

CHAPITRE 2 : UNITES RADIOMETRIQUE ET PHOTOMETRIQUE

La photométrie c'est la mesure de tous ce qui est en rapport avec la lumière, nous allons étudier l'essentiel des grandeurs de mesures de la lumière, mesure de l'intensité, flux lumineux, luminance, etc. ces mesures et unités doit être connues, vue sa nécessité et sa relation avec l'imagerie médical et des installations contenant des systèmes l'éclairage [1].

I. La radiométrie

Lorsqu'on parle de la lumière nous la considérons sous forme d'une onde électromagnétique (OEM). Sa propagation est sinusoïdale et elle transporte de l'énergie par ses photons.

- Longueur d'onde noté λ : mesuré en mètre c'est la longueur parcourue par l'onde pendant une période (T), la Fréquence (ν , ν) : nombre de périodes réalisé par (OEM) par seconde. Elle est Exprimée en Hz.
- Alors la vitesse (célérité) c de l'onde (OEM) mesurée en [m/s] est donnée par $C = \lambda/T$ ou $C = \lambda * \nu$

En supposant que l'onde déplace dans le vide alors sa vitesse $C_0 = 3 * 10^8$

Il faut noter que la longueur d'onde est donnée : $\lambda = C * T$

Dans la lumière une longueur d'onde représente une couleur d'un photon monochromatique en distingue deux types de couleurs [1]

I.1 Lumière visible :

Le domaine des ondes ou lumière visibles sont dans l'intervalle des longueurs $400\text{nm} < \lambda < 800\text{nm}$

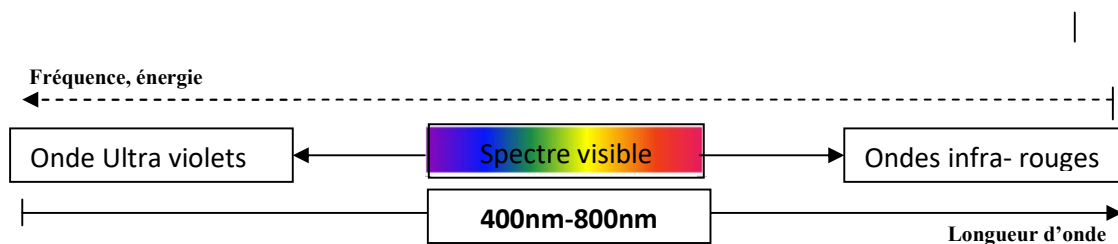


Figure 1

Le spectre du domaine visible est compris entre le violet (plus énergétique) et le rouge (moins énergétique).

La somme de toutes les couleurs du domaine visible donne une couleur multi chromatique de couleur blanche, comme la couleur provenant du soleil. Pour la décomposée en place un prisme nous allons récupérer plusieurs couleur visibles comme l'arc en ciel.

I.2 Les lumières invisibles : se sont de type infra rouge et les rayons X, rayons Gamma ils sont utilisés dans l'imagerie médicale

- Rayons gamma : sont utilisés dans la gamma caméra ou scintigraphie
- Rayons X : utilisés dans la radiographie
- radiofréquence de type FM utilisés dans l'IRM (Imagerie par Résonance Magnétique)[3]

I.3 Energie des photons.

L'énergie transportée par un photon est donnée par $E = h\nu = hc/\lambda$ avec λ est la longueur d'onde monochromatique du photon. Cette énergie transportée peut être :

- libérée le moment d'une désexcitation d'un atome.
- acceptée le moment d'une absorption.

Si E est donné par e.v. alors $h =$ la constante de Planck $= 4.136 \times 10^{-15} \text{ eV.s}$

Si E est donné par joule. alors $h =$ est la constante de Planck $= 6.626 \times 10^{-34} \text{ J.s}$

Avec $1 \text{ e.v} = 1.610 \times 10^{-19} \text{ joules}$

Alors : $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ mètre}$, $1 \mu\text{m} = 10^{-6} \text{ mètre}$

