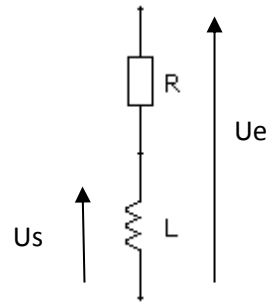


TD FILTRAGE PASSIF

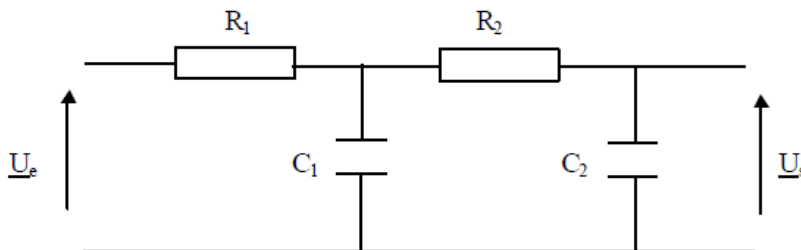
Exercice 1 (difficulté *)

1. Prévoir le comportement asymptotique du filtre ci-dessous.
2. Calculer la fonction de transfert $H(j\omega) = \frac{U_s}{U_e}$
3. Etablir le diagramme de Bode.



Exercice 2 (difficulté ***)

On considère le circuit ci-dessous :



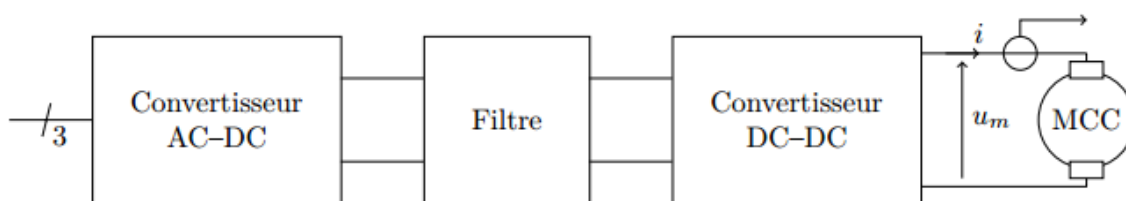
1. Prévoir le comportement asymptotique de ce filtre.
2. Déterminer la fonction de transfert $H(j\omega) = \frac{U_s}{U_e}$ sous la forme $\frac{1}{1 - \alpha \omega^2 + j\beta\omega}$
3. Montrer que l'on peut écrire $H(j\omega) = \frac{1}{(1 + j\frac{\omega}{a})(1 + j\frac{\omega}{b})}$ où a et b sont solutions d'une équation du second degré que l'on explicitera.

On donne $R_1 = 100 \text{ k}\Omega$; $C_1 = 10 \text{ nF}$; $R_2 / R_1 = C_1 / C_2 = 5$. Déterminer les coefficients a et b (on introduira la constante de temps $t = R_1 C_1 = R_2 C_2$).

4. Etablir le diagramme de Bode en précisant les gains en décibels G pour les pulsations a et b.

Exercice n°3 : Filtrage dans une chaîne de mesure (difficulté **)

On étudie ici un des éléments de mesure d'un poste de détensionnement. Cette machine permet de laminier des matériaux non métalliques afin de produire des tôles ou profils d'épaisseur variable. Pour réaliser ceci, il faut notamment exercer une traction sur le matériau à travers l'ensemble électrique ci-dessous.



Synoptique de la chaîne d'alimentation d'un moteur à courant continu

Le convertisseur DC-DC est un hacheur fonctionnant avec une fréquence de découpage de 20kHz.

Afin d'assurer le bon fonctionnement de l'ensemble, il est nécessaire de réaliser en plus d'un asservissement de vitesse des rouleaux d'entraînement, un asservissement de courant dans le moteur. On a donc besoin d'un capteur de courant dans cette optique.

La mesure du courant i se fait à l'aide de la mesure de la différence de potentiel aux bornes d'une résistance R_{shunt} . La figure suivante donne le schéma électrique relatif au filtrage et à l'amplification pour la mesure du courant.

