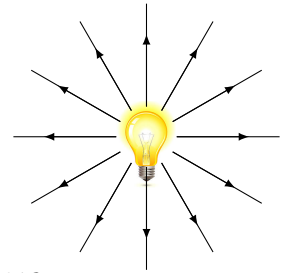


# CHAPITRE 10 : ENERGIE ET ONDES

## 1 Flux et éclairage énergétique

### 1.1 Flux énergétique

Une lampe émet de la lumière dans toutes les directions de l'espace qui l'entoure.



De l'énergie, transportée par le faisceau lumineux, est émise. On peut donc définir, pour une source lumineuse, un flux énergétique. Le flux énergétique, noté  $\Phi_e$ , est la quantité d'énergie émise, sous forme de rayonnement, par une source lumineuse par unité de temps.

#### Flux énergétique $\Phi_e$

$$\Phi_e = \frac{W}{\Delta t}$$

- $W$  : énergie lumineuse rayonnée par la source en joules ( $J$ )
- $\Delta t$  : durée en seconde ( $s$ )
- $\Phi_e$  : flux énergétique en watt ( $W$ )

**Remarque :** Le flux énergétique s'exprime en watt. Il est donc analogue à une puissance. Cette puissance est la puissance rayonnée par la source lumineuse  $P_{ray}$  ( $P_{ray} = \Phi_e$ ).

**Exemples :** Flux énergétique de quelques sources lumineuses.

- Diode laser rouge usuelle (lecture de code barre, pointeur, prise de niveau ...) : 1 mW
- Ancienne lampes à incandescence : 60 W (valeur indiquée sur la lampe)
- Soleil sur la Terre :  $2 \times 10^7$  W

### 1.2 Eclairage énergétique

L'éclairage énergétique, noté  $E_e$ , correspond au flux énergétique reçu par un corps par unité de surface de ce corps. L'éclairage énergétique s'exprime en watt par mètre carré ( $W.m^{-2}$ ).

## Eclairement énergétique $E_e$

$$E_e = \frac{\Phi_e}{S}$$

- $E_e$  : éclairement énergétique en watt par mètre carré ( $W.m^{-2}$ )
- $S$  : surface en mètre carré ( $m^2$ )
- $\Phi_e$  : flux énergétique en watt ( $W$ )

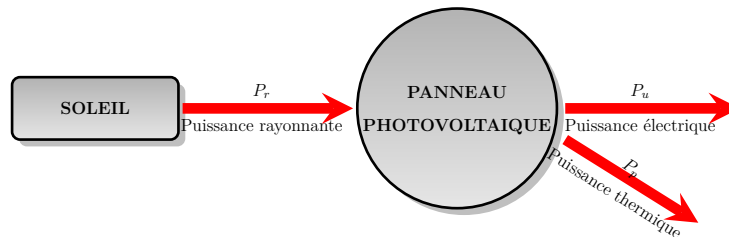
**Exemples** : Ordre de grandeur de quelques éclairements énergétiques reçus.

- Bistouri laser :  $10000 W.m^{-2}$
- Soleil à la surface de la Terre à midi solaire :  $1000 W.m^{-2}$

## 2 Rendement d'un panneau photovoltaïque

### 2.1 Définition

La performance d'un panneau photovoltaïque dépend de son rendement. Le bilan énergétique d'un panneau photovoltaïque est le suivant :



Le panneau photovoltaïque convertit la puissance rayonnée par le Soleil en puissance électrique. On peut alors définir le rendement  $\eta$  du panneau photovoltaïque. C'est un nombre sans unité compris entre 0 et 1.

## Rendement d'un panneau photovoltaïque

$$\eta = \frac{P_u}{P_r} = \frac{P_{elec}}{P_{ray}} = \frac{P_{elec}}{\Phi_e} = \frac{P_{elec}}{E_e \times S}$$

- $E_e$  : éclairement énergétique en watt par mètre carré ( $W.m^{-2}$ )
- $S$  : surface en mètre carré ( $m^2$ )
- $\Phi_e$  : flux énergétique en watt ( $W$ )
- $P_{elec}$  : puissance électrique en watt ( $W$ )
- $\eta$  : rendement sans unité

### 2.2 Rendement et caractéristiques des panneaux photovoltaïques

Le rendement d'un panneau photovoltaïque peut être déterminé à partir des caractéristiques données par le constructeur. On donne ci-dessous les caractéristiques d'un panneau photovoltaïque :

Puissance maximale	$P_{max}$	235 $W_C$
Tension à vide	$V_{OC}$	37,0 V
Courant de court-circuit	$I_{SC}$	8,60 A
Tension au point de puissance maximale	$V_{mpp}$	30,0 V
Courant au point de puissance maximale	$I_{mpp}$	7,84 A
Dimensions	$L \times l$	1652×994

**Remarque :** La puissance électrique maximale est exprimée en watt crête  $W_C$  dans la documentation technique du constructeur. Elle correspond à la puissance électrique fournie par le panneau dans les conditions standard de mesure (éclairage énergétique de  $1000 \text{ W.m}^{-2}$  et température des panneaux à  $25^\circ\text{C}$ ). On a la correspondance suivante :  $1 W_C = 1 W$ .

