A. Questions

1. Intensité et éclairement (énergétique ou photométrique) sont liés par la loi de Bouguer. Dans le cas d'un flux d'incidence perpendiculaire à la surface éclairée, cette loi indique que l'éclairement varie comme l'inverse du carré de la distance à la source, pour une source ponctuelle (conservation du flux). L'intensité, donnée par le produit de l'éclairement et du carré de cette distance, est donc indépendante de cette dernière :

$$I = E(d) \cdot d^2 = \text{constante}$$

2. Une surface est dite « lambertienne » si elle est parfaitement diffusante. Dans ce cas, elle satisfait au modèle suivant (proposé par Lambert) :

Le faisceau lumineux incident est réfléchi dans toutes les directions de l'espace. La répartition spatiale de l'intensité réfléchie est donnée par l'indicatrice de diffusion, obéissant à l'équation suivante :

$$I = I_o \cdot \cos\theta$$

θ étant l'angle sous lequel on observe cette surface (cf. Fig. 1).

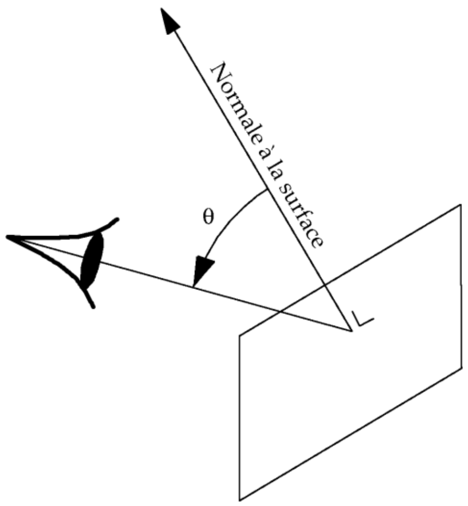

Fig. 1 : θ = angle sous lequel la surface est observée.

L'intensité est donc représentée par une sphère de diamètre I_o, tangente à cette surface ; celle-ci n'est autre que le solide photométrique, qui caractérise une diffusion parfaite. On remarque, d'autre part, que la luminance L de cette surface, donnée par :

$$L = I/(A \cdot \cos\theta) = (I_o \cdot \cos\theta)/(A \cdot \cos\theta) = I_o/A$$

est constante. La luminosité apparente de cette dernière est donc égale, quelle que soit la direction d'observation (θ).

B. Problèmes

Problème 1 :

a)

Le comportement de l'éclairement dans un plan normal à la direction de la source, en fonction de la distance d à la source, est donné par la loi de Bouguer :

$$E_e = I_e \cos(\alpha)/d^2$$

où I [W/sr] est l'intensité énergétique de cette source, constante dans toutes les directions étant donné que la source est supposée ponctuelle et isotrope.

Il est possible de déterminer d à partir d'une relation trigonométrique :

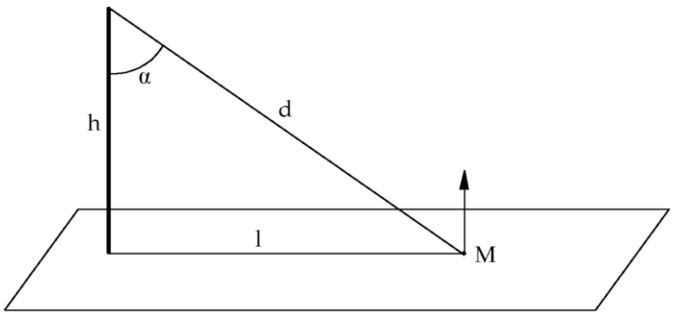

Fig. 2 : détermination de la distance entre le point de mesure M et la source.

On a ainsi : $d = h/\cos\alpha$ avec $\alpha = \arctan(l/h)$

Par ailleurs, le faisceau lumineux provenant de la source possède une incidence rasante, caractérisée par l'angle α par rapport à la normale au point M (axe vertical). L'éclairement en ce point est ainsi réduit par rapport à un faisceau d'incidence normale, selon une loi en cosinus. On a donc :

$$E_{e\perp} = E_e \cdot \cos\alpha$$

C'est-à-dire : $E_{e\perp} = E_e \cdot \cos\alpha = (I_e/d^2) \cdot \cos\alpha = (I_e/h^2) \cdot \cos^3\alpha$

Sur la base des données numériques du problème, on obtient :

$$\alpha = \arctan(l/h) = \arctan(2.85/2) = 54{,}9°$$
$$\cos\alpha = 0.575 \Rightarrow \cos^3\alpha = 0.190$$
$$E_{e\perp} = (I_e/h^2) \cdot \cos^3\alpha = (2'160/4) \cdot 0.190 = 103\mathrm{W/m^2}$$

b)
Le flux énergétique reçu par une surface d'aire $A_r = 0,5\ m^2$ peut être déduite de l'éclairement énergétique au niveau de cette dernière par :

$$\varphi_e = E_{e\perp} \cdot A_r = 103 \cdot 0.5 = 51.5\mathrm{W}$$

On estime en effet que l'éclairement est pratiquement uniforme sur toute la surface dans la mesure où l'aire de cette surface est petite vis à vis de la distance qui la sépare de la source.

Le flux énergétique absorbé par cette surface dépend par contre de son facteur d'absorption pour le rayonnement infrarouge, qui vaut généralement 0,9 (cf. Annexe A 4.3). Il s'obtient par :

$$\varphi_{ea} = 0.9 \cdot \varphi_e = 46.35\mathrm{W}$$

<u>Problème 2 :</u>

a)
Dans le cas d'une surface homogène, la luminance énergétique L_e peut être déduite de l'intensité énergétique I_e par la relation :

$$L_e(\theta) = I_e\,(\theta)/(A_s \cdot \cos\theta)$$

où A_s est l'aire de cette surface, et θ est l'angle sous lequel cette surface est observée (cf. Fig. 1).

b)
La table étant parfaitement diffusante (modèle lambertien), on a :

$$I_e(\theta) = I_{0e} \cdot \cos\theta$$

où I_{0e} est l'intensité énergétique normale (avec $\theta = 0°$).
Pour l'intensité on a donc:

$$I_e(\theta) = I_{0e} \cdot \cos\theta \text{avec :} I_{0e} = L_e \cdot A_s = 27 \cdot 1.5 = 40.5\mathrm{W/sr}$$
$$\Rightarrow I_e(0°) = I_{0e} \cdot \cos(0°) = I_{0e} = 40.5\mathrm{W/sr}$$
$$\Rightarrow I_e(45°) = I_{0e} \cdot \cos(45°) = 40.5 \cdot 0.707 = 28.6\mathrm{W/sr}$$
$$\Rightarrow I_e(90°) = I_{0e} \cdot \cos(90°) = 40.5 \cdot 0 = 0\mathrm{W/sr}$$

c)
La luminance énergétique ne dépend pas de l'angle d'observation puisque :

$$L_e(\theta) = I_e\,(\theta)/(A_s \cdot \cos\theta) = (I_{0e} \cdot \cos\theta)/(A_s \cdot \cos\theta) = I_{0e}/A_s$$

On a donc : $L_e(0°) = L_e(45°) = L_e(90°) = 27\mathrm{W} \cdot \mathrm{m}^{-2} \cdot \mathrm{sr}^{-1}$

On observe donc que, plus l'observation est rasante, plus l'intensité décroît ; ce qui est bien conforme à notre intuition.