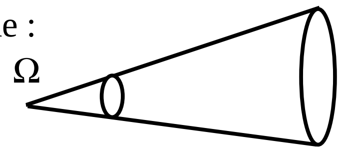
GRANDEURS ET UNITES PHOTOMETRIQUES

1. NOTION D'ANGLE SOLIDE :

1.1. Définition :

Angle solide :



$$\text{Angle} = \frac{\text{aire découpée sur une sphère}}{\text{aire du carré de côté égal au rayon}}$$

DIMENSION : sans

STERADIAN : [sr]

le stéradian est l'angle solide qui, ayant son sommet au centre d'une sphère, découpe sur la surface de cette sphère, une aire égale à celle d'un carré de côté égal au rayon de cette sphère.

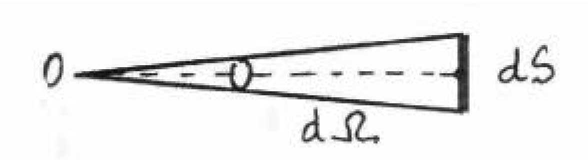
$$\mathbf{\Omega = \frac{S}{R^2}}$$

1.2. Angle solide élémentaire : Si l'angle est très petit, la surface de la portion de sphère est assimilable la la surface d'un disque dS :

2 CAS à envisager :

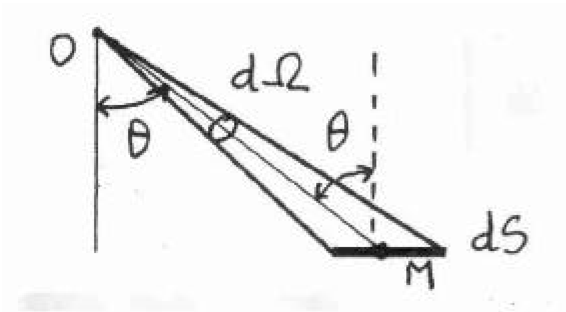
- éclairement perpendiculaire :

$$\boxed{d\Omega = \frac{dS}{R^2}}$$



- éclairement latéral :

$$\boxed{d\Omega = \frac{dS \cdot \cos\theta}{R^2}}$$

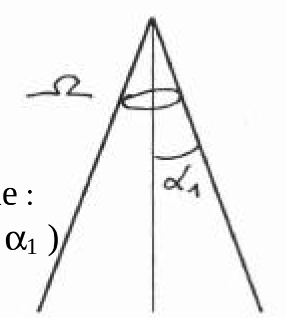


1.3. Calcul de l'angle solide dans tout l'espace autour du point O :

$$\Omega = \int d\Omega = \int \frac{dS}{R^2} = \frac{S_{sphère}}{R^2} = \frac{4\,\pi\,R^2}{R^2} \quad \Rightarrow \quad \mathbf{\Omega_{espace} = 4\,\pi\ sr}$$

1.4. Propriétés :

- ANGLE SOLIDE d'un cône de lumière ayant un demi-angle d'ouverture α_1

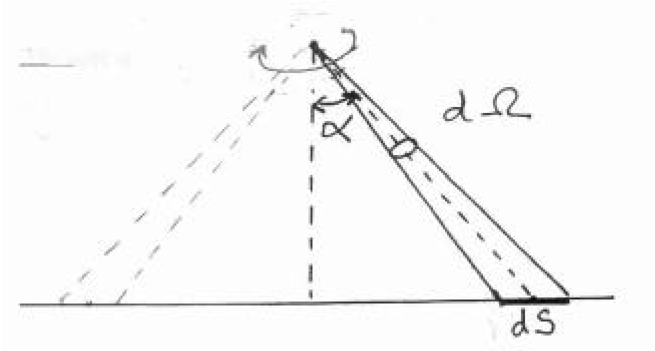


On démontre que :

$$\Omega = 2\,\pi\,(1 - \cos\alpha_1)$$

- Angle solide élémentaire de révolution **:**

$$d\Omega = 2\,\pi\,\sin\alpha\,d\alpha$$



2. FLUX DE RAYONNEMENT

2.1. Flux énergétique de rayonnement :

$$\boxed{\Phi e = \frac{W}{t}}$$

Tout faisceau lumineux transporte de l'énergie rayonnante . On appelle flux énergétique le rapport entre l'énergie transporté et le temps mis pour la transporter. C'est donc une puissance de rayonnement, exprimée en Watt.

Cette énergie est transportée par l'ensemble des radiations monochromatiques .

2.2. Problème de la photométrie :

Tous les paramètres qui définissent les notions liées à la vision des objets sont directement conditionnés par le récepteur qu'est l'oeil humain.

Conséquences :

- la définition d'une grandeur énergétique ne suffit pas
- il faut définir une grandeur qui soit basée sur l'étude des **SENSATIONS OCULAIRES**

La difficulté consiste dans le fait que les sensations oculaires dépendent de la couleur, de l'intensité lumineuse (vision nocturne ou diurne) ; de plus elles varient d'un individu à l'autre et sont tributaires de l'état de fatigue .

