

Principales grandeurs et unités photométriques

La lumière est un phénomène vibratoire qui transporte de l'énergie en se propageant ; c'est à dire qu'un rayonnement peut se caractériser par des grandeurs énergétiques.

La photométrie proprement dite s'occupe de la comparaison quantitative des lumières (émises par des sources, transportées par des faisceaux ou agissant sur des récepteurs) d'après leur perception par l'œil.

Elle mesure des grandeurs relatives aux rayonnements évaluées selon l'impression visuelle produite par ceux ci et sur la base de certaines conventions. Ces différentes grandeurs sont :

- le flux lumineux,
- l'intensité lumineuse,
- l'éclairement,
- La luminance.

*Ces quatres facteurs sont liés comme ceci : une source d'éclairage artificielle (lampe électrique) rayonne dans toutes les directions de l'espace un **flux lumineux**.*

*Ce flux a, dans une direction donnée une certaine **intensité lumineuse**.*

*Une surface, placée à une distance donnée de cette source, reçoit un **éclairement**.*

*Enfin, la surface éclairée renvoie une partie de l'éclairement reçu en direction de l'observateur: c'est la **luminance**.*

1°) Flux lumineux

Il est, pour **une lumière de composition spectrale déterminée**, proportionnel à la puissance rayonnée par la source, donc, en fait, à la quantité d'énergie qu'elle rayonne par unité de temps(débit de lumière).

Le flux lumineux est noté : φ (phi) unité : le **lumen (lm)**.

Par définition :
$$\varphi = K \int_{\lambda_R}^{\lambda_B} W_\lambda V_\lambda d\lambda$$

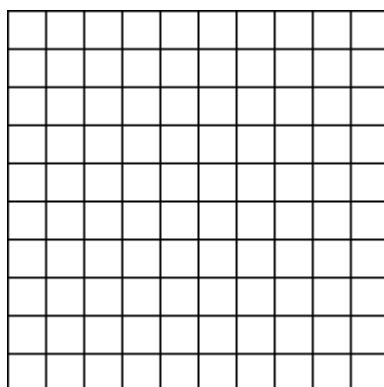
Avec K efficacité lumineuse,

$W_\lambda = f(\lambda)$ répartition spectrale d'une source,

$V_\lambda = f(\lambda)$ courbe d'efficacité lumineuse relative moyenne.

Courbe $V_\lambda = f(\lambda)$: elle est relative à l'observateur de référence.

| | | | | | | | | | |
|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|---------|-----|
| $\lambda(\text{nm})$ | 400 | 450 | 500 | 550 | 600 | 650 | 700 | 750 | 800 |
| V_λ | 0.004 | 0.038 | 0.323 | 0.995 | 0.631 | 0.107 | 0.0041 | 0.00012 | 0 |

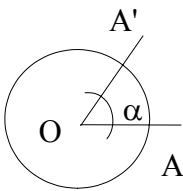
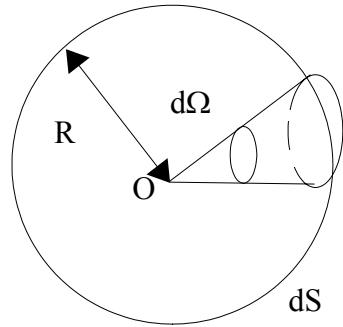


Efficacité lumineuse d'un rayonnement sensiblement monochromatique est le quotient du flux lumineux par le flux énergétique correspondant.

$$K = \frac{\varphi}{\Phi} \text{ en } \mathbf{lm \cdot W^{-1}}.$$

2°) Intensité lumineuse

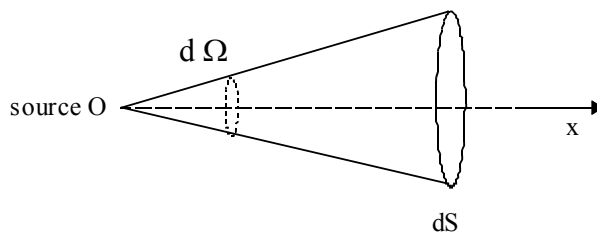
2.1) Définition de l'angle solide

| | |
|---|--|
| <p>Mesure d'un angle en radian sur un cercle de rayon unité</p> | <p>Mesure d'un angle solide sur une sphère de rayon unité (mesure de la portion d'espace limitée par une surface conique de sommet O)</p> |
|  |  <p>dS : aire de la calotte découpée par le cône sur une sphère de rayon R</p> |
| <p>α (rd) = $\widehat{AA'}$ longueur de l'arc. Le nombre qui mesure la longueur de l'arc α sur le cercle de rayon unité est la mesure en radian de l'angle α.</p> | <p>le nombre qui mesure la surface S sur la sphère de rayon unité est la mesure en stéradian (sr) de l'angle solide Ω. par définition l'angle solide est : $d\Omega = \frac{dS}{R^2}$ par conséquent pour l'espace (sphère) la surface S totale vaut $4 \cdot \pi \cdot R^2$ et l'angle solide totale $\Omega = 4\pi$ sr.</p> |

