



## 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      ☒ c. La valeur efficace du signal  
b. La valeur instantanée 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      ☒ c. Le déphasage de la tension par rapport au courant.  
b. Le déphasage du courant par rapport à la tension.      d. La phase à l'origine

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

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

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.  $2 \cdot j \cdot \sigma \cdot \frac{\omega}{\omega_0}$

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

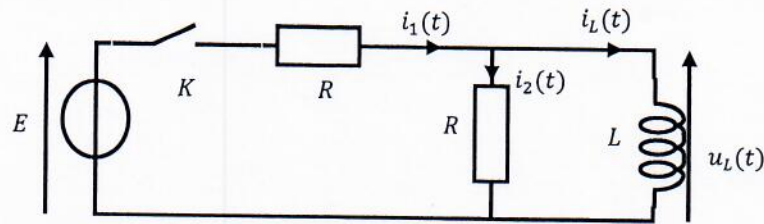
- a. VRAI      ☒ b. FAUX

6. Pour un filtre passe-bande du deuxième ordre,  $\omega_0$  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 :

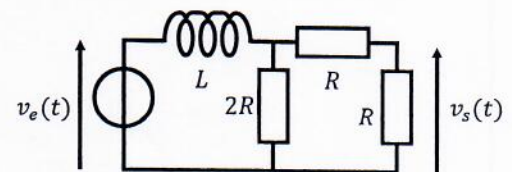
	$i_1$	$i_2$	$i_L$	$u_L$
$t = 0^+$	$\frac{E}{2R}$	$\frac{E}{2R}$	0	$\frac{E}{2}$
$t \rightarrow \infty$	$\frac{E}{R}$	0	$\frac{E}{R}$	0

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,  $v_s \rightarrow \frac{1}{2} v_e$

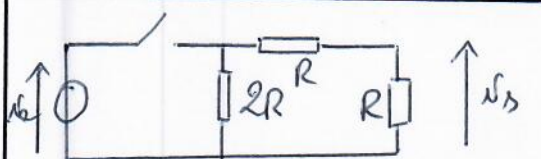
$A \rightarrow \frac{1}{2}$

$G \rightarrow -20 \log 2 = -6 \text{ dB}$



- 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.



$\Rightarrow$  Il n'y a donc pas de courant dans les résistances.  
 $\Rightarrow V_s \rightarrow 0 \Rightarrow A \rightarrow 0 \Rightarrow G \rightarrow -\infty$ .

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

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

$\Rightarrow$  Il s'agit d'un filtre passe-bas d'ordre 1.

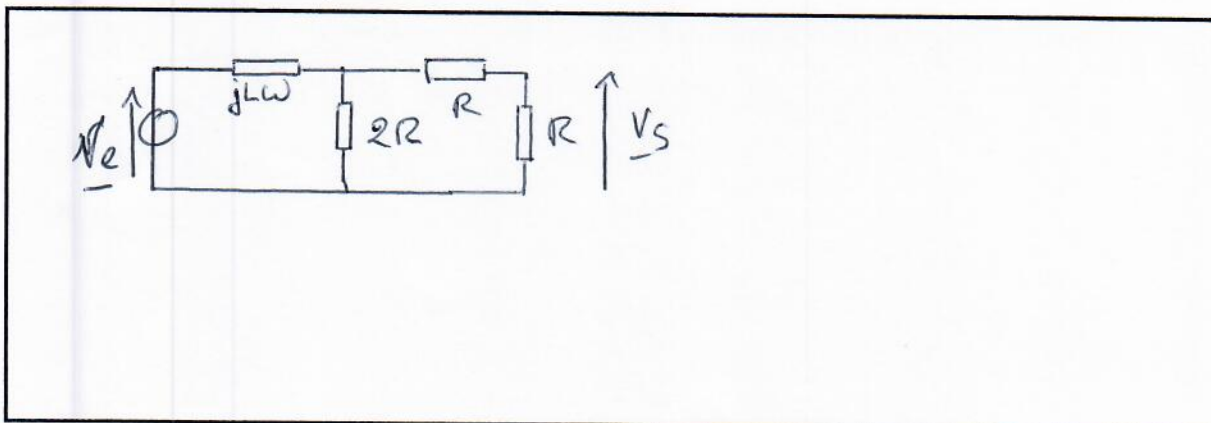
- d. Quel type de filtre obtient-on si on remplace la bobine par un condensateur? Justifiez votre réponse. (On ne vous demande pas de refaire une étude complète).

