EPITA / InfoS2
NOM : .... Prénom : ....

Juin 2021
Groupe : ....

Partiel Electronique – CORRECTION

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 (3 points – pas de point négatif)

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

1. Le produit $LC\omega^2$ est :

   a. en Siemens b. sans unité c. en Ampère d. en Ohm

2. 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

3. 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

La fonction de transfert normalisée d'un filtre du 2ème ordre est de la forme :

$$\underline{T}(\omega) = A_0.\frac{\underline{Num}(\omega)}{1 + 2.j.\sigma.\frac{\omega}{\omega_0} - \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2}$$

4. Dans le cas d'un filtre passe-bande, $\underline{Num}(\omega) =$

   a. 1 b. $\frac{\omega}{\omega_0}$ c. $\left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2$ d. $2.j.\sigma.\frac{\omega}{\omega_0}$

5. Pour un filtre passe-haut du deuxième ordre, A_0 est toujours l'amplification en très basses fréquences.

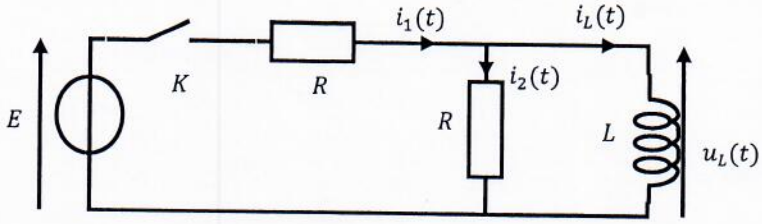
   a. VRAI b. FAUX

6. Pour un filtre passe-bande du deuxième ordre, ω_0 est la pulsation de coupure

   a. VRAI b. FAUX

Exercice 2. Régimes transitoires (3 points)

Soit le circuit suivant. L'interrupteur est ouvert depuis suffisamment longtemps pour que tous les courants soient nuls.



1. A t = 0, on ferme l'interrupteur K. Remplir le tableau suivant :

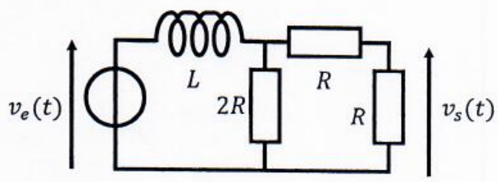
	i_1	i_2	i_L	u_L
$t = 0^+$	$\frac{E}{2R}$	$\frac{E}{2R}$	0	$\frac{E}{2}$
$t \to \infty$	$\frac{E}{R}$	0	$\frac{E}{R}$	0

2. Une fois le régime permanent établi, on ouvre l'interrupteur. On pose alors $t' = 0$.Remplir le tableau suivant :

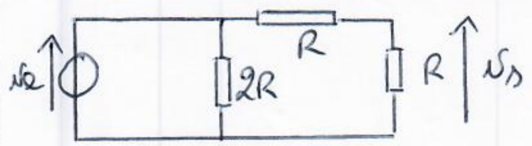
	i_1	i_2	i_L	u_L
$t' = 0^+$	0	$-\frac{E}{R}$	$\frac{E}{R}$	$-E$

Exercice 3. Filtre du premier ordre (6,5 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 du gain en décibel de ce filtre en TBF.



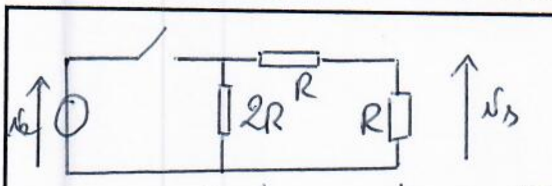
En TBF, la bobine est équivalente à 1 fil.

Ici, $v_s \to \frac{1}{2} v_e$

$A \to \frac{1}{2}$

$G \to -20\log 2 = -6dB$

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



En THF, la bobine est équivalente à un interrupteur ouvert.

⇒ Il n'y a donc pas de courant dans les résistances.

⇒ $v_s \to 0$ ⇒ $A \to 0$ ⇒ $G \to -\infty$.

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

On a $G \xrightarrow[\omega \to 0]{} -6\,dB$ et $G \xrightarrow[\omega \to \infty]{} -\infty$. G est donc une fonction décroissante de ω. De plus, le circuit ne contient qu'une seule bobine.

