Aslangul : (I) p 35.

- Rayonnement émis par un matériau dépend du matériau et de son état de surface
- Le Rayonnement thermique dû à l'agitation thermique à l'état d'équilibre.
- Si un corps absorbe toute l'onde incidente il n'émet juste le rayonnement thermique puisque ce dernier a une seule origine : accélération des particules dans un état d'équilibre T.
  Ce corps = corps noir.

Formule de Rayleigh - Jeans :

I. Champ électromag dans une cavité $\Longleftrightarrow$ collection d'oscillateurs harmoniques immatériels indépendants.

II. A chaque oscillateur on associe la statistique de M B

- I. Dans cavité ~~station~~ sélection de certains modes propres

corde vibrante $\boxed{L = n \frac{\lambda}{2}}$ $\Rightarrow k = \frac{n\pi}{L}$

$\rightarrow \vec{E_T} = 0$ au niveau des parois.

On Mq potentiel vecteur :

(1) $A_x(\vec{r}, t) = \sum_{n_x n_y n_z} a_{n_x n_y n_z, x} \cos\left(n_x \frac{\pi x}{L}\right) \sin\left(n_y \frac{\pi y}{L}\right) \sin\left(n_z \frac{\pi z}{L}\right)$

(2) $A_y(\vec{r}, t) = \sum_{n_x n_y n_z} a_{n_x n_y n_z, y} \sin\left(n_x \frac{\pi x}{L}\right) \cos\left(n_y \frac{\pi y}{L}\right) \sin\left(n_z \frac{\pi z}{L}\right)$

(3) $A_z(\vec{r}, t) =$ $\quad , z \quad \sin \quad \sin \quad \cos$

$\mathrm{div} \vec{A} = 0 \Rightarrow a_{\vec{n}, x} \frac{n_x \pi}{L} + a_{\vec{n}, y} \frac{n_y \pi}{L} + a_{\vec{n}, z} \frac{n_z \pi}{L} = 0 \ \forall n_x, n_y, n_z$

donc $\vec{a_{\vec{n}}} \cdot \vec{k_n} = 0$ avec $\vec{k_n} = \left(n_x \frac{\pi}{L}, n_y \frac{\pi}{L}, n_z \frac{\pi}{L}\right)$

Donc soit 2 vecteurs orthogonaux à $\vec{k_n}$: $\vec{e_{\vec{n},1}}$ et $\vec{e_{\vec{n},2}}$

$$\vec{a_{\vec{n}}} = q_{\vec{n},1}\,\vec{e_{n1}} + q_{\vec{n},2}\,\vec{e_{n2}}$$

(1), (2) + $$\frac{1}{c^2}\frac{\partial^2 \vec{A}}{\partial t^2} - \Delta \vec{A} = 0$$

$$\frac{1}{c^2}\frac{d^2 q_{\vec{n}\alpha}}{dt^2} + \left[\sum_{u=x,y,z}\left(n_u\frac{\pi}{L}\right)^2\right] q_{\vec{n}\alpha} = 0$$

$$\frac{d^2 q_n}{dt^2} + \underbrace{c^2\,\vec{k_n}^2}_{\omega_n^2}\, q_n = 0$$

$$c^2\frac{\pi^2}{L^2}(n_x^2+n_y^2+n_z^2)$$

$$\vec{E} = -\frac{\partial \vec{A}}{\partial t} \qquad \vec{B} = \vec{\mathrm{rot}}\,\vec{A}$$

