

Chapitre 16 : La lumière : un flux de photons

Extrait Programme Tspé

Le photon : énergie, vitesse, masse Effet photoélectrique	- Décrire l'effet photoélectrique, ses caractéristiques et son importance historique.
Travail d'extraction	- Interpréter qualitativement l'effet photoélectrique à l'aide du modèle particulaire de la lumière.
Absorption et émission de photons	- Établir, par un bilan d'énergie, la relation entre l'énergie cinétique des électrons et la fréquence. - Expliquer qualitativement le fonctionnement d'une cellule photoélectrique.
Enjeux énergétiques : rendement d'une cellule photovoltaïque	- Citer quelques applications actuelles mettant en jeu l'interaction photon-matière (capteurs de lumière, cellules photovoltaïques, diodes électroluminescentes, spectroscopies UV-visible et IR, etc.) - <i>Déterminer le rendement d'une cellule photovoltaïque</i>

Regarder la vidéo rappel sur la lumière (1^{ère})

[Applications en autonomie : exercices 1, 6 et 10 p 509](#)

I- L'effet photoélectrique

1- Description et interprétation

Vidéo de l'expérience : <https://www.youtube.com/watch?v=lpe5mkLeI7I>

L'effet photoélectrique et surtout son interprétation ont valu à Albert Einstein le prix Nobel de physique en 1921. Il est à noter que la contribution à ces travaux de son épouse Mileva Maric est vraisemblable : elle avait suivi les cours du professeur Lenard sur les rayons cathodiques et la première version de l'article était signée de leurs deux noms.

L'effet photoélectrique est l'émission d'électrons par une plaque métallique soumise à un rayonnement électromagnétique.

Cet effet ne se produit que si la fréquence ν du rayonnement incident est supérieure à une fréquence caractéristique du métal, appelée **fréquence seuil** ν_S .

Si la fréquence ν est inférieure à ν_S , alors il n'y a pas d'effet photoélectrique, quelque soit la durée d'exposition : ceci démontre que seul le modèle corpusculaire de la lumière peut expliquer l'effet photoélectrique.

En effet, lorsqu'un photon de fréquence ν (avec $\nu > \nu_S$) frappe un atome du métal, il lui transfère une énergie suffisante pour provoquer l'arrachement d'un électron de cet atome.

2- Travail d'extraction

Lorsqu'un photon entre en collision avec un électron présent dans un métal, il est absorbé, et l'électron monte en niveau d'énergie. Si l'énergie transférée à l'électron est suffisamment grande, alors l'électron est éjecté du cortège électronique de l'atome.

L'énergie minimale nécessaire pour éjecter un électron situé à la surface du métal est appelé travail d'extraction W_{ext} (J)

$$W_{ext} = h \times \nu_s$$

ν_s s'exprime en Hz et h est la constante de Planck $h = 6,63.10^{-34}$ J.s

Le travail d'extraction dépend de la nature du métal.

3- Énergie cinétique et fréquence

Si l'énergie du photon incident est supérieure au travail d'extraction, alors le surplus d'énergie fourni est converti sous forme d'énergie cinétique E_C acquise par l'électron.

Le photon incident a pour énergie $E = h \times \nu$

L'énergie W_{ext} est utilisée pour arracher l'électron à l'atome.

L'électron, après son extraction possède donc une énergie cinétique E_C .

On a donc la relation $E = E_C + W_{ext} \rightarrow E_C = E - W_{ext}$

On peut écrire $\frac{1}{2} \times m \times V^2 = h \times \nu - h \times \nu_s$

L'énergie cinétique de l'électron arraché au métal a pour expression :

$$E_C = \frac{1}{2} \times m \times V^2 = h \times (\nu - \nu_s)$$

Avec m : masse de l'électron (kg) ; V : vitesse de l'électron (m/s) ;

ν : fréquence du photon incident (Hz) ; ν_s : fréquence seuil (Hz)

