Lumière : dualité onde-particule

Deux modèles pour la lumière

onde λ, ν, célérité $c = \lambda \nu$; explique **diffraction** et **interférences**

particule flux de **photons** : **masse nulle**, **vitesse** c dans le vide, énergie E ; explique l'**effet photoélectrique**

Dualité onde-particule : selon l'expérience, la lumière se comporte comme une onde **ou** comme un flux de particules.

Énergie d'un photon

$$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$$

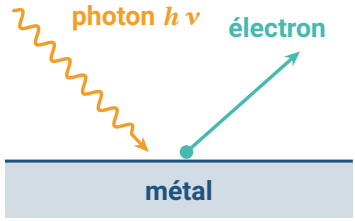
E en **J**, ν en **Hz**, λ en **m**
h : constante de Planck (J·s)
c : célérité de la lumière ($m \cdot s^{-1}$)

Conversion : E (eV) $= \dfrac{E\,(\text{J})}{e}$, avec e la charge élémentaire (donnée).

énergie du photon et fréquence de plus en plus grandes



Effet photoélectrique



Un métal éclairé par un rayonnement de fréquence suffisante **émet** des **électrons**.

Un **photon** cède **toute** son énergie à **un électron**.

seuil aucun électron émis si $\nu < \nu_S$, même avec une lumière très intense

intensité plus de **photons**, donc plus d'**électrons** émis, de même énergie cinétique

histoire inexplicable par le modèle ondulatoire : Einstein introduit le **photon** (1905)

Travail d'extraction W_{ext} et seuil

W_{ext} : énergie **minimale** à fournir pour arracher un **électron** au métal.

$$W_{ext} = h\,\nu_S = \frac{h\,c}{\lambda_S}$$

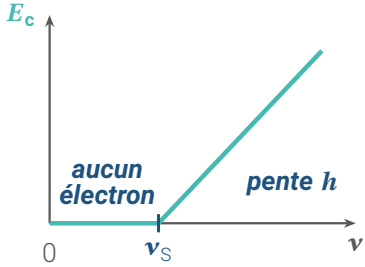
effet si $h\,\nu \geqslant W_{ext} \iff \nu \geqslant \nu_S \iff \lambda \leqslant \lambda_S$

Bilan d'énergie : énergie cinétique de l'électron

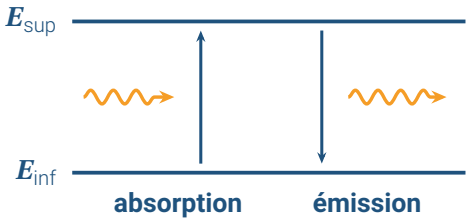
$$h\,\nu = W_{ext} + E_c$$

$$E_c = \frac{1}{2} m_e v^2 = h\,(\nu - \nu_S)$$

$$v = \sqrt{\frac{2\,h\,(\nu - \nu_S)}{m_e}}$$



Absorption et émission de photons



$$E_{sup} - E_{inf} = h\,\nu = \frac{h\,c}{\lambda}$$

Une raie du spectre = une transition.

Applications : capteurs, cellules photovoltaïques, DEL, spectroscopies.

Cellule photovoltaïque et rendement

Dans le semi-conducteur, un **photon** d'énergie suffisante libère un **électron** : l'énergie **lumineuse** est convertie en énergie **électrique**.

$$\eta = \frac{P_{élec}}{P_{lum}} = \frac{U \times I}{E \times S}$$

E : éclairement ($W \cdot m^{-2}$)

S : surface de la cellule (m^2)

$\eta < 1$, sans unité