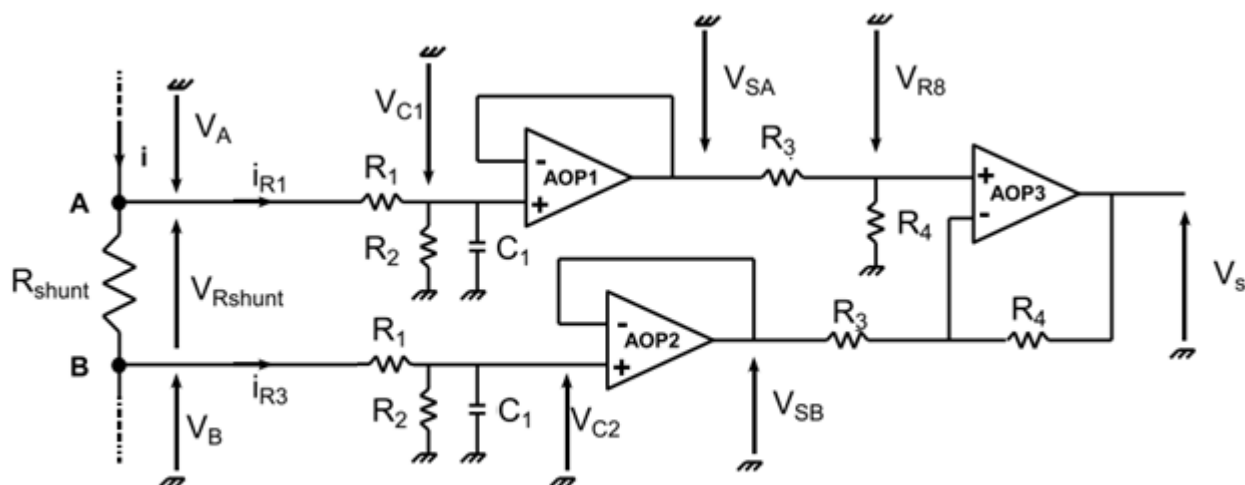


Schéma de la mesure de courant par résistance shunt

Les composants AOP1 et AOP2 sont des montages suiveurs permettant d'obtenir simplement les relations suivantes : $V_{SA} = V_{C1}$ et $V_{SB} = V_{C2}$

L'AOP3 est un montage soustracteur : $V_s = \left(1 + \frac{R_4}{R_3}\right) \times V_{R8} - \frac{R_4}{R_3} \times V_{SB}$

Les AOP ont une impédance d'entrée quasiment infinie, le courant dans leurs bornes - et + est donc considéré nul.

- 1) Donner les expressions de V_{C1} et V_{C2} en fonction des tensions V_A et V_B et des éléments passifs (R_1 , R_2 et C_2).
- 2) On souhaite que les composantes continues de V_A et V_B soient atténuées d'un rapport 50 environ. Parmi les valeurs normalisées données en annexe, proposer des valeurs de résistances (R_q : ce sont des résistances de signal supportant au maximum 0,5 W)
- 3) On ne souhaite garder que la composante continue du courant à mesurer. Proposer un gabarit de filtre convenant à noter application. Proposer alors une valeur de fréquence de coupure du filtre réalisé et en déduire la valeur de C_1 .
- 4) Donner les expressions de V_{SA} et V_{SB} en fonction de V_A et V_B .
- 5) Donner l'expression de V_{R8} en fonction de V_{SA} , R_3 et R_4 .
- 6) En déduire l'expression de V_s en fonction de V_{SA} et V_{SB} . Proposer des valeurs de R_3 et R_4 pour obtenir une relation de la forme : $V_s = k \times (V_{SA} - V_{SB})$ avec k proche de 10.
- 7) Justifier le fait qu'avec R_1 et R_2 , on atténue fortement le signal venant du shunt, alors que lors de l'étage soustracteur on amplifie la sortie.

Exercice n°4 : Filtres d'enceintes Hi-Fi : (difficulté **)

I. Présentation

Lors de la restitution de la musique en qualité haute-fidélité, il est important d'utiliser les haut-parleurs dans la bande de fréquence où la réponse est la meilleure. Il est donc nécessaire de ne fournir que les signaux dans la bande appropriée à l'aide de filtres : signaux basse fréquence pour les boomers, haute fréquence pour les tweeters, par exemple.

Cette association est illustrée sur des filtres destinés à équiper une enceinte acoustique 2 voies. Le schéma d'étude est donné à la Figure 1. Dans sa bande passante, chaque haut-parleur est assimilé à une résistance $R = 8 \Omega$. L'étude comprend aussi le calcul de la valeur des éléments L et C .

