NOM : …… Prénom : …… Groupe : ……

Examen Electronique - CORRIGE

Études des régimes sinusoïdaux [SI-S1-ELEC-2-ERS]

Les calculatrices et les documents ne sont pas autorisés. Le barème est donné à titre indicatif.

Réponses exclusivement sur le sujet. Si vous manquez de place, vous pouvez utiliser le verso des pages.

Exercice 1. QCM (4 points – pas de point négatif)

Pour chacune des questions ci-dessous, entourez la ou les bonnes réponses.

Soit une tension sinusoïdale $u(t) = U.\sqrt{2}.sin\,(\omega t + \varphi)$.

1. Quelle est l'unité de U ?

   a. A
   © V
   b. $V.rad.s^{-1}$
   d. U n'a pas d'unité

2. On note $\underline{U}$, l'amplitude complexe associée à $u(t)$. Quel est l'argument de $\underline{U}$?

   a. $\omega t + \varphi$
   © φ
   b. ωt
   d. U

3. Soit un dipôle D. On note :
   - $u(t)$, la tension à ses bornes
   - $i(t)$, le courant qui le traverse
   - $\underline{Z}$, son impédance complexe.

   u et i sont fléchés en respectant la convention récepteur.

   Que représente l'argument de $\underline{Z}$?

   a. La phase à l'origine de u
   © Le déphasage de u par rapport à i
   b. La phase à l'origine de i
   d. Ça dépend du dipôle

4. Quelle est l'unité du produit $C\omega$?

   ⓐ Des Siemens b. Des Hertz c. Des Ampères d. Des Ohms

Soit un filtre du 1er ordre. On note $\underline{T}(\omega)$ la fonction de transfert d'un filtre, $A(\omega)$, son amplification et $G(\omega)$, son gain en dB.

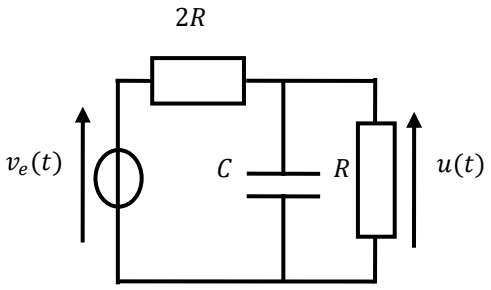
5. Que représente le quotient de la valeur efficace de la tension de sortie sur a valeur efficace de la tension d'entrée ?

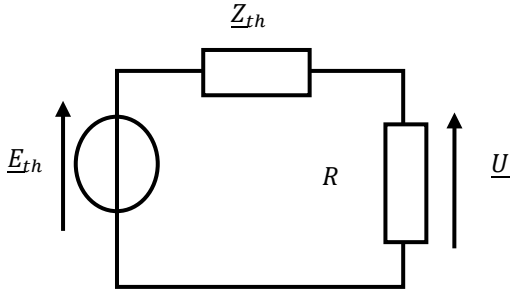
a. Le gain $G(\omega)$
c. La fonction de transfert $\underline{T}(\omega)$
ⓑ L'amplification $A(\omega)$
d. Rien de tout cela

6. $arg\ (\underline{T}(\omega))$ représente le déphasage de la tension de sortie par rapport à la tension d'entrée.

ⓐ VRAI
b. FAUX

On considère le circuit de gauche, où $e(t) = E.\sqrt{2}.\sin(\omega t)$. On veut déterminer le générateur de Thévenin vu par la résistance R. En représentation complexe, on obtient alors le schéma de droite (Q7&8)





7. Quelle est l'expression de $\underline{\mathrm{E}}_{\mathrm{th}}$?

ⓐ $\underline{\boldsymbol{E_{th}}} = \frac{\mathbf{1}}{\mathbf{1+2jRC\omega}}\underline{\boldsymbol{V_E}}$
c- $\underline{E_{th}} = \frac{C}{2R+C}\underline{V_E}$
b- $\underline{E_{th}} = \frac{jC\omega}{2R+jC\omega}\underline{V_E}$
d- $\underline{E_{th}} = \underline{V_E}$

