

Bac S physique 2008 Exercice II : Un réveil en douceur

Influence d'une bobine dans un circuit électrique

1.1/ Une lampe brille sous l'effet de l'intensité du courant qui la traverse. Les deux branches du circuit sont reliées par des fils et sont donc en permanence soumises à la même *tension*, mais l'*intensité* du courant qui les parcourt va évoluer de manière différente au cours du temps. Une bobine a pour effet de *retarder l'établissement du courant* dans un circuit électrique.

Résultat : dans la deuxième branche le courant va s'établir plus lentement que dans la première, donc l'intensité parcourant la lampe sera élevée plus vite dans L1, qui s'allume donc plus tôt.

1.2/ L'établissement du courant suit d'abord un régime *transitoire* où l'intensité varie au cours du temps, puis un régime *permanent* où elle atteint une valeur stable et ne varie plus (ou presque ...)

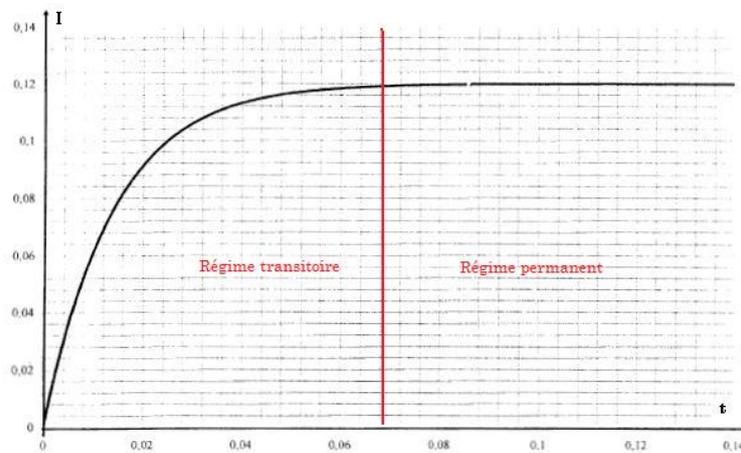


FIG. 1 – Etablissement du courant dans la bobine

1.3/ L'inductance L de la bobine joue un rôle au début, pendant l'établissement du courant lors du régime transitoire. Lorsqu'on attend assez longtemps on atteint le régime permanent où l'intensité du courant ne varie plus et *ne dépend plus que des résistances dans le circuit*. Ici on a $R_1 = r$, et les deux lampes ont la même résistance, donc les 2 branches sont exactement similaires en régime permanent : les deux lampes sont au final traversées par la même intensité, et brillent donc de la même manière.

1.4.1/ On a l'expression habituelle : $\tau = \frac{L}{R}$.

1.4.2/ Deux méthodes possibles pour l'analyse dimensionnelle :

Où l'on se souvient des dimensions d'une résistance et d'une inductance exprimées en fonction des dimensions de base, qui sont *masse* M , *temps* T , *longueur* L et *intensité* I : $[R] = M * L^2 * T^{-3} * I^{-2}$, et $[L] = M * L^2 * T^{-2} * I^{-2}$, d'où on déduit immédiatement que le rapport des deux a effectivement la dimension d'un temps.

Où l'on retrouve les relations entre les différentes grandeur *en utilisant des égalités connues*. Exemple ici, on peut se rappeler de la *loi d'Ohm* et de l'équation décrivant le fonctionnement

d'une bobine : on cherche juste à retrouver une cohérence entre dimensions, donc surtout ne pas chercher à les appliquer quelque part de précis dans le montage, juste se souvenir que dans certains cas on peut les écrire et donc que *les équations aux dimensions qu'on peut en tirer sont toujours vraies*. On a donc : loi d'Ohm $u = R * i \Rightarrow [u] = [R] * I$, et équation d'une bobine $u = L * \frac{di}{dt} \Rightarrow [u] = [L] * I * T^{-1}$ (une dérivée simple par rapport au temps compte dans les dimensions comme T^{-1}). En identifiant les deux on a : $[u] = [L] * I * T^{-1} = [R] * I \Rightarrow [\tau] = \frac{[L]}{[R]} = T!$

1.4.3/ Un calcul rapide de la valeur typique de τ pour $L = 1H$ et $R = 10\Omega$ donne $\tau = 0,1s$ précisément. Donc l'établissement complet du courant dans la branche contenant la bobine demande un temps de l'ordre de $5 * \tau = 0,5s$, ce qui d'après l'énoncé est bien détectable par un observateur.