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

$\Rightarrow$  Il s'agirait d'un filtre passe-haut d'ordre 1.

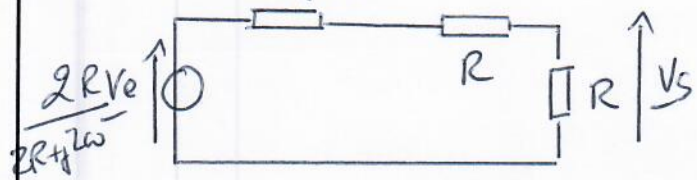
## 2. Etude quantitative :

- 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  $R$ ,  $L$  et  $\omega$ .

En utilisant les équivalences Thévenin / Norton, on a :



PDT: 
$$\underline{v}_s = \frac{R}{\frac{2jRL\omega}{2R + jL\omega} + R + R} \cdot \frac{2R}{2R + jL\omega} \underline{v}_e$$

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

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

c. Déterminer l'expression de la pulsation de coupure  $\omega_c$  de ce filtre.

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

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

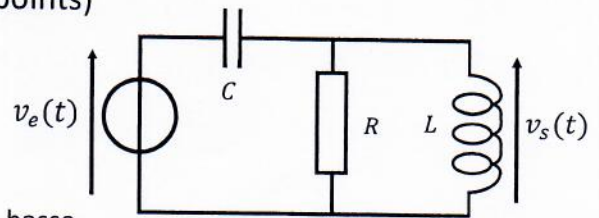
Ici, 
$$\underline{T}(\omega) = \frac{R}{2R + 2jL\omega} = \frac{R}{2R} \cdot \frac{1}{1 + j\frac{L}{R}\omega}$$

