

Comment estimer la valeur de la constante de Planck ?

Les diodes électroluminescentes (DEL ou LED en anglais) sont de plus en plus présentes dans notre quotidien : pour l'éclairage, dans les écrans de téléviseurs et d'ordinateurs, dans les télécommandes (LED infrarouges), pour l'affichage alphabétique ou numérique des écrans d'appareils de mesure, de calculatrices, d'horloges, etc.

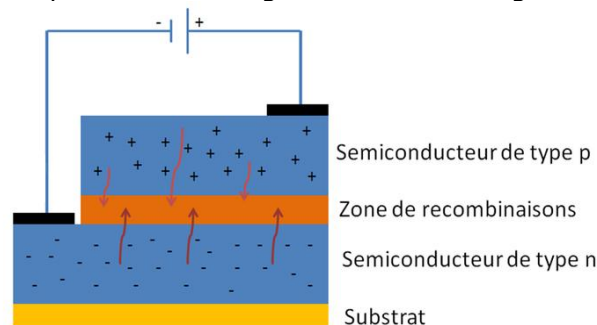
Dans ce composant, l'énergie électrique est convertie directement en lumière au sein d'un matériau semi-conducteur.

Nous nous proposons, lors de cette activité expérimentale, d'étudier le fonctionnement d'un tel composant, cela nous mènera à retrouver une constante fondamentale en physique quantique : la constante de Planck notée h .

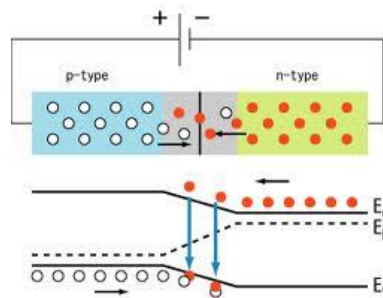
A. COMMENT EST ÉMISE LA LUMIÈRE PAR UNE DEL ?

Comme toute diode, une DEL ne laisse passer le courant que dans un sens. En outre le passage du courant électrique dans la diode est associé à l'émission de lumière.

Une diode est constituée de deux zones, l'une possédant un excès d'électrons (zone dopée n), l'autre possédant un déficit d'électrons (zone dopée p) appelés trous. Le passage d'un électron de la zone n à la zone p ne se produit que si cet électron possède une énergie minimale ou énergie de seuil.



Lorsque les électrons (qui conduisent le courant du côté dopé n) rencontrent les trous (qui assurent la conduction de l'autre côté) au niveau de la jonction, la recombinaison électron-trou s'accompagne de l'émission d'un photon. L'émission de lumière par une diode électroluminescente est ainsi un phénomène quantique.



QUESTIONS :

1. Quel type de conversion d'énergie la diode effectue-t-elle ?

2. Quel mécanisme est responsable de l'émission de lumière ?

3. Sachant que $1 \text{ J} = 1 \text{ C.V}$, montrer que la tension U aux bornes de la diode est reliée à l'énergie électrique d'un électron traversant la jonction. *Donnée : Charge élémentaire $e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$*

4. Quelle est la relation entre la longueur d'onde λ émise et l'énergie d'un photon ayant cette longueur d'onde. En déduire le lien théorique entre λ et U .

5. Cette émission de lumière se produit-elle quelle que soit la tension imposée par le générateur ?

B. COMMENT MESURER LA TENSION DE SEUIL D'UNE DEL ?

- ✓ A l'aide d'un générateur de tension continue réglable, d'une résistance de protection et de deux multimètres, vous devez mesurer la tension de seuil de la DEL dont vous disposez. Pour cela, vous tracerez la caractéristique (comme en 1^{ère} S) du composant DEL.

La caractéristique d'un dipôle est le graphe établissant la relation entre la valeur de l'intensité dans le dipôle et la tension appliquée à ses bornes. C'est donc le graphe $u = f(i)$ ou $i = f(u)$.

- ✓ Représenter le schéma normalisé du montage permettant de faire les mesures nécessaires au tracé de la caractéristique *intensité-tension* de la DEL dont vous disposez.

- ✓ Mesurer simultanément la tension et l'intensité pour des valeurs de **tension délivrée par le générateur** comprises entre 0 et le maximum accessible. Placer vos résultats dans un tableau.

- ✓ Tracer, à l'aide de **Regressi**, la caractéristique et en déduire la valeur de la tension de seuil U_S recherchée. Noter l'ensemble des résultats (en estimant l'incertitude) pour chacune des DEL dans un tableau :

DEL	$U_S = \dots \pm \dots$	$U_S = \dots \pm \dots$
diode <i>bleue</i>		
diode <i>orange</i>		
diode <i>verte</i>		
diode <i>jaune</i>		
diode <i>rouge</i>		

C. COMMENT MESURER LA LONGUEUR D'ONDE DE LA LUMIÈRE ÉMISE PAR LA DEL ?

Voici les caractéristiques des DEL utilisées, données par le constructeur :

DEL	longueurs d'onde de la lumière émise
diode <i>bleue</i> ML50B23H	465nm
diode <i>orange</i> LTL2H3VFKNT	605nm
diode <i>verte</i> LTL2R3TGK	525nm
diode <i>jaune</i> LTL2P3SYK	590nm
diode <i>rouge</i> LTL2P3SEK	630nm

On se propose de vérifier ces valeurs à l'aide d'un spectromètre numérique.

La lumière à analyser est transmise au spectromètre par l'intermédiaire d'une fibre optique. Elle est alors décomposée par un réseau puis focalisée vers une barrette CCD, sur laquelle se forme le spectre. La barrette CCD fournit un signal électrique reproduisant l'intensité lumineuse perçue par ses pixels. Ce signal analogique est converti en signal numérique et transmis à l'ordinateur. Les données sont alors traitées par un logiciel qui, connaissant la courbe d'étalonnage du spectromètre, affiche la courbe d'intensité spectrale $I = f(\lambda)$.

- ✓ Tracer l'allure de la courbe d'intensité spectrale obtenue pour les diodes.

Terminale S

- ✓ Expliquer comment on peut en déduire la longueur d'onde de la lumière émise et les incertitudes liées à cette mesure. *Le représenter sur le schéma précédent.*

D. COMMENT DÉTERMINER LA CONSTANTE DE PLANCK ?

1. Quelle relation trouvée au paragraphe A. fait intervenir la constante de Planck ?

2. Déduire une ***estimation*** de la constante de Planck à partir de l'ensemble des résultats de mesure obtenus pendant la séance. *Vous préciserez clairement les étapes de votre raisonnement.*