Énergie transportée par la lumière

Prérequis

Pour aborder ce cours, il est essentiel de maîtriser les notions suivantes vues en classes précédentes :

- **Seconde :** Nature ondulatoire de la lumière, spectre électromagnétique, notions de longueur d'onde et de fréquence.
- **Première :** Notions de base sur l'énergie, le travail et la puissance. Compréhension des transformations énergétiques.
- **Première :** Notion de photon et de quantification de l'énergie.

Ce cours s'inscrit dans le chapitre sur les transformations énergétiques et les applications de la lumière en Terminale Technologique. Il prépare les élèves à comprendre les principes de fonctionnement des cellules photovoltaïques et à appréhender les enjeux liés aux énergies renouvelables.

Chapitre 1 : Le modèle corpusculaire de la lumière

1.1 Les limites du modèle ondulatoire

Le modèle ondulatoire de la lumière, bien qu'il explique de nombreux phénomènes comme la diffraction et l'interférence, présente des limites lorsqu'il s'agit d'expliquer certains effets, notamment l'émission de lumière par un corps chaud (rayonnement du corps noir) et l'effet photoélectrique. Ces phénomènes suggèrent que l'énergie lumineuse n'est pas transportée de manière continue, mais par paquets discrets.

1.2 L'hypothèse de Planck et la quantification de l'énergie

En 1900, Max Planck propose une hypothèse révolutionnaire pour expliquer le spectre du rayonnement du corps noir : l'énergie n'est pas émise ou absorbée de manière continue, mais par quantités discrètes appelées **quanta**. L'énergie d'un quantum est proportionnelle à la fréquence de la lumière :

$E=hnu$

où :

- E est l'énergie du quantum (en Joules, J)
- h est la constante de Planck ($h=6,626.10^{-34}J.s$)
- ν est la fréquence de la lumière (en Hertz, Hz)

1.3 Le concept de photon

En 1905, Albert Einstein reprend l'idée de Planck et propose que la lumière elle-même est constituée de particules appelées **photons**. Chaque photon transporte une énergie donnée par la relation de Planck : $E=hnu$. L'énergie d'un photon est donc directement proportionnelle à sa fréquence. Une lumière de fréquence élevée (bleue, violette) transporte des photons plus énergétiques qu'une lumière de fréquence faible (rouge).

Remarque pédagogique : Il est important de souligner que le modèle corpusculaire ne remplace pas le modèle ondulatoire. La lumière présente une **dualité onde-particule** : elle se comporte parfois comme une onde, parfois comme un flux de particules.

1.4 L'effet photoélectrique : une preuve du caractère corpusculaire de la lumière

L'**effet photoélectrique** est l'émission d'électrons par un métal lorsqu'il est éclairé par une lumière de fréquence suffisamment élevée. Ce phénomène ne peut être expliqué par le modèle ondulatoire. Einstein explique l'effet photoélectrique en postulant que chaque photon incident peut céder son énergie à un électron du métal. Si l'énergie du photon est supérieure à une certaine valeur, appelée **énergie de seuil** (ϕ), l'électron est éjecté.

$$E=\phi+E_{cin}$$

où :

- E_{cin} est l'énergie cinétique maximale de l'électron éjecté.

Chapitre 2 : L'énergie lumineuse et la matière

2.1 Absorption et émission de photons

Lorsqu'un photon interagit avec la matière, il peut être **absorbé** ou **émettre**. L'absorption d'un photon correspond à un transfert d'énergie de la lumière vers la matière. Cette énergie peut être utilisée pour exciter les atomes ou les molécules, augmenter leur énergie cinétique, ou provoquer des réactions chimiques. L'émission de photons correspond à un transfert d'énergie de la matière vers la lumière. C'est le principe des sources lumineuses comme les lampes ou les LED.

2.2 La puissance d'un faisceau lumineux

La **puissance** d'un faisceau lumineux (P) est la quantité d'énergie (E) transportée par unité de temps (t) :

$$P=\frac{(E)}{(t)}$$

NLa puissance peut également être exprimée en fonction du nombre de photons () par unité de temps :

$P=N.E=N.hnu$

2.3 L'intensité lumineuse

L'**intensité lumineuse** (I) est la puissance par unité de surface (A) :

$I=\frac{(P)}{(A)}$

L'intensité lumineuse est une grandeur importante pour caractériser la luminosité d'une source lumineuse.

Exercice 1 : Un laser émet un faisceau de lumière rouge de longueur d'onde 650 nm avec une puissance de 10 mW. Calculer l'énergie d'un photon de ce laser et le nombre de photons émis par seconde.

