

Séquence 6

ONDES ET ENERGIE

A. La lumière, transport d'énergie

A.1. La nature ondulatoire de la lumière	P1
A.2. La nature corpusculaire de la lumière	P1
A.3. Flux et éclairage énergétique	P2

B. Le panneau photovoltaïque, convertisseur d'énergie

B.1. Un convertisseur d'énergie	P2
B.2. Caractéristiques d'une cellule	P2
B.3. le rendement du panneau	P3

C. Le LASER, source d'énergie

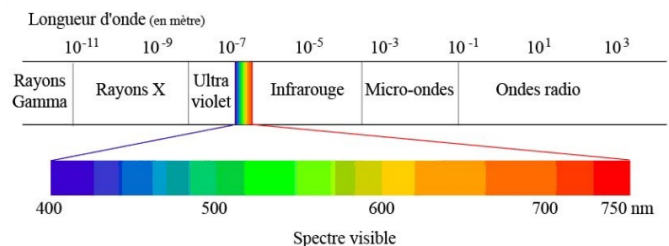
	P3
--	----

A. La lumière, transport d'énergie

• Afin d'interpréter différentes expériences impliquant la lumière (*diffraction, interférences, effet photoélectrique...*), des physiciens (**Young, Planck, Einstein**) ont été amené à énoncer deux théories afin de définir la nature de la lumière.

A.1. La nature ondulatoire de la lumière

• La lumière se déplace comme une onde périodique. Et comme toute onde périodique, elle est caractérisée par **sa vitesse $c(m.s^{-1})$, sa longueur d'onde $\lambda(m)$, sa période $T(s)$ ou sa fréquence $\nu(Hz)$.**



sa vitesse : Vitesse de toutes les ondes électromagnétiques dans le vide $c = 3.108 \text{ m.s}^{-1}$

sa période : La période d'une onde, notée $T(s)$, représente la durée d'une vibration complète

sa longueur d'onde : La longueur d'onde, notée $\lambda (m)$, représente la distance parcourue par l'onde pendant une période

sa fréquence : La fréquence d'une onde, notée $f(Hz)$ ou $\nu(Hz)$, correspond au nombre de vibration complète en 1 s

♦ On a les relations

$$c = \frac{\lambda}{T} \rightarrow \lambda = c \times T \quad \nu = \frac{1}{T} \rightarrow T = \frac{1}{\nu} \quad \lambda = \frac{c}{\nu}$$

A.2. La nature corpusculaire de la lumière

• La lumière est un flux de particules appelées « photons ». Ces photons *de masse, et de charge électrique nulle* transportent l'énergie de la lumière. On dit que les photons sont **des quanta**, ou paquets d'énergie.

♦ **Les photons d'une radiation lumineuse de longueur d'onde $\lambda (m)$ ou de fréquence $\nu (Hz)$, transporte une énergie $E(J)$: $E = h \times \nu$ ou $E = \frac{h \times c}{\lambda}$**

h : constante appelée « constante de Planck » : $h = 6,6.10^{-34} \text{ J.s}$

c : vitesse (=célérité) de la lumière dans le vide $c = 3,0.10^8 \text{ m.s}^{-1}$

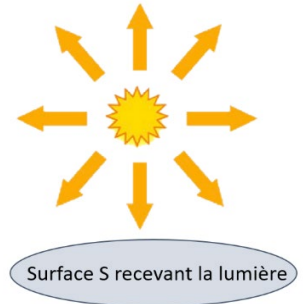
Remarque : L'énergie peut également s'exprimer en ev : $1 \text{ ev} = 1,6.10^{-19} \text{ J}$

A.3. Flux et éclairement énergétique

♦ La **puissance rayonnante** P_{ray} (ou **flux énergétique**, Φ_e) représente la puissance totale rayonnée par une source émettant des rayonnements électromagnétiques. Elle s'exprime en W

♦ L'**éclairement énergétique** E_e (ou **irradiance**), correspond à la puissance rayonnante P_{ray} émis par une source, et reçu par une surface donnée S. Il s'exprime en $W.m^{-2}$:

$$E_e = \frac{P_{ray}}{S}$$



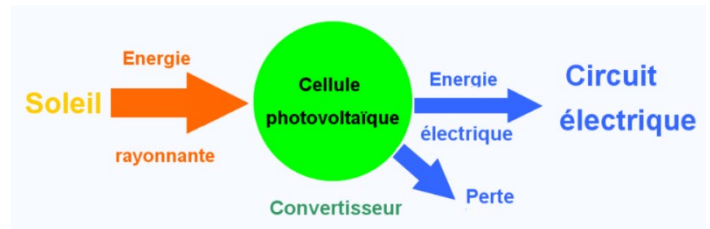
Exemple : à la surface terrestre, à midi solaire : $E_e = 1000 W.m^{-2}$