⇒ Il s'agit d'un filtre passe-bas d'ordre 1

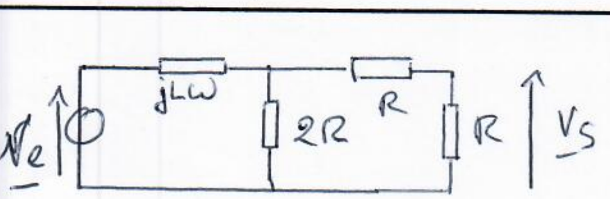
d. Quel type de filtre obtient-on si on remplace la bobine par un condensateur? Justifiez votre réponse. (On ne vous demande pas de refaire une étude complète).

Les comportements des bobines et condensateurs étant "inversés" en TBF et en THF, on obtiendrait alors $G \xrightarrow[\omega \to 0]{} -\infty$ et $G \xrightarrow[\omega \to \infty]{} -6\,dB$

⇒ Il s'agirait d'un filtre passe-haut d'ordre 1.

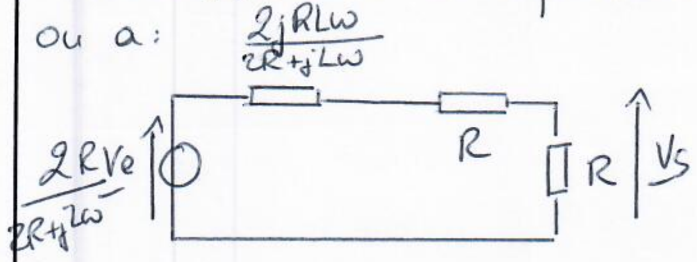
2. <u>Etude quantitative</u> :

a. En reprenant le schéma initial, donner un schéma équivalent de ce filtre en utilisant la méthode complexe.



b. Exprimer la fonction de transfert de ce filtre en fonction de R, L et ω.

En utilisant les équivalences Thévenin / Norton, on a :



PDT : $\underline{V}s = \dfrac{R}{\dfrac{2jRL\omega}{2R+jL\omega} + R + R} \dfrac{2R}{2R+jL\omega} \underline{V}e$

$$\Rightarrow \underline{T}(\omega) = \frac{2R^2}{2jRL\omega + 2R(2R+jL\omega)}$$

$$\Rightarrow \underline{T}(\omega) = \frac{R}{2R + 2jL\omega}$$

c. Déterminer l'expression de la pulsation de coupure ω_c de ce filtre.

On sait que la forme normalisée des fonctions de transfert des filtres passe-bas du 1er ordre est :

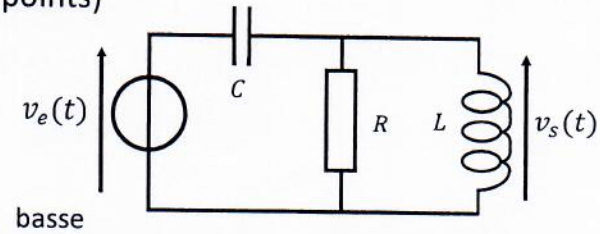
$$\underline{T}(\omega) = A_{max} \frac{1}{1 + j\frac{\omega}{\omega_c}}$$, où ω_c = pulsation de coupure

Ici, $\underline{T}(\omega) = \dfrac{R}{2R + 2jL\omega} = \dfrac{\cancel{R}}{2\cancel{R}} \cdot \dfrac{1}{1 + j\frac{L}{R}\omega}$

Par identification, on aura $\omega_c = \dfrac{R}{L}$

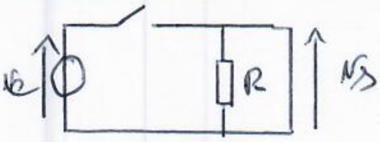
Exercice 4. Etude d'un filtre du 2ème ordre (7,5 points)

Soit le circuit suivant :



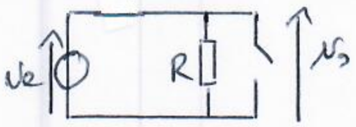
1. Etude Qualitative :

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



$v_s \to 0$
$A \to 0$
$G \to -\infty$

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



$v_s \to v_e$
$A \to 1$
$G \to 0$

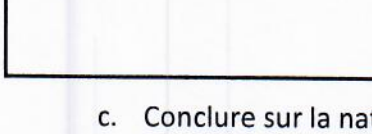
   c. Conclure sur la nature et l'ordre de ce filtre.

