

Introduction : Avec l'effet de serre, la production d'électricité par des panneaux solaires est en forte croissance, l'effet photoélectrique présent dans les cellules photovoltaïques permet cette production d'énergie verte lors de son utilisation ; quel en est le principe ?

I°) Le photon :

a°) **Caractéristique et énergie du photon** : Au sein de l'atome, les électrons sont répartis en niveaux d'énergie. L'énergie d'un niveau mesure l'énergie d'interaction électromagnétique entre l'électron et l'atome (et en particulier son noyau). Quand cette énergie est nulle, il n'y a plus d'interaction électromagnétique entre l'électron et l'atome dont il est issu, on dit que l'électron a été extrait de l'atome, il y a ionisation de l'atome.

En 1905, Einstein postule que ces quanta d'énergie sont portés par des particules de masse nulle, non chargées se propageant à la vitesse de la lumière $c = 3,0 \times 10^8 \text{ m} \times \text{s}^{-1}$ dans le vide. Ces particules sont appelées « **photon** », leur énergie peut être associée à un rayonnement électromagnétique de fréquence ν (en Hz) et de longueur d'onde λ (en m). La lumière se comporte à la fois comme une onde et un

$$E_{\text{photons}} = h \times \nu \text{ ou } E_{\text{photons}} = \frac{h \times c}{\lambda}$$

E photons : énergie des photons en Joule ou eV
 h : constante de Planck $6,63 \times 10^{-34} \text{ J} \times \text{s}$
 ν : fréquence de la radiation lumineuse exprimée en Hz
 c : célérité de la lumière
 λ : longueur d'onde de la radiation lumineuse

Les différents niveaux d'énergie d'un atome sont plutôt donnés en eV qu'en joules, il convient donc de savoir effectuer des conversions entre ces deux unités d'énergie : $1 \text{ eV} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$.

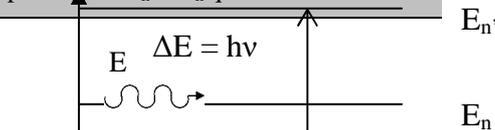
b°) **Spectre d'émission et d'absorption de photons** : animation spectre d'émission et absorption

https://web-labosims.org/animations/App_spectre_emission/App_spectre.html

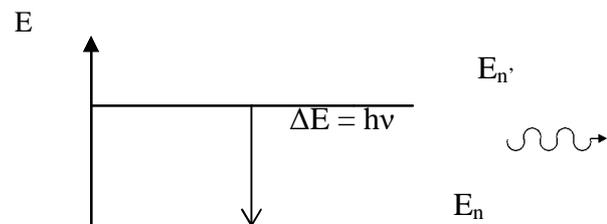
https://web-labosims.org/animations/App_spectre_absorption2/App_spectre.html



Un atome peut **absorber de l'énergie** en passant d'un état n à n' et ce en absorbant un photon issu d'un rayonnement. **Le phénomène d'absorption d'énergie est quantifié**. L'onde absorbée doit apporter **exactement** la même énergie pour passer de E_n à $E_{n'}$, cela se traduit par un spectre d'absorption. Il en est de même en émission mais là c'est la désexcitation de l'électron passant de $E_{n'}$ à E_n qui crée une onde lumineuse, dans les deux cas absorption ou émission on a la relation : $\Delta E = E_{n'} - E_n = h \times \nu$



Absorption d'une onde électromagnétique :
Spectre d'absorption



Emission d'une onde électromagnétique :
Spectre d'émission

II°) L'effet photoélectrique : Animation effet photoélectrique

<https://phet.colorado.edu/sims/cheerpi/photoelectric/latest/photoelectric.html?simulation=photoelectric&locale=fr>

a°) **histoire et définition** :

Cette expérience historique met en évidence le **caractère corpusculaire de lumière** (photon) qui ne peut plus être considérée comme une onde.

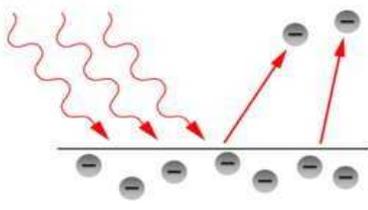
1839, présentation par **Antoine Becquerel** de l'effet photoélectrique.

1887, compréhension du phénomène par **Heinrich Rudolf Hertz**.

1905, explication par **Albert Einstein** (concept de photon)

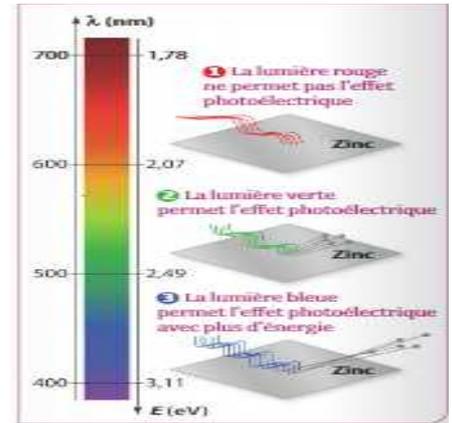
Les ondes électromagnétiques, comme toute onde, transportent de l'énergie. Un métal soumis à un rayonnement lumineux riche en ultraviolets peut perdre des électrons. C'est l'effet photoélectrique.

