Problème 1 : Electrocinétique (Extrait « Petites Mines », concours commun 2009)

A Electricité

On dispose d'une bobine B que l'on assimilera à l'association série d'une inductance L et d'une résistance r. (L et r sont des constantes positives, indépendantes de la fréquence)

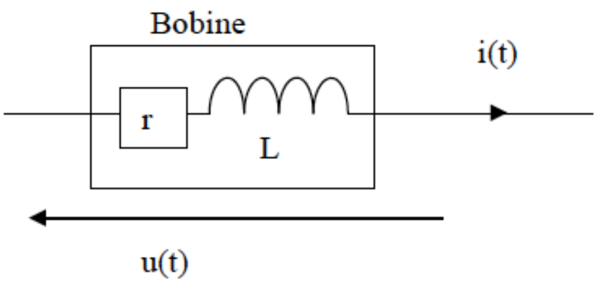

Figure 1

Détermination de r

1) La bobine est parcourue par un courant i(t). Exprimer la tension u(t) à ses bornes en fonction de r, L, i(t) et de sa dérivée par rapport au temps.

2) On réalise le circuit suivant, en plaçant, en série avec la bobine, un résistor de résistance $R = 40\ \Omega$. L'alimentation est un générateur de tension continue, constante, de force électromotrice $E_0 = 1{,}0$ V et de résistance interne $r_0 = 2{,}0\ \Omega$.

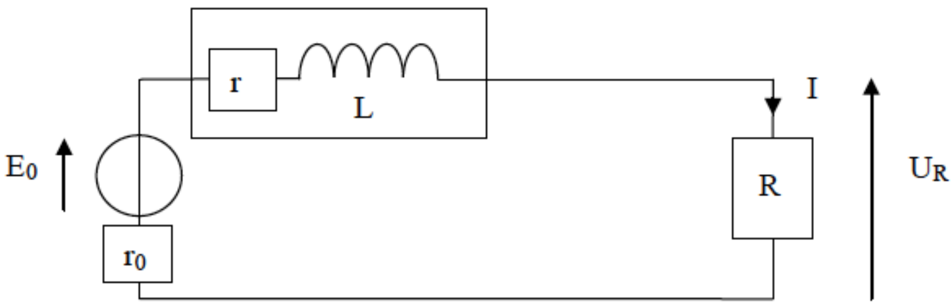

Figure 2

On mesure, en régime permanent, la tension U_R aux bornes de R.
Exprimer r en fonction des données de cette question. Calculer r avec $U_R = 0{,}56$ V.

Détermination de r et L à partir d'un oscillogramme.

On place, en série avec la bobine, un résistor de résistance $R = 40\ \Omega$ et un condensateur de capacité $C = 10\ \mu F$.
Le GBF (générateur basses fréquences) est réglé pour délivrer une tension sinusoïdale de fréquence $f = 250$ Hz (la pulsation sera notée ω) et de valeur crête à crête de 10 V.
Deux tensions sont visualisées sur un oscilloscope numérique.