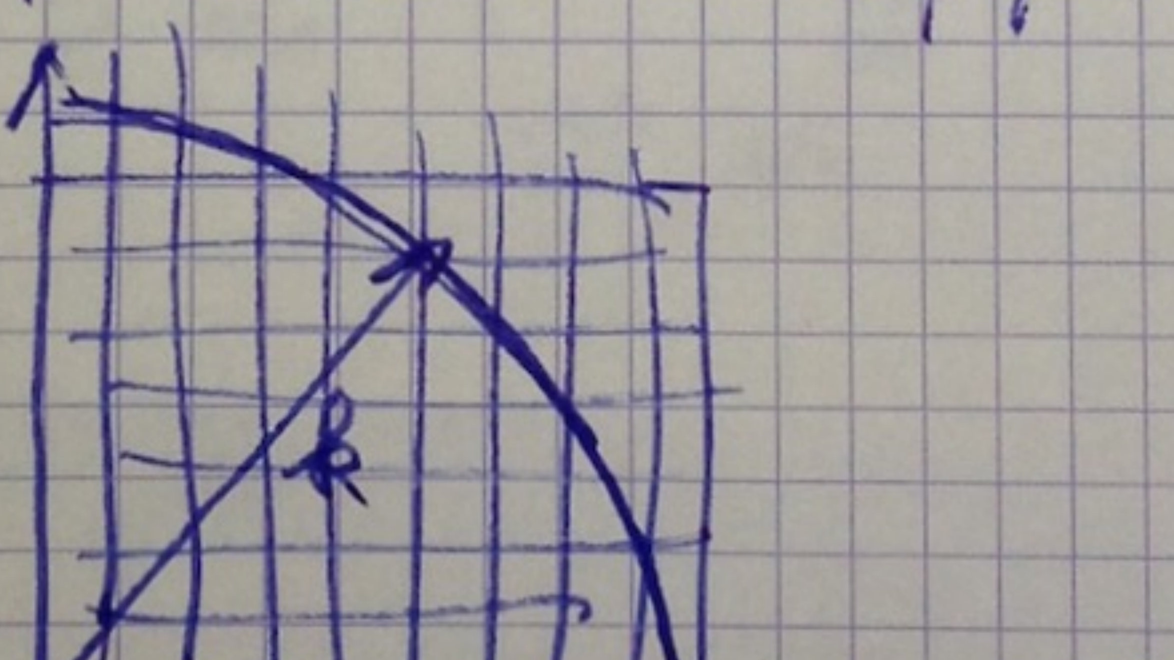
$$\mathcal{E} = \frac{V}{16}\,\varepsilon_0 \underbrace{\sum_{n}\left(\dot{q}_n^2 + \omega_n^2 q_n^2\right)}_{\text{énergie d'un oscillateur harmonique}} \qquad V = L^3$$

⟶ Classique : $\langle E_{osc}\rangle_{class} = k_B T$ équipart.

$$= \left\langle \frac{\varepsilon_0}{16}\left(\dot{q}_n^2 + \omega_n^2 q_n^2\right)\right\rangle$$

on veut calculer $u(\nu, T)$

On compte le nombre de mode de fréquence ν par unité de volume.



$\frac{\pi}{L}$

2 polarisations transverses

$$N = 2 \times \frac{1}{8} \times \frac{4\pi}{3}k^3 \times \frac{1}{\left(\frac{\pi}{L}\right)^3}$$

1 octant

$k = \frac{2\pi\nu}{c}$

$$N = \int dN = \frac{8\pi}{3}\left(\frac{L\nu}{c}\right)^3$$

$$dN(\nu) = 8\pi L^3 \frac{\nu^2}{c^3} d\nu = g(\nu) d\nu$$

La densité de mode, rapporté par unité de volume est

$$g_V(\nu) = \frac{g(\nu)}{V} = \frac{8\pi}{c^3} \nu^2$$

$$u_{RJ}(\nu, T) = \frac{8\pi}{c^3} \nu^2 \times k_B T$$

$$\int_0^{+\infty} u_{RJ}(\nu, T)\, d\nu \to +\infty$$ CATA ULTRA

$\longrightarrow$ PLANCK !!!!!

$\langle E_{osc} \rangle = k_B T$ indep de ν

↳ équipartition ℓ intégrales gaussienne

$$E_{osc} = \frac{\dot{q}^2}{2m} + \frac{1}{2}\omega^2 q^2$$

↳ peut varier continuement.

quantificaⓄ.

Planck introduit une quantificaⓄ $\boxed{E_{osc} = nh\nu = \varepsilon_n}$

$$\nu_n = \frac{\omega_n}{2\pi} = \frac{c^2\pi^2}{2\pi L^2}(n_x^2 + n_y^2 + n_z^2)$$

$$\langle E_{osc} \rangle = \frac{1}{Z} \sum_{n=0}^{+\infty} \varepsilon_n e^{-\beta \varepsilon_n} = -\frac{\partial}{\partial \beta} \ln Z$$

$$Z = \sum_{n=0}^{+\infty} e^{-\beta \varepsilon_n}$$

$$\boxed{\langle E_{osc} \rangle = \frac{h\nu}{e^{\beta h\nu} - 1}}$$

$$\boxed{u(\nu, T) = 8\pi \frac{\nu^2}{c^3} \frac{h\nu}{e^{\beta h\nu} - 1}}$$