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.

2024 Bonne Année !

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

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

1. Dans un condensateur, quel est le déphasage de la tension par rapport au courant ?

   a. $+\frac{\pi}{2}$

   b. $\boldsymbol{-\frac{\pi}{2}}$

   c. $-\pi$

   d. $\pm\frac{\pi}{2}$ selon la fréquence

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

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

3. Que représente le module d'une amplitude complexe d'un signal sinusoïdal ?

   a. Le quotient des valeurs max

   b. La valeur instantanée du signal

   c. La valeur efficace du signal

   d. La phase à l'origine

4. Que représente l'argument d'une impédance complexe d'un dipôle ?

   a. Le quotient des valeurs max

   b. Le déphasage du courant par rapport à la tension.

   c. Le déphasage de la tension par rapport au courant.

   d. La phase à l'origine

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 l'amplitude complexe de la tension de sortie sur l'amplitude complexe de la tension d'entrée ?

   a. Le gain $G(\omega)$

   b. L'amplification $A(\omega)$

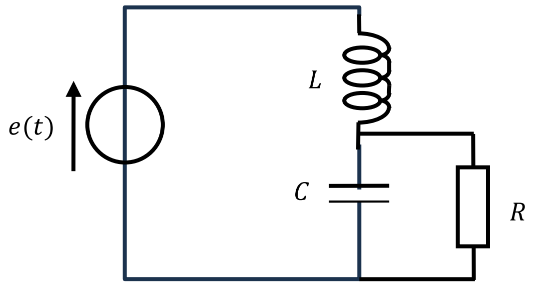
   c. La fonction de transfert $\underline{T}(\omega)$

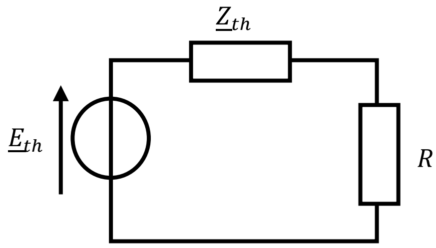
   d. Rien de tout cela

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

   a. 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 $\underline{E}_{th}$?

   a- $\underline{E}_{th} = \frac{L}{C(1-LC\omega^2)} E$

   b- $\underline{E}_{th} = E$

   c- $\boldsymbol{\underline{E}_{th} = \frac{1}{1-LC\omega^2} E}$

   d- $\underline{E}_{th} = -\frac{LC\omega^2}{1-LC\omega^2} E$

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

   a- $\underline{Z}_{th} = \frac{LC}{L+C}$

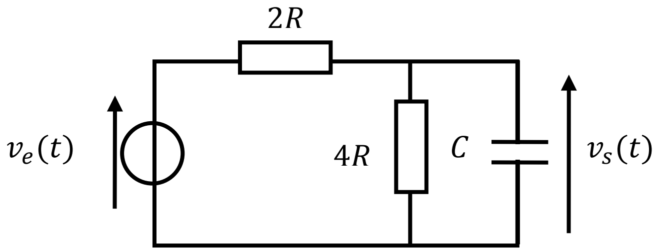
   b- $\underline{Z}_{th} = \frac{jL\omega}{1+LC\omega^2}$

   c- $\underline{Z}_{th} = \frac{1-LC\omega^2}{jC\omega}$

   d- $\boldsymbol{\underline{Z}_{th} = \frac{jL\omega}{1-LC\omega^2}}$

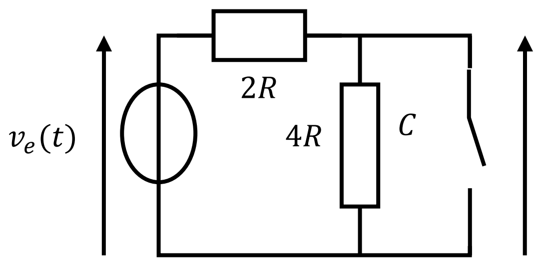
Exercice 2. Régime sinusoïdal forcé : Etude d'un filtre (7 points)

Soit le circuit suivant :



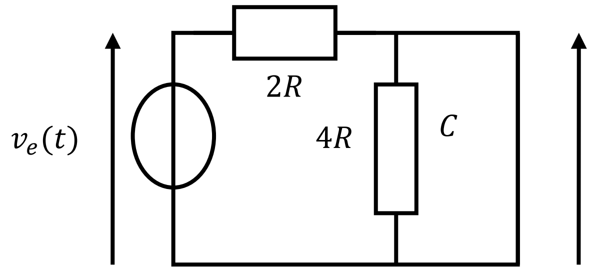
1. Etude Qualitative :

   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.



$$v_s(t) \rightarrow \frac{4R}{2R+4R} \cdot v_e(t) = \frac{2}{3} \cdot v_e(t)$$
$$A(\omega) \rightarrow \frac{2}{3}$$

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.



