TPC1 2025/2026 – DS Physique n°2a (2h)

Si au cours de l'épreuve un candidat repère ce qui lui semble être une erreur d'énoncé, il le signale sur sa copie et poursuit sa composition en indiquant les raisons des initiatives qu'il est amené à prendre.

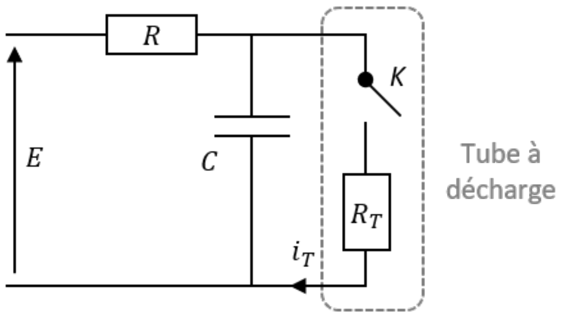
La calculatrice est interdite

Consignes à suivre à chaque DS :

- Numéroter les pages. Numéroter les questions (inutile d'écrire les titres).
- Soigner la rédaction et la présentation : aérer la copie, encadrer ou souligner les résultats.
- Lire rapidement l'ensemble du sujet en début d'épreuve : les exercices sont indépendants et peuvent être traités dans l'ordre de votre choix.
- Pour un exercice donné, traiter et rendre les questions dans l'ordre.
- Toute application numérique ne comportant pas d'unité ne sera pas prise en compte.

I) Tube à décharge

Le fonctionnement d'un flash électronique repose sur la génération d'un éclair dans un tube à décharge. Il peut être modélisé par le schéma électrique ci-dessous.



Une tension E constante de quelques centaines de volts est utilisée pour charger un condensateur de capacité C.

Le condensateur est relié à un tube contenant un gaz électriquement neutre : $Xe_{(g)}$. Le tube est donc équivalent à une résistance infinie, c'est-à-dire un interrupteur ouvert.

On peut ensuite appliquer une impulsion de tension de plusieurs milliers de volts qui ionise le xénon. On rappelle l'équation d'ionisation :

$$Xe_{(g)} \rightarrow Xe^{+}{}_{(g)} + e^{-}$$

L'ionisation des atomes de xénon abaisse la résistance du tube qui devient alors équivalent à un conducteur de résistance R_T. Cette opérateur est équivalente à fermer l'interrupteur. Le condensateur peut alors se décharger dans la résistance, créant ainsi un éclair lumineux très intense d'une durée très brève.

1) Expliquer pourquoi l'ionisation des atomes de xénon abaisse la résistance du tube à décharge.

On admet qu'un régime permanent est atteint pour $t = 0^-$. On ferme l'interrupteur K à l'instant $t = 0$.

2) Déterminer l'expression de $i_0 = i_T(t = 0^+)$, la valeur de i_T juste après la fermeture de l'interrupteur.

3) Déterminer l'expression de $i_\infty = i_T(t \to \infty)$, la valeur de i_T aux temps long.

4) Montrer que :

$$\frac{di_T}{dt} + \frac{i_T}{\tau} = \frac{i_\infty}{\tau} \quad \text{avec :} \quad \tau = \frac{RR_TC}{R + R_T}$$

5) En déduire l'expression complète de $i_T(t)$ pour $t > 0$ en fonction de i_0, i_∞, t et τ.

6) Tracer l'allure de $i_T(t)$ pour $t > 0$ et $t < 0$.

7) Donner l'expression de l'énergie accumulée par le condensateur avant la fermeture de l'interrupteur.

8) On souhaite générer un flash d'une puissance égale à 4,0 W et d'une durée de 0,10 s. Calculer l'énergie devant être stockée dans le condensateur.

9) Déterminer un ordre de grandeur de la valeur de la capacité C nécessaire.

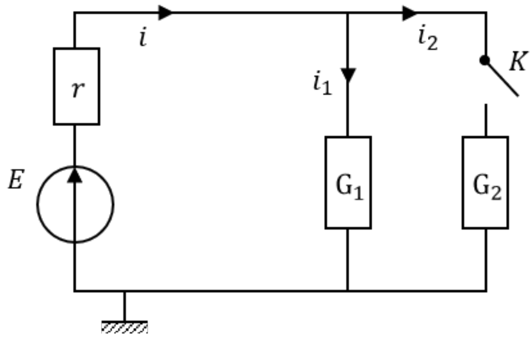
II) Guirlandes électriques

Dans cet exercice, on cherche à optimiser l'alimentation électrique d'un système comportant deux guirlandes électriques notées G_1 et G_2. Chaque guirlande est modélisée par un conducteur ohmique de résistance identique R. La première guirlande est dédiée à un fonctionnement continu, son éclairement doit être constant. La seconde est associée avec un interrupteur K en série qui bascule de manière périodique afin de produire un clignotement.

On supposera dans cet exercice que la puissance lumineuse fournie par ces guirlandes est proportionnelle à la puissance électrique qu'elles reçoivent.

II.1) Système de base

On considère dans un premier temps le circuit ci-dessous alimenté par un générateur réel de force électromotrice E et de résistance interne r. **Les réponses aux différentes questions ne feront intervenir que $\boldsymbol{E}$, $\boldsymbol{r}$ et $\boldsymbol{R}$.**



On considère que l'interrupteur K est ouvert.

10) Quelle est la puissance reçue $\mathcal{P}_{2,o}$ par la seconde guirlande G_2 ?

11) Établir l'expression du courant i_o passant à travers le générateur.