Si la lumière qui arrive sur le métal ne contient pas d'ultraviolets, l'effet photoélectrique ne se manifeste pas.



Même une exposition prolongée à une lumière dépourvue d'ultraviolets ne permet pas d'arracher des électrons au métal.

L'effet photoélectrique est le phénomène d'éjection d'électrons d'un métal sous l'effet d'ondes lumineuses. Pour un métal donné, cet effet ne se manifeste que pour une longueur d'onde inférieure à une certaine valeur. L'extraction des électrons dépend de la fréquence (aspect quantique du phénomène) de l'onde lumineuse. Il s'agit d'une interaction lumière (photon) matière (électrons).



Métal	Zinc	Cuivre	Sodium
Fréquence seuil (10^{15} Hz)	1,14	1,03	0,558
Longueur d'onde seuil (nm)	263	290	538

Fréquence seuil : fréquence caractéristique du métal permettant l'extraction des électrons

b°) **Bilan énergétique** : L'énergie fournie par le rayonnement électromagnétique (E_i) :

- Permet à l'électron de se libérer du métal, c'est le travail d'extraction (W_e)
- Donne une énergie cinétique à l'électron libéré (E_c)

E_i (énergie des photons incidents) = W_e (travail d'extraction) + E_c (énergie cinétique des électrons émis) ce qui peut encore s'écrire :

$$h \times \nu_i = h \times \nu_s + \frac{1}{2} \times m_e \times V_i^2$$

avec ν_i : fréquence de l'onde incidente en Hz
 h : constante de Planck $6,63 \times 10^{-34}$ J·s

ν_s : fréquence seuil en Hz permettant l'extraction des électrons

V_i : vitesse initial d'extraction des électrons ou vitesse maximale des électrons émis en m/s.

Soit 3 cas :

Cas 1 : $h \times (\nu_i - \nu_s) > 0$ car est positif les électrons sont émis avec une donc $\nu_i > \nu_s$ ou $\lambda_i < \lambda_s$

Cas 2 : $\nu_i = \nu_s$ l'énergie cinétique initiale des électrons est, les électrons sont extraits mais n'ont pas de vitesse pour le

Cas 3 : $\nu_i < \nu_s$ situation impossible car est positif, l'effet photoélectrique ne se

III°) Absorption et émission de photons :

a°) **Absorption de photons et cellules photoélectrique** : animation cellule photovoltaïque
<http://www.cea.fr/multimedia/Pages/animations/energies/panneaux-solaires.aspx>



Une cellule photoélectrique, ou photorécepteur, désigne tout dispositif dont une propriété électrique est modifiée lors de l'absorption de photons. La plus connue est la cellule (panneau solaire) : sous l'effet de la lumière, une apparaît entre les deux faces : ce sont des générateurs qui convertissent l'énergie lumineuse en électrique.

Une cellule photovoltaïque permet la récupération d'une partie de l'énergie solaire avec un rendement pouvant atteindre 20 % (Recherches récentes vont jusqu'à 25 % :

Avec P_{elec} la puissance électrique max délivrée par la cellule et P_{lumi} la puissance lumineuse reçue par la cellule

$$\eta(\text{rendement}) = \frac{P_{elec}(\text{enWatt})}{P_{lumi}(\text{enWatt})} = \frac{E_{elec}(\text{enJoule})}{E_{lumi}(\text{enJoule})}$$

b°) **Émission de photons et diodes électroluminescentes (DEL)** : une diode électroluminescente (DEL) présente en électronique (électroménager, hifi, TV ...) est un dipôle dans lequel s'opère une conversion inverse de celle d'une cellule photovoltaïque.

Le passage d'un courant électrique dans une DEL entraîne l'émission de photons dont la fréquence d'émission (donc la couleur) dépend du matériau.

Une diode laser a en plus la particularité d'émettre des radiations monochromatiques en phase et unidirectionnelle : l'énergie est concentrée dans une direction. Elle intervient dans des signaux pour transporter des informations sur de longues distances (dans le cas d'un système de télécommunications) ou à apporter de l'énergie lumineuse pour le pompage de certains lasers. La diode laser est un composant essentiel des lecteurs et graveurs de disques optiques, dans ce cas elle émet le faisceau lumineux dont la réflexion sur le disque est détectée par une photodiode ou un phototransistor.

