EPITA / InfoS2 Mai 2019

NOM : .... Prénom : .... Groupe : ....

Partiel Electronique – CORRIGE

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 (5 points – pas de point négatif)

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

1. Dans une bobine, quel est le déphasage du courant par rapport à la tension?

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

5. Choisir les réponses correctes : Un filtre passif :

   a. est uniquement constitué de résistances, bobines, ou condensateurs
   b. possède au moins un amplificateur opérationnel
   c. permet d'amplifier certaines fréquences
   d. ne permet pas d'amplifier un signal

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

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

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

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

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

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

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

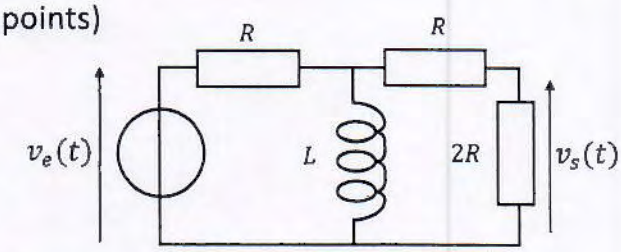
a. VRAI b. FAUX

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

a. VRAI b. FAUX

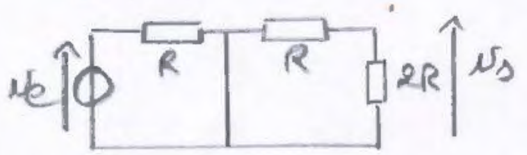
Exercice 2. Filtre du premier ordre (7,5 points)

Soit le circuit suivant :



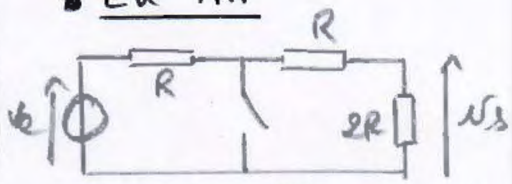
1. Etude Qualitative : Calculer les limites du gain quand $f \to 0$ et quand $f \to \infty$ et en déduire le type de filtre.

- En TBF



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

- En THF

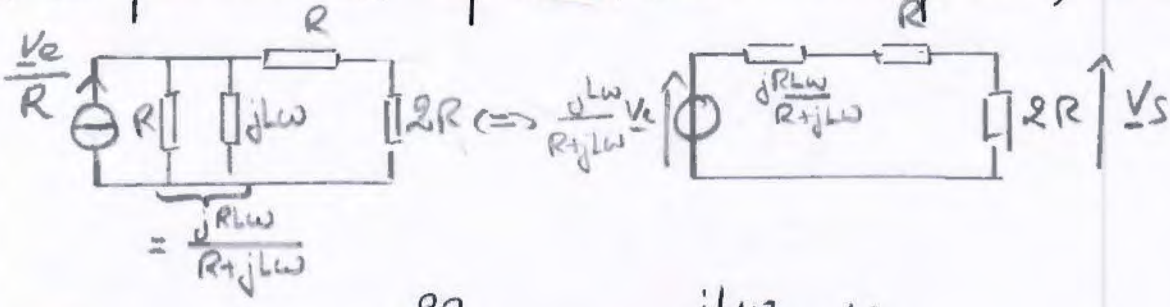


$v_s \to \frac{2R}{R+R+2R} v_e = \frac{1}{2} v_e$
$A \to 1/2$
$G \to 20 \log \frac{1}{2} = -6\,dB$

cl. Il s'agit d'un filtre passe-haut.

2. Déterminer sa fonction de transfert. En déduire le déphasage de la tension v_s par rapport à v_e.

En utilisant les transformations Thévenin / Norton, et en passant en représentation complexe, on a :



<u>PDT</u> : $\underline{V_s} = \dfrac{2R}{2R+R+\frac{jRL\omega}{R+jL\omega}} \cdot \dfrac{jL\omega}{R+jL\omega}\,\underline{V_e}$.

$$\Rightarrow \underline{T}(\omega) = \frac{2jRL\omega}{3R^2+4jRL\omega} = \frac{2jL\omega}{3R+4jL\omega}$$

Comme $\underline{T}(\omega) = \dfrac{\underline{V_s}}{\underline{V_e}}$, $\varphi_{v_s/v_e} = \arg(\underline{T})$.

$$\Rightarrow \varphi_{v_s/v_e} = \frac{\pi}{2} - \text{Arctan}\left(\frac{4L\omega}{3R}\right)$$

3. Déterminez la pulsation de coupure.

Normalisons la fonction de transfert :

$$\underline{T}(\omega) = \frac{2jL\omega}{3R\left(1+\frac{4}{3}j\frac{L}{R}\omega\right)} = \frac{2}{4} \cdot \frac{\frac{4}{3}j\frac{L}{R}\omega}{1+\frac{4}{3}j\frac{L}{R}\omega}$$

$$= \frac{1}{2} \cdot \frac{\frac{4}{3}j\frac{L}{R}\omega}{1+\frac{4}{3}j\frac{L}{R}\omega}$$

On sait que la forme normalisée des F.T. des filtres passe-haut d'ordre 1 (dont $A \to 0$ en TBF) s'écrit : $\underline{T}(\omega) = A_{max} \cdot \dfrac{j\frac{\omega}{\omega_c}}{1+j\frac{\omega}{\omega_c}}$

$\Rightarrow$ Par identification : $\omega_c = \dfrac{3}{4}\dfrac{R}{L}$

4. Diagrammes de Bode. Tracer les courbes de gain et de phase. Vous préciserez les limites du gain et de la phase en très basses et très hautes fréquences, ainsi que l'équation de l'asymptote oblique pour la courbe de gain. Justifiez vos réponses.