Corrigé :

1. Calcul de la fréquence : $\nu=\frac{(c)}{(\lambda)}=\frac{\left(3.10^{8}m.s^{-1}\right)}{650.10^{(-9)}m}\approx 4,62.10^{14}Hz$
2. Calcul de l'énergie d'un photon : $E=hnu=6,626.10^{-34}J.s.4,62.10^{14}Hz\approx 3,06.10^{-19}J$
3. Calcul du nombre de photons émis par seconde : $N=\frac{(P)}{(E)}=\frac{\left(10.10^{-3}W\right)}{3,06.10^{(-19)}J}\approx 3,27.10^{15}\frac{photons}{s}$

Chapitre 3 : Conversion photovoltaïque

3.1 Principe de la conversion photovoltaïque

La **conversion photovoltaïque** est le processus par lequel la lumière est directement convertie en électricité. Ce processus se produit dans les **cellules photovoltaïques**, constituées de matériaux semi-conducteurs comme le silicium. Lorsqu'un photon de lumière frappe la cellule, il peut être absorbé par un atome du semi-conducteur, ce qui libère un électron. Ce mouvement d'électrons crée un courant électrique.

3.2 Le rendement d'une cellule photovoltaïque

Le **rendement** (η) d'une cellule photovoltaïque est le rapport entre la puissance électrique produite ($P_{électrique}$) et la puissance lumineuse incidente ($P_{lumineuse}$):

$\eta=\frac{\left(P_{électrique}\right)}{P_{(lumineuse)}}$

Le rendement des cellules photovoltaïques est limité par plusieurs facteurs, notamment les pertes par réflexion, les pertes par recombinaison des électrons et les pertes dues à la température.

3.3 Applications et enjeux de l'énergie photovoltaïque

L'énergie photovoltaïque est une source d'énergie renouvelable prometteuse pour répondre aux besoins énergétiques croissants de la planète. Elle est utilisée dans de nombreuses applications, telles que les panneaux solaires sur les toits, les centrales solaires à grande échelle et les dispositifs portables. Le développement de l'énergie photovoltaïque est essentiel pour réduire notre dépendance aux combustibles fossiles et lutter contre le changement climatique.

Exercice 2 : Une cellule photovoltaïque a une surface de 100 cm² et un rendement de 20%. Si elle est éclairée par un faisceau lumineux d'intensité 1000 W/m², calculer la puissance électrique produite par la cellule.

Corrigé :

1. Conversion de la surface en mètres carrés : $A=100cm^2=0,01m^2$
2. Calcul de la puissance lumineuse incidente : $P_{lumineuse}=I.A=1000W.m^{-22}.0,01m^2=10W$
3. Calcul de la puissance électrique produite : $P_{électrique}=\eta.P_{lumineuse}=0,20.10W=2W$

Résumé

- **Quantification de l'énergie :** L'énergie n'est pas émise ou absorbée de manière continue, mais par paquets discrets appelés quanta.
- **Constante de Planck :** $h=6,626.10^{-34}J.s$
- **Photon :** Particule élémentaire de la lumière, dont l'énergie est donnée par $E=hnu$.
- **Effet photoélectrique :** Émission d'électrons par un métal lorsqu'il est éclairé par une lumière de fréquence suffisamment élevée.
- **Énergie de seuil :** Énergie minimale nécessaire pour éjecter un électron d'un métal : $E=\phi+E_{cin}$.
- **Puissance d'un faisceau lumineux :** $P=\frac{(E)}{(t)}=N.hnu$.
- **Intensité lumineuse :** $I=\frac{(P)}{(A)}$.
- **Conversion photovoltaïque :** Processus par lequel la lumière est directement convertie en électricité.
- **Rendement d'une cellule photovoltaïque :** $\eta=\frac{\left(P_{électrique}\right)}{P_{(lumineuse)}}$.
- **Chapitre 1 :** Introduction du modèle corpusculaire de la lumière et de la quantification de l'énergie.
- **Chapitre 2 :** Interaction entre la lumière et la matière, puissance et intensité lumineuse.
- **Chapitre 3 :** Principe de la conversion photovoltaïque, rendement et applications.

From:
https://www.wikiprof.fr/ - **wikiprof.fr**

Permanent link:
https://www.wikiprof.fr/doku.php?id=cours:lycee:sti2d:terminale_technologique:physique_chimie:energie_transportee_par_la_lumiere&rev=1750712500

Last update: **2025/06/23 23:01**