$v_s(t) \to 0$
$A(\omega) \to 0$

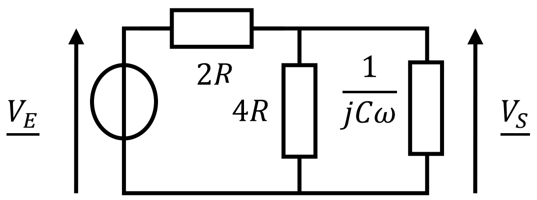
c. Conclure sur la nature de ce filtre.

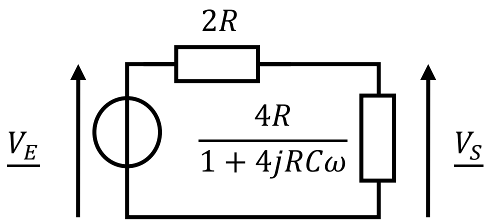
Comme l'amplification est une fonction décroissante de ω, le circuit est un filtre Passe-Bas.

2. Etude Quantitative :

Déterminer sa fonction de transfert. En déduire la pulsation de coupure.

On passe en représentation complexe.





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

$$\underline{V_S} = \frac{\frac{4R}{1+4jRC\omega}}{2R + \frac{4R}{1+4jRC\omega}} \cdot \underline{V_E}$$

On a donc :

$$\underline{T}(\omega) = \frac{2}{3+4jRC\omega}$$

Mise sous forme normalisée :

$$\underline{T}(\omega) = \frac{2}{3} \times \frac{1}{1+\frac{4}{3}jRC\omega}$$

Par identification, on obtient alors :

$$\omega_c = \frac{3}{4RC}$$

Exercice 3. Régime sinusoïdal forcé : Etude d'un filtre (9 points)

Soit le circuit suivant :

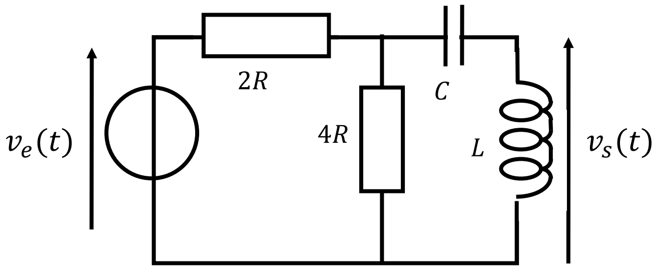
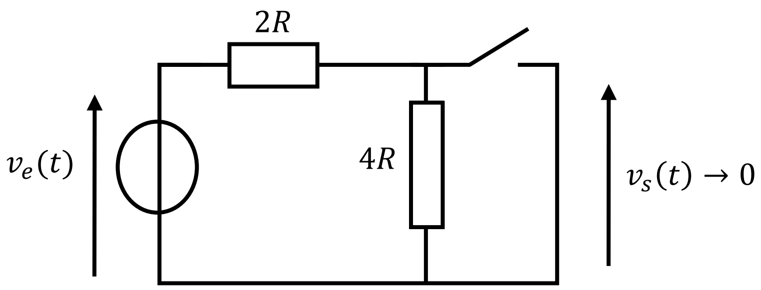


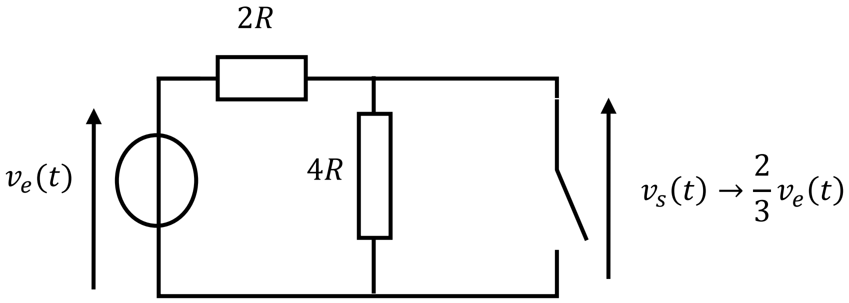
Figure 1

1. Etude Qualitative :

   a. Donner un schéma équivalent en très basse fréquence (TBF) de ce filtre. En déduire la limite de la tension v_s de ce filtre en TBF.



   b. Donner un schéma équivalent en très haute fréquence (THF) de ce filtre. En déduire la limite de la tension v_s de ce filtre en THF.



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

Comme la tension est nulle en basse fréquence et différente de 0 en haute fréquence, ce circuit laisse passer les hautes fréquences et bloque les basses.
Il s'agit donc d'un filtre Passe-Haut.

d. Quel type de filtre obtient-on si on inverse la bobine et le condensateur ? Justifiez votre réponse.