- Courbe de gain.

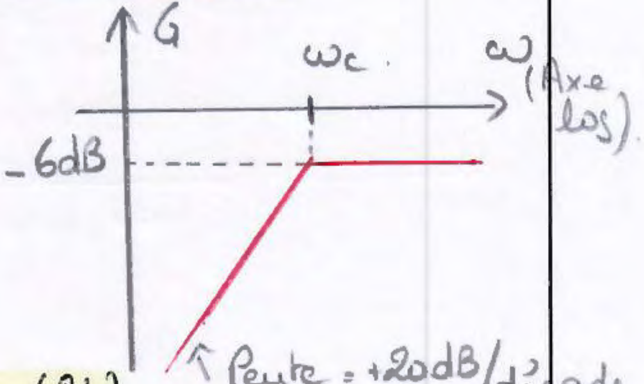
D'après la question 1, on a :

$$G \xrightarrow[\omega \to 0]{} -\infty \Rightarrow \text{Asymptote oblique}$$

$$G \xrightarrow[\omega \to \infty]{} -6dB \Rightarrow \text{Asymptote horizontale}$$

- Equation de l'asymptote oblique.

$$A(\omega) = \frac{2L\omega}{\sqrt{9R^2 + 16(L\omega)^2}}$$



$$9R^2 + 16L^2\omega^2 \underset{0}{\sim} 9R^2$$

$$\frac{2L\omega}{\sqrt{9R^2 + 16L^2\omega^2}} \underset{0}{\sim} \frac{2L\omega}{3R}$$

$$G(\omega) \underset{0}{\sim} 20 \log \omega + 20 \log \left(\frac{2L}{3R}\right)$$

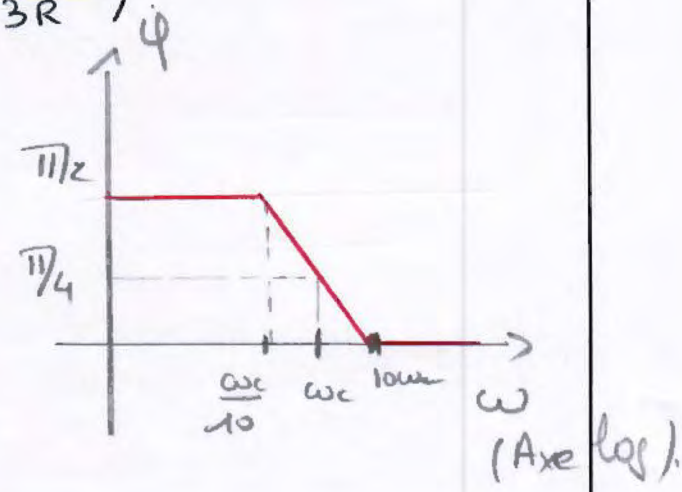
- Courbe de phase.

$$\varphi(\omega) = \pi/2 - \text{Arctan}\left(\frac{4L\omega}{3R}\right)$$

$$\varphi(\omega) \xrightarrow[\omega \to 0]{} \frac{\pi}{2}$$

$$\varphi(\omega) \xrightarrow[\omega \to \infty]{} 0$$

Rq : $\varphi(\omega_c) = \frac{\pi}{4}$

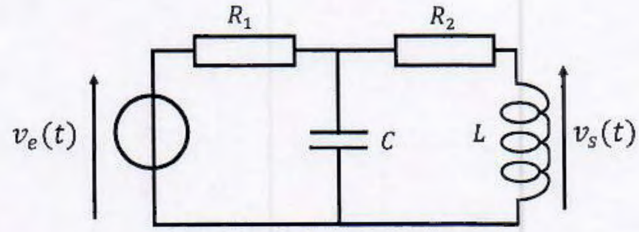


5. Quel type de filtre obtient-on si on remplace la bobine par un condensateur? Justifiez votre réponse. (On ne vous demande pas de refaire une étude complète).

Les comportements des bobines et condensateurs étant inversés en TBF et en THF, on obtiendra un filtre passe-bas.

