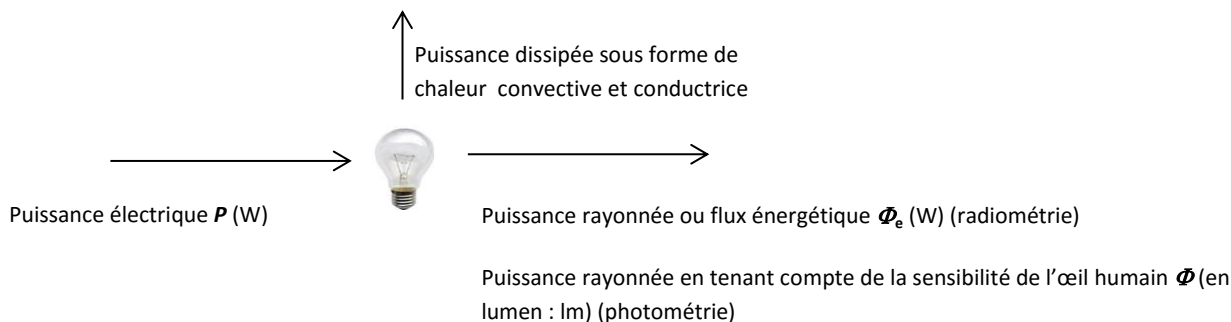


1. Définitions

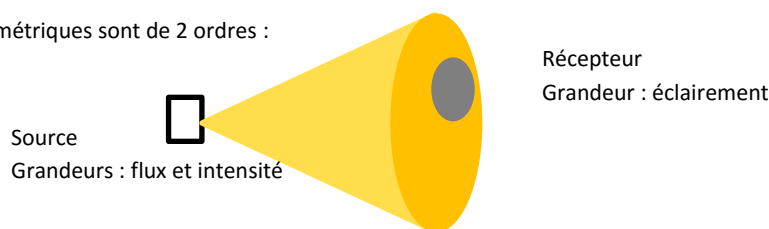
- En **radiométrie** on s'intéresse à l'énergie rayonnante émise par une source ou reçue par un détecteur sans se préoccuper de l'impression produite sur l'œil.
- En **photométrie**, on s'intéresse aussi à l'énergie des radiations, mais en tenant compte de la sensibilité de l'œil.

Energie de rayonnement: Notée Q_e , exprimée en Joules (J), est l'énergie transportée par les ondes électromagnétiques. Elle est mesurée indirectement, après conversion en une autre forme d'énergie.

- thermoélectrique: tension proportionnelle à l'énergie reçue.
- Bolométrique: résistance ohmique qui varie en fonction de l'élévation consécutive à l'absorption d'énergie rayonnée.
- Photodiode: intensité électrique proportionnelle à la densité du rayonnement.
- Photo émulsion: noircissement d'une couche photosensible (chimique) en fonction de l'énergie reçue.



Les grandeurs radiométriques et photométriques sont de 2 ordres :



2. Grandeurs énergétiques

a. Le flux énergétique

- Citer les unités des grandeurs radiométriques : flux énergétique, éclairement énergétique.

C'est la puissance prenant en compte la totalité du rayonnement électromagnétique, son unité est le **Watt (W)** et son symbole Φ_e : $\Phi_e = \frac{Q_e}{t}$

Où Q_e est l'énergie électromagnétique transportée par le rayonnement et t la durée d'exposition au rayonnement.

- Relier l'énergie transportée par un rayonnement au flux énergétique et à la durée d'exposition.

Cas du laser continu : comme l'énergie d'un photon vaut $h \cdot \nu$ pour N photon on a : $Q_e = N \cdot h \cdot \nu = N \cdot \frac{h \cdot c}{\lambda}$;

Cas d'un laser à impulsion : $P_{\text{moy}} = P_{\text{crête}} \times \tau \times f$ avec :

- $P_{\text{crête}}$ la puissance énergétique maxi fournie par le laser ;
- τ la durée de l'impulsion ;
- f la fréquence avec laquelle revient l'impulsion.

b. L'intensité énergétique

L'intensité énergétique correspond au flux énergétique par unité d'angle solide son unité est le watt par stéradian (W/sr) et son symbole est I_e :

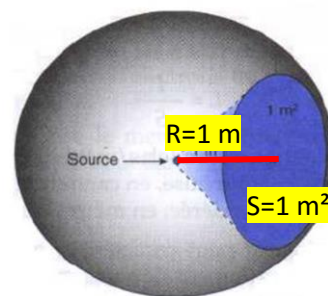
$$I_e = \frac{\Phi_e}{\Omega}$$

Remarques :

- 1 stéradian est l'angle solide donnant sur une sphère de rayon 1, une surface de 1m^2 .
- Pour une source isotrope (émission dans toutes les directions) $\Omega = 4\pi$

c. La densité de puissance ou de flux énergétique

C'est la mesure du flux d'énergie des photons de fréquence ν par unité de surface et de fréquence son unité est : $\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{Hz}^{-1}$ et son symbole est φ .



d. **La densité d'énergie électromagnétique**

La densité d'énergie électromagnétique correspond à l'énergie rayonnée par unité de volume, son unité est le joule par mètre cube (J/m^3) et son symbole w : $w = \frac{Q_e}{V}$ ou V est le volume.

e. **L'éclairement énergétique**

- Citer les unités des grandeurs radiométriques : flux énergétique, éclairement énergétique.

