Le flash électronique

Bac S 2003 Inde (Pondichéry) (ancien programme) · Exercice 1 **4 points** **Durée conseillée 52 min**

1.a Donner l'expression de l'énergie électrique E_e stockée dans le condensateur du flash lorsqu'il est chargé, puis calculer sa valeur.

Données utiles $C = 150\ \mu\text{F}$; $U = 330\ \text{V}$

Un condensateur de capacité C chargé sous la tension U stocke l'énergie :

$$E_e = \frac{1}{2} C U^2$$

$$E_e = \frac{1}{2} \times 150 \times 10^{-6} \times 330^2 = 8{,}17\ \text{J}$$

$$\boxed{E_e = \frac{1}{2} C U^2 = 8{,}17\ \text{J}}$$

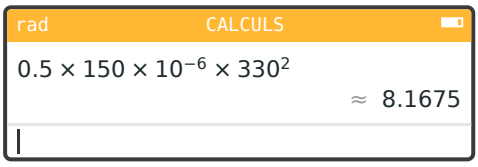
PIÈGE

Laisser la capacité en microfarads : il faut $C = 150 \times 10^{-6}\ \text{F}$ pour obtenir des joules. Ne pas oublier non plus le carré sur la tension.

COMPRENDRE

Trois chiffres significatifs, comme C et U. La capacité n'étant garantie qu'à 10 % près, l'énergie réelle se situe en fait entre 7,4 J et 9,0 J : retenir « environ 8 J ».

À LA CALCULATRICE



1.b La décharge dans la lampe à éclats dure environ une milliseconde. Quelle est la puissance électrique P_e consommée durant cet éclair ?

Données utiles $E_e = 8{,}17\ \text{J}$ (1.a) ; $\Delta t \approx 1\ \text{ms}$

Toute l'énergie stockée est cédée à la lampe pendant la durée Δt de l'éclair :

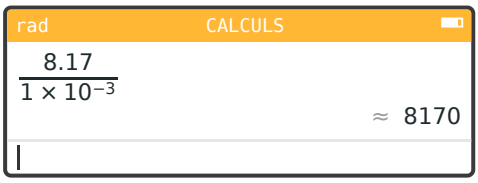
$$P_e = \frac{E_e}{\Delta t} = \frac{8{,}17}{1 \times 10^{-3}} \approx 8 \times 10^3\ \text{W}$$

$$\boxed{P_e \approx 8 \times 10^3\ \text{W} = 8\ \text{kW}}$$

COMPRENDRE

La durée n'est donnée qu'à un chiffre (« environ une milliseconde ») : le résultat est un ordre de grandeur. C'est une puissance moyenne, très élevée parce que l'énergie est libérée en un temps très bref.

À LA CALCULATRICE



1.c Pour quelle raison doit-on élever la tension avant de l'appliquer, une fois redressée, aux bornes du condensateur ?

Données utiles deux piles de 1,5 V, soit 3,0 V ; $U = 330$ V

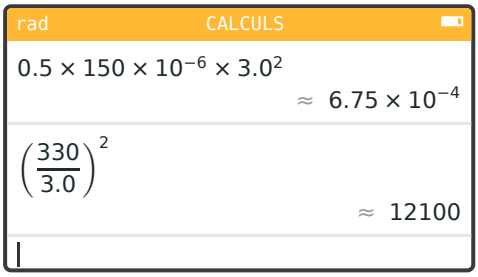
L'énergie stockée, $E_e = \frac{1}{2} C U^2$, est proportionnelle au carré de la tension de charge.

Chargé directement par les piles, sous 3,0 V, le condensateur ne stockerait que $\frac{1}{2} \times 150 \times 10^{-6} \times 3{,}0^2 = 6{,}8 \times 10^{-4}$ J, ce qui est très insuffisant pour produire un éclair.

Élever la tension de 3,0 V à 330 V multiplie l'énergie stockée par $\left(\frac{330}{3{,}0}\right)^2 \approx 1{,}2 \times 10^4$: l'éclair est assez puissant.

MÉTHODE
Pour justifier un choix technique, s'appuyer sur la relation littérale puis chiffrer l'effet : une tension 110 fois plus grande donne une énergie 110^2 fois plus grande.

À LA CALCULATRICE



2.a Sachant que le condensateur est déchargé à la date $t = 0$, déterminer la valeur de la résistance R utilisée dans le montage.

Données utiles $E = 12$ V ; $i(0) = 54{,}0\ \mu$A

Loi des mailles, à chaque instant : $E = u_R + u_C$.

Loi d'Ohm : $u_R = R\,i$.

À $t = 0$, le condensateur est déchargé : $u_C(0) = 0$, donc $E = R\,i(0)$.