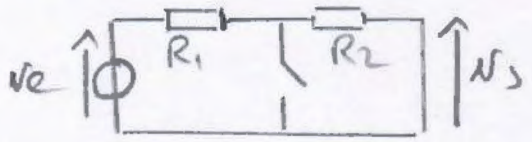
Exercice 3. Etude d'un filtre du 2ème ordre (7,5 points)

Soit le circuit suivant :



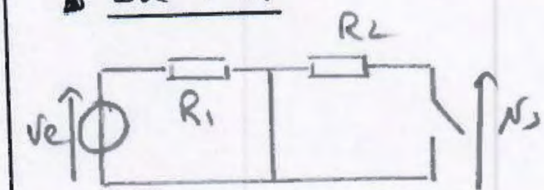
1. Etude Qualitative : Calculer les limites du gain quand $f \to 0$ et quand $f \to \infty$ et en déduire le type de filtre.

En TBF



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

En THF

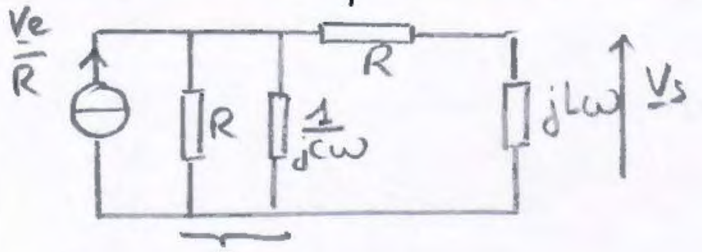


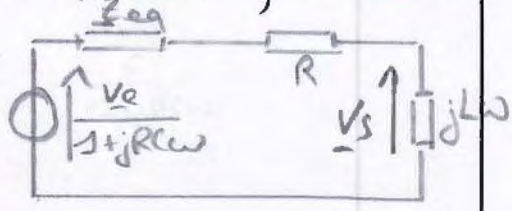
$v_s \to 0$ (loi des mailles)
$A \to 0$
$G \to -\infty$

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

2. Déterminer sa fonction de transfert et la mettre sous la forme normalisée. Vous prendrez $R_1 = R_2 = R$.

En passant en représentation complexe, et en utilisant les équivalences Thévenin / Norton, on aura :





$$\underline{Z_{eq}} = \frac{R}{1+jRC\omega}$$

<u>PDT</u> :
$$\underline{V_s} = \frac{jL\omega}{R + jL\omega + \frac{R}{1+jRC\omega}} \cdot \frac{\underline{V_e}}{1+jRC\omega}$$

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

$$= \frac{jL\omega}{2R + j\omega(R^2C + L) - RLC\omega^2}$$

$$= \frac{1}{2R} \cdot \frac{jL\omega}{1 + j\frac{\omega}{2}\left(RC + \frac{L}{R}\right) - \frac{LC\omega^2}{2}}$$

$$= \frac{L}{R\left(RC + \frac{L}{R}\right)} \cdot \frac{j\frac{\omega}{2}\left(RC + \frac{L}{R}\right)}{1 + j\frac{\omega}{2}\left(RC + \frac{L}{R}\right) - \frac{LC\omega^2}{2}}$$

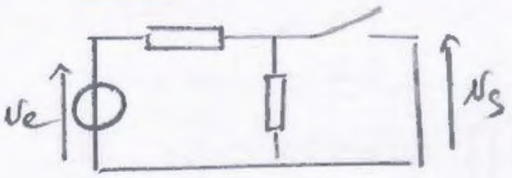
La fonction de transfert de ce filtre doit être de la forme $A_0 \cdot \frac{2j\sigma\frac{\omega}{\omega_0}}{1 + 2j\sigma\frac{\omega}{\omega_0} - \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2}$. Donc, par identification :

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{2}{LC}}$$

$$\sigma = \frac{\omega_0}{4}\left(RC + \frac{L}{R}\right) \qquad A_0 = \frac{L}{R\left(RC + \frac{L}{R}\right)}$$

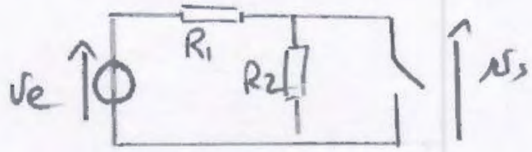
3. Quel type de filtre obtient-on si on échange les emplacements de C et de R_2 ? Justifiez votre réponse. (On ne vous demande pas de refaire une étude complète)

▲ En TBF.



$v_s \longrightarrow 0$

▲ En THF



$v_s \longrightarrow \frac{R_2}{R_1+R_2} v_e$.

Cl: Il s'agit d'un filtre passe-haut.

4. On considère le circuit initial. Si $v_e(t) = V_E.\sqrt{2}.\sin(\omega t)$, déterminer l'expression de $v_s(t)$. Vous prendrez, comme pour la question 2, $R_1 = R_2 = R$.

D'après la question 2, on a :

$$\underline{V_s} = \frac{jL\omega}{2R + j\omega(R^2C + L) - RLC\omega^2} \underline{V_e}$$

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

$$\bullet\ V_s = |\underline{V_s}| = \frac{L\omega}{\sqrt{(2R - RLC\omega^2)^2 + \omega^2 (R^2C + L)^2}} V_e.$$

$$\bullet\ \varphi = \arg(\underline{V_s}) = \frac{\pi}{2} - \text{Arctan}\left(\frac{(R^2C + L)\omega}{2R - RLC\omega^2}\right)$$