

Electricité et induction

Conseils pour aborder le devoir

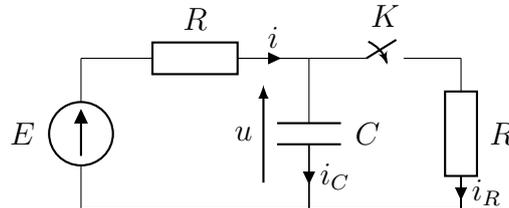
- La rédaction (clarté, précision,...) et la présentation doivent être particulièrement soignées
- N'oubliez pas d'encadrer les expressions littérales et de souligner les applications numériques
- Si vous n'arrivez pas à démontrer un résultat dont vous avez besoin pour les questions suivantes, vous pouvez l'admettre, mais il faut bien le préciser sur votre copie

LES CALCULATRICES NE SONT PAS AUTORISÉES

Durée de l'épreuve : 2h

Exercice 1 - Régimes transitoires

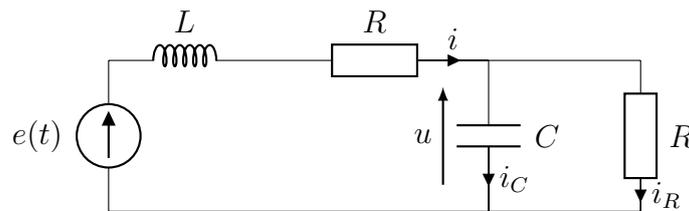
On étudie tout d'abord le circuit suivant. A l'instant $t = 0$, on ferme l'interrupteur K , et on suppose que le régime permanent était atteint avant la fermeture de l'interrupteur.



1. Etablir l'équation différentielle vérifiée par u et la résoudre.
2. Tracer la courbe de $u(t)$.

On ajoute une bobine au circuit. Le générateur délivre une tension $e(t)$ telle que : pour $t < 0$, $e(t) = 0$, et pour $t > 0$, $e(t) = E$, tension constante.

A $t = 0^-$, tous les courants sont nuls et le condensateur est déchargé.



3. Établir l'équation différentielle vérifiée par $u(t)$ et la mettre sous forme canonique afin d'exprimer le facteur de qualité Q et la pulsation propre ω_0 du circuit.
4. Déterminer, sans utiliser l'équation différentielle, $u(t = 0^+)$; $\frac{du}{dt}(t = 0^+)$ et u_∞ , valeur de u en régime permanent.
5. Déterminer l'expression mathématique de $u(t)$ pour $t > 0$, sachant que les valeurs de R , L et C donnent $Q = 5$.

Pour observer la tension $u(t)$, le GBF délivre une tension créneau d'amplitude E , de fréquence f_g réglable.

6. On souhaite observer en voie 1 la tension $e(t)$ et en voie 2 la tension $u(t)$ sur l'oscilloscope. Rajouter sur le schéma électrique les branchements de l'oscilloscope.
7. La trace du signal observé défile sur l'écran de l'oscilloscope et ne se stabilise pas. Quelle peut en être la raison ? Que faire pour y remédier ?

On obtient sur l'oscilloscope la courbe $u(t)$ représentée en figure 1 :