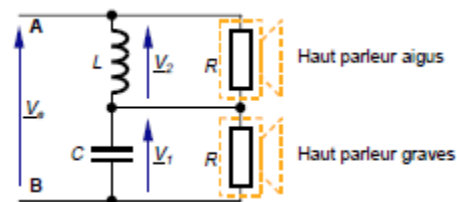


Figure 1 : Enceinte acoustique deux voies.

II.1. Impédance

II.1.1 Déterminer l'expression de l'impédance complexe Z entre les bornes A et B en fonction de la pulsation ω du signal V_e , de L , R et C .

II.1.2 Déterminer la relation entre R , L et C pour que l'impédance Z soit identique à la résistance R quel que soit la pulsation ω . Cette condition sera appelée [E1].

II.1.3 En déduire l'intérêt que procure cette condition sur la puissance délivrée par l'amplificateur fournissant la tension V_e .

Dans la suite du problème, la condition [E1] est vérifiée.

II.2. Etude du premier filtre

II.2.1 Exprimer la fonction de transfert $H_1(j\omega) = \frac{V_1}{V_e}$ et l'écrire sous la forme $H_1(j\omega) = \frac{1}{1 + j\frac{\omega}{\omega_0}}$

Exprimer alors la pulsation ω_0 en fonction de R et C .

II.2.2 On souhaite obtenir un filtre coupant à $\omega_0 = 2\pi \cdot 10^3$ rad/s.
Calculer les valeurs de L et C .

II.2.3 Etudier succinctement puis tracer les diagrammes de Bode (G_1 , gain/pulsation et ϕ_1 , phase/pulsation) asymptotiques et réels de ce filtre. Indiquer son type et contrôler la cohérence avec le haut-parleur associé.

II.3. Etude du second filtre

II.3.1 Exprimer la fonction de transfert $H_2(j\omega) = \frac{V_2}{V_e}$

II.3.2 Etudier succinctement et tracer les diagrammes de Bode (G_2 , gain/pulsation et ϕ_2 , phase/pulsation) asymptotiques et réels de ce filtre sur le même tracé que précédemment. Indiquer son type et contrôler la cohérence avec le haut-parleur associé.

II.3.3 Contrôler que tout le domaine des fréquences est couvert par l'enceinte.

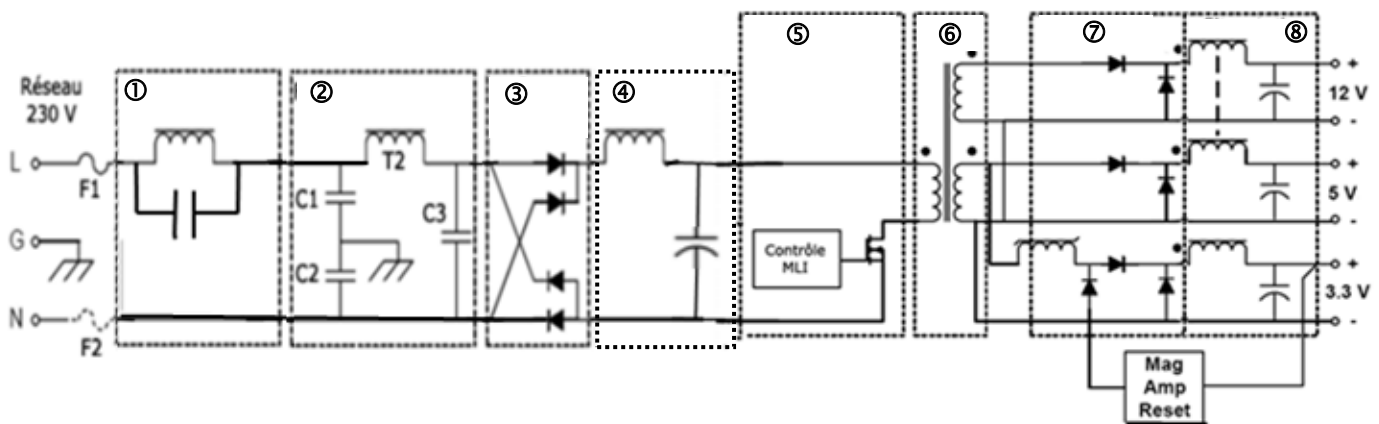
Exercice n°5: Alimentation de PC **

Un PC, bien que connecté au réseau EDF 230 V sinusoïdal, ne nécessite que des tensions continues, de plusieurs niveaux (3,3V, 5V et 12V). Dans cet exercice, vous allez étudier les différents éléments du bloc alimentation permettant de réaliser cette conversion, et plus spécialement les éléments concernant les différents étages de filtrage présents dans une alimentation de PC.