L'éclairement énergétique (Irradiation), est la puissance rayonnée reçue par un récepteur par unité de surface, son unité est le watt par mètre carré (W/m^2) et son symbole E_e : $E_e = \frac{\Phi_e}{S}$ avec S la surface du récepteur.

3. Grandeurs photométriques

Le flux énergétique caractérise physiquement un rayonnement lumineux mais n'apporte aucune indication sur la façon dont celui-ci est perçu par l'œil.

En effet, la sensibilité de l'œil dépend de la longueur d'onde. Totalement insensible aux infrarouges et aux ultraviolets, l'œil est plus sensible au bleu qu'au rouge et sa sensibilité est maximale pour une longueur d'onde voisine de 555 nm en **vision diurne** (ou photopique), mettant en cause les 3 millions de cônes de la rétine sensibles sélectivement au jaune (575 nm), au vert (535 nm) et au bleu (440 nm). Aux faibles éclaircissements (**vision nocturne** ou **scotopique** assurée par un milliard de bâtonnets), le maximum de la courbe est décalé vers le bleu (510 nm).

a. **Le flux lumineux**

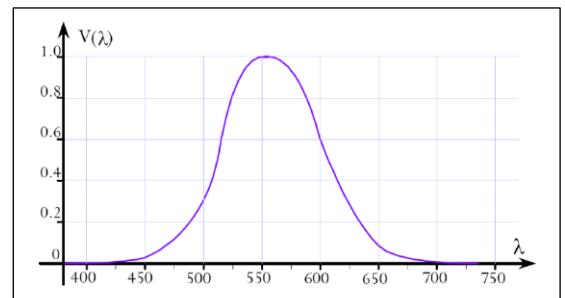
C'est la puissance perçue par l'œil son unité est le lumen (lm) et son symbole Φ , dont l'expression dépend de l'efficacité lumineuse K :

$$\Phi = K \cdot \Phi_e$$

Cas du laser : Pour une source monochromatique, on détermine K en pondérant K_m par le coefficient $V(\lambda)$ dont la valeur est déterminée à l'aide du graphique ci-contre.

$$K = V(\lambda) \cdot K_m$$

K_m est la valeur maximale prise par l'efficacité lumineuse pour une radiation de $540 \cdot 10^{12}$ Hz (soit 555 nm) : $K_m = 683 \text{ lm/W}$
 $V(\lambda)$ l'efficacité relative spectrale



- Déterminer expérimentalement un ordre de grandeur du flux énergétique d'un faisceau laser.

Pour réaliser cette détermination on mesure l'éclairement lumineux (cf. c), on en déduit avec la surface du capteur le flux lumineux, on détermine K à l'aide de la longueur d'onde et du graphe puis on calcule le flux énergétique comme ci-dessus.

Pour une source polychromatique, il faut tenir compte de la contribution de toutes les longueurs d'ondes, la détermination de K est alors par des outils mathématiques plus complexe (le calcul intégrale).

b. **L'intensité lumineuse**

L'intensité lumineuse caractérise l'éclat d'une source son unité est le candéla (cd) et son symbole I : $I = \frac{\Phi}{\Omega}$

Avec Ω l'angle solide qui vaut si la source émet dans toutes les directions 4π .

"La Candela est l'intensité lumineuse, dans une direction donnée, d'une source qui émet un rayonnement monochromatique de fréquence $\nu = 540 \cdot 10^{12}$ Hz et dont l'intensité énergétique dans cette direction est 1/683 Watt par stéradian."

c. **L'éclairement lumineux**

L'éclairement lumineux est le flux lumineux reçu par unité de surface, son unité est le lux (lx) et son symbole E : $E = \frac{\Phi}{S}$

Remarque $1 \text{ lx} = 1 \text{ lm/m}^2$

- Mesurer un éclairement.

Pour mesurer un éclairement on utilise un luxmètre.

4. Effets du laser

a. Effet sur la matière vivante

Les lasers ont sur la matière vivante les effets suivants :

- Photochimique (déclenche des réactions chimiques) ;
- Photoablatif (destruction des liaisons chimiques) ;
- Ionisation ;
- Augmentation de température
 - Brûlure ;
 - Cisaillement des tissus ;
 - Onde de choc.

Il a été établi une limite d'exposition maximale permis EMP pour lesquelles les personnes peuvent être exposées au rayonnement laser sans dommage. Elle correspond à un éclairement énergétique en W/m^2 ou elle est donnée en J/m^2 .

- Exploiter une norme pour déterminer une durée maximale d'exposition.

Pour déterminer la durée maximale d'exposition faut utiliser les relations $Q_e = \Phi_e \times t$, $E_e = \frac{\Phi_e}{S}$ et les tableaux de normes données.

b. Effet sur la matière inerte

- Énoncer et exploiter que le diamètre de la zone de focalisation du faisceau laser varie dans le même sens que la longueur d'onde.



Lorsque la longueur d'onde λ du laser augmente alors le diamètre de focalisation du faisceau laser augmente : $d = a \cdot \lambda$.

- Justifier l'utilisation d'un laser pour effectuer la découpe d'un matériau.

Grace au système de concentration des faisceaux, l'énergie du rayonnement laser qui est déjà grande peut encore être concentrés et prendre des valeurs suffisante pour faire fondre des matériaux pour les découper.