8. Quelle est l'expression de $\underline{Z_{th}}$?

a- $\underline{Z_{th}} = \frac{2RC}{2R+C}$
c- $\underline{Z_{th}} = \frac{2jRC\omega}{2R+jC\omega}$
b- $\underline{Z_{th}} = 2R + \frac{1}{jC\omega}$
ⓓ $\underline{\boldsymbol{Z_{th}}} = \frac{\mathbf{2R}}{\mathbf{1+2jRC\omega}}$

Exercice 2. Régime sinusoïdal forcé : Etude d'un filtre (9 points)

Soit le circuit suivant :

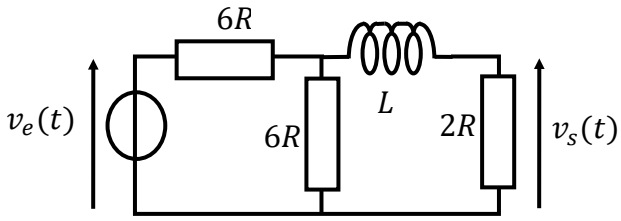
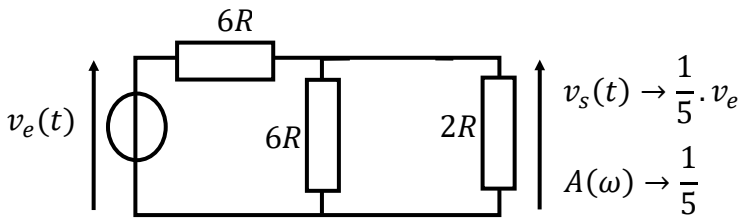


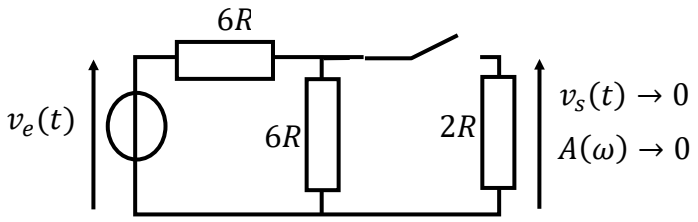
Figure 1

1. Etude Qualitative :

   a. Donner un schéma équivalent en très basse fréquence (TBF) de ce filtre. En déduire la limite de l'amplification $A(\omega)$ de ce filtre en TBF.



   b. Donner un schéma équivalent en très haute fréquence (THF) de ce filtre. En déduire la limite de l'amplification $A(\omega)$ de ce filtre en THF.



   c. Conclure sur la nature de ce filtre.

Comme l'amplification est une fonction décroissante de ω, le circuit est un filtre Passe-Bas.

d. Quel type de filtre obtient-on si on remplace la bobine par un condensateur ? Justifiez votre réponse.

Si on remplace la bobine par un condensateur, les résultats obtenus pour les TBF et les THF seront inversés.
Le circuit sera alors un filtre Passe-Haut.

2. Etude Quantitative :

a- Déterminer $\underline{E_{th}}$ et $\underline{Z_{th}}$ pour que le circuit précédent (Figure 1) soit équivalent à celui-ci-contre. Détaillez votre raisonnement.

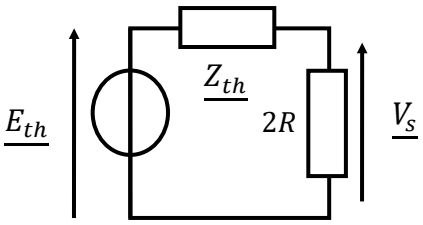
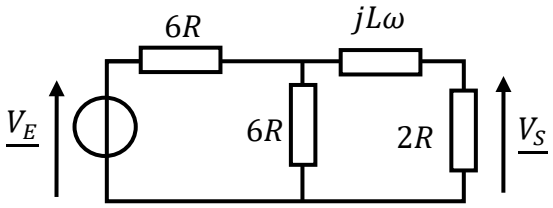
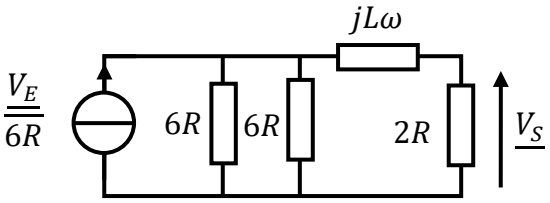