Notons que $E = h\nu = hc/\lambda$ alors $E \cdot \lambda = hc$

$$E(\text{e.v}) \cdot \lambda = 4.136 \times 10^{-15} \cdot 3.10^8$$

$$E(\text{e.v}) \cdot \lambda = 4.136 \times 10^{-15} \cdot 3.10^8 = 12,408 \cdot 10^{-7} = 1.24 \cdot 10^{-6} \text{ eV.s} \cdot \text{m/s}$$

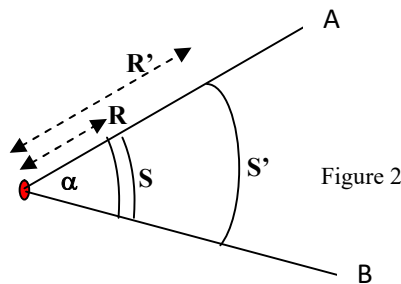
$$= 1.24 \mu\text{m} \cdot \text{e.v} \text{ implique } E(\text{e.v}) \cdot \lambda(\mu\text{m}) = 1.24 \text{ ou } E(\text{e.v}) \cdot \lambda(\text{nm}) = 1240$$

En résumant : le produit de l'énergie de n'importe quel photon avec sa longueur d'onde donne toujours **1.24** pour une longueur mesurée en micromètre et **1240** pour les nanomètres.

II. La photométrie

Pour comprendre les mesures photométriques, nous devons avoir une connaissance sur l'angle solide en 3D, celui-ci rentre dans la plupart des mesures photométriques. Afin de comprendre son principe nous passons sur l'angle solide 2D [1].

Angle solide 2D

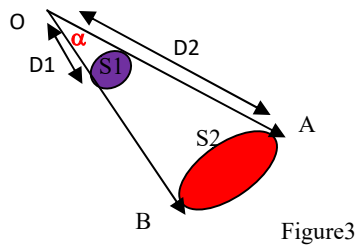


✓ Les abscisses curviligne S, S' assurent la relation $\alpha = S/R = S'/R'$ qui caractérise l'angle entre $[OA]$ et $[OB]$ appelé " α " mesuré en radian, Cet angle est considéré un angle solide 2D [1]

✓ si Les abscisses curviligne S et S' font des cercles complet alors R et R' sont considérés les rayons de ces cercles, alors cela conduit que l'angle accompli est $\alpha = \frac{\text{périmètre du cercle}}{\text{Rayon}}$ ce rapport est connu est égale toujours à un angle 2D équivalent à $2 \cdot \pi$. autrement dit si on dessine n'importe quel cercle réellement nous avons fait une rotation d'angle de valeur " $2 \cdot \pi$ " [1].

Angle solide 3D

C'est le même principe de l'angle solide 2D mais cette fois à trois axes. Le schéma de la figure 3 illustre cet angle en 3D (écartement entre A et B mais dans l'espace):



Les surfaces élémentaires S₁ et S₂ se sont des surfaces Dans l'espace, elles sont mesurées en m², D₁ et D₂ sont les distances entre le point « o » et les surface S1 et S2.

L'angle solide Ω il garde toujours le rapport $\Omega = \frac{S_1}{D_1^2} = \frac{S_2}{D_2^2}$ comme l'exemple de l'angle 2D dans ce cas.

[Ω]=angle solide mesuré en stéradian SR

On peut dire que l'angle solide 3D c'est un angle dans l'espace [1].

Quelques valeurs particulière de l'angle solide

Des valeurs spéciales des angles solides sont données selon l'émission des sources lumineuses dans un espace définit comme [1]:

- ✓ une sphère (observateur au milieu), sont angle solide est égale à 4π sr (Figure 4)
 - ✓ une demi-sphère l'angle solide est égale à 2π sr (Figure 5)
 - ✓ Un observateur placé en haut de la sphère l'angle solide vue dans ce cas est égale à π sr (Figure 6) [1]
1. L'angle solide pour une forme d'un cône (après un long calcul mathématique) est donné par $\Omega = 2\pi * (1 - \cos\alpha) sr$, Ou α est le demi-angle de cône (Figure 7) [1,4]

➤ Si le demi angle $\alpha = \pi/2$ donc nous avons une demi sphère et $\Omega = 2 * \pi$
 ➤ et si $\alpha = \pi$ alors $\Omega = 2 * \pi * (1 - (-1)) = 4 * \pi$ Stéradian