12) Établir l'expression de la puissance reçue $\mathcal{P}_{1,o}$ par la seconde guirlande G_1 ?

On considère désormais que l'interrupteur K est fermé.

13) Établir l'expression du courant i_f passant à travers le générateur.

14) En déduire les expressions des courants $i_{1,f}$ et $i_{2,f}$.

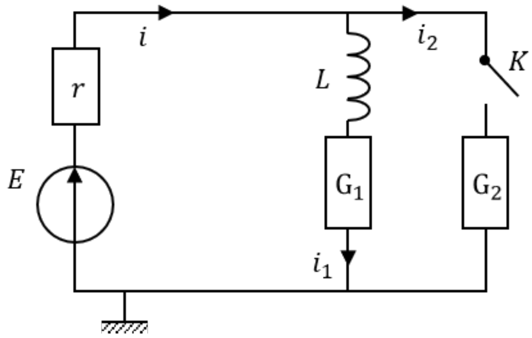
15) Quelles sont alors les puissances $\mathcal{P}_{1,f}$ et $\mathcal{P}_{1,f}$ reçues par les deux guirlandes ?

16) Les deux guirlandes fonctionnent-elles de la manière souhaitée ?

17) Comment doit-on choisir r par rapport à R pour limiter cet l'effet indésirable ?

II.2) Système amélioré

On considère maintenant le circuit ci-dessous. Une bobine d'inductance L a été ajoutée en série avec la première guirlande. L'interrupteur K est toujours ouvert de manière périodique.



18) À quel dipôle est équivalent la bobine en régime stationnaire ?

On appelle $t = 0$ l'instant où l'interrupteur s'**ouvre** et on admet que le régime stationnaire a été atteint en $t = 0^-$.

19) Déterminer sans refaire de calcul la valeur de $i_1(0^+)$.

20) Établir l'équation différentielle dont i_1 est solution lorsque l'interrupteur est ouvert (donc pour $t > 0$). On fera apparaître un temps caractéristique τ_o.

21) Donner la solution complète de l'équation différentielle.

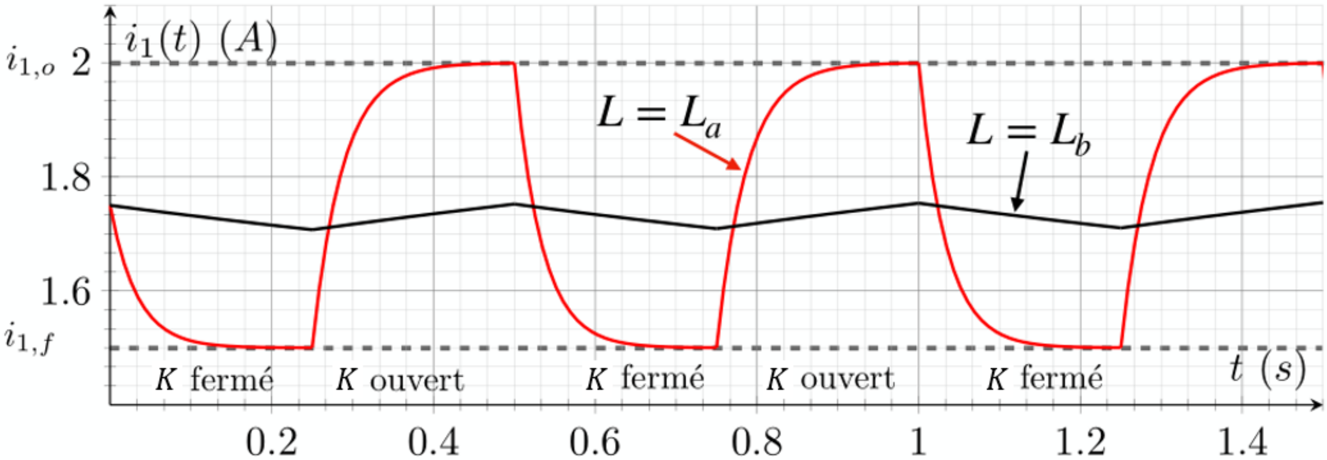
Dans la suite, on adopte un nouveau choix de l'origine des temps. On appelle $t = 0$ l'instant où l'interrupteur se **ferme** et on admet que le régime stationnaire a été atteint en $t = 0^-$.

22) Déterminer sans refaire de calcul la valeur de $i_1(0^+)$

23) Montrer que i_1 est solution de l'équation différentielle suivante :

$$\frac{di_1}{dt} + \frac{i_1}{\tau_f} = \frac{E}{L\left(1+\dfrac{r}{R}\right)} \quad \text{avec :} \quad \tau_f = \frac{L\left(1+\dfrac{r}{R}\right)}{2r+R}$$

On étudie expérimentalement les variations du courant $i_1(t)$ en mesurant la tension aux bornes de la guirlande G_1 à l'aide d'un oscilloscope et on obtient le résultat suivant pour deux valeurs différentes de l'inductance L. On donne : $R = 2\ \Omega$ et $r = 1\ \Omega$.



24) Parmi les deux bobines d'inductance L_a et L_b, laquelle permet d'atteindre le régime stationnaire mentionné dans les questions précédentes ?

25) Parmi les deux bobines d'inductance L_a et L_b, laquelle permet de minimiser les variations de puissance reçue par la première guirlande ?

26) Déterminer, par lecture graphique, la valeur de τ_f puis celle de L_a.

27) Qu'elle est la bonne affirmation : $L_a \ll L_b$ ou $L_a \gg L_b$? Justifier la réponse.