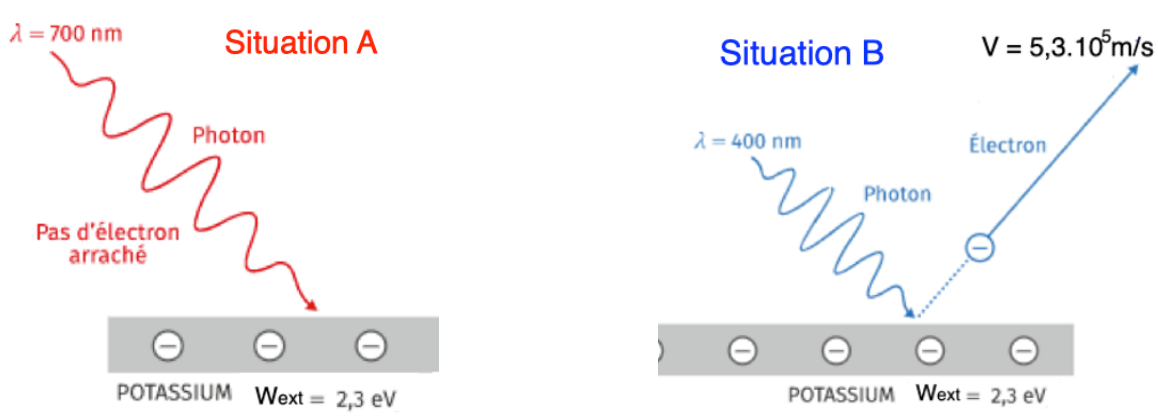
h : constante de Planck

Application :

1) Montrer que la situation A illustre une situation où aucun électron n'est arraché : il n'y a pas d'effet photoélectrique.

2) Dans la situation B, retrouver la valeur de la vitesse de l'électron arraché.

Donnée : $h = 6,63.10^{-34}$ J.s ; $m_e = 9,1.10^{-31}$ kg ; 1 eV = $1,6.10^{-19}$ J



Une application de l'effet photoélectrique est l'utilisation de la cellule photoélectrique : elle convertit une impulsion lumineuse en une impulsion électrique. Ces cellules sont utilisées pour mesurer l'intensité lumineuse d'une source et comme capteur de lumière.

[Applications](#) : n°29 p 524, n°38 p 525

[Applications en autonomie](#) : n°23 p 520 (corrigé détaillé), n°26 p 522 (corrigé détaillé)

II- Applications de l'interaction lumière-matière

1- La cellule photovoltaïque

La cellule photovoltaïque s'appuie sur l'effet photovoltaïque qui est proche de l'effet photoélectrique. L'effet photovoltaïque est la production d'un courant électrique par absorption de photons au sein d'un matériau semi-conducteur soumis à un rayonnement électromagnétique. La performance d'une cellule photovoltaïque est caractérisée par son rendement

Le rendement η d'une cellule photovoltaïque est le quotient de la puissance électrique délivrée par la puissance lumineuse incidente (en W).

$$\eta = \frac{P_{elec}}{P_{lum}}$$

[Applications](#) : n°34 p 524, n°35 p 524

[Application en autonomie](#) : n°24 p 521 (corrigé détaillé)

2- Les DEL

Le fonctionnement d'une DEL (diode électroluminescente) repose sur l'électroluminescence qui est l'effet inverse de l'effet photovoltaïque : un électron fourni par le courant électrique se désexcite en émettant un photon.

La DEL est un dispositif dans lequel l'énergie électrique est convertie en énergie lumineuse par émission d'un photon.

[Application](#) : n°40 p 525

[Application en autonomie](#) : n°27 p 523 (corrigé détaillé)

3- La spectroscopie

Dans d'autres situations, l'absorption d'un photon par un matériau va seulement permettre à l'atome ou la molécule d'atteindre un niveau excité. En déterminant les longueurs d'onde des photons absorbés ou émis, on peut déterminer les atomes ou les liaisons moléculaires qui figurent dans l'échantillon : c'est un procédé d'analyse chimique.

Selon le domaine de longueurs d'ondes des photons absorbés, c'est la spectroscopie UV-visible ou la spectroscopie IR.

L'énergie des rayons IR est plus petite que celle des UV (car la longueur d'onde est plus élevée) : ces photons font seulement vibrer ou tourner les liaisons. On parle d'énergie de vibration ou de rotation.