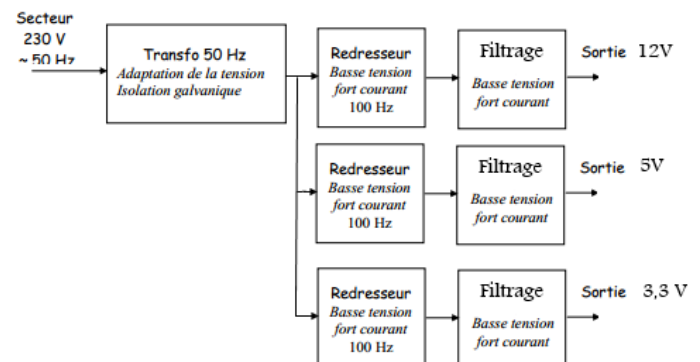
Pour cela, on partira du schéma simplifié et légèrement modifié donné page suivante.

1) Structure globale

a) Dans le schéma page suivante, pour chaque rectangle en pointillé, donner le nom du montage réalisé.



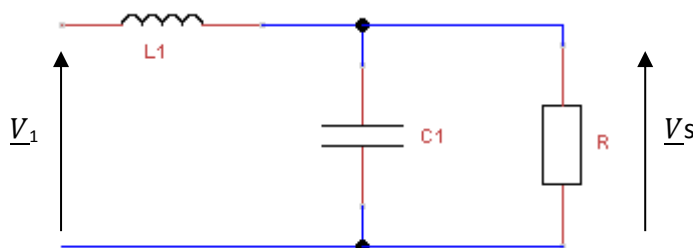
- b) Proposer une des raisons du fait que l'on passe par une étape intermédiaire "découpage - redressement" (blocs 5 et 7) au lieu de directement abaisser la tension réseau puis redresser le signal pour chaque valeur de tension de sortie suivant le synoptique ci-contre :



2) Filtre de sortie ** (bloc 8)

Les charges d'une alimentation de PC (carte graphique, processeur..) ont besoin d'une tension continue parfaitement lissée. On ne peut par exemple pas connecter un disque dur directement sur le redresseur fournissant 12 V, on place après le redresseur un filtre lissant la tension. Dans cette partie, nous allons étudier le comportement de ce filtre.

Afin de simplifier l'étude, on va remplacer la charge par une résistance R. On arrive au schéma suivant :



- Le bus 12 V, consomme en fonctionnement nominal une puissance de 120 W. Quelle valeur de R va-t-on choisir pour modéliser la charge ?
- Déterminer la fonction de transfert : $\underline{H}_1 = \frac{V_s}{V_1}$. (Mettre \underline{H}_1 sous forme canonique).
- Exprimer la pulsation propre ω_0 et le coefficient d'amortissement m en fonction de R, L_1 et C_1 .
- Le découpage se fait à une fréquence de 100 kHz. Proposer une valeur de fréquence propre pour notre filtre. En déduire une valeur de L_1 sachant que l'on a $C_1=1\text{mF}$.
- Calculer alors la valeur numérique de m. Peut-il y avoir phénomène de résonance ? Conclusion : quelle précaution doit-on prendre ?

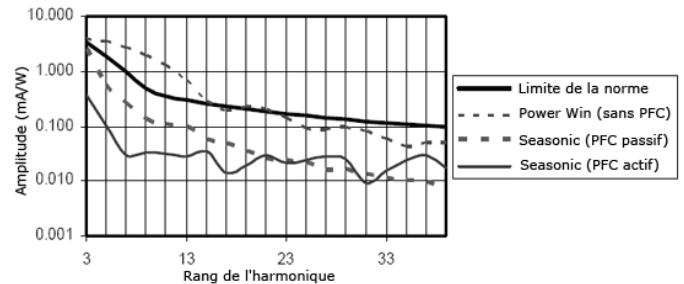
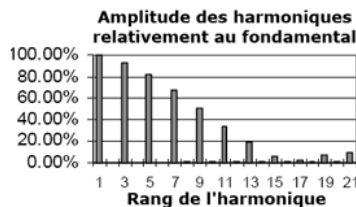
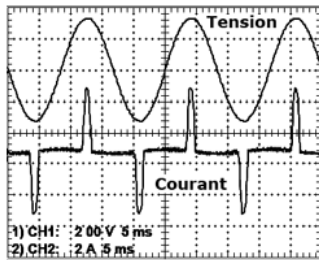
e) Tracer le diagramme de bode asymptotique (en gain uniquement) de la fonction de transfert.

f) De quel coefficient sera atténué le premier harmonique de v_1 du au découpage?