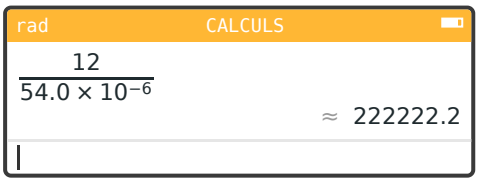
$$R = \frac{E}{i(0)} = \frac{12}{54{,}0 \times 10^{-6}} = 2{,}2 \times 10^5\ \Omega$$

$R = 2{,}2 \times 10^5\ \Omega$, soit environ 220 kΩ

PIÈGE
Oublier de convertir l'intensité : $54{,}0\ \mu\text{A} = 54{,}0 \times 10^{-6}$ A. Sans cette conversion, on trouve une résistance un million de fois trop faible.

COMPRENDRE
E n'a que deux chiffres significatifs : le résultat aussi. On garde la valeur non arrondie, $2{,}22 \times 10^5\ \Omega$, pour le calcul de la question 2.c.

À LA CALCULATRICE



2.b Tracer la courbe $i = f(t)$ à partir du tableau de mesures (2 cm pour 10 s en abscisse, 2 cm pour 10 µA en ordonnée).

On place les dix points du tableau, avec le temps en abscisse et l'intensité en ordonnée, en respectant l'échelle imposée.

On trace ensuite une courbe régulière, à main levée, qui passe au plus près des points.

La courbe obtenue est représentée avec la question 2.c.

La courbe part de 54,0 µA à $t = 0$ et décroît de moins en moins vite vers zéro : c'est l'allure d'une exponentielle décroissante.

PIÈGE
Relier les points par des segments à la règle. La grandeur évolue de façon continue : la courbe doit être lissée. Axes sans nom ni unité : des points perdus.

2.c Calculer l'intensité $i(\tau)$ à la date $t = \tau$. Lire τ sur le graphe, en déduire la capacité C du condensateur et dire si ce résultat est conforme aux indications du fabricant.

Données utiles $i(t) = I_0\, e^{-t/\tau}$; $I_0 = 54{,}0\ \mu\text{A}$; $R = 2{,}22 \times 10^5\ \Omega$ (2.a) ; fabricant : $C = 150\ \mu\text{F} \pm 10\ \%$

À la date $t = \tau$: $i(\tau) = I_0\, e^{-1} = \dfrac{54{,}0}{e} = 19{,}9\ \mu\text{A}$.

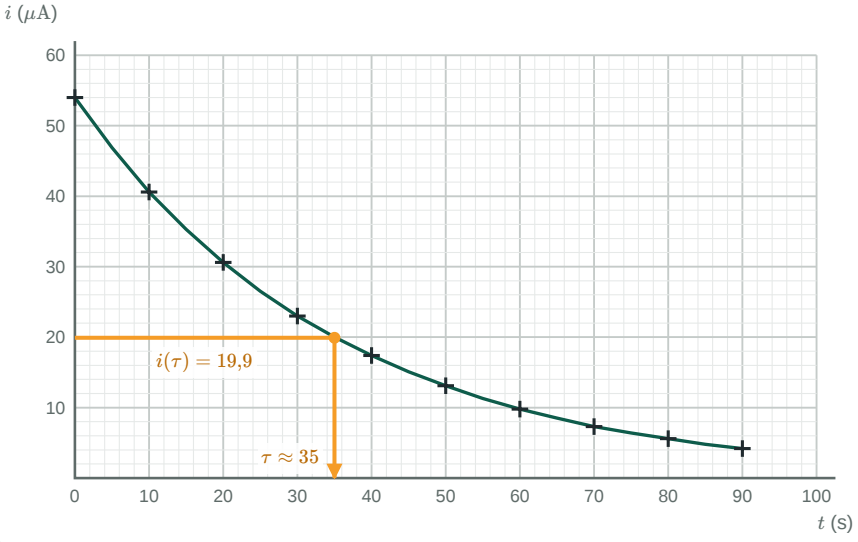
Sur le graphe, l'ordonnée 19,9 µA correspond à l'abscisse $\tau \approx 35$ s.

Pour un circuit RC, $\tau = RC$, donc :

$$C = \frac{\tau}{R} = \frac{35}{2{,}22 \times 10^5} = 1{,}6 \times 10^{-4}\ \text{F}$$

Le fabricant annonce 150 µF à 10 % près, soit une capacité comprise entre 135 µF et 165 µF.

$i(\tau) = 19{,}9\ \mu\text{A}$; $\tau \approx 35$ s ; $C \approx 1{,}6 \times 10^2\ \mu\text{F}$, valeur comprise entre 135 µF et 165 µF : le résultat est conforme.



2.c · Lecture graphique de la constante de temps

COMPRENDRE

L'écart avec la valeur nominale est $\dfrac{158 - 150}{150} \approx 5\ \%$, inférieur à 10 %. La lecture de τ se fait à 1 s près environ, ce qui ne change pas la conclusion.

MÉTHODE

Lecture de τ sur une décroissance exponentielle : calculer 37 % de la valeur initiale, tracer l'horizontale à cette ordonnée jusqu'à la courbe, puis descendre à la verticale sur l'axe des temps.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$54.0 \times e^{-1}$ ≈ 19.86549

$\dfrac{35}{2.22 \times 10^5}$ ≈ 1.576577×10^{-4}

150×0.90 ≈ 135

150×1.10 ≈ 165