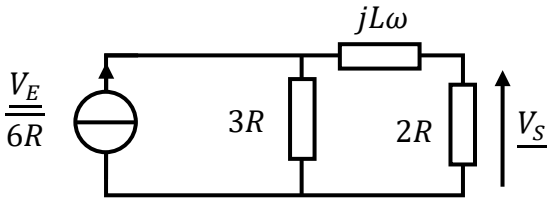
Figure 2

On passe en représentation complexe.

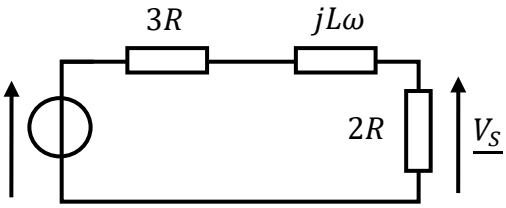


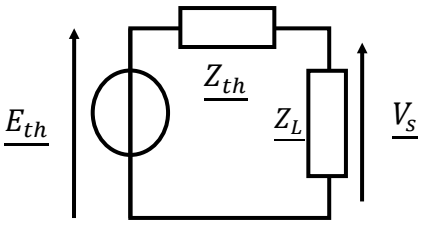
En utilisant les équivalences Thévenin/Norton, on peut simplifier le circuit :





$3R\frac{\underline{V_E}}{6R} = \frac{1}{2}\underline{V_E}$





$$\underline{E_{th}} = \frac{1}{2} \cdot \underline{V_E}$$

$$\underline{Z_{th}} = 3R + jL\omega$$

b- En utilisant le schéma de la figure 2, exprimer l'amplitude complexe $\underline{V_S}$ associée à la tension $v_s(t)$ en fonction de $\underline{E_{th}}$, de $\underline{Z_{th}}$ et de R, puis, en fonction de R, L, ω et $\underline{V_E}$.

En déduire la fonction de transfert du filtre, puis, sa pulsation de coupure. Si nécessaire, vous trouverez en annexe les formes normalisées des fonctions de transfert.

D'après la formule du Pont Diviseur de Tension, on obtient :

$$\underline{V_S} = \frac{2R}{\underline{Z_{th}} + 2R} \cdot \underline{E_{th}}$$

$$\underline{V_S} = \frac{2R}{3R + jL\omega + 2R} \cdot \frac{1}{2} \cdot \underline{V_E}$$

$$\underline{V_S} = \frac{R}{5R + jL\omega} \cdot \underline{V_E}$$

On obtient donc :

$$\underline{T}(\omega) = \frac{R}{5R + jL\omega}$$

Mise sous forme normalisée :

$$\underline{T}(\omega) = \frac{R}{5R} \cdot \frac{1}{1 + j\frac{L}{5R}\omega}$$

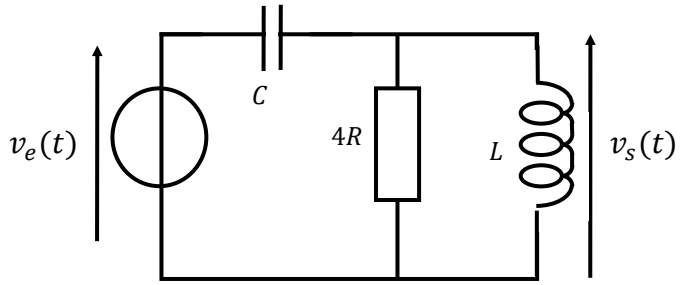
$$\underline{T}(\omega) = \frac{1}{5} \cdot \frac{1}{1 + j\frac{L}{5R}\omega}$$

