

EXERCICE II. BOBINE D'UN WOOFER (5,5 points)

Amérique du Sud 11/2008

<http://labolycee.org>

Frédéric, un élève bricoleur, démonte le caisson de grave de sa chaîne Hi-fi. Cette enceinte acoustique comporte un woofer : c'est un haut parleur de grand diamètre qui a pour fonction de reproduire les sons graves. Frédéric découvre à l'intérieur du woofer une bobine formée d'un enroulement de fil de cuivre isolé sur le cylindre en carton. Il montre cette bobine à son professeur de sciences physiques et lui demande comment trouver les valeurs de l'inductance L et de la résistance interne r de cette bobine. Le professeur lui propose de trouver expérimentalement les caractéristiques de la bobine du woofer lors d'une séance de travaux pratiques.

Frédéric dispose du matériel suivant :

Un générateur de tension continue de f.e.m. $E = 6,0 \text{ V}$; un conducteur ohmique de résistance R réglable ; la bobine du woofer ; un interrupteur ; des fils de connexion et un système d'acquisition informatisé.

Frédéric réalise le montage représenté sur la figure 1 ci-contre. Il règle la résistance à la valeur $R = 10 \Omega$. À l'instant de date $t = 0 \text{ s}$, il ferme l'interrupteur et enregistre la courbe d'évolution de la tension u_R aux bornes du conducteur ohmique en fonction du temps.

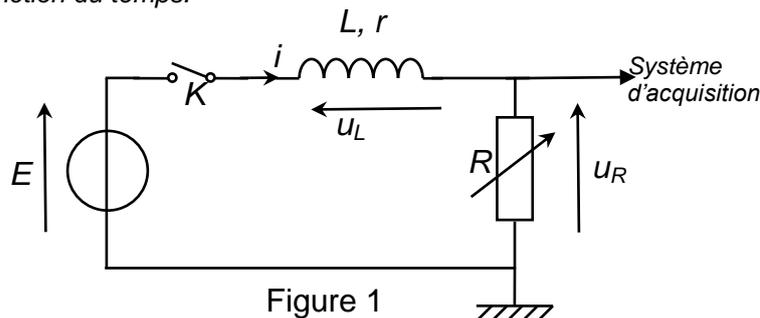


Figure 1

Partie A :

Le professeur : « À partir de la courbe que vous venez d'enregistrer, vous pouvez utiliser les fonctions du logiciel pour faire apparaître la courbe d'évolution de l'intensité du courant en fonction du temps. »

Frédéric obtient la courbe **du document 1 en ANNEXE, À RENDRE AVEC LA COPIE.**

Frédéric : « Cette nouvelle courbe a la même allure que celle obtenue lors de mon acquisition : elle comporte deux parties correspondant au régime transitoire et au régime permanent. En utilisant le régime permanent, je devrais pouvoir trouver la valeur de la résistance interne r de la bobine ».

Après quelques calculs, Frédéric trouve $r = 4,0 \Omega$.

Le professeur : « Il existe un appareil permettant de vérifier si votre résultat est juste. Réfléchissez ».

QUESTIONS 1, 2, 3, 4 et 5 :

- À partir de la courbe qu'il a enregistrée, expliquer comment Frédéric a pu obtenir la courbe du document 1 donnant l'évolution de l'intensité du courant en fonction du temps.
- Quelle est la valeur de l'intensité I du courant traversant le circuit lorsque le régime permanent est atteint ?
- Montrer que l'expression de l'intensité I du courant en régime permanent est : $I = \frac{E}{R+r}$.
- Vérifier la valeur de la résistance interne r de la bobine du woofer.
- Quel appareil Frédéric peut-il utiliser pour vérifier que la résistance interne de la bobine du woofer est $r = 4,0 \Omega$?

Partie B :

Le professeur : « Maintenant, comment pouvez vous trouver l'inductance L de la bobine en utilisant encore une fois la courbe du document 1 ? »

Frédéric : « Et si je déterminais graphiquement la constante de temps τ du circuit ? »

Le professeur : « C'est une bonne idée ! Ne soyez pas étonné, ce genre de bobine a une valeur d'inductance assez faible de l'ordre du millihenry ».

QUESTIONS 6, 7 et 8 :

- À partir de la courbe **du document 1 en ANNEXE, À RENDRE AVEC LA COPIE** et en détaillant votre méthode, déterminer la constante de temps τ du circuit.
- Donner l'expression de la constante de temps τ en fonction des grandeurs caractéristiques du circuit.
- En déduire la valeur de l'inductance L de la bobine du woofer.

