

TD1 - Effet photoélectrique

Dès la fin du XIX^{ème} siècle, on observa l'émission d'électrons en irradiant, sous vide, un métal avec un rayonnement électromagnétique, ultraviolet en général.

I. Découverte

Pour découvrir l'effet, ouvrir le fichier *ThePhotoelectricEffect.cdf* dans le WolframCDF Player. Le dispositif consiste à envoyer une lumière monochromatique de longueur d'onde λ "wavelength/nm" sur un métal (électrode émettrice ou photocathode) avec une anode placée en regard pour attirer d'éventuelles charges libres sous l'effet du champ électrique régnant dans cette jonction (région de l'espace situé entre l'anode et la cathode). Le courant est mesuré par un ampèremètre représenté en bas du dispositif.

1. De manière générale, décrivez ce qui est représenté: que sont les points bleus? Pourquoi sont-ils là?
2. Régler λ vers 450 nm. Que se passe-t-il quand le métal change?
3. Choisissez un métal. Que se passe-t-il quand la longueur d'onde change?
4. Pour l'aluminium et la longueur d'onde fixée vers 450nm, que se passe-t-il quand l'intensité lumineuse change? Même question quand la longueur d'onde est fixée vers 250nm. Conclure.

C'est en 1905 qu'Einstein fournit une interprétation des résultats observés en considérant que le rayonnement est constitué de 'grains' d'énergie $h\nu$. On note W l'énergie d'extraction (encore appelée travail de sortie) des électrons de l'électrode émettrice.

5. En utilisant la loi de conservation de l'énergie, établir l'équation de l'effet photoélectrique.
6. En quoi ce dispositif illustre-t-il la dualité onde-corpuscule ?

II. Application

Le travail de sortie ou d'extraction W de l'électrode émettrice ou photocathode est 2eV. On irradie cette électrode avec un rayonnement électromagnétique de longueur d'onde $\lambda = 0.5 \mu\text{m}$. Le diagramme en énergie est représenté sur la figure 1.

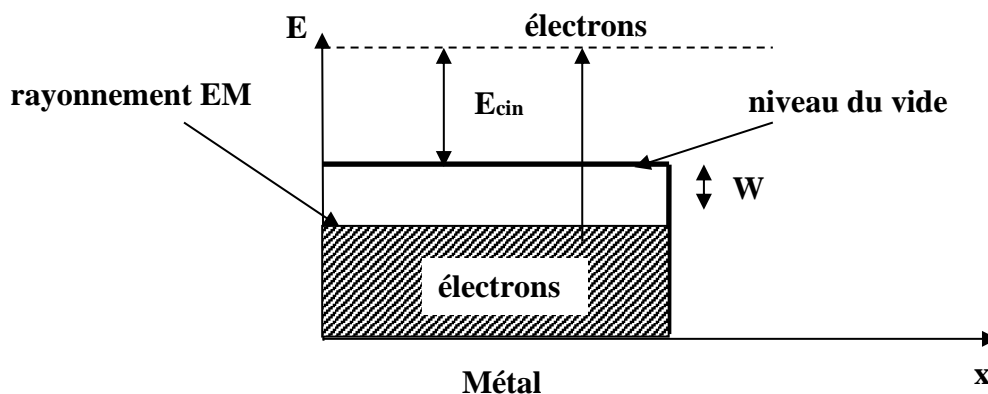


Figure 1 : Diagramme en énergie

4. Calculer :
 - a) L'énergie des photons incidents.
 - b) l'énergie cinétique maximale E_{cmax} des photoélectrons émis.
 - c) la longueur d'onde associée à ces photoélectrons.
5. On applique un potentiel électrostatique V sur l'électrode collectrice, en maintenant l'électrode émettrice à 0V. On suppose que le champ électrique entre les 2 électrodes est constant.
 - a) Tracer l'énergie potentielle d'un électron entre les 2 électrodes en fonction de x (pour $V > 0$ et $V < 0$).

On rappelle que l'énergie potentielle d'un électron (charge $-e$) dans un potentiel V est $E_{\text{pot}} = -eV$.

 - b) Quel potentiel électrostatique V_0 faut-il appliquer à l'électrode collectrice pour annuler le courant de photoélectrons ?
6. On veut maintenant utiliser le dispositif précédent pour déterminer le travail de sortie d'un métal. On irradie le métal avec une longueur d'onde de 670 nm. La tension V_0 à appliquer sur l'électrode collectrice pour annuler le courant de photoélectrons est de -0.5 V.
 - a) Quel est le travail de sortie du métal en eV?
 - b) Quelle est la gamme de longueurs d'onde pour laquelle on observera l'effet photoélectrique ?

Eléments de réponse

1a) $E(\text{photons incidents}) = 2.48 \text{ eV}$

1b) $E_{\text{cmax}} = 0.48 \text{ eV}$

1c) $\lambda = 17.7 \text{ \AA}$

2b) $V_0 = -0.48 \text{ V}$

3a) $W = 1.35 \text{ eV}$

3b) $\lambda < 919 \text{ nm}$