2.2) Définition de l'intensité lumineuse

$$I = \frac{d\varphi}{d\Omega} ; \text{ elle s'exprime en } \mathbf{candela (cd)}.$$

$d\varphi$: flux élémentaire émis par une source ponctuelle à l'intérieur d'un cône de sommet O et d'angle solide $d\Omega$ contenant la direction Ox.



On retiendra:

Pour une source ponctuelle isotrope (qui émet de la lumière de la même façon dans toutes les directions) . $I = \frac{\varphi}{4 \pi}$

Remarque :

Pour une source non isotrope, on définit l'intensité lumineuse sphérique moyenne \bar{I} par $\bar{I} = \frac{\varphi}{4 \pi}$. En d'autres termes, \bar{I} est l'intensité lumineuse d'une source isotrope qui émettrait le même flux total que la source réelle. \bar{I} est la moyenne des intensités lumineuses de la source réelle dans toutes les directions d'observation.

2.3) Exercice

L'efficacité lumineuse d'un rayonnement émis dans tout l'espace pour une ampoule à incandescence est d'environ 15 lm.W^{-1} . Quelle est dans la direction Ox, l'intensité lumineuse émise par une ampoule de 100 W ?

3°) Eclairage d'une surface

3.1) Définition

Il correspond au quotient du flux lumineux reçu (qui tient compte de la composition spectrale de la lumière) par cette surface par cette dernière.

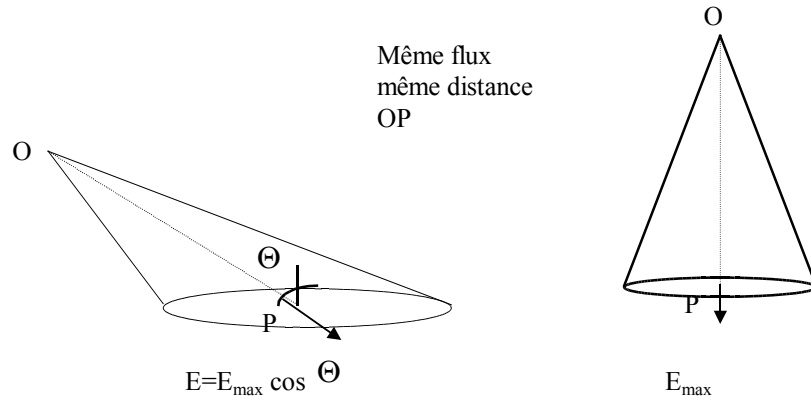
$$E = \frac{d\varphi}{dS} , \text{ il s'exprime en lux (lx).}$$

On retiendra:

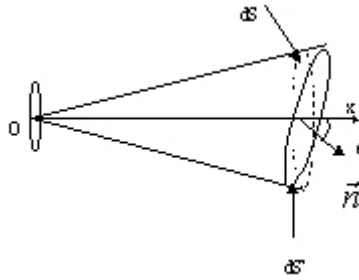
- L'éclairage d'une surface mesure la quantité de lumière qui atteint un élément unitaire de cette surface. Si un flux $\Delta\varphi$ atteint une surface ΔA , alors $E = \frac{\Delta\varphi}{\Delta A}$.
- - Pour une surface finie A éclairée uniformément par un flux φ , $E = \frac{\varphi}{A}$.

3.2) Cas particuliers

En un point donné d'un faisceau lumineux, l'éclairage d'une surface est maximal lorsque le flux est perpendiculaire à cette surface. Si la surface est inclinée par rapport au flux de telle sorte que l'angle entre le flux et la normale soit Θ , dans ce cas $E = E_{\max} \cos \Theta$.



3.3) Relation entre éclairement et intensité lumineuse



θ : angle de la normale de l'écran avec la direction d'observation Ox.
 $dS = dS' \cdot \cos\theta$

Eclairement :
$$E = E_{max} \cos\theta = \frac{d\phi}{dS} \cos\theta = \frac{I d\Omega}{dS} \cos\theta = \frac{I \frac{dS}{R^2}}{dS} \cos\theta = \frac{I}{R^2} \cos\theta$$

R: distance entre la source et la surface; θ :angle entre la direction et la normale à la surface éclairée

D'où si $\theta = 0^\circ$, $E = \frac{I}{R^2}$.