Partie C :

Le professeur : « Il nous reste encore un peu de temps avant la sonnerie : je vous propose d'étudier de manière théorique l'établissement du courant dans le circuit représenté sur la figure 1 ».

Frédéric : « J'applique la loi d'additivité des tensions et j'obtiens une équation de la forme :

$$\frac{di}{dt} = A - B.i(t) \quad (\text{équation 1})$$

Le professeur : « Vous allez résoudre numériquement l'équation 1 par la méthode d'Euler. Je vais vous donner les valeurs de A et de B. Je vous prépare un tableau pour que vous fassiez les premiers calculs à la main ».

Frédéric : « Monsieur, c'est long ! »

Le professeur : « Continuez vos calculs à l'aide du tableur de l'ordinateur ».

QUESTIONS 9, 10, 11 et 12 :

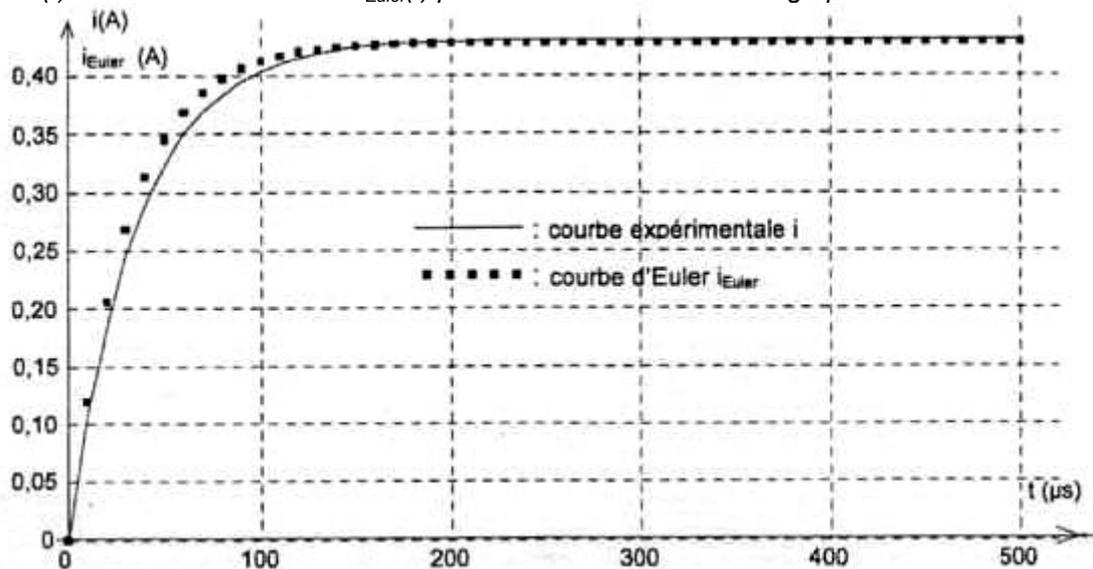
9. Établir l'équation 1 et vérifier que les expressions littérales de A et B sont : $A = \frac{E}{L}$ et $B = \frac{(R+r)}{L}$.

10. Établir, à l'aide d'une analyse dimensionnelle, l'unité de B dans le système international.

On donne $A = 1,2 \times 10^4 \text{ A.s}^{-1}$ et $B = 2,8 \times 10^4 \text{ SI}$

11. La méthode d'Euler permet de calculer successivement les valeurs de $i(t)$ et de $\left(\frac{di(t)}{dt}\right)$ à des instants de date t séparés par des intervalles de temps réguliers Δt . Δt est le pas de résolution du calcul, ici $\Delta t = 1,0 \times 10^{-5} \text{ s}$. Compléter le tableau du document 2 de l'ANNEXE, À RENDRE AVEC LA COPIE.

12. À l'aide d'un tableur, Frédéric continue les calculs jusqu'à l'instant de date $t = 500 \mu\text{s}$. Il place les valeurs expérimentales $i(t)$ et les valeurs calculées $i_{Euler}(t)$ par la méthode d'Euler sur le graphe ci-dessous.



Comment Frédéric peut-il améliorer la précision de la méthode d'Euler ?

Partie D :

Frédéric : « Monsieur, que s'est-il passé ? J'ai une courbe supplémentaire sur mon écran ! »

Le professeur : « Pendant que vous faisiez vos calculs à la main, j'ai effectué une nouvelle acquisition. J'ai gardé dans le circuit la bobine de votre woofer et je n'ai modifié qu'une seule grandeur caractéristique du circuit ».