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

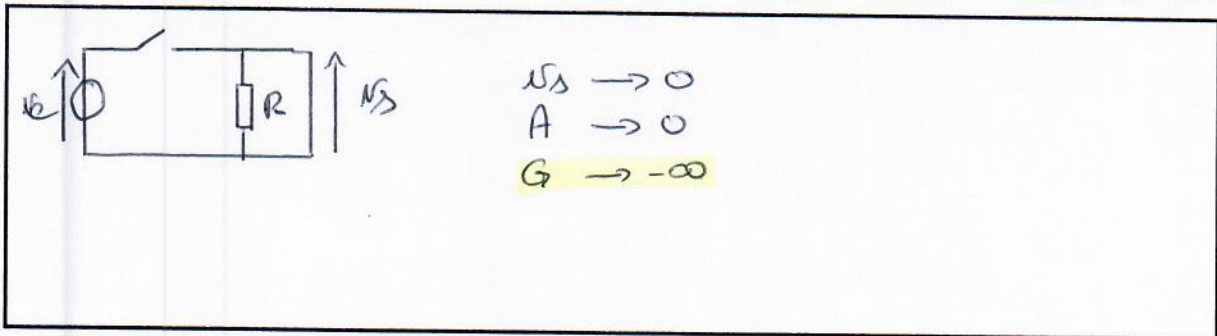


**Exercice 4.** Etude d'un filtre du 2<sup>ème</sup> ordre (7,5 points)

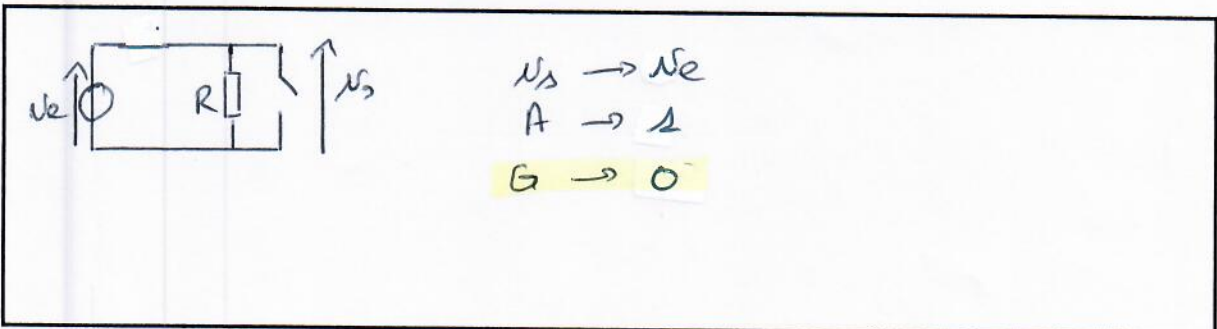
Soit le circuit suivant :

1. Etude Qualitative :

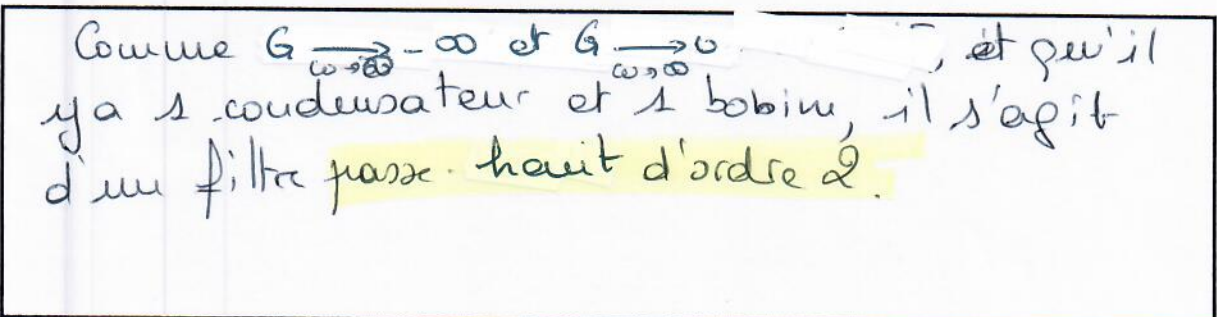
- a. Donner un schéma équivalent en très basse fréquence (TBF) de ce filtre. En déduire la limite du gain en décibel de ce filtre en TBF.



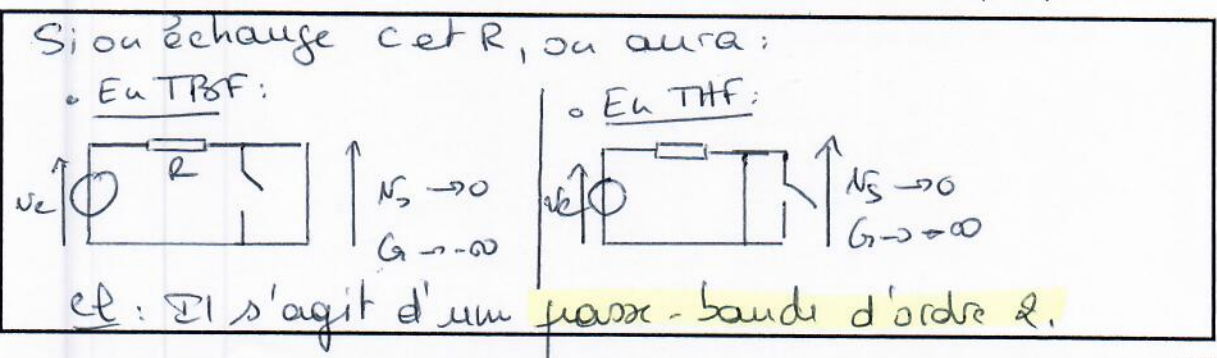
- b. Donner un schéma équivalent en très haute fréquence (THF) de ce filtre. En déduire la limite du gain en décibel de ce filtre en THF.



