

Examen : Cours R3 Electromagnétisme / Transfert Radiatif

Durée : 1 heure

QUESTION DE COURS

(sans documents)

1. Grandeurs énergétiques de base

Soit une source dont l'état ne dépend que de la température et qui émet un rayonnement ne provenant que de la transformation de son énergie calorifique. Soit  $\phi$  le flux énergétique émis et  $d\Omega$  un pinceau d'angle solide dont l'axe fait un angle  $\theta$  avec la normale à l'élément de surface  $d\Sigma$  de la source.

- Rappeler l'unité de  $\phi$ .
- Ecrire l'expression de la luminance énergétique,  $L$ , en fonction de  $\phi$ ,  $d\Sigma$ ,  $d\Omega$  et  $\cos\theta$  ; rappeler son unité.
- Ecrire l'expression de la densité de flux énergétique  $F$  en fonction de  $L$  ; rappeler son unité.

2. Le corps noir

- a) Soit  $S$  un corps placé dans une enceinte  $E$ . On suppose que la luminance énergétique spectrale caractérisant le champ de rayonnement dans l'enceinte  $E$  est celle du corps noir,  $B_\lambda$ .

Rappeler la loi de Kirchhoff qui relie la luminance spectrale,  $\ell_\lambda$  du corps  $S$ , à  $B_\lambda$ , sachant que le coefficient d'absorption spectral de ce corps est  $k_\lambda$ .

- b) L'expression de  $B_\lambda$  en fonction de  $\lambda$  s'écrit :

$$B_\lambda = \frac{C_1}{\lambda^5} \times \left[ \exp \left( \frac{C_2}{\lambda T} \right) - 1 \right]^{-1}$$

Rappeler les conditions de validité de la loi dite de Rayleigh-Jeans. Ecrire l'expression simplifiée de  $B_\lambda$  dans ce cas.

### 3. Equation de transfert radiatif

Soit  $I_\nu$  la luminance spectrale reçue par un satellite d'observation de la Terre. Ecrire et commenter rapidement les trois termes principaux formant l'expression de  $I_\nu$ , sachant que :

- $P_{\text{surf}}$  et  $T_{\text{surf}}$  sont, respectivement, la pression et la température de la surface ;
- $\tau(\nu, P)$  est le profil de transmission ;
- $T(P)$  est le profil de température ;
- $\epsilon_\nu$  est l'émissivité de la surface (hémisphérique, dans l'hypothèse d'un sol lambertien)
- $\rho_\nu = 1 - \epsilon_\nu$  est la réflectivité (mêmes hypothèses).

### 4. Formes des raies spectrales

Quel est le paramètre principal qui gouverne la largeur à mi-hauteur d'une raie de forme Lorentz ? Même question pour une raie de forme Doppler.

### 5. Equilibre thermodynamique local

On considère un système (atomique, moléculaire, ...) à deux niveaux 1 et 2, d'énergies  $E_1$  et  $E_2$ , et soit  $n_i$  le nombre de particules par unité de volume sur le niveau  $i$ . Soient  $b_{12}$  et  $a_{21}$  les probabilités de transition par chocs de 1 vers 2 et de 2 vers 1, respectivement. Soient  $A_{21}$  la probabilité d'émission spontanée de 2 vers 1,  $B_{12}$  et  $B_{21}$  les probabilités de transition de 1 vers 2 et de 2 vers 1, respectivement, par absorption du rayonnement de densité d'énergie radiative  $u_\nu$ .

Ecrire les deux équations qui expriment le principe de micro-réversibilité des transitions. Comment s'exprime l'équilibre des transitions lorsqu'il n'y a plus micro-réversibilité ?