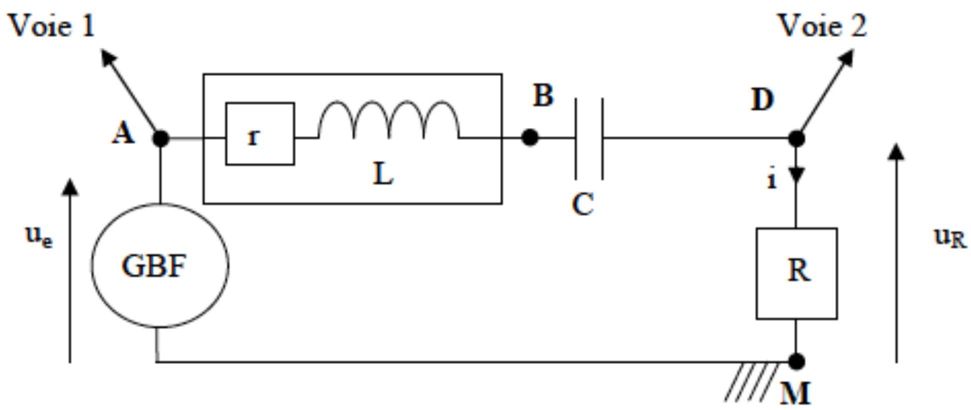

Figure 3

On obtient un oscillogramme équivalent au graphe suivant

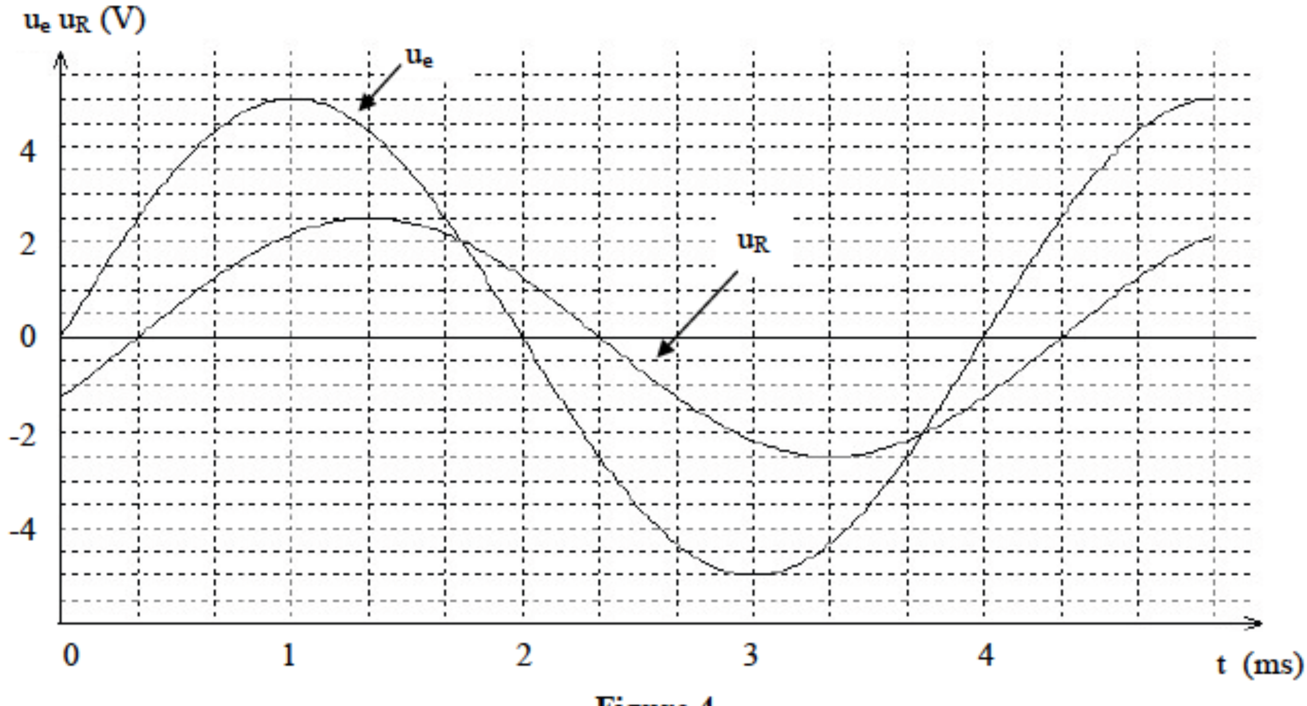

Figure 4

3) Déterminer l'amplitude U_e de la tension u_e et l'amplitude U_R de la tension u_R.

4) Déterminer l'amplitude I du courant i.

5) Rappeler l'expression générale de l'impédance Z d'un dipôle quelconque (module de l'impédance complexe). Calculer alors l'impédance Z_{AM} du dipôle AM.

6) Des deux tensions, $u_R(t)$ et $u_e(t)$, laquelle, et pourquoi d'après l'oscillogramme, est en avance sur l'autre ?

7) Déterminer précisément, à partir de l'oscillogramme, le déphasage $\varphi_{u_e/i}$ entre u_e et i, (c'est-à-dire entre u_e et u_R).

8) Ecrire l'expression générale de l'impédance complexe $\underline{Z}_{AM}$ en fonction de r, R, L, C, ω.

9) Ecrire l'expression de l'impédance complexe $\underline{Z}_{AM}$ en fonction de son module Z_{AM} et du déphasage $\varphi_{u_e/i}$.

10) Exprimer r en fonction de R, Z_{AM} et $\varphi_{u_e/i}$. Calculer sa valeur.

11) Exprimer L en fonction de C, ω, Z_{AM} et $\varphi_{u_e/i}$. Calculer sa valeur.

Etude de la fonction de transfert.

12) Rappeler la définition de la fonction de transfert $\underline{H}$ du filtre ainsi formé avec u_e pour tension d'entrée et u_R pour tension de sortie.

