

CLASSE : Terminale

VOIE : ☒ Générale

DURÉE DE L'ÉPREUVE : 0h43

EXERCICE 3 : 4 points

ENSEIGNEMENT : physique-chimie

CALCULATRICE AUTORISÉE : ☒ Oui sans mémoire, « type collège »

EXERCICE 3 Performances des bolomètres de Planck

Q1.

$$c = \lambda_0 \times f_0$$

$$\lambda_0 \times f_0 = c$$

$$\lambda_0 = \frac{c}{f_0}$$

$$\lambda_0 = \frac{3,00 \times 10^8}{217 \times 10^9}$$

$$\lambda_0 = 1,38 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$\lambda_0 = 1,38 \text{ mm}$$

Nom du domaine	Rayon X	Ultraviolet	Visible	Infrarouge	Micro-onde	Radio
Domaine de longueur d'onde λ	de 0,01 à 100 nm	de 10 à 400 nm	de 400 à 800 nm	de 0,8 à 1 mm	de 1 à 300 mm	de 0,1 à 1 km

L'onde électromagnétique associée au CMB appartient au domaine des Micro-ondes.

Q2.

$$P_{\text{CN}} = \sigma \times T_{\text{CN}}^4 \times S$$

$$P_{\text{CMB,recue}} = \sigma \times T_{\text{CMB}}^4 \times S_{\text{CMB}}$$

D'après le sujet : « un filtre est placé devant cette surface, il sélectionne 25,2% de la puissance reçue »

$$P_{\text{CMB}} = \frac{25,2}{100} \times P_{\text{CMB,recue}}$$

$$P_{\text{CMB}} = \frac{25,2}{100} \times \sigma \times T_{\text{CMB}}^4 \times S_{\text{CMB}}$$

$$P_{\text{CMB}} = \frac{25,2}{100} \times 5,67 \times 10^{-8} \times 2,725^4 \times 9,93 \times 10^{-8}$$

$$P_{\text{CMB}} = 7,82 \times 10^{-14} \text{ W}$$

Q3.

$$P_{\text{syst}} = - \frac{(T_{\text{syst}} - T_0)}{R_{\text{th}}}$$

$$P_T = - \frac{(T - T_T)}{R_{\text{contact}}}$$

D'après le sujet : « Cette partie sensible est en contact avec un thermostat plus froid qui permet d'évacuer l'énergie reçue ».

Ainsi, $T > T_T$, alors $P_T < 0$: la partie sensible **cède** de l'énergie thermique au thermostat.

$$P_T = - \frac{(T_T - T)}{R_{\text{contact}}}$$

D'après l'énoncé, **le thermostat est plus froid** :

$$T > T_T$$

$$T - T_T > 0$$

Ainsi :

$$-\frac{(T - T_T)}{R_{\text{contact}}} < 0$$

$$P_T < 0$$

La puissance P_T est négative : la partie sensible ne reçoit pas d'énergie du thermostat, mais cède de l'énergie thermique au thermostat.

Q4.

$$P = \frac{Q_{\text{tot}}}{\Delta t}$$

Or

$$P = P_T + P_{\text{CMB}}$$

D'où

$$P_T + P_{\text{CMB}} = \frac{Q_{\text{tot}}}{\Delta t}$$

$$\frac{Q_{\text{tot}}}{\Delta t} = P_T + P_{\text{CMB}}$$

$$Q_{\text{tot}} = (P_T + P_{\text{CMB}}) \times \Delta t$$

Or

$$P_T = -\frac{(T - T_T)}{R_{\text{contact}}}$$

D'où

$$Q_{\text{tot}} = \left(-\frac{(T - T_T)}{R_{\text{contact}}} + P_{\text{CMB}} \right) \times \Delta t$$

Q5.

Premier principe de la thermodynamique :

$$\Delta U = Q + W$$

Avec :

- ΔU la variation d'énergie interne en joule
- Q le transfert thermique en joule
- W le travail en joule

Q6.

$$\tau = R_{\text{contact}} \times C_{\text{bolo}}$$

$$[\tau] = [R_{\text{contact}}] \times [C_{\text{bolo}}]$$

$$[\tau] = \text{K} \cdot \text{W}^{-1} \times \text{J} \cdot \text{K}^{-1}$$

$$[\tau] = \text{W}^{-1} \times \text{J}$$

Or

$$P = \frac{E}{\Delta t}$$

$$\frac{E}{\Delta t} = P$$

$$E = P \times \Delta t$$

$$[E] = [P] \times [\Delta t]$$

$$\text{J} = \text{W} \times \text{s}$$

D'où

$$[\tau] = W^{-1} \times \textcolor{red}{W} \times \textcolor{red}{s}$$

$$[\tau] = s$$

Ainsi, la quantité $\tau = R_{\text{contact}} \times C_{\text{bolo}}$ est homogène à un temps.

$$\tau = R_{\text{contact}} \times C_{\text{bolo}}$$

$$\tau = 3,75 \times 10^9 \times 0,40 \times 10^{-12}$$

$$\tau = 1,5 \times 10^{-3} \text{ s}$$

Q7.

$$T_{(t)} = T_T + T_1 \times \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$$

$$T_{(t \rightarrow \infty)} = T_T + T_1 \times \left(1 - e^{-\frac{\infty}{\tau}}\right)$$

$$T_{(t \rightarrow \infty)} = T_T + T_1 \times (1 - 0)$$

$$T_{(t \rightarrow \infty)} = T_T + T_1$$

$$T_T + T_1 = T_{(t \rightarrow \infty)}$$

$$T_1 = \textcolor{red}{T_{(t \rightarrow \infty)}} - \textcolor{blue}{T_T}$$

Or

$$\textcolor{red}{T_{(t \rightarrow \infty)}} = T_{\text{CMB}}$$

$$\textcolor{blue}{T_T} = T_{(0)}$$

D'où

$$T_1 = \textcolor{red}{T_{\text{CMB}}} - \textcolor{blue}{T_{(0)}}$$

$$T_1 = 2,725 - 0,1$$

$$T_1 = 2,625 \text{ K}$$

Q8.

D'après le sujet : « on admet que le bolomètre réalise une mesure de puissance fiable dès que sa température se stabilise, au bout d'une durée égale à 5τ »

$$5\tau = 5 \times 1,5 \times 10^{-3}$$

$$5\tau = 7,5 \times 10^{-3} \text{ s}$$

$$5\tau = 7,5 \text{ ms}$$

Le satellite Planck balaie chaque zone pendant une durée $\Delta t_{\text{scan}} = 14 \text{ ms}$.

$\Delta t_{\text{scan}} > 5\tau$: le bolomètre du satellite Planck peut obtenir une mesure fiable du CMB.