Vérification de la valeur de l'inductance L de la bobine utilisée

2.1/ La courbe de la figure 6 correspond au régime *pseudo-périodique*.

2.2/ La diminution d'amplitude des oscillations de la figure 6 signifie que le circuit est globalement en train de perdre de l'énergie. Cette perte est due au fait que la bobine présente une résistance non nulle r, qui transforme de l'énergie électrique en énergie thermique par *effet Joule*.

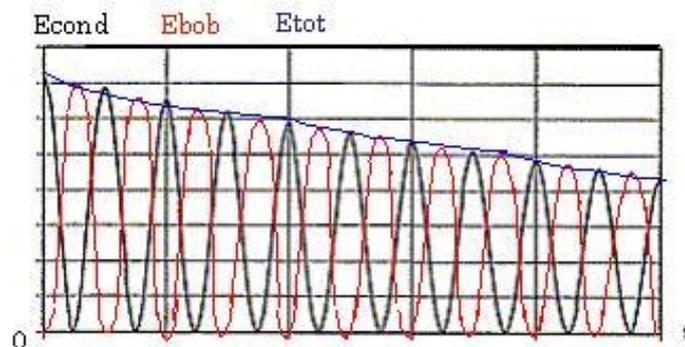


FIG. 2 – Etablissement du courant dans la bobine

2.3/ L'énergie totale emmagasinée dans le circuit est simplement décroissante. L'énergie emmagasinée par un des 2 composants, condensateur ou bobine séparément est oscillante, mais l'énergie totale qui est la somme des 2 ne fait rien de plus remarquable que simplement décroître.

2.4/ On peut lire sur le graphe de la figure 6 une période des oscillations d'environ $T = 30ms$. On veut déterminer la valeur expérimentale de L, en connaissant celle de C et maintenant la pseudo-période T. On a donc : $T = 2 * \Pi * \sqrt{LC} \Rightarrow L = \frac{1}{C} * (\frac{T}{2*\Pi})^2$. On fait l'application numérique : $L = \frac{1}{22*10^{-6}} * (\frac{30*10^{-3}}{2*\Pi})^2 = 1.036H$, que l'on arrondira à $L = 1.0H$ si on veut donner autant de chiffres significatifs que pour la donnée de C.

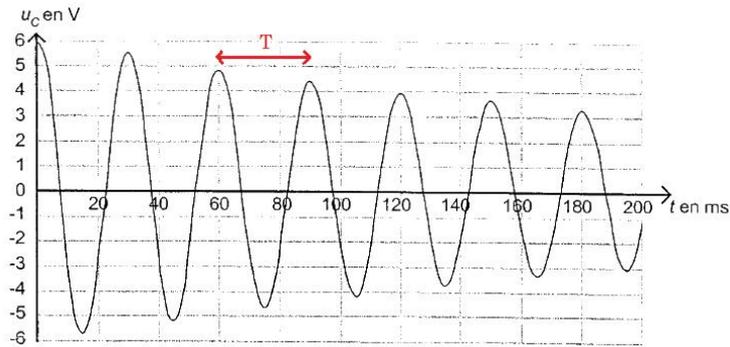


FIG. 3 – Etablissement du courant dans la bobine

2.5/ La bobine utilisée était supposée avoir une inductance de 1H, donc la valeur trouvée expérimentalement par les élèves est tout à fait cohérente.

Etude expérimentale de la luminosité d'une lampe dans un circuit contenant une bobine

3.1/ La lampe transforme de l'énergie électrique en *énergie lumineuse et thermique* de manière générale.

Remarque pour aller plus loin : Une lampe usuelle émet du *rayonnement*, qui couvre beaucoup de longueurs d'onde différentes simultanément : principalement dans les *longueurs d'onde visibles* ($\lambda = 400\text{à}800\text{nm}$), ce qui correspond à la lumière dégagée (énergie lumineuse), et dans *l'infrarouge* ($\lambda \geq 800\text{nm}$), ce qui correspond à la chaleur ressentie (énergie thermique).