13) Proposer un schéma équivalent en basses puis en hautes fréquences et en déduire la nature probable du filtre.

14) Exprimer $\underline{H}$ en fonction de r, R, L, C, ω.

15) Mettre $\underline{H}$ sous la forme : $\underline{H} = \dfrac{H_{max}}{1 + j \cdot Q \cdot \left(\dfrac{\omega}{\omega_0} - \dfrac{\omega_0}{\omega}\right)}$. On exprimera littéralement H_{max}, le paramètre ω_0 ainsi que le facteur de qualité Q de ce circuit en fonction de r, R, L, C.

16) La figure 5 représente (en partie) le diagramme de Bode du filtre précédent. Rappeler la définition du diagramme de Bode.

17) Déterminer, à partir du graphe et des données initiales, les valeurs de r et L.

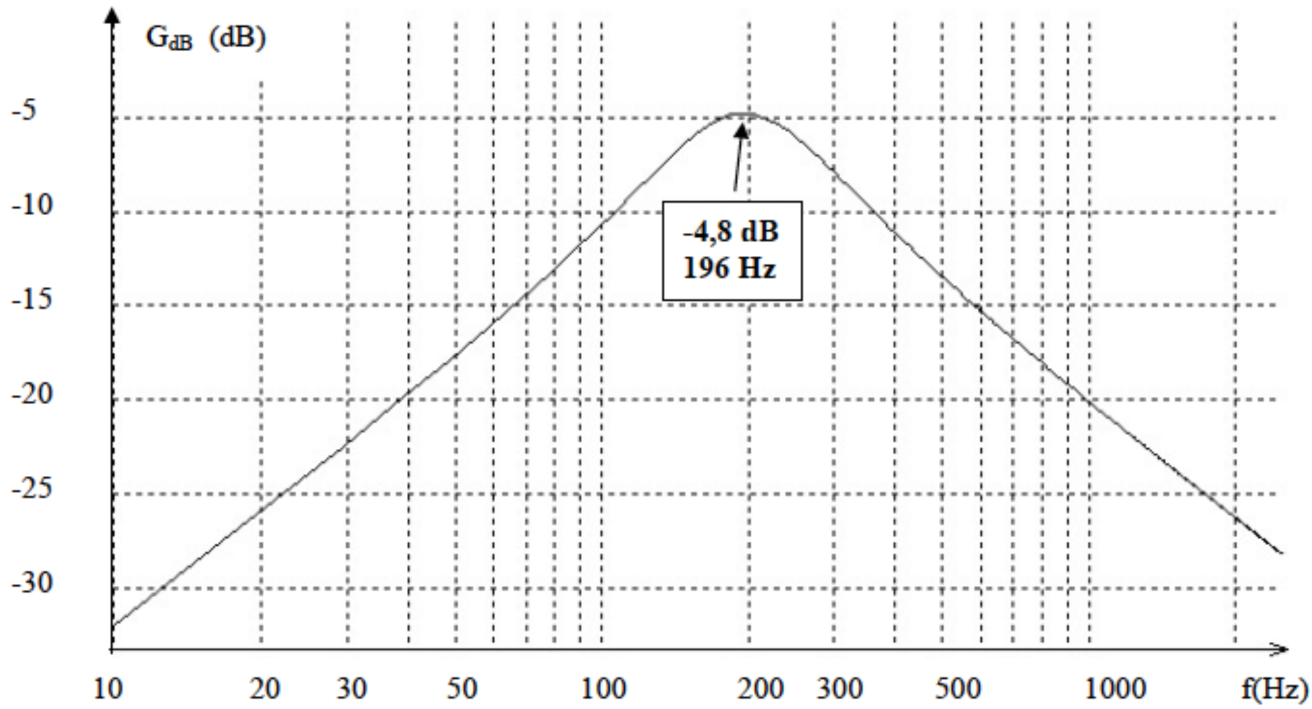

Figure 5

Facteur de puissance.

On reprend le montage figure 3 avec f = 250 Hz.

18) Rappeler la définition du facteur de puissance d'un circuit.

19) On place alors, en parallèle sur AD une boîte de condensateurs à décades (figure 6) et l'on fait varier cette capacité C' jusqu'à ce que, en observant l'oscilloscope, u_R et u_e soient en phase.