↳ $1 m^2$ de la surface du sol reçoit 1000 W en puissance rayonnée provenant du soleil

B. Le panneau photovoltaïque, convertisseur d'énergie

B.1. Un convertisseur d'énergie

• Un panneau photovoltaïque est un convertisseur d'énergie : il reçoit une énergie rayonnée par le soleil et la transforme en énergie électrique (énergie transmise à un circuit électrique) et en énergie thermique (perte)



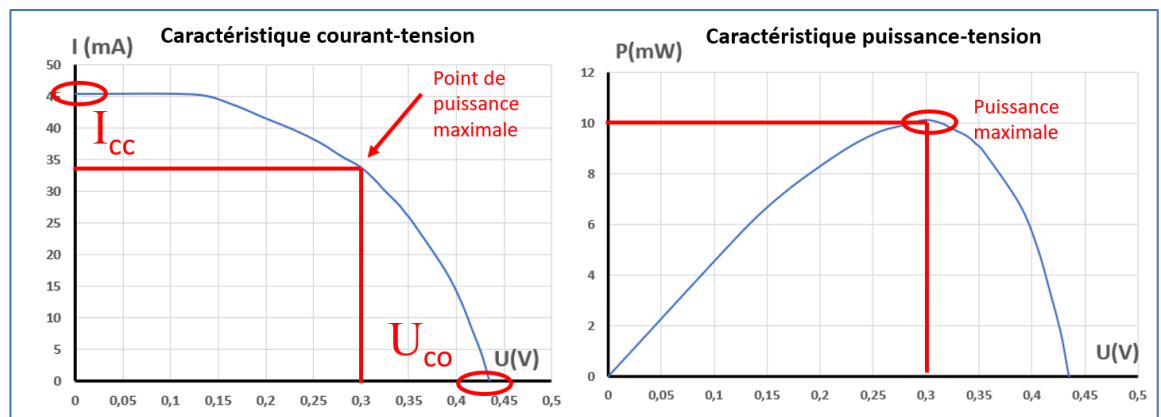
Remarque : La valeur de l'énergie reçue par un panneau dépend de l'inclinaison des rayons solaires. Cette énergie est maximale lorsque les rayons arrivent perpendiculaires sur le panneau

B.2. Caractéristiques d'une cellule photovoltaïque

• Les propriétés électriques de la cellule sont synthétisées dans un graphe qu'on appelle « **caractéristique courant-tension** »

• Une cellule photovoltaïque est caractérisée par :

- Sa **tension en circuit ouvert** (U_{co}) qui correspond à la tension mesurée aux bornes du capteur éclairé quand aucun récepteur n'est branché
- Son **intensité de court-circuit** (I_{cc}) qui correspond à l'intensité maximale du courant électrique ; cette intensité est obtenue lorsque la cellule est court-circuitée (les deux pôles + et - de la pile sont reliés par un fil) donc lorsque la tension à ses bornes est nulle
- Sa **puissance de crête** (P_c) qui correspond à la puissance maximale électrique qu'elle peut fournir



B.3. Le rendement du panneau

- Seulement 4% de l'énergie électrique mondiale provient de l'énergie solaire. Ce développement minime s'explique, notamment, par le faible rendement des panneaux photovoltaïques.

- ♦ Le rendement d'un panneau est défini par :

$$\text{rendement} = \frac{\text{Energie électrique produite}}{\text{Energie rayonnante reçue}} = \frac{W_e}{E_{ray}}$$

Avec

W_e : Energie électrique maximale fournie par la cellule

E_{ray} : Energie rayonnante reçue par la cellule

- On peut montrer que l'on a

$$\text{rendement} = \frac{P_c}{P_{ray}}$$

Avec

P_c : puissance de crête

P_{ray} : puissance rayonnante

Remarque : Dans le calcul du rendement, les 2 énergies doivent avoir les mêmes unités (J, kJ, W.h, kW.h) ainsi que les 2 puissances (W, mW)

C. Le LASER, source d'énergie

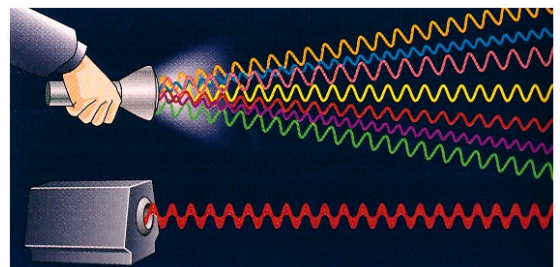
Le mot LASER signifie **Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation** (amplification de la lumière par émission stimulée de rayonnement).

