

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

Amérique du Sud 11/2008

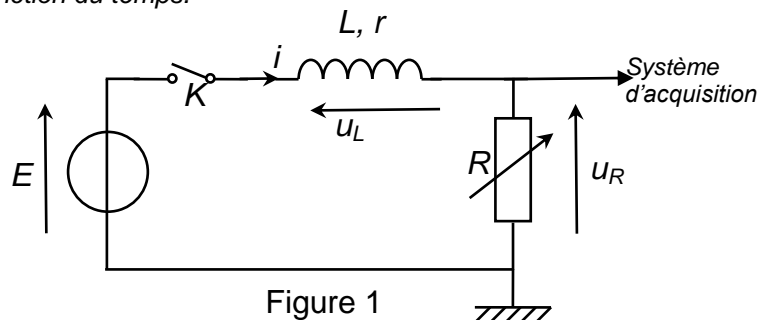
<http://labolycee.org>

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.

**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  $\tau$  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  $\tau$  du circuit.
- Donner l'expression de la constante de temps  $\tau$  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 :**

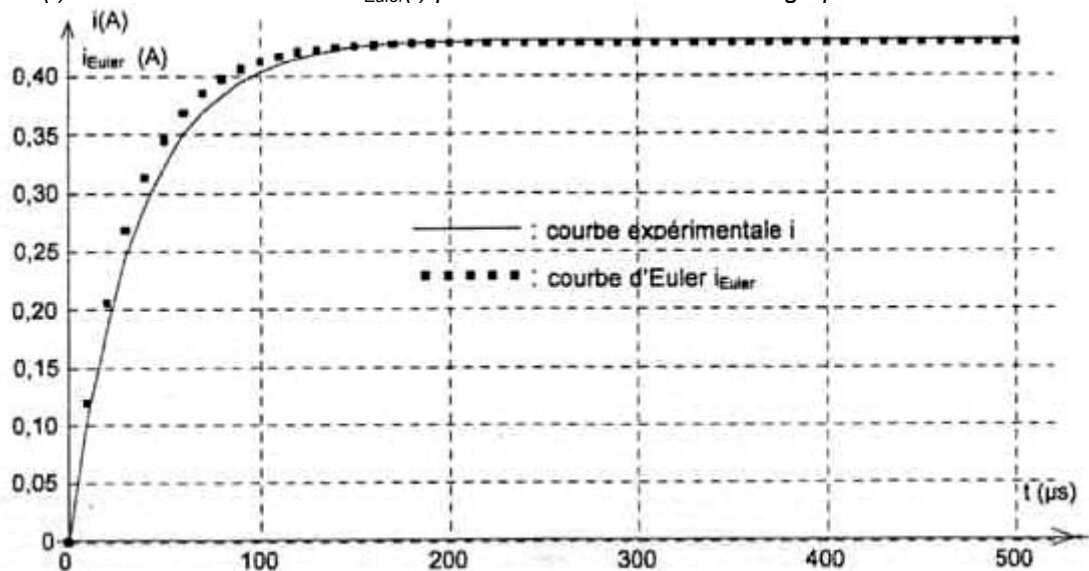
9. Établir l'équation 1 et vérifier que les expressions littérales de A et B sont :  $A = \frac{E}{L}$  et  $B = \frac{(R+r)}{L}$ .

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  $\Delta t$ .  $\Delta t$  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 :**

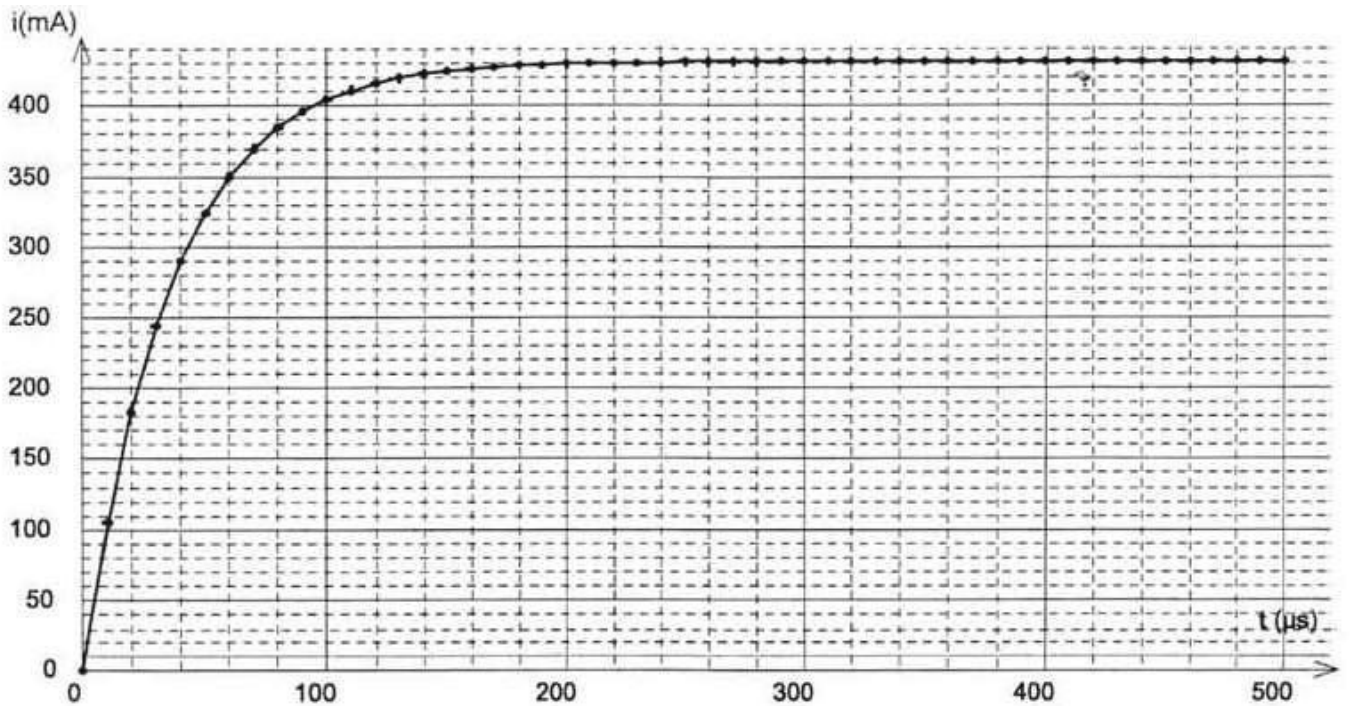
La courbe obtenue par le professeur est représentée sur le document 3 en ANNEXE, À RENDRE AVEC LA COPIE.

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

