

ELÉMENTS DE PHOTOMÉTRIE

I> Notions préalables :1. *Photométrie visuelle et énergétique*

La photométrie proprement dite s'occupe de la comparaison quantitative des lumières quelles soient émises, transportées ou reçues.

On distingue

-la photométrie dite *visuelle*, relative aux radiations qui excitent l'œil, basée sur la réponse de l'œil standard. La grandeur de base est le *flux lumineux* F d'unité le *lumen* (lm)

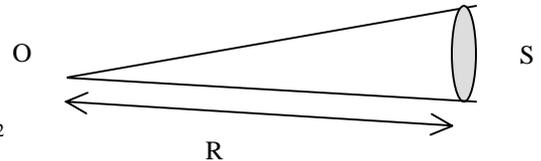
-la photométrie dite *énergétique* ou *radiométrie*, qui s'occupe de la mesure des flux d'énergie transportés par les rayonnements visibles, I.R. ou U.V.. La grandeur de base est le *flux énergétique* ϕ d'unité le watt (W).

2. *angle solide* :a> définition :

Soit une sphère de rayon R de centre O . Considérons un cône de sommet O s'appuyant sur une surface S de la dite sphère. L'angle solide Ω est la portion de sphère interceptée par ce cône. L'unité est le *stéradian* (sr).

On a

$$\Omega = \frac{S}{R^2}$$



Ainsi tout l'espace correspond à 4π sr car dans ce cas $S = 4\pi R^2$

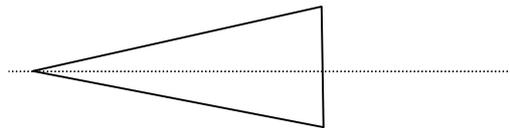
b> Autres expressions utiles :

- en fonction du $\frac{1}{2}$ angle du cône

On a $\Omega = 2\pi \cdot (1 - \cos \alpha)$ et si α est très petit $\Omega = \pi \cdot \alpha^2$

- en fonction de la surface Σ interceptée sur un plan : on a $\Omega = \frac{\Sigma}{R^2}$ et $\Sigma = S \cdot \cos \beta$

alors $\Omega = \frac{S}{R^2} \cdot \cos \beta$

II> Distinctions entre F et ϕ :1. *Introduction* :

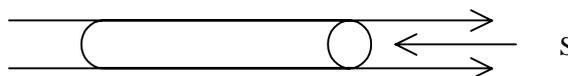
Comme précisé dans le I>, F se rapporte à l'œil et le visible cependant que ϕ se rapporte en plus du visible à l'I.R. et à l'U.V..

Par exemple, deux morceaux de verre, l'un vert et l'autre rouge, de même surface, transmettent la lumière solaire selon un même flux énergétique ϕ mais des flux lumineux F différents car l'œil est plus sensible dans le vert.

2. *Flux énergétique ϕ* :

On parle aussi de *puissance rayonnante* ou *lumineuse* car l'unité est le watt.

On considère une surface S dont le contour s'appuie sur un tube de lumière. Alors ϕ est l'énergie sous forme rayonnant qui traverse S par seconde.



On peut énoncer

-la *loi de conservation* : si le milieu de propagation est transparent, donc non absorbant, ϕ se conserve tout au long du tube de lumière, et ce quelques soient orientation et forme de S .

-la loi d'additivité : soient un tube caractérisé par ϕ_1 , et un second par ϕ_2 , la réunion de ces tubes en un troisième est telle que $\phi_3 = \phi_1 + \phi_2$.

3. Flux lumineux F :

Comme précisé en I>, F dépend de la longueur d'onde λ de l'onde lumineuse visible.

On admet que la lumière visible est formée d'une suite de composantes monochromatiques, et que les F relatifs aux différentes composantes s'additionnent.

4. Efficacité lumineuse :

On travaille désormais sur un rayonnement monochromatique visible λ .

L'efficacité lumineuse spectrale noté K_λ de ce rayonnement est définie par :

$$K_\lambda = \frac{\Delta F}{\Delta \phi}$$

- Valeurs de K_λ :

Hors du visible $\Delta F = 0$ donc $K_\lambda = 0$.