Par identification, on obtient alors :

$$\omega_c = \frac{5R}{L}$$

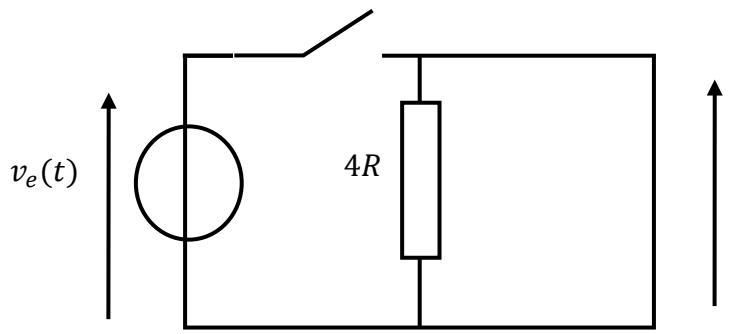
Exercice 3. Régime sinusoïdal forcé : Etude d'un filtre (7 points)

Soit le circuit suivant :



1. Etude Qualitative :

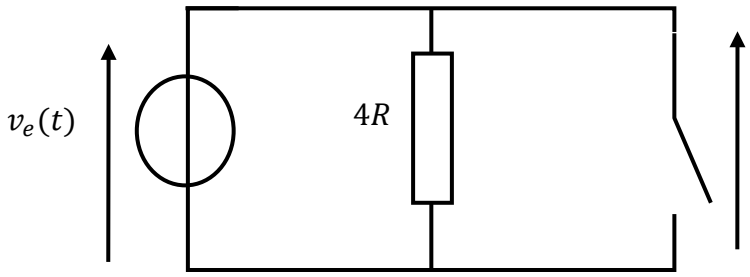
   a. Donner un schéma équivalent en très basse fréquence (TBF) de ce filtre. En déduire la limite de l'amplification $A(\omega)$ de ce filtre en TBF.



$v_s(t) \to 0$

$A(\omega) \to 0$

   b. Donner un schéma équivalent en très haute fréquence (THF) de ce filtre. En déduire la limite de l'amplification $A(\omega)$ de ce filtre en THF.



$v_s(t) \to v_e(t)$

$A(\omega) \to 1$

   c. Conclure sur la nature et l'ordre de ce filtre.

Comme l'amplification est une fonction croissante de ω, le circuit est un filtre Passe-Haut.

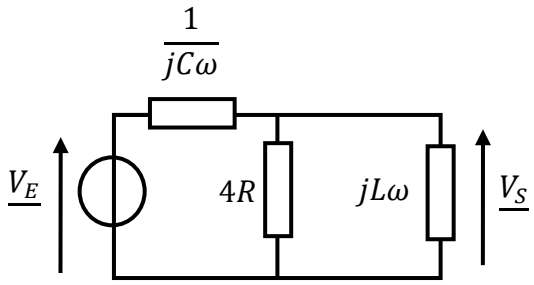
d. Quel type de filtre obtient-on si on remplace le condensateur par une bobine ? Justifiez votre réponse.

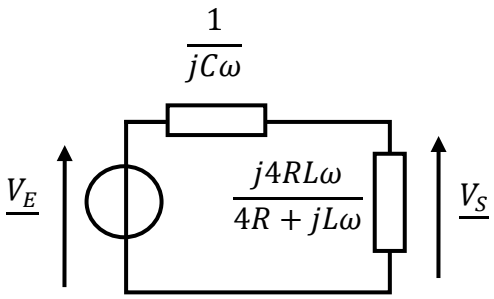
Si on remplace le condensateur par une bobine, l'amplification serait nulle en TBF et en THF (tension aux bornes d'un fil en TBF et pas de courant dans $4R$ en THF)
Le circuit sera alors un filtre Passe-Bande.

2. Etude quantitative :

a. Exprimer l'amplitude complexe $\underline{V_S}$ associée à la tension $v_s(t)$ en fonction de R, L, C, ω et $\underline{V_E}$. En déduire la fonction de transfert du filtre.

On passe en représentation complexe.





