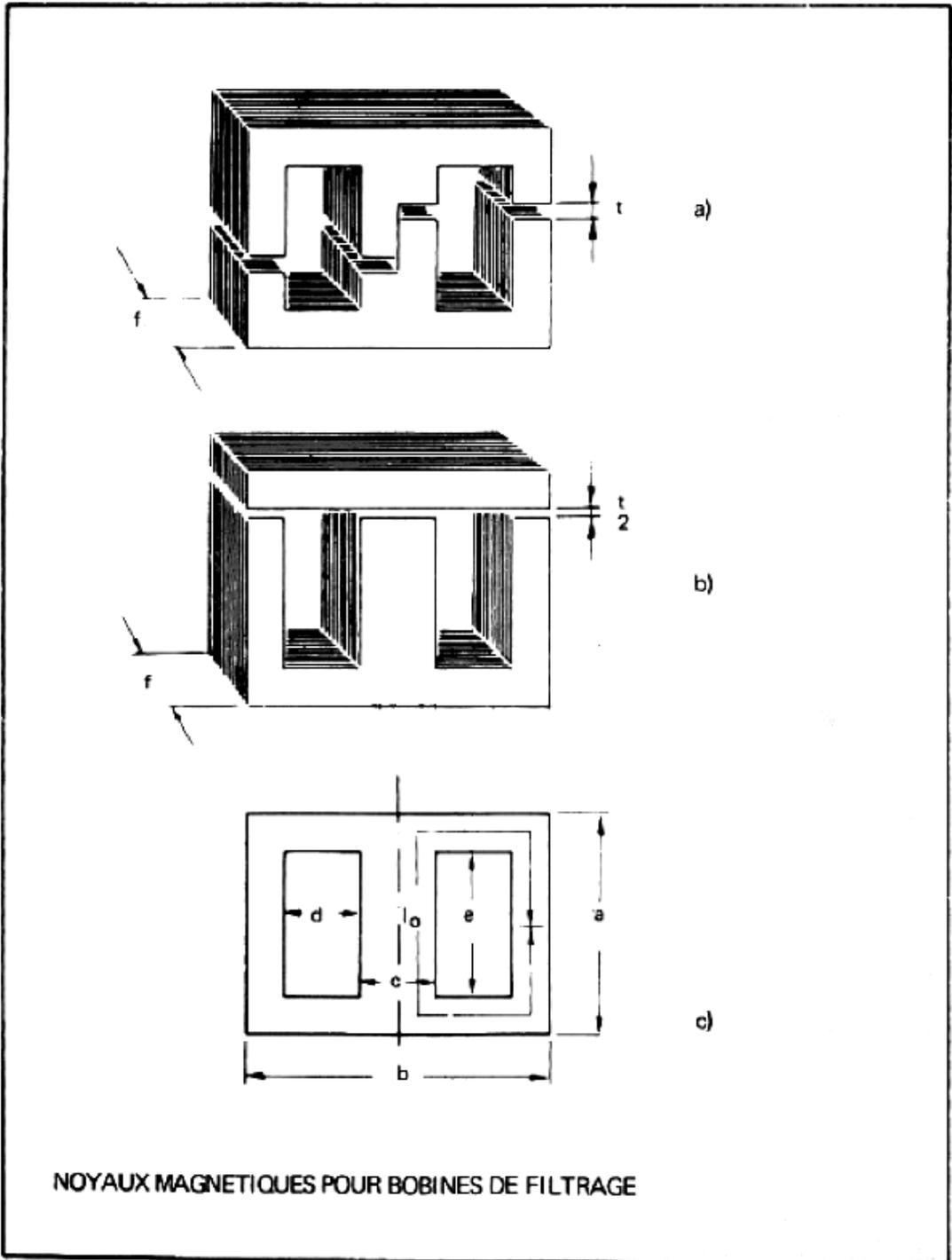


Figure 6

Avec ces données, on pourra déterminer le nombre de spires de l'enroulement, la section du fil et vérifier l'encombrement de la bobine par rapport à la fenêtre des tôles.

1 - DONNEES

- Courant continu qui passe à travers l'enroulement, $I_0 = 0,2$ A (ampère) - (précédemment, nous avons indiqué le courant par le symbole I_0'') adoptons maintenant le symbole I_0 pour une plus grande simplicité .
- Bobine, $L = 5$ H (henry)
- Tôle ayant le profil 3, indiqué dans le *tableau X, figure 4* du *formulaire 4*, et les dimensions suivantes : $a = 7,6$ cm, $b = 8$ cm, $d = 1,5$ cm, $e = 5,1$ cm.
- Paquet de tôles ayant l'épaisseur $f = 2,5$ cm.

