CLASSE : Terminale

VOIE : Générale

DURÉE DE L'ÉPREUVE : 0h43

EXERCICE 3 : 4 points

ENSEIGNEMENT : physique-chimie

CALCULATRICE AUTORISÉE : Oui sans mémoire, « type collègue »

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.

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

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

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

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

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

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

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

Q3.

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

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

Q4.

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

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

$$Q = P \times \Delta t$$

$$Q_{tot} = P_T \times \Delta t$$

Or

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

D'où

$$Q_{tot} = -\frac{(T_T - T)}{R_{contact}} \times \Delta t$$

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.

$$\begin{aligned}\tau &= R_{contact} \times C_{bolo} \\ [\tau] &= [R_{contact}] \times [C_{bolo}] \\ [\tau] &= K \cdot W^{-1} \times J \cdot K^{-1} \\ [\tau] &= W^{-1} \times J\end{aligned}$$

Or

$$\begin{aligned}P &= \frac{E}{\Delta t} \\ \frac{E}{\Delta t} &= P \\ E &= P \times \Delta t \\ [E] &= [P] \times [\Delta t] \\ J &= W \times s\end{aligned}$$

D'où

$$\begin{aligned}[\tau] &= W^{-1} \times W \times s \\ [\tau] &= s\end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}\tau &= R_{contact} \times C_{bolo} \\ \tau &= 3,75 \times 10^9 \times 0,40 \times 10^{-12} \\ \tau &= 1,5 \times 10^{-3} \text{ s}\end{aligned}$$

Q7.

$$\begin{aligned}T_{(t)} &= T_T + T_1 \times \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right) \\ T_{(t \rightarrow \infty)} &= T_T + T_1 \times \left(1 - e^{-\frac{\infty}{\tau}}\right) \\ T_{(t \rightarrow \infty)} &= T_T + T_1 \times (1 - 0) \\ T_{(t \rightarrow \infty)} &= T_T + T_1 \\ T_T + T_1 &= T_{(t \rightarrow \infty)} \\ T_1 &= T_{(t \rightarrow \infty)} - T_T\end{aligned}$$

Or

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

$$T_T = T_{(0)}$$

D'où

$$T_1 = T_{CMB} - T_{(0)}$$

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

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

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 $\Delta t_{scan} = 14 \text{ ms}$.

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