

## Chapitre 5 : La lumière : un flux de photon

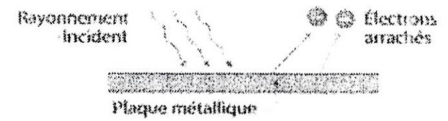
### Activité découverte



La découverte des ondes par Heinrich Hertz en 1886 est un énorme bond en avant dans le domaine des sciences. La lumière visible serait en fait une onde électromagnétique, et en plus de ça, de nombreuses radiations existeraient sans que l'on puisse les voir à l'œil nu ! Cependant, ce modèle semble... incomplet ! L'objectif de cette activité va être de s'intéresser aux expériences historiques qui ont mis en avant le fait que la lumière est aussi une particule... Le photon !

#### Document 1 : l'effet photoélectrique

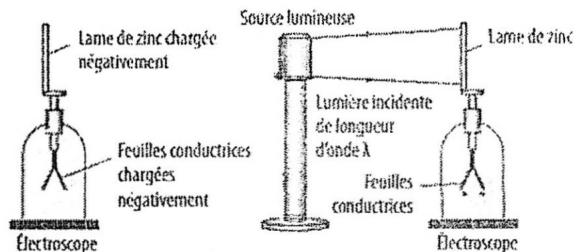
Le modèle ondulatoire ne permet pas d'expliquer certaines expériences telles que l'effet photoélectrique, découvert en 1839 ; c'est l'effet selon lequel la lumière est susceptible d'arracher des électrons à un métal, seulement à partir d'une certaine fréquence seuil. Pour expliquer cela, le modèle de l'onde électro-magnétique ne semble plus suffisant.



#### Document 2 : Une brève histoire de l'effet photoélectrique

1838 – Wilhelm HALLWACHS présente l'expérience suivante.

- ① On charge négativement l'électroscope et une lame de zinc en contact avec lui.
- ② La lame de zinc est éclairée, ce qui provoque la décharge progressive de l'électroscope.



1899-1902 – Philipp LENARD fait une série d'observations :

- les radiations UV arrachent des électrons aux métaux de manière quasi instantanée. Ce n'est pas toujours le cas des radiations visibles ;



- lorsque les électrons sont arrachés :
  - leur nombre est proportionnel à l'éclairement,
  - leur énergie cinétique est indépendante de l'éclairement,
  - leur énergie cinétique augmente quand la longueur d'onde de la radiation incidente diminue.

Le modèle ondulatoire de la lumière, admis à l'époque, ne permet pas d'expliquer ces phénomènes.



1905 – Albert EINSTEIN publie un article expliquant que la lumière pourrait être un ensemble de particules (plus tard nommées photons). Chaque particule possède une énergie inversement proportionnelle à la longueur d'onde  $\lambda$  du rayonnement lumineux :

$$E_{\text{photon}} \text{ en J} = h \times \nu_{\text{photon}} = h \times \frac{c}{\lambda}$$

$h \text{ en J} \cdot \text{s}$        $c \text{ en m} \cdot \text{s}^{-1}$        $\lambda \text{ en m}$

- L'effet photoélectrique ne se manifeste que si l'énergie du photon est supérieure au travail d'extraction d'un électron du métal noté  $W_{\text{extraction}}$ . L'énergie excédentaire est emportée par l'électron sous forme d'énergie cinétique.

#### Données

- Constante de Planck :  $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ .
- Masse de l'électron :  $m_e = 9,11 \times 10^{-31} \text{ kg}$ .
- $1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19} \text{ J}$ .

1. Rappeler la relation reliant la longueur d'onde  $\lambda$ , la fréquence  $f$  et la célérité  $c$ .

2. Aller sur la simulation au lien suivant :

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

- Vérifier la phrase en gras du document A. donner à partir de quelle fréquence  $f$  seuil les électrons sont libérés pour le sodium.
- Préciser comment évolue le nombre d'électrons arrachés et l'intensité électrique lorsque l'intensité du faisceau lumineux augmente.
- Préciser comment évolue le nombre d'électrons arrachés et l'intensité électrique lorsque la longueur d'onde du faisceau lumineux diminue.

3. En se basant uniquement sur le modèle ondulatoire, il suffirait d'exposer un métal à la lumière et d'attendre que les électrons aient suffisamment capté d'énergie pour pouvoir s'échapper. Ainsi, la fréquence de l'onde n'aurait aucune importance, or ce n'est a priori pas le cas dans l'effet photoélectrique ! Selon Einstein, la lumière serait constituée de particules de masses nulles, dont l'énergie dépendrait seulement de la fréquence. Au vu de cette révolutionnaire hypothèse, apporter une explication aux observations des deux premiers tirets de la question précédente.

4. Donner l'énergie correspondante à un photon de longueur d'onde de 600 nm (visible). Puis donner l'énergie correspondante à celle d'un photon de longueur d'onde de 100 nm (UV). Vos résultats sont-ils cohérents avec la fréquence seuil du sodium ?

5. Pour que l'effet photoélectrique soit visible, il faut que l'énergie apportée par le photon soit supérieure au travail d'extraction d'un électron libre à la surface du métal. L'énergie excédentaire correspond à l'énergie cinétique de l'électron arraché.

Proposer une relation reliant la fréquence du photon  $f$ , le travail d'extraction  $W_{\text{extraction}}$ , la masse  $m$  de l'électron et sa vitesse  $v$  d'extraction.

6. A l'aide de votre relation, apporter une explication au dernier tiret de la question 3.