Les paramètres du filtre vous paraissent-ils choisis de manière judicieuse ?

2) PFC passif *

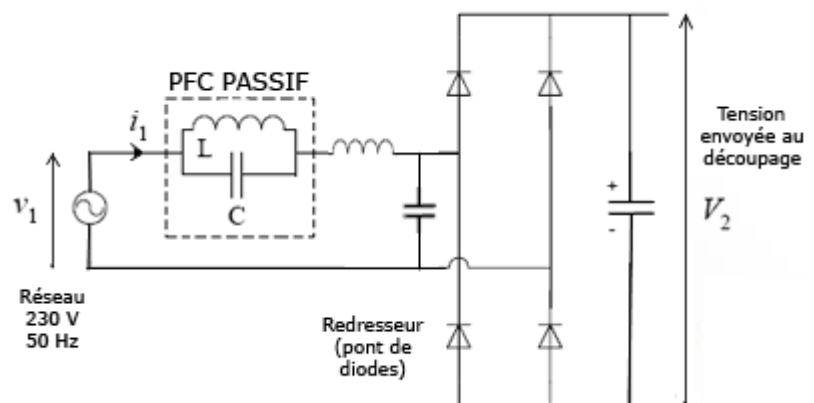
Sans dispositif de correction, une alimentation de PC présenterait d'importants harmoniques (cf. graphe ci-dessous)



Or, depuis 2001, une norme impose des limites d'harmonique. Les alimentations de PC doivent donc inclure des dispositifs permettant de réduire les harmoniques (dus essentiellement au redressement sur condensateur). Deux méthodes existent : une correction passive par filtre LC et une correction active.

On propose un filtrage par filtre LC parallèle suivant le schéma donné dans la figure ci-contre.

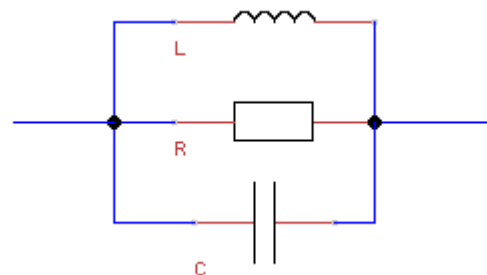
Nous allons étudier ici si ce principe de filtrage convient à notre application.



- Calculer l'impédance équivalente Z_{PFC} . Donner en fonction de L et C la pulsation propre ω_0 de Z_{PFC} .
- Pour les harmoniques de fréquence f_0 , que vaut Z_{PFC} ? Comment se comporte alors le filtre PFC ?
- Quel doit être la valeur numérique de la pulsation propre du filtre LC ? En déduire une relation entre L et C .
La valeur de l'inductance est de 1 mH, calculer la valeur de C adéquate.

En fait, si l'on prend en compte les imperfections des composants, le filtre peut être schématisé par le schéma ci-contre :

Avec $R = 1 \text{ k}\Omega$



d) Calculer l'admittance Y_{PFC2} et son module Y_2 .

e) Tracer l'allure de la courbe $Z_2 = f(\omega)$.

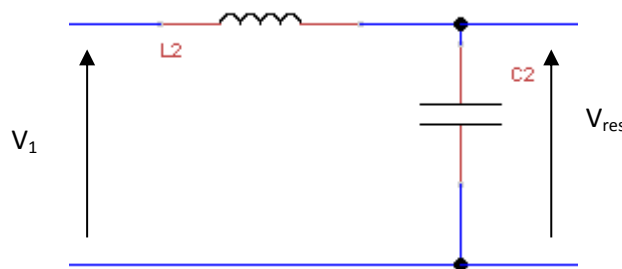
f) Calculer l'impédance de Z pour la fréquence du fondamental. Conclusion.