On définit donc ce qu'on appelle une VISION PHOTOPIQUE : c'est la vision diurne d'un observateur moyen normal.

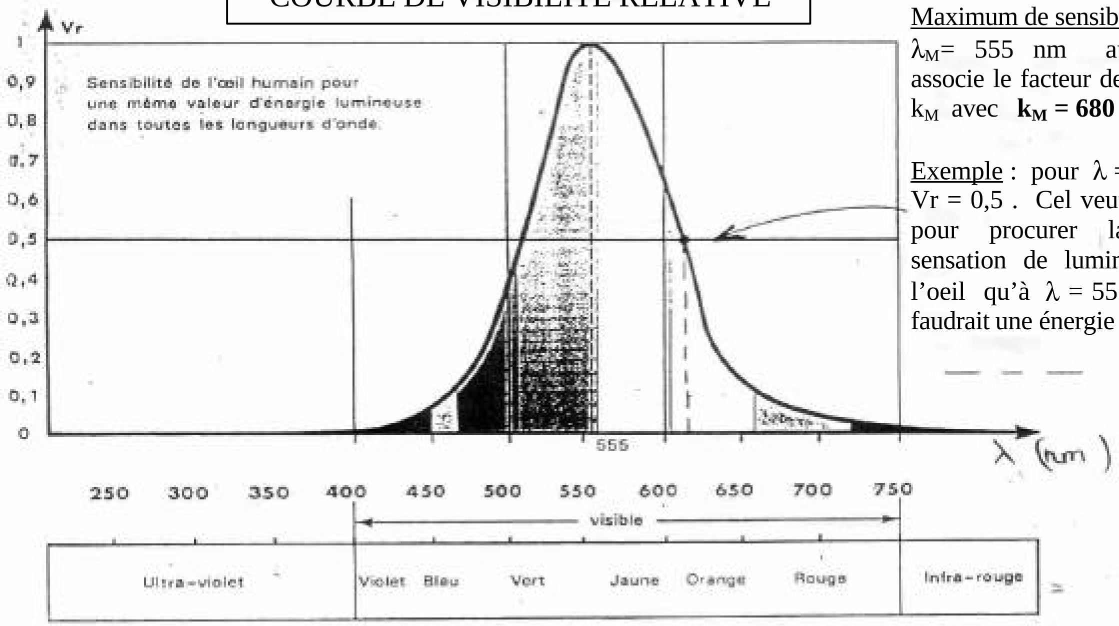
2.3. Flux lumineux ou flux visuel : F ou ϕ_v : Unité SI : le LUMEN [lm]

Cette grandeur F tient compte de la sensation de luminosité sur l'oeil et de la sensation de couleur :

$$\boxed{F = k \,.\, \Phi e}$$

k représente le facteur de visibilité de l'oeil
unité SI : $lm.W^{-1}$

COURBE DE VISIBILITE RELATIVE



Maximum de sensibilité :
λ_M= 555 nm auquel on associe le facteur de visibilité k_M avec **k_M = 680 lm.W^{-1}** .

Exemple : pour λ = 625 nm, Vr = 0,5 . Cel veut dire que pour procurer la même sensation de luminosité sur l'oeil qu'à λ = 555 nm , il faudrait une énergie double.

3. GRANDEURS PHOTOMETRIQUES :

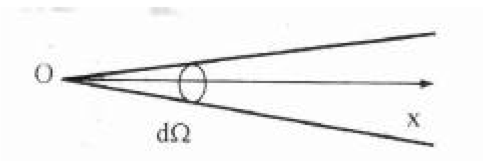
3.1. Intensité lumineuse : notée I

C'est la quantité de lumière émise par une source pendant chaque seconde, dans une direction donnée et par unité d'angle solide.
UNITE SI : le CANDELLA [cd]

3.2. Flux lumineux F : UNITE SI : le LUMEN [lm]

c'est un débit d'énergie rayonnante

$$dF = I \, . \, d\Omega$$



Si l'intensité lumineuse de la source est constante, alors : $F = I \ \Omega$

Une source lumineuse est caractérisée par son ***efficacité lumineuse k*** , exprimée en lm.W^{-1} . P représente la puissance de la lampe en Watt

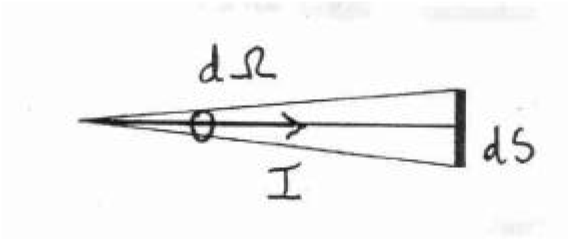
$$k = \frac{F}{P}$$

3.3. Eclairement d'une surface :

$$E = \frac{dF}{dS}$$

UNITE SI : le LUX [lux]

Cas 1 : La direction d'émission de la lumière est perpendiculaire à la surface éclairée

