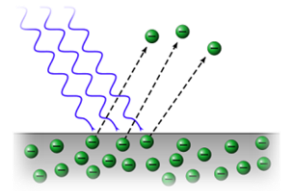


# Effet photoélectrique et conséquences théoriques

## I. Observations historiques.

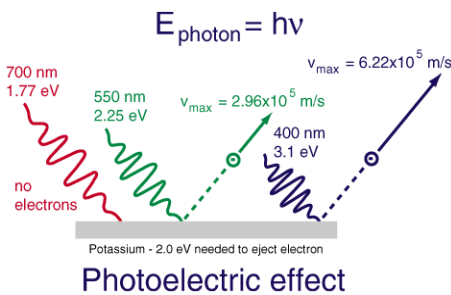
En 1886, Heinrich Hertz découvrit l'effet photoélectrique. Un métal est susceptible de produire un courant électrique lorsqu'il est éclairé. Toutefois, tous les rayonnements ne permettent pas cette production d'électricité. Il existe une longueur d'onde limite au-dessus de laquelle le phénomène n'a pas lieu. Cette limite dépend de la nature du métal. **De plus l'intensité du courant est indépendante de la longueur d'onde du rayonnement émis. Par contre, pour une longueur d'onde donnée, l'intensité du courant dépend de l'intensité lumineuse du rayonnement incident.**



## II. La lumière est un objet discret.

Dans un bureau obscur de l'office des brevets de Berne, Albert Einstein proposa, en 1905, une théorie permettant d'expliquer l'effet photoélectrique. Il considère la lumière comme une particule possédant une énergie proportionnelle à la fréquence de l'onde qui lui est associée :

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



Dans le cadre de cette théorie, il appliqua au phénomène observé les lois de comportement de particules lors d'un choc. Cette approche permet alors une explication simple du phénomène.

Une particule de lumière suffisamment énergétique peut, lors d'un choc avec un atome, expulser un électron. Cet électron quitte l'atome avec une énergie cinétique égale à la différence entre l'énergie de la lumière incidente et le travail d'extraction  $\phi$  de l'atome, c'est-à-dire l'énergie nécessaire pour lui arracher un électron.

$$E_c = h\nu - W_e$$

Rq : Le travail d'extraction  $W_e$  dépend de la nature du matériau éclairé.

C'est cet article qui valut à Einstein le prix Nobel de physique en 1921.

Métal	Travail de sortie $\Phi$ (Joules, J)
Calcium, Ca	$4,60 \times 10^{-19}$
Étain, Sn	$7,08 \times 10^{-19}$
Sodium, Na	$3,78 \times 10^{-19}$
Hafnium, Hf	$6,25 \times 10^{-19}$
Samarium, Sm	$4,33 \times 10^{-19}$

### III. Dualité onde-corpuscule : le photon

A travers son article sur l'effet photoélectrique, Einstein réintroduit le conflit entre approche ondulatoire et approche corpusculaire de la lumière, mais s'empresse également de le résoudre en introduisant la notion de photon.

La lumière peut être décrite comme un flot de photons, particules sans masse et de nature ondulatoire. Il s'agit d'un « morceau d'onde », qui a deux extrémités.

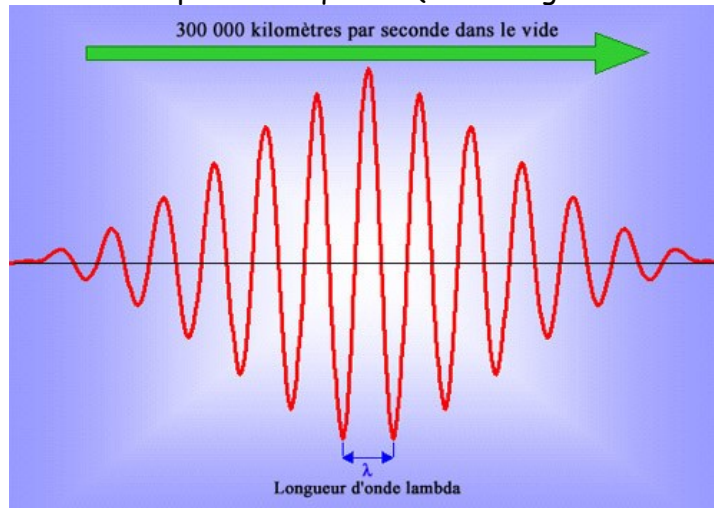
*Rq : La lumière n'est jamais les deux à la fois.*

*Selon la situation étudiée, on utilise le fait qu'il s'agit d'une particule, ou alors sa nature ondulatoire.*

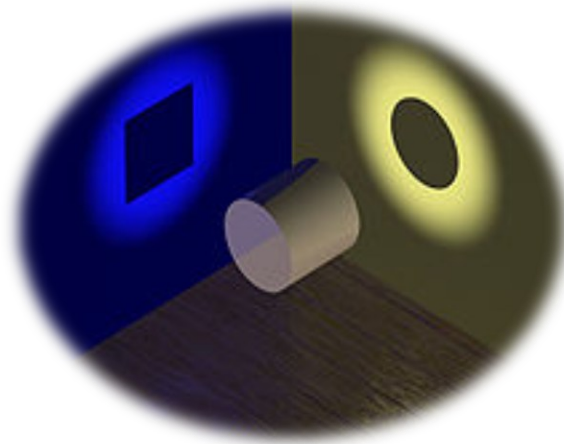
En 1923, Louis de Broglie précisa la description du photon. Un photon est caractérisé par une énergie:

$$E = h\nu$$

Son caractère ondulatoire est donné par sa fréquence (ou sa longueur d'onde).



Selon le phénomène que l'on souhaite étudier, on privilégie une description ondulatoire ou corpusculaire de la lumière. Tout est alors uniquement une question de point de vue.



### IV. Applications de l'interaction photon-matière

#### 1. Cellule photoélectrique

- Une cellule photoélectrique est un dispositif qui engendre un courant électrique sous l'effet de la lumière.
- Ces cellules sont utilisées pour mesurer l'intensité lumineuse d'une source et comme capteur de lumière.

## 2. Cellule photovoltaïque

- Une cellule photovoltaïque est un dispositif qui convertit l'énergie lumineuse en énergie électrique et est utilisée pour la production d'électricité.

- Le rendement  $\eta$  d'une cellule photovoltaïque se calcule : 
$$\eta = \frac{E_{\text{utile}}}{E_{\text{fournie}}} = \frac{E_{\text{électrique}}}{E_{\text{lumineuse}}} = \frac{P_{\text{électrique}}}{P_{\text{lumineuse}}}$$

le rendement  $\eta$  est sans unité (exprimé en % assez souvent) Les énergies sont en joules (J) ; les puissances sont en watts (W)

- La puissance lumineuse reçue  $P_{\text{lumineuse}}$  dépend de l'éclairement  $\varphi$ , en watt par mètre carré ( $\text{W.m}^{-2}$ ) et de la surface  $S$  de la cellule photovoltaïque en mètre carré ( $\text{m}^2$ ). Alors  $P_{\text{lumineuse}} = \varphi \times S$ .
- Rappel : la puissance électrique  $P_{\text{électrique}}$  d'un dipôle soumis à une tension  $U$  et traversé par un courant d'intensité  $I$  est :  $P = U \times I$  ( $P$  en W si  $U$  en V et  $I$  en A).