L'œil apprécie assez facilement l'égalité d'éclairement de 2 plages identiques placées côte à côte sans séparation. Cela permet de comparer deux intensités lumineuses.

3.4) Unités, ordre de grandeurs

1 lux = 1 lm.m⁻²

1 **phot (ph)** = 10⁴ lx = 1 lm.cm⁻².

L'éclairement se mesure à l'aide d'un luxmètre.

Exemple d'éclairement produit par :

- ciel nocturne : 3.10⁻⁴ lx;
- pleine lune : 0.2 lx;
- en plein soleil: 10⁵ lx.

4°) **Luminance**

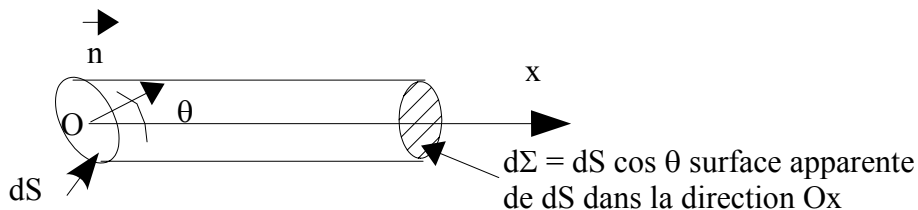
Elle est liée au confort et à l'éblouissement. autrefois appelée éclat puis brillance.

4.1) Définition

La luminance d'une surface élémentaire dS émettant dans une direction Ox l'intensité lumineuse élémentaire dI est le quotient de l'intensité lumineuse par la surface apparente de la source dans une direction donnée.

$$L = \frac{dI}{d\Sigma} = \frac{dI}{dS \cos\theta}$$
 s'exprime en **cd.m⁻²**

On retiendra:
$$L = \frac{I}{S \cos\theta}$$



4.2) unités et ordre de grandeur

$$1 \text{ cd.m}^{-2} = 1 \text{ nit (nt)},$$

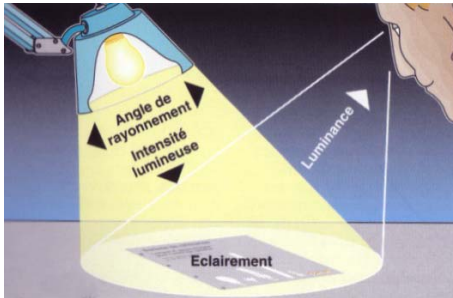
$$1 \text{ stilb (sb)} = 10^4 \text{ nt} = 1 \text{ cd.cm}^{-2},$$

$$1 \text{ sb} = 3,14 \cdot 10^4 \text{ blondels.}$$

Pleine lune par temps clair : $2,5 \cdot 10^3 \text{ nt}$.
 Papier blanc en plein soleil: $30 \cdot 10^3 \text{ nt}$.
 Bougie : $0,5 \text{ sb}$.
 Soleil vu de la terre : $16 \cdot 10^8 \text{ nt}$.

Une luminance supérieure à 100 000 nits peut être dangereuse pour l'œil. On mesure cette grandeur à l'aide d'un luminance mètre. Le principe est le même que pour le luxmètre, en effet, la mesure de l'éclairement en un point se ramène à celle de la luminance d'un écran blanc diffusant placé en ce point dans le plan à étudier.

5°) Récapitulatif



Le flux lumineux (noté Φ en **lm**)est émis par la lampe dans presque toutes les directions.

Angle de rayonnement correspond à l'angle solide Ω pour une source isotrope $\Omega = 4 \pi \text{ sr}$.

Intensité lumineuse : $I = \frac{\Phi}{4 \pi}$ en **cd**

Eclairement : $E = \frac{\Phi}{A}$ en **lx**

Luminance: $L = \frac{I}{S \cos \theta}$ en **cd.m⁻²**.

6°) Mesure énergétique des rayonnements

On définit pour les différentes grandeurs photométriques des grandeurs énergétiques associées. Ces dernières ne tiennent pas compte de la composition spectrale de la lumière.

- Flux énergétique en W. (Quantité d'énergie émise par seconde)
- Eclairement énergétique en W.m^{-2} .
- Intensité énergétique en W.sr^{-1} . (Répartition de l'énergie dans l'espace)
- Luminance énergétique en W.m^{-2} .

7°) Différents types d'éclairage

Eclairage direct: éblouissement et ombre portée

Eclairage indirect: diffuse la lumière, éclairage doux mais sans relief.

Eclairage mixte : il combine les deux précédents.