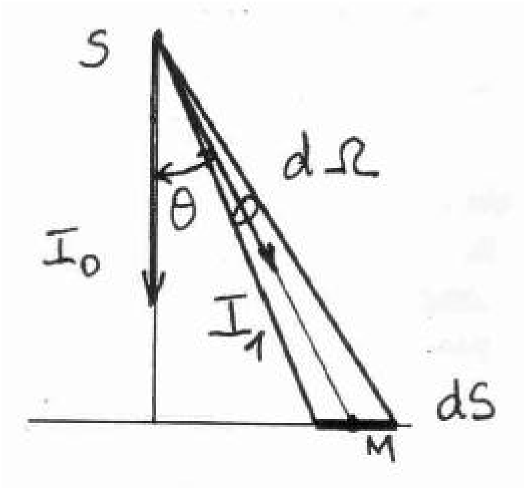


$$E = \frac{dF}{dS}$$

avec $dF = I\, d\Omega$ et $d\Omega = \frac{dS}{h^2}$

$$E = \frac{I \,.\, dS}{h^2 \,.\, dS} \quad \Rightarrow \quad \mathbf{E = \frac{I}{h^2}}$$

Cas 2 : La direction d'émission de la lumière est inclinée par rapport à la surface éclairée



$$E = \frac{dF}{dS}$$

avec $dF = I\, d\Omega$ et $d\Omega = \frac{dS \,.\, \cos\theta}{SM^2}$

$$E = \frac{I \,.\, dS \,.\, \cos\theta}{SM^2 \,.\, dS} \quad \Rightarrow \quad \boxed{\mathbf{E = \frac{I \,.\, \cos\theta}{SM^2}}}$$

Le résultat final dépend de la nature de la source :
* soit I = Constante dans toutes les directions de l'espace : I = Io
* soit I n'est pas constant et I = Io cos θ

3.4. Luminance d'une source :

Des sources d'intensité lumineuse identique dans la même direction peuvent apparaître avec des luminosités différentes. Elles peuvent apparaître plus ou moins brillantes.

On définit ainsi la luminance d'une source :

$$\boxed{L = \frac{I}{S_{app}}}$$

UNITE SI : [$cd.m^{-2}$]

S_{app} représente la surface apparente de la source .

4. TRANSMISSION DE LA LUMIERE :

4.1. Réflexion :

Toute surface renvoie une partie de la lumière qu'elle reçoit . La réflexion se fait soit dans une direction privilégiée (surface polie), soit de façon diffuse ou semi-diffuse (revêtement mat ou plus ou moins brillant). On définit ce qu'on appelle le pouvoir réflecteur d'une surface :

$$\boxed{\rho = \frac{F_{ref}}{F_{inc}}}$$

4.2. Exitance énergétique d'une surface :

$$\boxed{M = \frac{P}{S}}$$

Unité SI : M en $W.m^{-2}$

On démontre que, pour une surface qui reçoit un éclairement E (exprimé en lux) et dont le pouvoir réflecteur vaut ρ , l'exitance énergétique peut se mettre sous la forme :

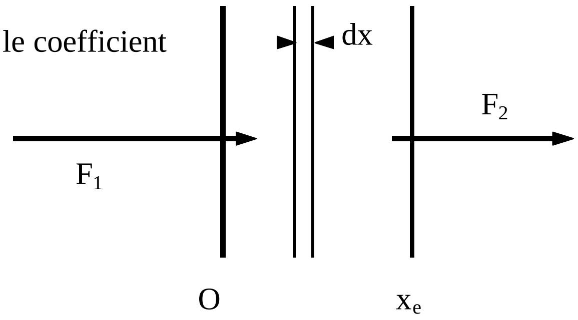
$$\boxed{M = \rho \,.\, E}$$

4.3. Absorption de la lumière par un milieu :

Pour une surface transparente la transmission d'un rayon se fait sans modification .
Pour des surfaces translucides la transmission d'un rayon lumineux se fait avec diffusion plus ou moins importante (exemple : verre dépoli)

LOI de BEER-LAMBERT :

k représente le coefficient d'absorption



- Forme dérivée :

$$\frac{dF}{F} = -\ k \,.\, dx$$

- Forme intégrée :

$$\int_{F_1}^{F_2} \frac{dF}{F} = \int_0^{x_e} -\ k \,.\, dx$$

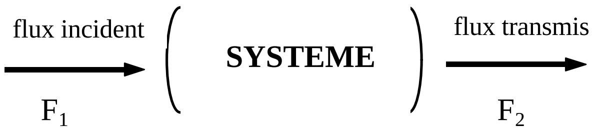
$$\ln F_2 - \ln F_1 = -\ k \,.\, x_e \quad \Rightarrow$$

$$\ln \frac{F_2}{F_1} = -\ k \,.\, x_e \quad \Rightarrow \quad \frac{F_2}{F_1} = \exp(-\ k \,.\, x_e)$$

$$\Rightarrow \quad \boxed{F_2 = F_1 \exp(-\ k \,.\, x_e)}$$

4.4. Facteur de transmission d'un système :

$$\boxed{T = \frac{F_2}{F_1}}$$



La lumière arrivant sur le système subit la réflexion et l'absorption.