D'après la formule du Pont Diviseur de Tension, on obtient :

$$\underline{V_S} = \frac{\frac{j4RL\omega}{R + jL\omega}}{\frac{1}{jC\omega} + \frac{j4RL\omega}{4R + jL\omega}} \cdot \underline{V_E}$$

On obtient donc :

$$\underline{T}(\omega) = \frac{-4RLC\omega^2}{4R + jL\omega - 4RLC\omega^2}$$

b. Mettre la fonction de transfert sous sa forme normalisée et en déduire la pulsation propre ω_0 ainsi que le coefficient d'amortissement σ. Vous trouverez en annexe les formes normalisées des fonctions de transfert, et vous pourrez exprimer σ en fonction de ω_0.

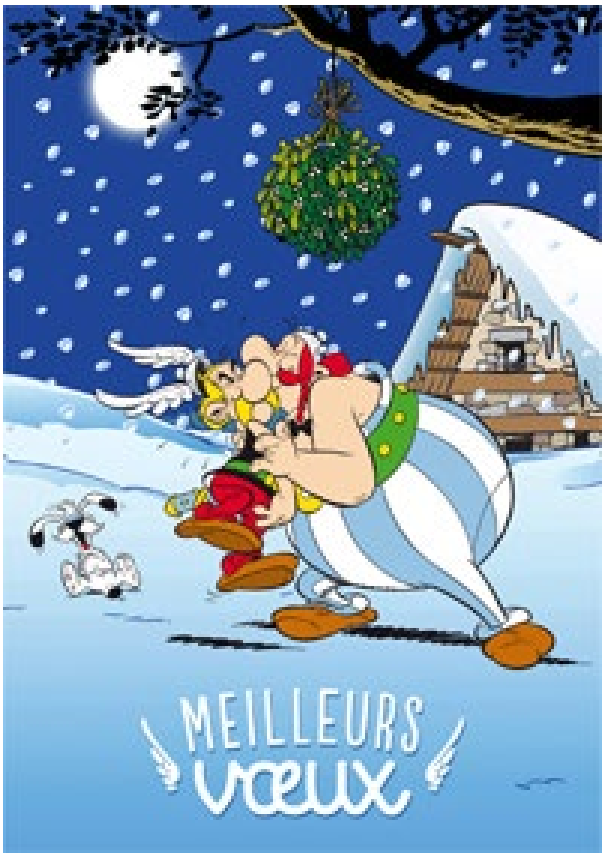
Mise sous forme normalisée :

$$\underline{T}(\omega) = \frac{-4RLC\omega^2}{4R\left(1 + j\frac{L}{4R}\omega - LC\omega^2\right)}$$

$$\underline{T}(\omega) = \frac{-LC\omega^2}{1 + j\frac{L}{4R}\omega - LC\omega^2}$$

Par identification, on obtient alors :

$$\begin{cases} \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2 = LC\omega^2 \Rightarrow \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \\ 2\sigma\frac{\omega}{\omega_0} = \frac{L}{4R}\omega \Rightarrow \sigma = \frac{L}{8R}\omega_0 = \frac{L}{8R\sqrt{LC}} \end{cases}$$



Fonctions de transfert normalisées

Type de filtre	Ordre 1	Ordre 2
Passe-Bas	$\underline{T}(\omega) = A_{Max}.\frac{1}{1+j\frac{\omega}{\omega_c}}$ avec : $A_{Max} = A_{TBF}$ $\omega_c =$ Pulsation de coupure	$\underline{T}(\omega) = A_0.\frac{1}{1+2j\sigma\frac{\omega}{\omega_0}-\left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2}$ avec : $A_0 = A_{TBF}$
Passe-Haut	$\underline{T}(\omega) = A_{Max}.\frac{j\frac{\omega}{\omega_c}}{1+j\frac{\omega}{\omega_c}}$ avec : $A_{Max} = A_{THF}$ $\omega_c =$ Pulsation de coupure	$\underline{T}(\omega) = A_0.\frac{-\left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2}{1+2j\sigma\frac{\omega}{\omega_0}-\left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2}$ avec : $A_0 = A_{THF}$
Passe-Bande		$\underline{T}(\omega) = A_0.\frac{2j\sigma\frac{\omega}{\omega_0}}{1+2j\sigma\frac{\omega}{\omega_0}-\left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2}$ avec : $A_0 = A_{Max}$