Comme $G \xrightarrow[\omega \to 0]{} -\infty$ et $G \xrightarrow[\omega \to \infty]{} 0$, et qu'il y a 1 condensateur et 1 bobine, il s'agit d'un filtre passe-haut d'ordre 2.

   d. Quel type de filtre obtient-on si on échange les emplacements de C et de R ? Justifiez votre réponse. (On ne vous demande pas de refaire une étude complète)

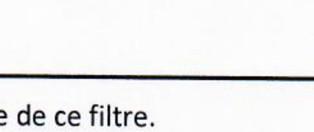
Si on échange C et R, on aura :

∘ En TBF :



$v_s \to 0$
$G \to -\infty$

∘ En THF :

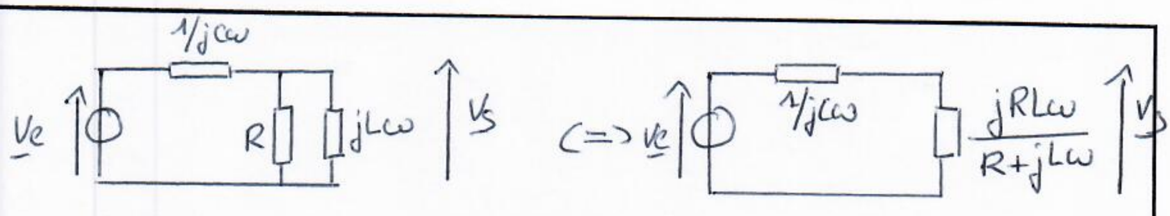


$v_s \to 0$
$G \to -\infty$

cl : Il s'agit d'un passe-bande d'ordre 2.

2. Etude quantitative :

   a. En reprenant le schéma initial, donner un schéma équivalent de ce filtre en utilisant la méthode complexe.



   b. Exprimer la fonction de transfert de ce filtre en fonction de R, L, C et ω.

D'après le schéma simplifié de la question précédente, et, d'après la formule du PDT, on a :

$$\underline{V_s} = \frac{\frac{jRL\omega}{R+jL\omega}}{\frac{1}{jC\omega} + \frac{jRL\omega}{R+jL\omega}} \underline{V_e}$$

$$\Rightarrow \underline{T}(\omega) = \frac{jRL\omega \times jC\omega}{R+jL\omega + jRL\omega \times jC\omega}$$

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

c. Donner la fonction de transfert de ce filtre sous sa forme normalisée. En déduire les expressions de la pulsation propre ω_0 et du coefficient d'amortissement σ de ce filtre en fonction de R, L et C.

La forme normalisée des fonctions de transfert des filtres passe-haut d'ordre 2 est :

$$\underline{T}(\omega) = A_0 \cdot \frac{-\left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2}{1 + 2j\sigma\frac{\omega}{\omega_0} - \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2}$$

Ici, $\underline{T}(\omega) = \dfrac{-RLC\omega^2}{R + jL\omega - RLC\omega^2} = \dfrac{-LC\omega^2}{1 + j\frac{L}{R}\omega - LC\omega^2}$

Par identification :

$A_0 = 1$

$\omega_0 = \dfrac{1}{\sqrt{LC}}$

$\sigma = \dfrac{L}{2R}\omega_0 = \dfrac{1}{2R}\sqrt{\dfrac{L}{C}}$

3. On considère le circuit initial. Si $v_e(t) = V_E.\sqrt{2}.\sin(\omega t)$, déterminer l'expression de $v_s(t)$ en fonction de V_E, R, L, C, ω et t.

On a $\underline{V_s} = \dfrac{-RLC\omega^2}{R + jL\omega - RLC\omega^2}\underline{V_e}$

$\Rightarrow v_s(t) = V_s\sqrt{2}\sin(\omega t + \varphi)$ avec :

- $V_s = |\underline{V_s}| = \dfrac{RLC\omega^2}{\sqrt{R^2(1-LC\omega^2)^2 + (L\omega)^2}} V_e$

- $\varphi = \arg(\underline{V_s}) = \pi - \operatorname{Arctan}\left(\dfrac{L\omega}{R(1-LC\omega^2)}\right)$ si $1-LC\omega^2 > 0$

  $= \pi - \left(\pi - \operatorname{Arctan}\left(\dfrac{L\omega}{R(1-LC\omega^2)}\right)\right) = \operatorname{Arctan}\left(\dfrac{L\omega}{R(1-LC\omega^2)}\right)$ si $1-LC\omega^2 < 0$