- g) Lire l'impédance du filtre pour les harmoniques de rang plus élevé (ex pour $f=300$ Hz). Donner alors les limites d'un tel type de filtre.

3) Filtre en ligne *

Les harmoniques de tension de 50 kHz créés par le découpage va se traduire par des courants harmoniques de cette même fréquence. Or ces courants, sans filtre vont retourner sur le réseau et le perturber. On va donc insérer un filtre LC entre le réseau et l'étage de découpage.

Pour simplifier l'étude, on va considérer que le réseau ne présente pas d'harmoniques et on va étudier le filtre en tension et non en courant. Si l'on retourne le circuit, on obtient le schéma ci-dessous:

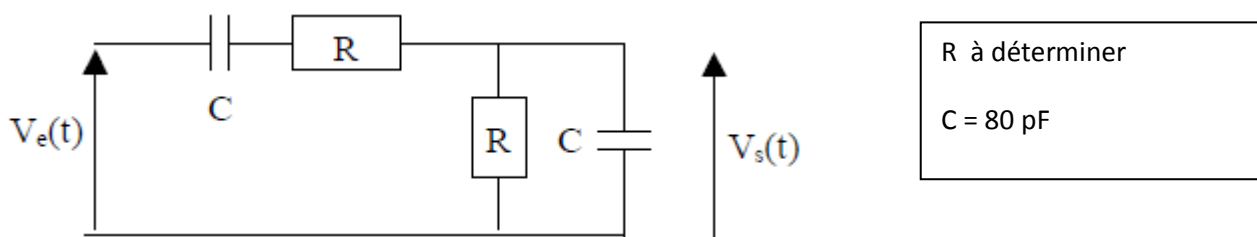


- a) Donner la fonction de transfert : $H_2 = \frac{V_{res}}{V_1}$.
- b) Choisissez un couple de valeur de L et C pouvant convenir à notre application

Exercice n°6 : Etude d'un pont de Wien passe bande: (difficulté ***)

On désire concevoir un filtre pour une antenne radio permettant de sélectionner la fréquence d'Europe 1 émis sur une fréquence de 183 kHz.

On propose le circuit ci-dessous :



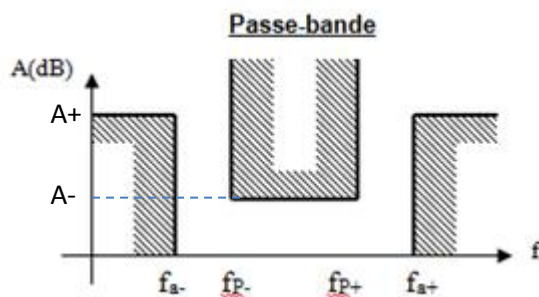
- 1) Calculer la fonction de transfert de ce filtre et la mettre sous la forme canonique classique d'un filtre passe bande :

$$H(j\omega) = \frac{K}{1 + jQ \left(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega} \right)}$$
- 2) Donner les expressions du facteur de qualité Q, de la pulsation propre ω_0 et de K.
- 3) Quelle valeur faut-il donner à R ?
- 4) Calculer alors la bande passante du filtre.

Les fréquences des radios émettant sur des fréquences proches sont les suivantes :
 Medi 1 - 171 kHz

Europe 1 - 183 kHz
BBC 4 - 198 kHz

On souhaite donc que le filtre rentre dans le gabarit donné ci-dessous :



Avec :

$f_{a-}=171\text{kHz}$
 $f_{p-}=178\text{kHz}$
 $f_{p+}=188\text{kHz}$
 $f_{a+}=198\text{kHz}$

$A-=3\text{dB}$ et $A+=40\text{dB}$

- 5) Tracer le diagramme de bode asymptotique en atténuation correspondant à ce circuit, puis compléter le tracé avec quelques points réels.
- 6) Tracer en rouge où le gabarit précédent se situerait.

Conclusion : Ce filtre peut-il convenir ?

Annexe :

Valeurs de résistances
Série normalisée « E12 »

1	10	100
1,2	12	120
1,5	15	150
1,8	18	180
2,2	22	220
2,7	27	270
3,3	33	330
3,9	39	390
4,7	47	470
5,6	56	560
6,8	68	680
8,2	82	820

$\text{m}\Omega$ - Ω - $\text{k}\Omega$ - $\text{M}\Omega$