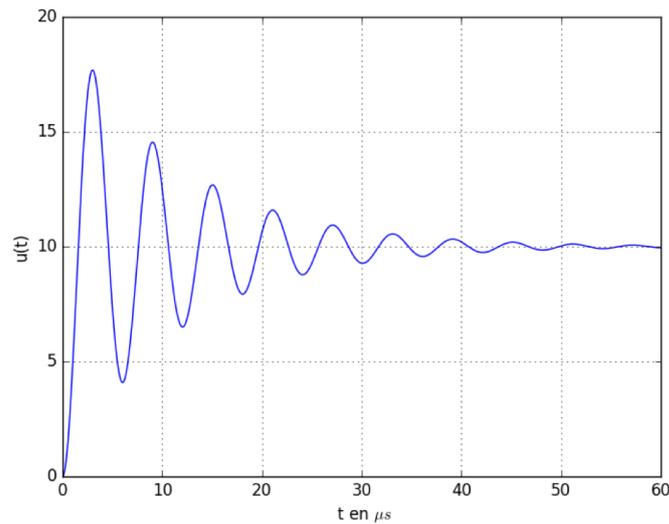
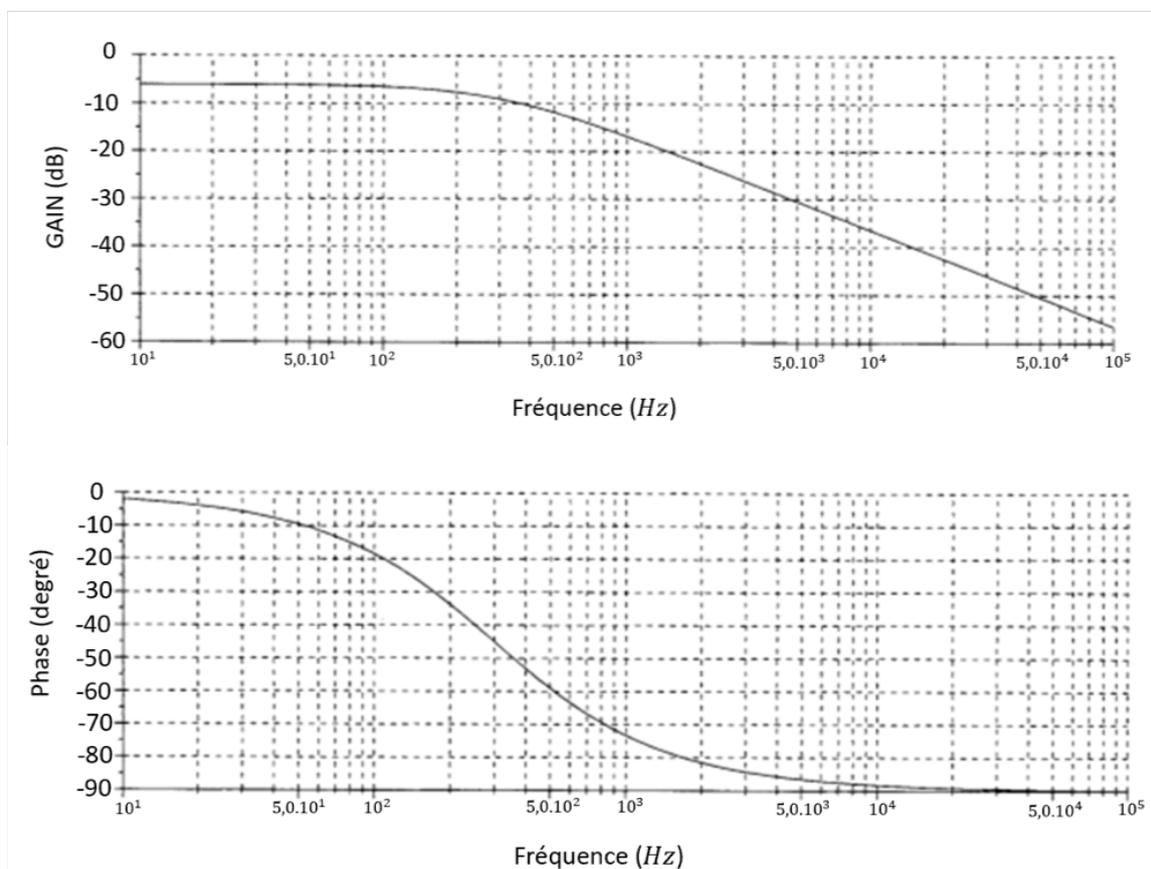


Figure 1 - Représentation graphique de $u(t)$

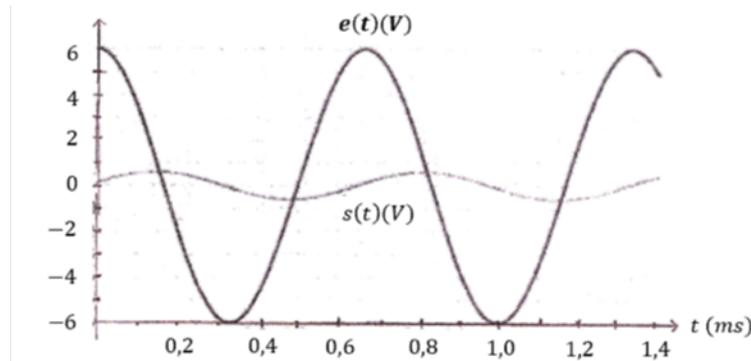
8. A l'aide de la figure, déterminer la valeur numérique de E .

Exercice 2 - Filtrage

On envoie une tension $e(t) = e_m \cos(\omega t) = e_m \cos(2\pi f t)$ à l'entrée d'un filtre et on observe en sortie le signal $s(t) = s_m \cos(\omega t + \Phi) = s_m \cos(2\pi f t + \Phi)$. On donne ci-dessous le diagramme de Bode en gain G_{dB} et en phase φ du filtre.



9. Quelle est la nature de ce filtre? Déterminer graphiquement la pente de l'asymptote hautes fréquences dans le diagramme en gain. En déduire l'ordre du filtre (*on admet qu'il s'agit d'un filtre classique*)
10. Une étudiante regardant l'effet du filtre sur une tension $e(t) = e_m \cos(2\pi ft)$ observe les signaux suivants :

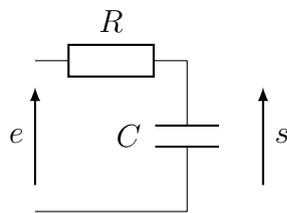


Déterminer l'ordre de grandeur de la valeur de la fréquence f des signaux obtenus par l'étudiant.