Frédéric : « Vous avez changé soit la valeur de la f.e.m. E du générateur, soit la valeur de la résistance réglable R ».

Le professeur : « Et oui ! Comparez les constantes de temps des deux courbes et vous trouverez ce que j'ai modifié dans votre montage ».

QUESTION 13 :

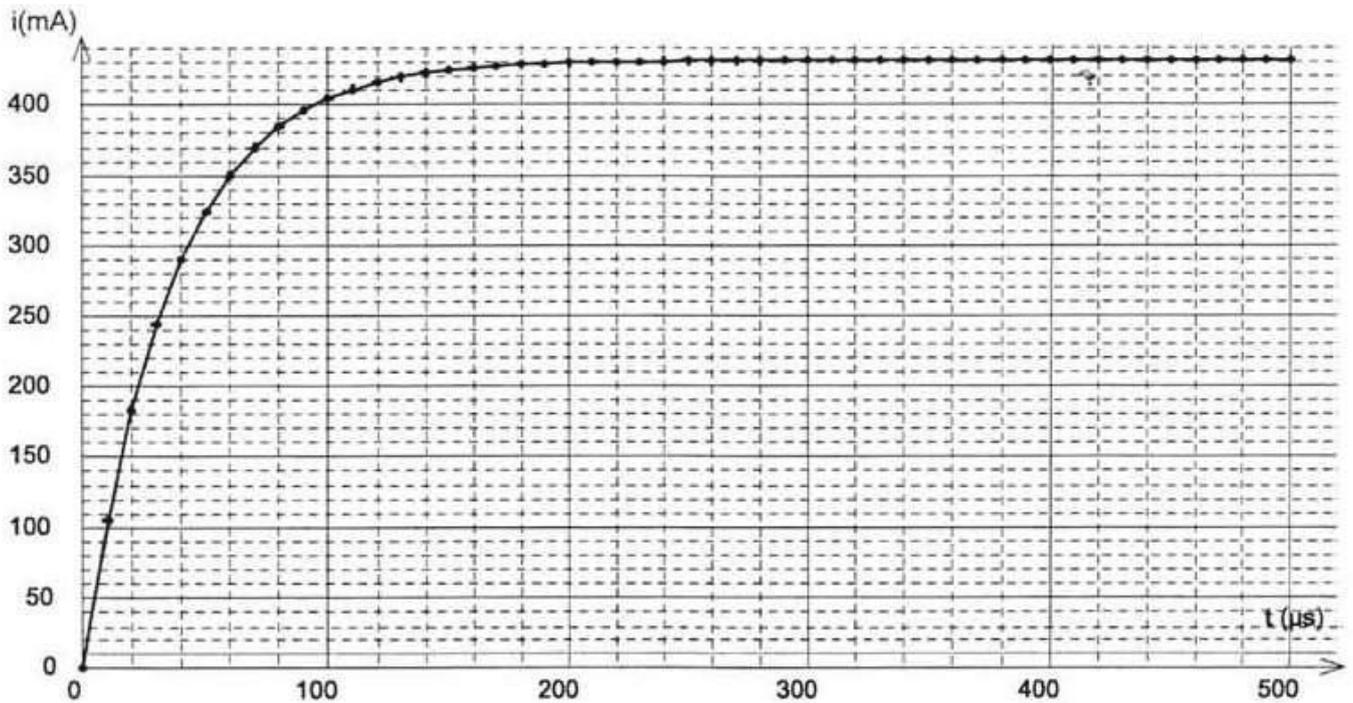
La courbe obtenue par le professeur est représentée sur le document 3 en ANNEXE, À RENDRE AVEC LA COPIE.

13. Quelle grandeur caractéristique du circuit (E ou R) le professeur a-t-il changée pour obtenir la courbe n°1 du document 3 de l'ANNEXE, À RENDRE AVEC LA COPIE ? Justifier.

ANNEXE DE L'EXERCICE II

À RENDRE AVEC LA COPIE

Document 1 : Evolution de l'intensité du courant en fonction du temps



Document 2

t en s	$i(t)$ en A	$\left(\frac{di(t)}{dt}\right)$ en $A.s^{-1}$
0		
$1,0 \times 10^{-5}$	$0,12$	
$2,0 \times 10^{-5}$		$6,1 \times 10^3$

Document 3