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

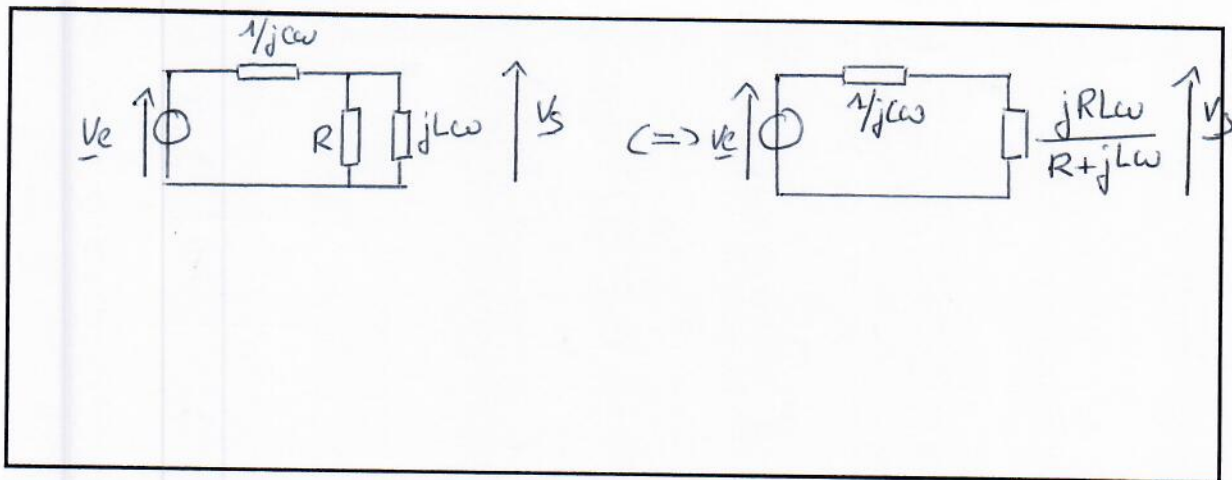


- d. Quel type de filtre obtient-on si on échange les emplacements de C et de R ? Justifiez votre réponse. (On ne vous demande pas de refaire une étude complète)



## 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  $\omega$ .

D'après le schéma simplifié de la question précédente, et, d'après la formule du P.D.T, on a :

$$\underline{V}_s = \frac{\frac{jRL\omega}{R+jL\omega}}{\frac{1}{j\omega} + \frac{jRL\omega}{R+jL\omega}} \underline{V}_e$$

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

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



- c. Donner la fonction de transfert de ce filtre sous sa forme normalisée. En déduire les expressions de la pulsation propre  $\omega_0$  et du coefficient d'amortissement  $\sigma$  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 :

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

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

Par identification :

$$A_0 = 1$$

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

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

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

$$\text{On a } \underline{V}_s = \frac{-RLC\omega^2}{R + jL\omega - RLC\omega^2} \underline{V}_e$$

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

$$V_s = |\underline{V}_s| = \frac{RLC\omega^2}{\sqrt{R^2(1-LC\omega^2)^2 + (L\omega)^2}} V_E$$

$$\varphi = \arg(\underline{V}_s) = \pi - \arctan\left(\frac{L\omega}{R(1-LC\omega^2)}\right) \text{ si } 1-LC\omega^2 > 0$$

$$= \pi - (\pi - \arctan\left(\frac{L\omega}{R(1-LC\omega^2)}\right)) = \arctan\left(\frac{L\omega}{R(1-LC\omega^2)}\right) \text{ si } 1-LC\omega^2 < 0$$