**Exemple :** Détermination du rendement du panneau photovoltaïque précédent

D'après le document du constructeur, la puissance électrique maximale est de  $235 W_C$  donc  $P_{elec} = 235 W$

Les valeurs sont données pour un éclairage énergétique  $E_e$  de  $1000 \text{ W.m}^{-2}$ . Les dimensions du panneau photovoltaïque sont les suivantes :  $L = 1652 \text{ mm}$  et  $l = 994 \text{ mm}$ . On en déduit la surface du panneau photovoltaïque :

$$S = L \times l = 1,652 \times 0,994 = 1,64 \text{ m}^2$$

La valeur du rendement du panneau photovoltaïque sera de :

$$\eta = \frac{P_{elec}}{E_e \times S} = \frac{235}{1000 \times 1,64} = 0,143 \text{ soit } 14,3 \%$$

## 2.3 Facteurs limitants le rendement d'un panneau photovoltaïque

De nombreux paramètres influent sur le rendement des panneaux photovoltaïques. On peut citer les paramètres suivants :

- le matériau utilisé dans la fabrication du panneau photovoltaïque (silicium monocristallin, silicium polycristallin et silicium amorphe). Les panneaux photovoltaïques fabriqués à partir de silicium monocristallin possèdent le meilleur rendement.
- la température moyenne des panneaux photovoltaïques : lorsque la température des panneaux augmente, le rendement diminue.
- l'orientation et l'inclinaison des panneaux solaires : le rendement est maximal lorsque les panneaux photovoltaïques sont orientés vers le sud et ont une inclinaison de  $30^\circ$  par rapport à l'horizontale.

## 3 Propriétés et risques du rayonnement laser

Le terme laser est à l'origine un acronyme créé à partir des initiales des mots anglais Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation (Amplification de la lumière par émission stimulée de rayonnement). Le laser est une source lumineuse possédant des propriétés particulières ce qui le distingue des autres sources de lumière. Les lasers sont actuellement utilisés dans de nombreux domaines d'activités (industriel, médical, recherche, artistique ...)

### 3.1 Directivité

Contrairement aux sources de lumière classiques, la lumière laser se propage dans une seule direction : elle est directive. Cela signifie que sa divergence (ou angle d'ouverture) est très faible, de l'ordre de la minute d'angle ( $0,016^\circ$ ).



L'angle  $\theta$  est la divergence du rayon laser.

### 3.2 Monochromaticité

La lumière du laser est constituée de rayonnements ayant tous la même longueur d'onde : c'est une lumière monochromatique. La longueur d'onde  $\lambda$  correspond à la lumière du laser.

**Exemple** : Lecteur Blu-Ray

Les lecteurs Blu-Ray utilisent une lumière laser monochromatique de longueur d'onde  $\lambda = 405 \text{ nm}$ . Cette lumière laser sera de couleur bleue.

### 3.3 Concentration d'énergie

La concentration d'énergie est une conséquence directe de sa directivité. En effet, une grande quantité d'énergie est concentrée en un point. Cette énergie reçue par un système dépend de la puissance (flux énergétique) du laser et de la durée d'exposition.

Energie reçue par un système  $E_r$

$$E_r = P \times \Delta t$$

- $E_r$  : énergie reçue par le système en joules ( $J$ )
- $\Delta t$  : durée en seconde ( $s$ )
- $P$  : puissance du laser (flux énergétique) en watt ( $W$ )

### 3.4 Protection contre les risques du rayonnement laser

Le laser présente des risques pour les yeux, la peau et les tissus plus profonds. Néanmoins, les yeux sont les organes les plus vulnérables. Les risques de dommages pour les yeux et la peau dépendent du type de laser, de la longueur d'onde, de la puissance du faisceau laser et de la durée de l'exposition.

Contre les risques du rayonnement laser, il est nécessaire de se protéger. Les équipements de travail utilisant des lasers sont classés selon leur dangerosité. Les mesures de prévention à respecter, permettant une utilisation en toute sécurité, sont fonction de cette classification. Le port de lunettes de protection et de gants ininflammables est indispensable lors de l'emploi d'un laser de classe élevée. La classification (simplifiée) de la dangerosité des lasers est la suivante :

Classe	Caractéristiques
Classe I	Puissance faible ou rayonnements inaccessibles. Sans danger dans les conditions d'utilisation normale.
Classe II	Puissance $< 1 \text{ mW}$ . Pourrait présenter un danger si l'on maintient le faisceau dans l'œil plus de 0,25 s (durée supérieure au réflexe de fermer l'œil).
Classe IIIa	Puissance $< 5 \text{ mW}$ . Pourrait présenter un danger si l'on maintient le faisceau dans l'œil plus de 0,25 s. Dangereux en cas de vision à l'aide jumelles ou autre loupe.
Classe IIIb	Puissance $< 0,5 \text{ mW}$ . Représente un danger en cas de vision directe ou réfléchi, même de courte durée.
Classe IV	Puissance $> 0,5 \text{ mW}$ . Peut causer des blessures aux yeux et à la peau. Danger d'incendie.