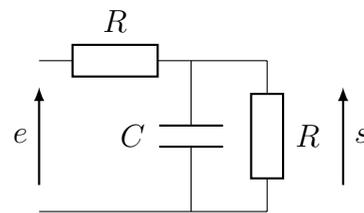
Déterminer les ordres de grandeurs du gain et de la phase pour cette fréquence particulière en exploitant le diagramme de Bode fourni en début d'énoncé.

En déduire si les courbes obtenues par l'étudiant sont correctes.

11. On considère les deux circuits suivants :



Circuit 1



Circuit 2

Pour chacun d'eux, établir la fonction de transfert $\underline{H} = \frac{s}{e}$ sous la forme $\underline{H} = \frac{H_0}{1 + jx}$ en notant $x = \frac{\omega}{\omega_0} = \frac{f}{f_0}$ et où H_0 et ω_0 sont des réels positifs dépendants éventuellement de R et C à déterminer.

12. Déterminer l'équation de l'asymptote à hautes fréquences pour le diagramme de Bode en gain. Vérifier qu'on retrouve bien la valeur mesurée graphiquement.
13. Quel est le circuit dont le diagramme de Bode a été tracé précédemment? Justifier
14. Montrer que le filtre étudié a un effet intégrateur ou dérivateur (on précisera son effet) à hautes fréquences.
15. En reprenant la fonction de transfert donnée précédemment dans le cas général, calculer théoriquement le gain en décibel G_{dB} et le déphasage φ pour $f_0 = \frac{\omega_0}{2\pi}$. Par une lecture graphique en déduire alors la valeur de f_0 de deux façons.
16. Sachant que $R = 2,0 \text{ k}\Omega$ en déduire l'ordre de grandeur de la valeur de C .

17. Déterminer la sortie associée à l'entrée

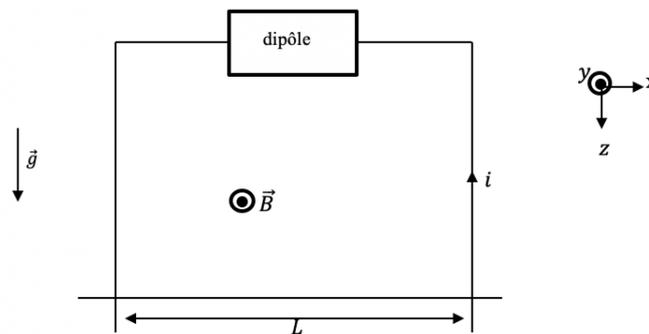
$$e(t) = E_0 \cos(\omega_1 t) + E_1 \cos(10\omega_1 t + \pi/3) + E_2 \cos(100\omega_1 t - \pi/6) + E_3 \cos\left(\frac{\omega_1}{100} t\right)$$

avec $\omega_1 = 2\omega_0$.

18. Déterminer qualitativement l'allure de la tension de sortie pour les différents signaux d'entrée suivants :

- ▷ un signal continu $e(t) = 6 \text{ V}$.
- ▷ un signal créneau alternatif de fréquence $f_2 = 10 \text{ Hz}$.
- ▷ un signal créneau alternatif de fréquence $f_3 = 10 \text{ kHz}$.

Exercice 3 - Chute d'un rail de Laplace



Une barre de masse m peut coulisser sans frottement sur deux rails verticaux avec lesquels elle reste toujours en contact électrique. L'ensemble baigne dans un champ magnétique stationnaire et uniforme $\vec{B} = B_0 \vec{u}_y$. L'accélération gravitationnelle est notée \vec{g} et son sens et sa direction sont représentés sur le schéma ci-dessus.

Les rails sont parfaitement conducteurs, sont distants d'une longueur L et sont branchés à un dipôle.

On considère dans un premier temps que le dipôle est un générateur de courant continu tel que $i(t) = I_0$.

19. Déterminer l'expression de l'intensité du courant I_0 pour que la barre soit à l'équilibre.

On considère maintenant que le dipôle est une résistance R et qu'à l'instant $t = 0$ la barre est immobile. On appelle $z(t)$ la position de la barre à l'instant t .

20. Par analyse qualitative rigoureuse, prévoir le sens de la force de Laplace.

21. Exprimer la force électromotrice $e(t)$ à un instant quelconque en fonction de la vitesse de la barre $v(t)$ et de constantes de l'énoncé. On pourra supposer qu'initialement $z(0) = 0$.

22. Faire un schéma électrique équivalent. On prendra bien soin de représenter le sens du courant.

23. Etablir l'équation mécanique régissant le mouvement de la barre.

24. En déduire l'expression de la vitesse $v(t)$ de la barre.