Le paquet de tôles que l'on suppose avoir à sa disposition pour commencer les calculs, est montré sur la *figure 6 - a*.

Dans la *figure 6 - b*, on a présenté un autre paquet de tôles (profil 4, *tableau X, figure 4* du *formulaire 4*) qui pourrait être utilisé pour la construction des bobines de filtrage.

Dans la *figure 6 - c*, sont reportées les diverses dimensions des tôles (déjà indiquées au *tableau X, figure 4* du *formulaire 4*), et en outre la longueur moyenne l_0 du parcours des lignes d'induction qui se formeront dans le noyau pendant le fonctionnement de la bobine, a été indiquée. Toutes ces dimensions seront présentées dans le calcul de la bobine.

2 - DETERMINATION DU VOLUME DU NOYAU (V)

Pour commencer le calcul, il faut déterminer le volume du noyau magnétique, dans ce but, on se servira de la formule suivante :

FORMULE 191 - Calcul du *VOLUME* d'un noyau magnétique, les mesures a , b , d , e , des tôles étant données (*tableau X, figure 4 du formulaire 4*) et l'épaisseur f du paquet de tôles.

$$V = (a b - 2 d e) f$$

V = volume du noyau en cm^3

a, b, d, e = dimensions de la tôle en cm

f = épaisseur du paquet de tôles en cm.

Exemple :

Dans cet exemple, nous reprendrons les données déjà indiquées précédemment.

Données : $a = 7,6$ cm, $b = 8$ cm, $d = 1,5$ cm, $e = 5,1$ cm
 $f = 2,5$ cm.

Volume du noyau : $V = (7,6 \times 8 - 2 \times 1,5 \times 5,1) \times 2,5 =$
 $(60,8 - 15,3) \times 2,5 = 45,5 \times 2,5 = 113,75 \text{ cm}^3$.

3 - DETERMINATION DE LA LONGUEUR MOYENNE (l_0) DES LIGNES D'INDUCTION DU NOYAU

La longueur l_0 indiquée dans la *figure 6 - c* peut se déterminer au moyen de la formule suivante.

FORMULE 192 - Calcul de la *LONGUEUR MOYENNE* l_0 des lignes d'induction du noyau, les mesures a , b , d , e , de la tôle (*tableau X - figure 4 du formulaire 4*) et l'épaisseur f du paquet de tôles étant données.

$$l_o = a + \frac{b}{2} + d + e$$

l_o = longueur moyenne des lignes d'induction dans le noyau en cm.

a, b, d, e = dimensions de la tôle en cm.

Exemple :

Dans cet exemple, nous reprendrons les données déjà indiquées précédemment.

Données : a = 7,6 cm, b = 8 cm, d = 1,5 cm, e = 5,1cm

Longueur moyenne des lignes d'induction du noyau :

$$l_o = 7,6 + \frac{8}{2} + 1,5 + 5,1 = 7,6 + 4 + 1,5 + 5,1 = 18,2\text{cm}$$

4 - DETERMINATION DE L'ÉPAISSEUR DE L'ENTREFER (t)

A la différence du noyau du transformateur d'alimentation (formulaire 4) qui est du type à circuit magnétique fermé, le noyau d'une bobine de filtrage présente une interruption, appelée couramment entrefer.

L'épaisseur de l'entrefer est indiquée dans la *figure 6 - a* et dans la *figure 6 - b* avec la lettre t. Dans le noyau de la *figure 6 - a*, l'entrefer t qui intéresse les calculs est représenté exclusivement par l'interruption présente sur le côté externe de la tôle. En effet, les deux arêtes de la colonne centrale se trouvent en contact entre elles et il n'existe pas d'interruption de circuit. Dans le noyau de la *figure 6 - b*, l'épaisseur de l'entrefer représente seulement la moitié de l'entrefer t puisqu'il faut aussi tenir compte de l'entrefer existant à l'extrémité de la colonne centrale.