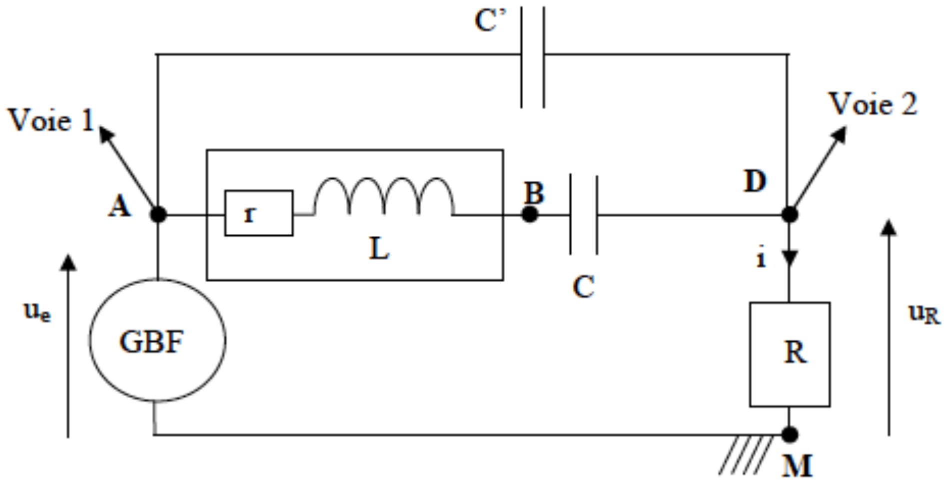

Figure 6

Quelle est alors la valeur du facteur de puissance du circuit AM ?

20) Quelle est alors la valeur du facteur de puissance du circuit AD ?

21) Quelle particularité présente alors l'admittance complexe $\underline{Y}_{AD}$ du circuit AD ?

22) Exprimer $\underline{Y}_{AD}$ en fonction de r, L, C, C' et de la pulsation ω.

23) Déterminer C' en fonction de r, L, C, ω. Faire l'application numérique avec les valeurs de r et L calculées précédemment.

<u>Problème 2 : Cinétique chimique</u> (Extrait « Petites Mines », concours commun 2005)

G. Cinétique de décomposition du tétroxyde d'azote

Le tétroxyde d'azote se décompose en phase gazeuse en dioxyde d'azote suivant la réaction globale

$$N_2O_4 \longrightarrow 2NO_2$$

44) En supposant que la réaction corresponde à un acte élémentaire, indiquer l'influence de la concentration sur la vitesse de décomposition.
Déterminer, dans cette hypothèse, l'expression théorique de la concentration $[N_2O_4]$ dans le réacteur en fonction du temps t, de la concentration initiale $[N_2O_4]_0$ et de la constante de vitesse k de la réaction.

En réalité, il apparaît que la vitesse de réaction dépend non seulement de la concentration en réactif mais aussi de la concentration totale des espèces gazeuses présentes dans l'enceinte ou, ce qui revient au même, de la pression totale.

Ceci se manifeste, en particulier, par un changement de l'ordre global de la réaction qui peut passer de un à deux lorsque la pression totale P varie.

Ce comportement assez fréquent dans les réactions unimoléculaires en phase gazeuse s'explique à l'aide du mécanisme de Lindemann–Hinshelwood suivant

$$N_2O_4 + M \underset{k_{-2}}{\overset{k_2}{\rightleftarrows}} N_2O_4^* + M$$

$$N_2O_4^* \xrightarrow{k_1} 2NO_2$$

Dans ces différentes étapes M désigne une molécule quelconque (réactif, produit ou toute autre espèce gazeuse présente dans l'enceinte). $N_2O_4^*$ est une molécule de tétroxyde d'azote qui a acquis suffisamment d'énergie par collision pour pouvoir se décomposer.

45) Donner l'expression de la vitesse d'apparition de l'intermédiaire réactionnel $N_2O_4^*$. Déterminer sa concentration, $[N_2O_4^*]$, à l'aide du principe de l'état quasi stationnaire, en fonction de k_1, k_2, k_{-2}, [M] et $[N_2O_4]$.

46) Montrer que la vitesse de réaction se met sous la forme

$$v = k[N_2O_4]$$

où k est la constante de réaction unimoléculaire que l'on exprimera en fonction de k_1, k_2, k_{-2} et [M].

47) Donner, à faible pression ($P \to 0$), l'expression approchée k_0 de k en fonction de k_2 et [M]. Quelle est la molécularité de la réaction globale ?
Inversement, à haute pression ($P \to \infty$), déterminer l'expression k_∞ de k. Que devient la molécularité de la réaction globale ?
Interpréter simplement ces résultats.