Université Ibn Zohr

Faculté Polydisciplinaire

Ouarzazate, Maroc

جامعة ابن زهر

الكلية متعددة التخصصات

ورزازات، المغرب

Correction de
l'Épreuve de Photométrie et Colorimétrie *

Prof. : H. Chaib

Filière : TCA, **Semestre** : 2, **Année** : 2007/2008

Date : 31-03-2008 à 14:00, **Durée** : 120 min

Questions de cours

1. L'irradiance E et l'exitance de rayonnement M sont deux grandeurs radiométriques qui caractérisent la densité de flux de rayonnement et dont la définition mathématique est la même (i.e. $\frac{d\Phi}{dS}$). La différence entre elles réside dans le fait que l'irradiance E est relative au flux de rayonnement reçu par une surface réceptrice tant que l'exitance de rayonnement M est relative au flux de rayonnement émis par une surface émettrice.

2. L'intensité de rayonnement I d'une source de rayonnement est définie par :

$$I = \frac{d\Phi}{d\Omega} \tag{1}$$

où :
   - $d\Phi$ représente l'élément du flux de rayonnement de la source ;
   - $d\Omega$ représente l'élément de l'angle solide qui caractérise le tube de rayonnement dans lequel est émis le rayonnement.

   Si la source est isotrope (i.e. elle rayonne uniformément dans tout l'espace), alors son intensité de rayonnement s'écrit aussi :

$$I = \frac{\Phi}{\Omega} \tag{2}$$

   où Φ est le flux total émis par la source et Ω est l'angle solide de tout l'espace. Étant donné que l'angle solide de tout l'espace vaut 4π (i.e. $\Omega = 4\pi$). Alors, l'intensité I s'écrit :

$$I = \frac{\Phi}{4\pi} \tag{3}$$

3. Une surface Lambertienne (ou surface diffusante) est une surface dont la luminance L est indépendante de la direction d'émission. Parmi ses propriétés, on cite :

*. L'énoncé et la correction de cette épreuve seront publiés en ligne, quelques heures après la date affichée en haut, sur le site Web : http://hchaib.chez.com/teaching/

*** Loi de cosinus de Lambert :**

$$I_\theta = I_0 \cos\theta \tag{4}$$

où I_θ représente l'intensité lumineuse émise dans une direction faisant un angle θ avec la normale à la surface et I_0 représente l'intensité lumineuse émise perpendiculairement à la surface.

*** La relation entre la luminance L et l'exitance lumineuse M :**

$$M = \pi L \tag{5}$$

Problème

1. L'intensité de rayonnement I d'une source qui rayonne uniformément dans tout l'espace (i.e. isotrope) s'écrit :

$$I = \frac{d\Phi}{d\Omega} = \frac{\Phi}{\Omega} \tag{6}$$

où :
- Φ représente le flux de rayonnement total émis par la source ;
- $\Omega = 4\pi$ représente l'angle solide de tout l'espace.

Il en résulte que :

$$\Phi = \Omega I = 4\pi I \tag{7}$$

A.N. : $\Phi = 3,8\ 10^{26}$ W.

2. L'exitance de rayonnement M émise par le soleil, qui est une source isotrope ayant un flux de rayonnement total Φ, s'écrit :

$$M = \frac{d\Phi}{dS} = \frac{\Phi}{S} \tag{8}$$

où S est la surface externe du soleil. Étant donné que le soleil est sphérique de rayon r, alors $S = 4\pi r^2$. D'où :

$$M = \frac{\Phi}{4\pi r^2} \tag{9}$$

A.N. : $M = 6,243\ 10^7$ W/m^2.

3. La radiance L du soleil qui est une surface Lambertienne s'exprime en fonction de son exitance de rayonnement M par :

$$L = \frac{M}{\pi} \tag{10}$$

A.N. : $L = 1,987\ 10^7$ W/m^2/sr.

4. L'irradiance E reçu par la lentille situé perpendiculairement aux radiations à une distance d du soleil, qui est une source ponctuelle isotrope ayant un flux de rayonnement Φ, s'écrit :

$$E = \frac{\Phi}{4\pi d^2} \tag{11}$$

A.N. : $E = 1344$ W/m^2.

5. Le flux de rayonnement Φ_r reçu par la lentille dont la surface est $S^* = \pi R^2$ s'écrit :

$$\Phi_\mathrm{r} = E \cdot S^* = E \cdot \pi R^2 \tag{12}$$

   A.N. : $\Phi_\mathrm{r} = 10,56$ W.