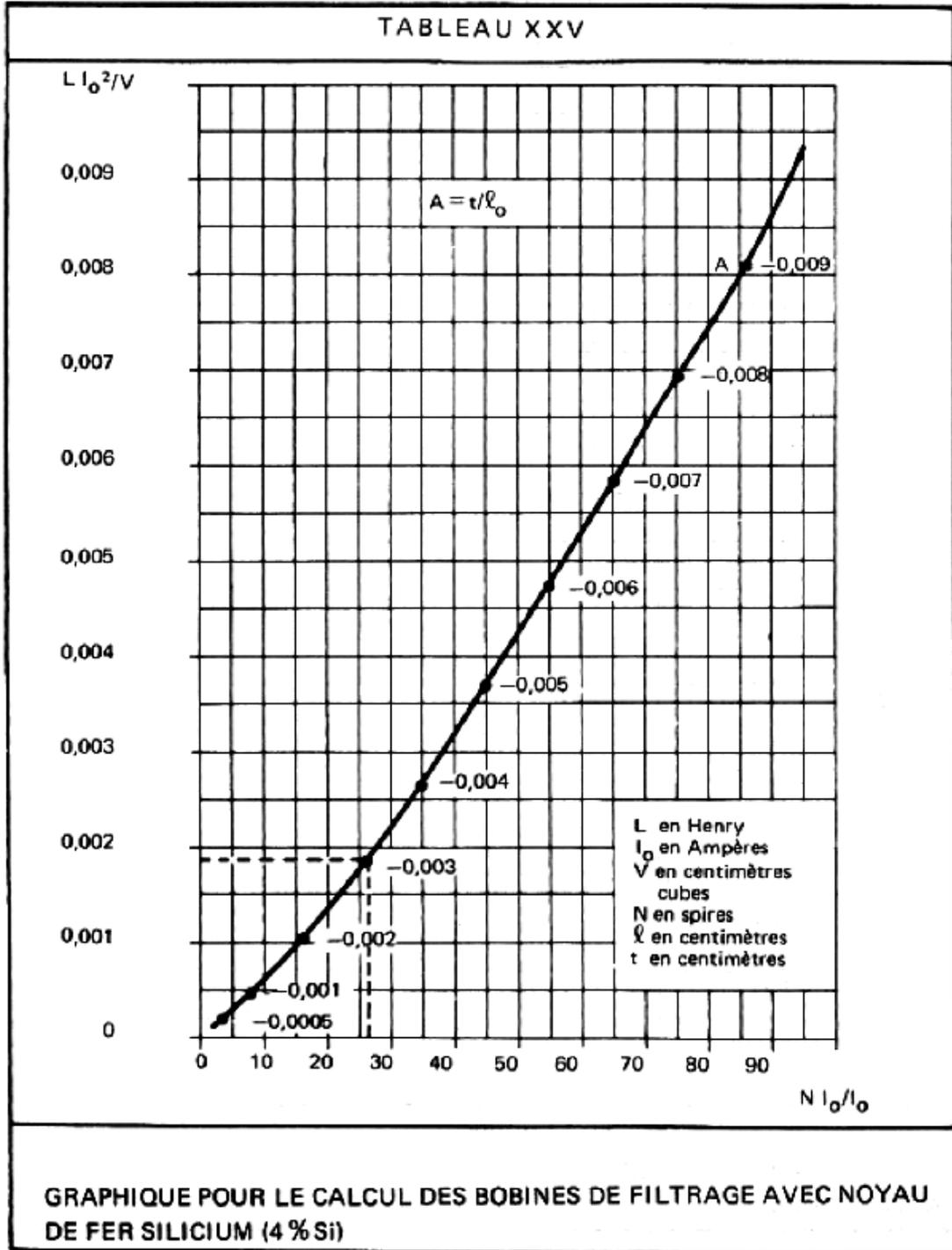


Figure 7

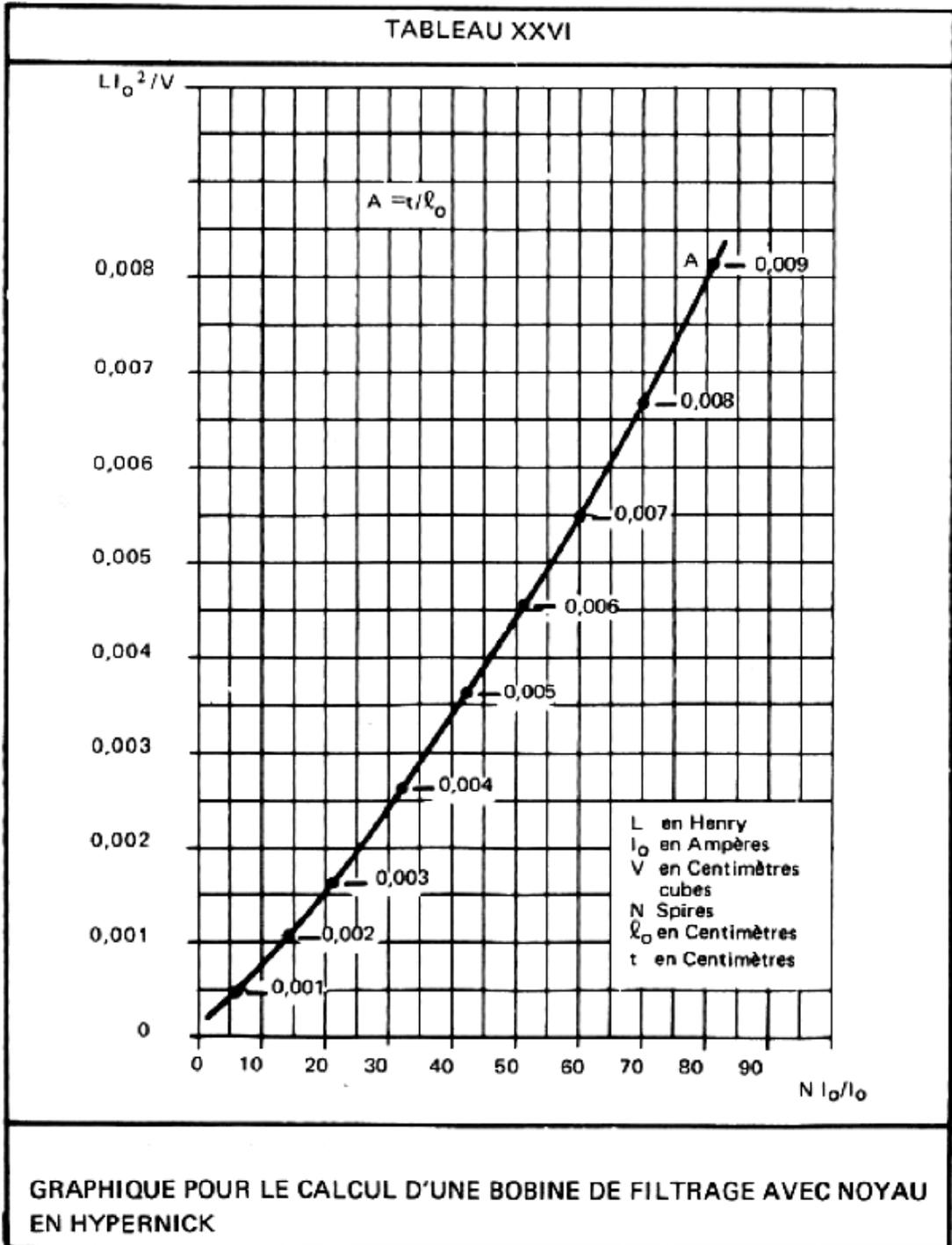


Figure 8

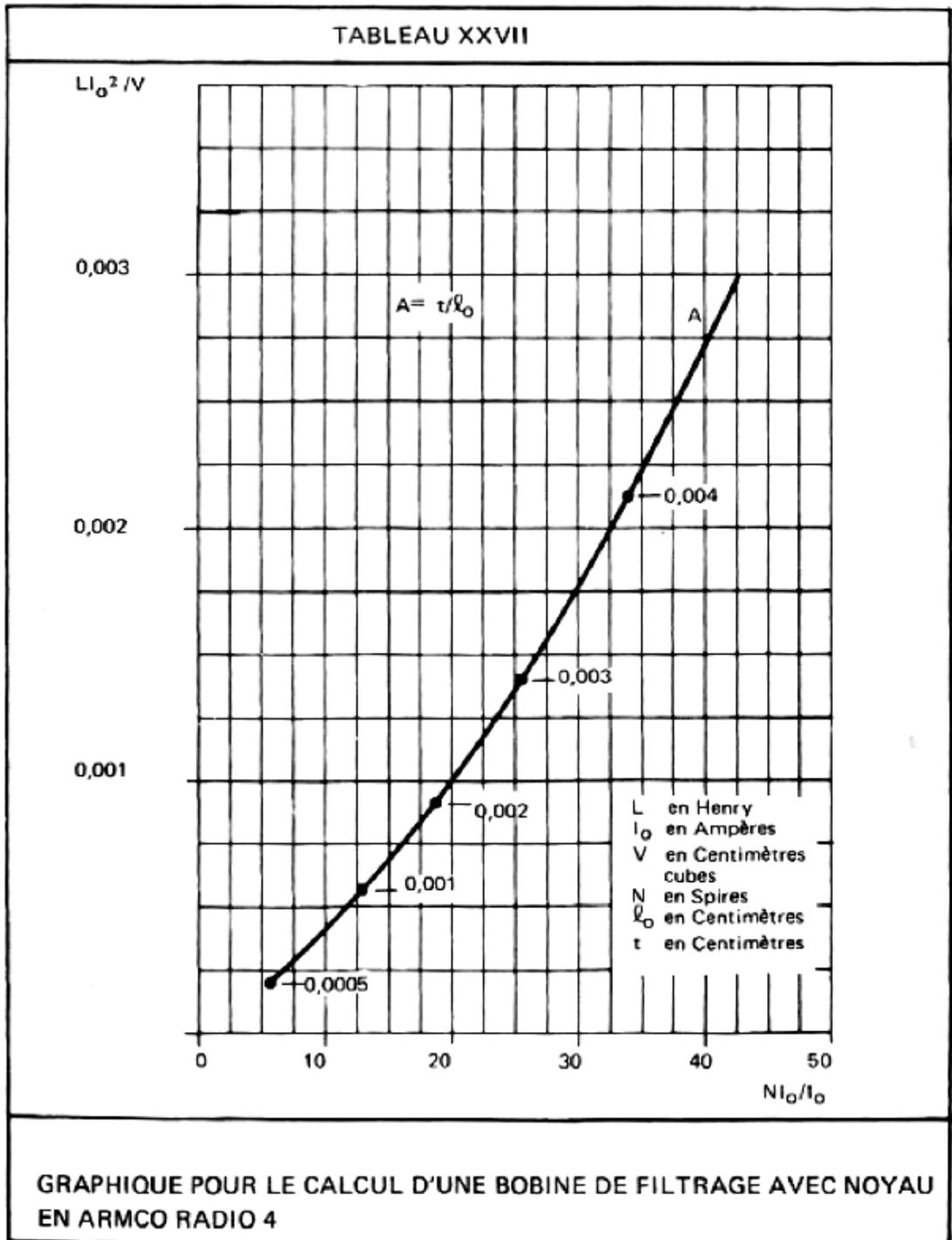


Figure 9

En additionnant les deux entrefers $\frac{t}{2} + \frac{t}{2}$ on obtient la valeur totale t de l'entrefer.

L'entrefer dans les noyaux des bobines de filtrage évite la saturation des noyaux.

Pour établir l'épaisseur que doit avoir l'entrefer, il faut utiliser l'un des trois tableaux reportés sur les figures 7 - 8 et 9. Le tableau XXV de la figure 7 se réfère aux tôles de fer silicium, le tableau XXVI de la figure 8 se