Si on inverse la bobine et le condensateur, les résultats obtenus pour les TBF et les THF seront eux aussi inversés.
Le circuit sera alors un filtre Passe-Bas.

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.

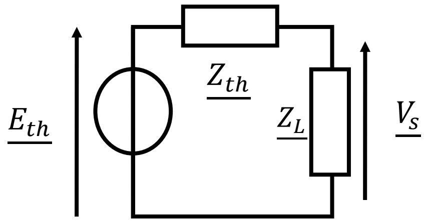
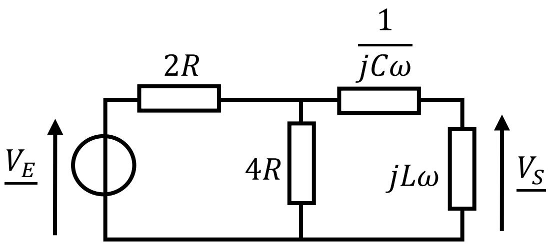
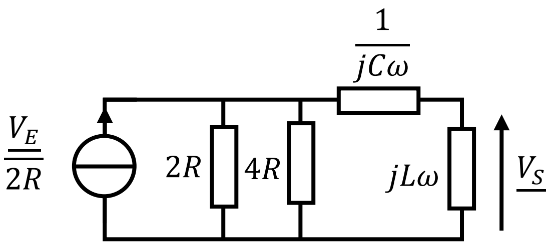


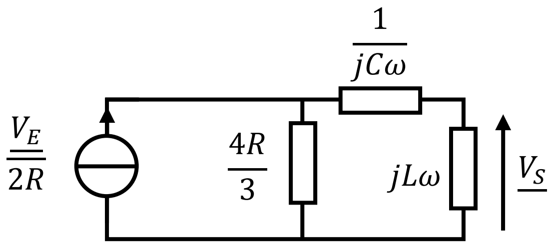
Figure 2

On passe en représentation complexe.

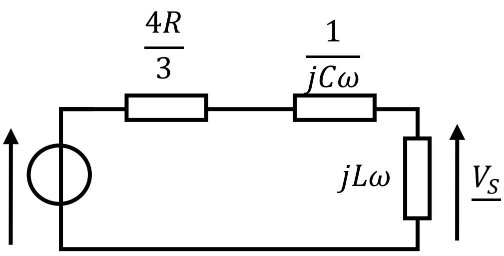


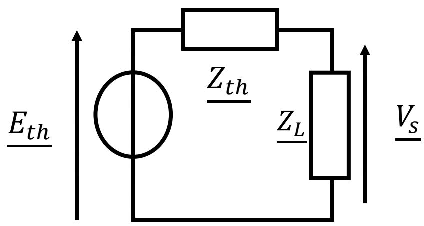
En utilisant les équivalences Thévenin/Norton, on peut simplifier le circuit :





$$\frac{4R}{3}\frac{\underline{V_E}}{2R} = \frac{2}{3}\underline{V_E}$$





$$\underline{E_{th}} = \frac{2}{3} \cdot \underline{V_E}$$

$$\underline{Z_{th}} = \frac{4R}{3} + \frac{1}{jC\omega}$$

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 $\underline{E_{th}}$ et de $\underline{Z_{th}}$, puis, en fonction de R, L, C, ω et $\underline{V_E}$.

En déduire la fonction de transfert du filtre.

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

$$\underline{V_S} = \frac{jL\omega}{\underline{Z_{th}} + jL\omega} \cdot \underline{E_{th}}$$

$$\underline{V_S} = \frac{jL\omega}{\frac{4R}{3} + \frac{1}{jC\omega} + jL\omega} \cdot \frac{2}{3} \cdot \underline{V_E}$$

$$\underline{V_S} = \frac{-2LC\omega^2}{4jRC\omega + 3 - 3LC\omega^2} \cdot \underline{V_E}$$

On obtient donc :

$$\underline{T}(\omega) = \frac{-2LC\omega^2}{3 + 4jRC\omega - 3LC\omega^2}$$

c. 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.

$$\underline{T}(\omega) = \frac{-2LC\omega^2}{3.\left(1 + \frac{4}{3}jRC\omega - LC\omega^2\right)}$$

$$\underline{T}(\omega) = \frac{2}{3} \cdot \frac{-LC\omega^2}{1 + \frac{4}{3}jRC\omega - LC\omega^2}$$

Par identification, on obtient alors :

$$\begin{cases} A_0 = \frac{2}{3}(= A_{THF}) \\ \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2 = LC\omega^2 => \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \\ 2\sigma\frac{\omega}{\omega_0} = \frac{4}{3}RC\omega => \sigma = \frac{2\omega_0}{3}RC \end{cases}$$

Fonctions de transfert normalisées

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