- Très vite, la lumière magique du laser a trouvé de multiples applications et le laser s'est installé dans notre vie quotidienne :

- au cœur de nos lecteurs de disques compacts,
- dans les lecteurs des codes-barres dans les supermarchés,
- au cours de spectacles lumineux qui portent son nom,
- dans l'industrie, où il coupe, soude et perce,
- dans l'alignement des routes, des tunnels grâce à son faisceau rectiligne,
- en médecine, grâce à son faisceau fin, précis et à son énergie facilement dosable ; il remplace dans certains cas le bistouri en permettant un découpage fin et précis des tissus, il suture des vaisseaux, il est utilisé pour traiter les décollements de la rétine, lors du traitement de la cataracte ou de la myopie, il traite certains cancers et brûle les zones malades sans toucher aux parties saines.....

Ces multiples applications sont dues à ses particularités.....

- ♦ Le faisceau de lumière émis par un laser est très différent d'un faisceau de lumière classique : **il est monochromatique, très directif et peut produire une énorme puissance sur une surface réduite**



Monochromaticité

↳ Si on envoie le faisceau lumineux émis par un laser sur un dispositif dispersif (prisme, réseau), on constate que l'on n'obtient qu'une seule raie lumineuse. **La lumière du laser ne contient donc qu'une seule longueur d'onde : elle est monochromatique.**

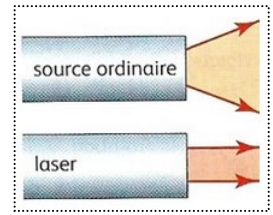


Remarque : Sa couleur dépend du type de laser utilisé:

- le laser hélium-néon du lycée émet de la lumière rouge
- il existe des lasers émettant de la lumière bleue ou de la lumière verte
- d'autres lasers émettent de la lumière invisible à l'œil humain, dans l'infrarouge ou dans l'ultraviolet.

Directivité

Les sources de lumière classiques émettent de la lumière dans toutes les directions. Contrairement à ces sources de lumière, les sources laser sont donc beaucoup plus directive (la lumière se propage dans une direction privilégiée)



Le laser émet un faisceau très fin, faiblement divergent, parfaitement rectiligne, et visible sur de grandes distances.

Exemples d'utilisation :

- Cette propriété est utilisée lors des spectacles laser où le rayon lumineux se poursuit loin dans l'espace ou bien pour l'alignement des tracés de routes et de tunnels... Ainsi, un laser a été utilisé lors de la construction de la tour Montparnasse.
- Les lasers servent aussi dans la télémétrie, c'est-à-dire la mesure à distance. Le faisceau laser atteint une cible qui le renvoie en sens inverse.
- La vitesse de la lumière étant connue, il est possible, en mesurant le temps mis par le faisceau laser pour faire l'aller et le retour, de connaître la distance séparant la source laser d'un obstacle. Cette méthode a même permis le calcul précis de la distance Terre-Lune.

Puissance

- Une source lumineuse est notamment caractérisée par sa puissance, exprimée en watts: la puissance d'une lampe à incandescence peut être égale à 40 W, 60 W, 100 W...

Pour un laser, la puissance est en général beaucoup plus faible (0,5 W pour les lasers employés au lycée), mais cette puissance est concentrée dans un faisceau de très faible diamètre.

Pour caractériser un laser, on utilise une grandeur plus significative, qui est la **puissance reçue par unité de surface éclairée**, ou **éclairement**, et qui s'exprime en **W.m⁻²** ou **W.cm⁻²**

La puissance surfacique du laser peut être considérable. C'est ainsi qu'un faisceau laser peut faire fondre, volatiliser ou enflammer certains matériaux sur lesquels il est dirigé.

Par exemple, l'éclairement du Soleil peut atteindre 0,1 W/cm². Une loupe qui focalise la lumière du Soleil peut permettre d'atteindre un éclairement de 100 W/cm², ce qui suffit pour enflammer du papier.

LE LASER TÉRAWATT

Son éclairement peut atteindre 10¹⁸ W/cm², soit la concentration sur un centimètre carré de la lumière émise par 10 millions de milliards d'ampoules de 100 W.

LE LASER PETAWATT

est un projet à venir. Son éclairement peut atteindre 10²⁰ W/cm², soit la concentration sur un centimètre carré de la lumière émise par 1 000 millions de milliards d'ampoules de 100 W.