réfère aux tôles d'hypernick et le tableau XXVII de la figure 9 se réfère aux tôles Armco Radio 4.

En général, dans les bobines de filtrage, on utilise des tôles de fer silicium (4% Si). En supposant que les tôles à votre disposition soient de ce type, il faudra utiliser le graphique du tableau XXV pour continuer les calculs.

En observant ce tableau, nous notons en premier lieu l'expression $L I_0^2/V$.

La valeur de cette expression peut se déterminer facilement en remplaçant la lettre L par la valeur de la bobine, $L = 5 \text{ H}$. La lettre I_0 avec la valeur du courant continu, $I_0 = 0,2 \text{ A}$; et la lettre V par le volume du noyau $V = 113,75 \text{ cm}^3$.

On obtient ainsi :

$$\frac{L I_0^2}{V} = \frac{5 \times 0,2^2}{113,75} = \frac{5 \times 0,04}{113,75} = \frac{0,2}{113,75} = 0,00175 \approx 0,0018. \quad (\text{valeur arrondie}).$$

En correspondance avec la valeur trouvée $\frac{L I_0^2}{V} \approx 0,0018$ sur le graphique de la figure 7, en suivant la ligne horizontale, nous trouvons le nombre 0,003. Ce nombre représente la valeur que devra avoir le rapport $A = \frac{t}{b_0}$ du calcul que nous sommes en train d'exécuter.