6. La lentille est caractérisée par un coefficient de transmission T'. Alors, le flux de rayonnement Φ'_r transmis par cette lentille est lié au flux de rayonnement Φ_r qu'elle reçoive par :

$$\Phi'_\mathrm{r} = T'\Phi_\mathrm{r} \tag{13}$$

   A.N. : $\Phi'_\mathrm{r} = 9,5$ W.

7. Selon la figure donnée dans l'énoncé du problème, on peut écrire :

$$\frac{r}{d} = \frac{r'}{\overline{OF'}} \tag{14}$$

   soit

$$r' = \frac{rf'}{d} \tag{15}$$

   A.N. : $r' = 4,64\ 10^{-4}$ m.

8. L'irradiance E' de l'image, qui a pour surface $S' = \pi r'^2$ et qui reçoit tout le flux de rayonnement Φ'_r transmis par la lentille, est donnée par :

$$E' = \frac{\Phi'_\mathrm{r}}{S'} = \frac{\Phi'_\mathrm{r}}{\pi r'^2} \tag{16}$$

   A.N. : $E' = 1,405\ \ 10^7$ W/m^2.

9. L'écran est une surface Lambertienne caractérisée par un albédo ρ, donc le flux de rayonnement qu'il diffuse est donné par :

$$\Phi'_\mathrm{d} = \rho\ \Phi'_\mathrm{r} \tag{17}$$

   A.N. : $\Phi'_\mathrm{d} = 7,6$ W.

10. L'exitance de rayonnement M' de l'image, qui a pour surface $S' = \pi r'^2$ et qui émit un flux de rayonnement Φ'_d, est donnée par :

$$M' = \frac{\Phi'_\mathrm{d}}{S'} = \rho\frac{\Phi'_\mathrm{r}}{S'} = \rho E' \tag{18}$$

    A.N. : $M' = 1,124\ \ 10^7$ W/m^2.

11. La radiance L' de l'écran qui est une surface Lambertienne s'exprime en fonction de son exitance de rayonnement M' par :

$$L' = \frac{M'}{\pi} \tag{19}$$

    A.N. : $L' = 3,577\ \ 10^6$ W/m^2/sr.

12. On peut montrer, en utilisant les expressions montrées dans les questions précédentes, que :

$$L' = \rho T' \left(\frac{R}{f'}\right)^2 L \tag{20}$$

    Étant donné que $\rho < 1$, $T < 1$ et $\frac{R}{f'} < 1$, alors on constate que la radiance L' de l'image du soleil et toujours inférieure à sa radiance L (i.e. $L' < L$).

13. Selon la loi de Stefan, l'exitance de rayonnement M du soleil, qui rayonne comme un corps noir parfait, est liée à sa température T par la relation suivante :

$$M = \sigma T^4 \tag{21}$$

d'où la température T s'écrit :

$$T = \left(\frac{M}{\sigma}\right)^{1/4} \tag{22}$$

avec $\sigma = 5,670\ 10^{-8}$ W/m^2/K^4 est la constante de Stefan.
A.N. : $T = 5760$ K.

14. Le soleil se comporte comme un corps noir qui suit la loi de Wien et par conséquent la longueur d'onde $\lambda_{\max}$ pour laquelle il rayonne le plus d'énergie est donnée par :

$$\lambda_{\max} = \frac{2,898\ 10^{-3}\ \text{m.K}}{T} \tag{23}$$

A.N. : $\lambda_{\max} = 503$ nm.

15. La longueur d'onde $\lambda_{\max}$ d'une radiation électromagnétique est connectée à sa fréquence $\nu_{\max}$ par :

$$\lambda_{\max} = \frac{c}{\nu_{\max}} \quad \Leftrightarrow \quad \nu_{\max} = \frac{c}{\lambda_{\max}} \tag{24}$$

où $c = 2,998\ 10^8$ m/s est la vitesse de la lumière dans le vide.

A.N. : $\nu_{\max} = 5,959\ 10^{14}$ Hz.

16. L'énergie d'un photon de fréquence $\nu_{\max}$ est :

$$W = h\nu_{\max} \tag{25}$$

avec $h = 6,626\ 10^{-34}$ J.s est la constante de Planck.
A.N. : $W = 3,948\ 10^{-19}$ J.

17. Pour convertir l'énergie W en électron-volt il suffit de la diviser par la charge élémentaire $e = 1,602\ 10^{-19}$ C.
A.N. : $W = 2,465$ eV.