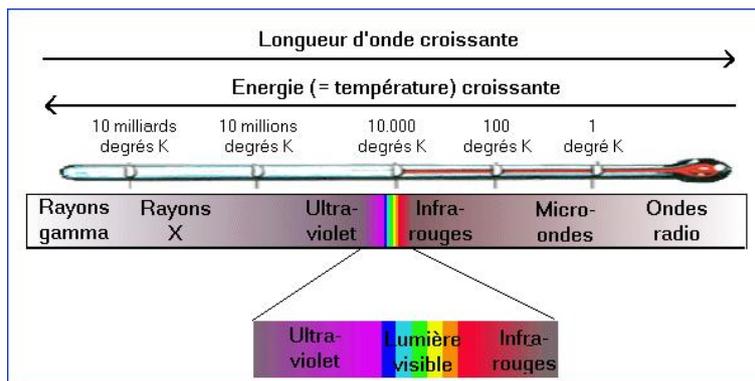


FIG. 4 – Etablissement du courant dans la bobine

3.2/ Lorsqu'on veut mesurer deux tensions différentes dans un même circuit, il est préférable si

l'on peut d'utiliser le même point comme masse pour les 2 tensions. La tension U_{R_0} doit être mesurée entre les points D et C, et la tension U_{BD} doit être mesurée entre D et B. Les deux font donc intervenir le point D, que nous utiliserons comme masse commune, puis il suffit de placer le fil relié à Y_1 en C et celui relié à Y_2 en B.

3.3.1/ La résistance R_0 et la lampe sont branchées en série, on mesure le tension aux bornes des 2 à la fois, U_{BD} , ainsi que la tension aux bornes de R_0 seule, U_{R_0} . D'après la *loi d'additivité des tensions*, on a : $U_{BD} = U_{R_0} + U_{BC}$, donc $u(t) = U_{BC} = U_{BD} - U_{R_0}$.

3.3.2/ Le circuit contient une seule branche, donc l'intensité $i(t)$ est la même à tous les points du circuit. On peut donc l'exprimer en utilisant la *loi d'Ohm* pour la résistance R_0 : $U_{R_0} = R_0 * i(t) \Rightarrow i(t) = \frac{U_{R_0}}{R_0}$.

3.3.3/ On a exprimé $u(t)$ et $i(t)$ en fonction de valeurs connues ou mesurées, donc on peut maintenant obtenir l'expression de la puissance instantanée $p(t)$ en fonction de ces mêmes grandeurs : $p(t) = u(t) * i(t) = (U_{BD} - U_{R_0}) * \frac{U_{R_0}}{R_0}$.

3.4/ On rajoute R_0 dans le circuit pour permettre la mesure de $i(t)$, mais comme la tension dans le circuit est divisée entre les différents composants, R_0 en "utilise" une partie, diminuant ainsi la tension disponible pour la lampe, et donc sa puissance. Cette résistance fausse donc la puissance déterminée pour la lampe, et pour minimiser cette erreur on prend une valeur de R_0 très faible.

3.5/ D'après le graphe la valeur maximale atteinte par la puissance $p(t)$ est environ 11,2 W, donc 90% de cette valeur correspond à une puissance d'environ $0.90 * 11.2 = 10.08W$. On voit sur la courbe que cette puissance est atteinte au bout d'environ 1,3 s.

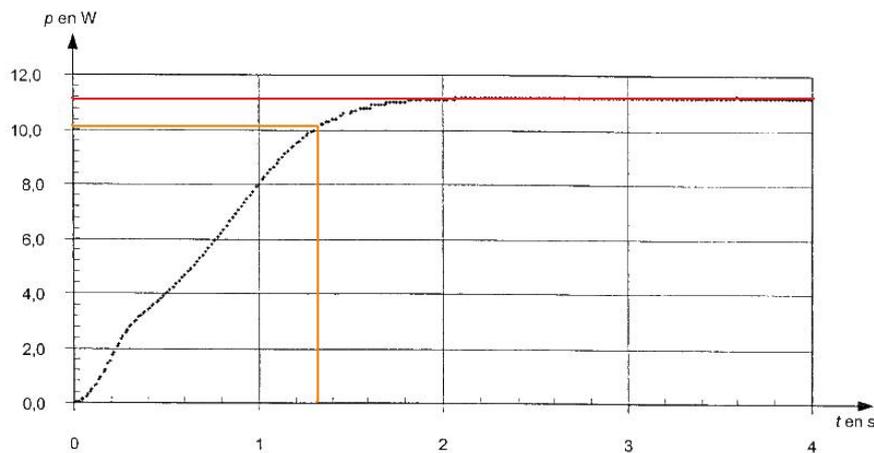


FIG. 5 – Etablissement du courant dans la bobine

3.6/ Le montage précédent signifierait que cette lampe réveillerait quelqu'un au bout d'environ 1s, ce qui n'est pas vraiment ce qu'on pourrait appeler un réveil progressif. En modifiant l'induc-

tance de la bobine on peut arriver à contrôler le temps d'établissement de la lumière (on pourrait aussi modifier la valeur de r , mais généralement cette résistance est interne à la bobine et on ne la contrôle pas directement).