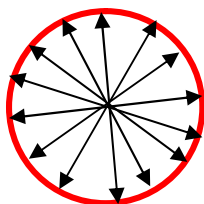


Figure4

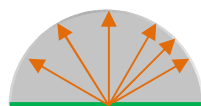


Figure5

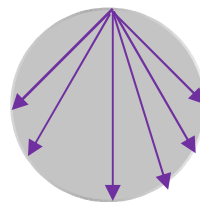


Figure6

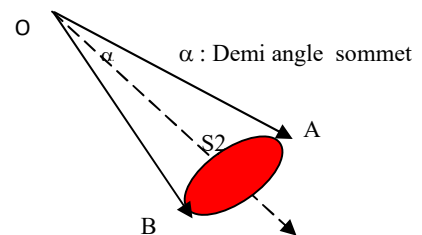


Figure 7

Le flux lumineux

Le flux lumineux émet par une source lumineuse est noté ϕ il est mesuré en lumen [ϕ]=Lm

Intensité lumineuse

L'intensité lumineuse est noté **I** elle exprime le flux lumineux émit par rapport à un angle solide

$$I = \frac{\phi}{\Omega}$$

- ϕ il est mesuré en lumen [ϕ]=Lm
- Ω : Angle solide en sr,
- finalement [I]=Lm/Sr=Candéla, [I]=Cd

Pour une source lumineuse éclaire une surface S et faisant un angle α sont intensité est donné par

$$I = \frac{\phi}{\Omega} \text{ et } \Omega = \frac{S \cos \alpha}{D^2}$$

D : distance entre la source et la surface

α : Angle entre la source et la normale de la surface (figure 8) [2]

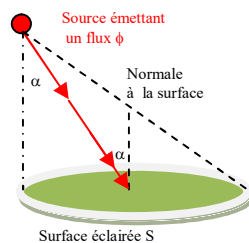


Figure 8

Efficacité lumineuse :

C'est le rapport entre le flux lumineux d'une source lumineuse et la puissance électrique P fournit à cette source

$$K = \frac{\phi}{P}$$

$$[K] = \text{Lm/W}$$

Eclairement d'une surface E

L'éclairement d'une surface est le flux lumineux reçu par une surface S

- Si l'émission ϕ est perpendiculaire à la surface

$$E = \frac{\phi}{S} = \frac{I}{D^2}$$

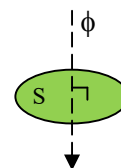


Figure 9

$$[E] = \text{Lm/m}^2$$

$$[E] = \text{Lux} = \text{Lx}$$

Si la surface est éclairée par un flux lumineux ϕ

faisant un angle α par rapport à la normale dans ce cas

$$E = \frac{\phi}{S} = \frac{I \cos \alpha}{D^2} \quad [2]$$

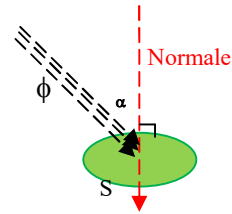


Figure 10

$$[I] = Lx$$

$$[\phi] = Lm$$

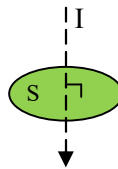
$$[S] = m^2, [D] = m$$

Luminance d'une surface

La luminance L est l'intensité « I » émise sur une surface apparente « S ». la source lumineuse peut être perpendiculaire sur cette surface et comme elle fait un angle α sur sa normale, .

Elle est mesurée en candelas par mètre carré (Cd/m^2)

$$L = \frac{I}{S}$$



$$L\alpha = \frac{I}{S \cos \alpha}$$

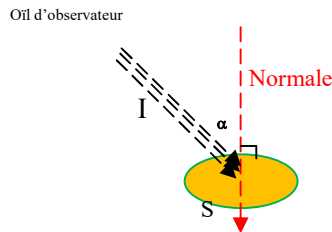


Figure 11

Références

1. <https://www.youtube.com/watch?v=zMs2eIa9raE>
2. http://lyc-renaudeau-49.ac-nantes.fr/IMG/pdf/photometrie_et_ordres_de_grandeur.pdf
3. <https://cours.etsmtl.ca/gts503/Cours/Cours%20imagerie%20texte.pdf>
4. www.cours.de.physique.com