Dans le visible elle dépend de la sensibilité spectrale de l'œil standard donc passe par un maximum à 555nm avec $(K_\lambda)_{\max} = 683 \text{ lm.W}^{-1}$

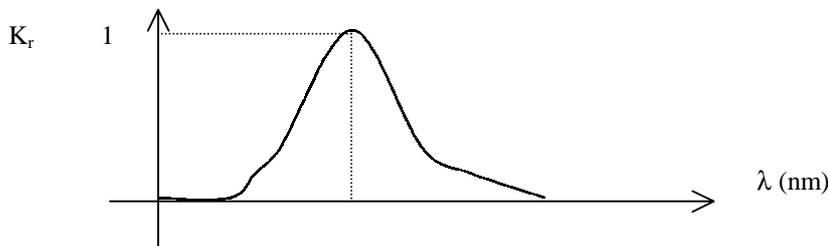
Finalement K_λ est le lien entre la radiométrie ϕ et la photométrie visuelle F .

- Efficacité lumineuse relative K_r :

Pour une longueur d'onde λ , on la définit par le rapport :

$$K_r = \frac{K_\lambda}{(K_\lambda)_{\max}}$$

Dans le domaine visible, on peut tracer la courbe suivante :



III> Grandeurs de la photométrie visuelle relatives aux sources lumineuses :

1. Cas d'une source ponctuelle :

Une source est dite ponctuelle si sa plus grande dimension transversale est très petite par rapport à la distance qui la sépare du récepteur.

Cette source S rayonne un flux lumineux noté ΔF à l'intérieur du petit angle solide $\Delta \Omega$.

On définit alors l'intensité lumineuse I , d'unité le *candelas* (cd), émise dans la direction Sx , par le rapport

$$I = \frac{\Delta F}{\Delta \Omega}$$



En général, I dépend de Sx mais si ce n'est pas le cas le rayonnement de la source est dite *isotrope*. Notons que le candelas est l'une des sept unités internationales.

2. Cas d'une source étendue :

Dans ce cas, on introduit la notion de *luminance* L d'unité le *nit* (nt) mais ce n'est pas une unité internationale : on peut écrire (cd.m^{-2}) .

L se définit par le rapport

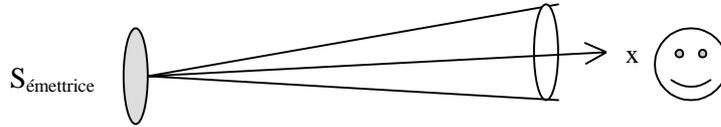
$$L = \frac{\Delta I}{\Delta S_{\text{apparente}}}$$

La luminance s'appelait autrefois éclat puis brillance.

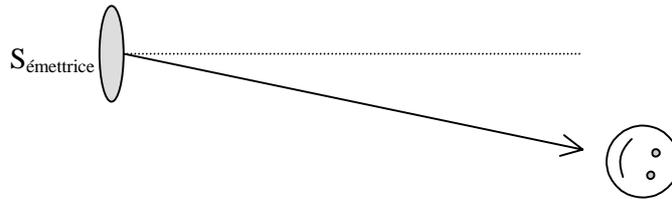
ΔI est l'intensité lumineuse émise par un point de la source contenue dans la dite source apparente $\Delta S_{apparente}$ surface apparente pour l'observateur.

Deux cas se présentent :

-la direction considérée est perpendiculaire à la surface émettrice alors dans ce cas $\Delta S_{apparente} = \Delta S_{émettrice}$



-la direction Mx est non perpendiculaire à $S_{émettrice}$ alors dans ce cas $\Delta S_{apparente} = \Delta S_{émettrice} \cdot \cos \alpha$



IV> les grandeurs de la photométrie visuelle relatives aux récepteurs :

1. *éclairement E d'un récepteur :*

On entend par récepteur un écran, une cellule photosensible, la rétine...

On définit l' *éclairement E* d'unité le *lux (lx)* ou encore (lux), reçu par la surface ΔS , par le rapport

$$E = \frac{\Delta F}{\Delta S}$$

2. *relation fondamentale de la photométrie :*

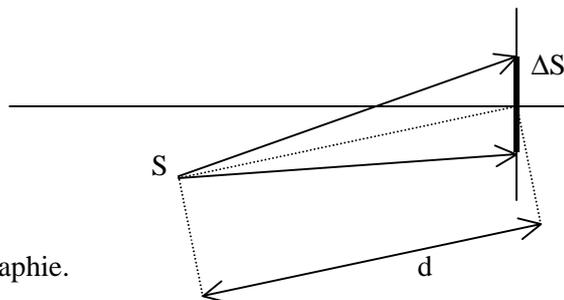
Comment relier source et récepteur ?

S est une source ponctuelle d'intensité lumineuse I

alors

$$E = \frac{I \cdot \cos \alpha}{d^2}$$

En effet



3. *Exposition ou lumen H*

C'est une grandeur utilisée par exemple en photographie.

On a $H = E \cdot \Delta T$ où ΔT est le temps de pose

H s'exprime donc en (lx.s).