Puisque nous avons établi que le rapport $A = \frac{t}{\varphi_0}$ doit être égal à

0,003, nous pourrions exprimer le résultat sous forme mathématique de la façon suivante :

$$\frac{t}{\varphi_0} = 0,003.$$

En appliquant les règles de calcul littéral exposées dans le fascicule *Mathématiques 1* et en remplaçant le symbole l_0 par la valeur $l_0 = 18,2$ cm (que nous avons trouvée dans le calcul précédent : *formule 192*) on obtient :

$$\frac{t}{\varphi_0} = 0,003.$$

$$t = 0,003 \times \varphi_0$$

$$t = 0,003 \times 18,2 = 0,0546 \text{ cm} \approx 0,55 \text{ mm (valeur arrondie)}$$

La valeur trouvée $t \approx 0,55$ mm représente l'épaisseur de l'entrefer.

5 - DETERMINATION DU NOMBRE DE SPIRES (N)

Pour établir le nombre de spires N de l'enroulement, on emploie encore le diagramme déjà utilisé pour calculer l'épaisseur t de l'entrefer (*tableau XXV, figure 7*).

En partant du point du graphique grâce auquel la valeur t a été établie et en suivant la verticale tracée, on détermine sur l'axe horizontal, la valeur de l'expression $\frac{N I_0}{\varphi_0}$ indiquée sur cet axe.

Dans le cas particulier que nous traitons, nous avons :

$$\frac{N I_0}{\ell_0} \approx 26.$$

De cette expression, en appliquant les règles du calcul littéral exposées dans le fascicule *Mathématiques 1* et remplaçant les symboles I_0 et ℓ_0 par les valeurs respectives ($I_0 = 0,2 \text{ A}$, $\ell_0 = 18,2 \text{ cm}$), on obtient :

$$\frac{N I_0}{\ell_0} \approx 26 ;$$

$$N I_0 \approx 26 \ell_0$$

$$N \approx \frac{26 \times \ell_0}{I_0} ;$$

$$N \approx \frac{26 \times 18,2}{0,2} \approx \frac{473,2}{0,2} \approx 2.366 \text{ spires.}$$

6 - CHOIX DU FIL ET VERIFICATION DE L'ENCOMBREMENT

Le choix du fil nécessaire pour construire l'enroulement de la bobine et la vérification de l'encombrement sont exécutés de la même manière que le calcul du transformateur d'alimentation (*Formulaire 4*).

La section du fil nu sera établie en utilisant la *formule 171*.

En adoptant donc un fil de cuivre qui admet la densité de courant $i = 2 \text{ A/mm}^2$, on aura :

$$\text{Section du fil, } S = \frac{I_0}{i} = \frac{0,2}{2} = 0,1 \text{ mm}^2$$

En consultant le *tableau IX (figure 3 du formulaire 4)*, on ne trouve pas la valeur de section égale à $0,1 \text{ mm}^2$, mais on trouve une valeur supérieure, $0,1134 \text{ mm}^2$ qui correspond au diamètre de fil émaillé de $0,410 \text{ mm}$.

Pour calculer l'encombrement de la bobine, on utilise la *formule 176*.

Le nombre de spires de l'enroulement N a déjà été déterminé précédemment ($N = 2.366$ spires). L'indice de l'encombrement K correspondant au fil émaillé de $0,410 \text{ mm}$ de diamètre est indiqué au *tableau IX, figure 3 du Formulaire 4*, et est $k = 495 \text{ sp/cm}^2$.

En appliquant la *formule 176*, on obtient :

Surface occupée par l'enroulement :

$$A = \frac{N}{k} = \frac{2.366}{495} = 4,779 \text{ cm}^2.$$

La surface de la fenêtre de la tôle, que l'on obtient en multipliant la mesure

$d = 1,5 \text{ cm}$ et $e = 5,1 \text{ cm}$, est égale à $7,65 \text{ cm}^2 (1,5 \times 5,1 = 7,65)$.

La fenêtre a donc une surface largement plus grande que celle nécessaire à l'enroulement. Elle pourra donc contenir sans difficultés, la bobine de filtrage, même si cette bobine a été enroulée à la main, et si elle présente un encombrement plus grand qu'un enroulement fait à la machine.

