
Série 3
8 mars 2010
Photométrie II

Exercice 1 – Rayonnement en équilibre dans une enceinte.

On considère un rayonnement électromagnétique dans une enceinte. Soit W l'énergie interne volumique totale.

- a) Montrer que $W = (4/c) \times \sigma T^4$. (aide : relier l'énergie émise par un élément dS pendant dt à l'énergie interne)
- b) Tout rayonnement exerce sur une surface une force et donc une pression de radiation. Sachant que l'énergie et la quantité de mouvement d'un photon sont respectivement $h\nu$ et $h\nu/c$, montrer que la pression de radiation p exercée par un rayonnement isotrope est donnée par $p = W/3$
- c) En déduire l'équation d'état du gaz de photon.

Exercice 2 – Décalage spectral vers le rouge d'une sphère en expansion isentropique.

On considère une sphère de rayon R , de température T à l'intérieur de laquelle existe un rayonnement électromagnétique de longueur d'onde λ d'énergie volumique W_λ .

- a) On multiplie le rayon de la sphère par un facteur α . Montrer que la loi de Planck est invariante.
- b) On a vu à l'exercice 3 que selon le modèle standard l'univers était en expansion. Qu'en déduit-on sur le décalage spectral sur rayonnement électromagnétique ?

Exercice 3 – Rayonnement sur un satellite géostationnaire.

Un satellite de télécommunication géostationnaire tourne dans le plan équatorial à $a = 36000$ km de la surface terrestre. Il est assimilable à une sphère de rayon $r_0 = 1$ m, contenant l'électronique, située entre deux rectangles de dimension 6×1.5 m que sont les panneaux solaires. La sphère est en aluminium oxydé anodiquement, ($\epsilon_{\text{visible}} = 0.16$, $\epsilon_{\text{infrarouge}} = 0.80$) et les panneaux solaires peuvent être considérés comme des corps noirs.

Le disque du soleil est situé à $d = 156.10^6$ km de la terre, son diamètre apparent est $2\theta_S = 32'$, sa température $T_S = 6000$ K. La terre a un rayon $R_0 = 6400$ km, sa température $T_T = 290$ K.

- a) Calculer les angles solides Ω_S et Ω_T sous lesquels le satellite voit le soleil et la terre.
- b) Calculer la puissance que reçoit le corps du satellite de la part du soleil Q_{CS} et de la terre Q_{CT} . Calculer, de même, la puissance que reçoivent les panneaux solaires Q_{PS} et Q_{PT} . En

déduire la puissance électrique fournie si le rendement des cellules photo est $\eta=0.15$. Les panneaux, constamment orientés vers le soleil, chargent en permanence des accumulateurs.

- c) Calculer les deux températures extrêmes atteintes le jour et la nuit (à l'ombre de la terre) par la surface supposée isotherme du corps du satellite T_{CJ} et T_{CN} . Calculer la température maximale des panneaux solaires supposés très minces T_{PJ} .