

Détermination de la constante de Planck

L'attribution du Prix Nobel 2014 a permis, encore une fois, de mettre en lumière les avancées scientifiques et technologiques liées à la physique quantique. Les théories quantiques ont aujourd'hui trouvé des applications partout autour de nous.

Le but de ce TP est de découvrir le principe de fonctionnement d'une LED et de déterminer une valeur approchée de la constante de Planck.

Document 1 :

Le prix Nobel de physique attribué aux inventeurs de la LED bleue

Le Monde, 07.10.2014

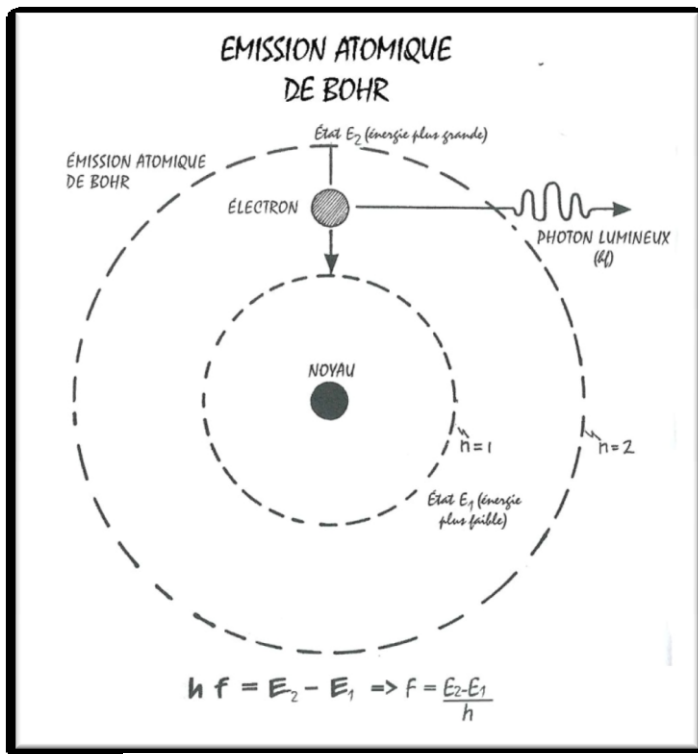
Le prix Nobel de physique a été attribué, mardi 7 octobre, aux Japonais Isamu Akasaki et Hiroshi Amano, et à l'Américain Shuji Nakamura, inventeurs de la diode électroluminescente (LED) bleue. M. Akasaki est professeur à l'université de Nagoya, tout comme M. Amano. Shuji Nakamura est lui professeur à l'université de Californie à Santa Barbara.

Alors que les diodes rouges et vertes existent depuis un demi-siècle, la découverte d'une composante bleue en 1992 a permis la mise au point de sources de lumière blanche beaucoup moins consommatrices d'énergie que les éclairages traditionnels et de développer des disques optiques de plus grande capacité. La diode bleue permet aussi d'éclairer les écrans à cristaux liquides (télévision, smartphones, tablettes).

[...]

Le comité Nobel rappelle ainsi que les lampes à diode issue des travaux des trois lauréats offrent un rendement lumineux pouvant atteindre 300 lumens par Watt (l/W), contre respectivement 70 l/W et 16 l/W pour les tubes fluorescents (néons) et les ampoules à incandescence. La lampe à huile offrant 0,1 l/W.

Document 2 :



« Si quelqu'un vous dit qu'il sait ce que $E = h.f$ veut dire, dites lui que c'est un menteur ! »

Albert Einstein

« Celui qui croit avoir compris la mécanique quantique prouve par là-même qu'il n'a pas compris. »

Niels BOHR

Alors, n'hésitez pas à poser des questions à votre professeur ;-)

*La physique quantique sans aspirine,
J-P McEvoy, Oscar Zarate*

Document 3 :

Les LED rouges et vertes sont commercialisées depuis les années 1960. Mais une interrogation demeurerait : comment obtenir le blanc des lampes traditionnelles ? La réponse, trouvée par les trois chercheurs nobélisés, consistait à ajouter du bleu – le blanc étant obtenu par l'addition du rouge, du vert et du bleu. Or, c'est la lumière bleue qui "représente les photons qui ont le plus d'énergie dans le visible", comme l'explique Jean-Luc Pelouard, chercheur au CNRS.

L'enjeu – et la difficulté – était donc de trouver un matériau conducteur qui soit capable de faire faire aux électrons un saut suffisamment grand pour produire des photons à forte teneur énergétique. Résultat : les lampes à LED bleue offrent un fort rendement, qui peut atteindre jusqu'à 300 lumens par Watt (l/W), soit bien plus que les tubes fluorescents (70 l/W) et que les lampes à incandescence (16 l/W).

<https://www.lenergieenquestions.fr/le-prix-nobel-de-physique-consacre-les-inventeurs-de-la-led-bleue/>

Document 4 :



La relation [...] de Planck, est une relation de base de la mécanique quantique. Elle traduit le modèle corpusculaire de la lumière (ou plus généralement de toute onde électromagnétique) en permettant de calculer l'énergie transportée par un photon.

Cette relation s'écrit simplement :

$$E = h \times f$$

https://fr.wikipedia.org/wiki/Relation_de_Planck-Einstein

Travail à effectuer :

1. Pourquoi l'invention de la LED bleue est-elle une invention révolutionnaire ? Citer au moins deux raisons. **APP**
2. En vous appuyant sur les documents, expliquer ce qui se passe à l'échelle atomique lors de l'émission d'un quantum de lumière ? **APP**
3. Il existe un lien très fort entre énergie lumineuse et la longueur d'onde d'une radiation monochromatique. **En vous appuyant sur les différents documents**, écrire un paragraphe argumenté de 10 lignes maximum permettant de le prouver. **COM**
4. Quelle a été la difficulté rencontrée par les chercheurs pour mettre en place la LED bleue ? Pourquoi ? **APP**

APPEL n°1



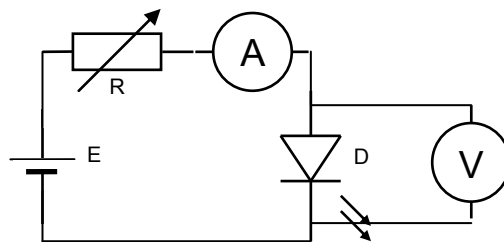
Appeler le professeur pour vérifier les réponses aux questions



Matériel mis à disposition :

- (1) 1 DEL de couleur déterminée (capot transparent)
- (2) Générateur de tension continue
- (3) 2 multimètres
- (4) Une résistance variable ou rhéostat de 10kΩ environ
- (5) Fils de connexion
- (6) Un spectromètre (facultatif)

A l'aide du matériel mis à votre disposition et du schéma ci-dessous, mettre en œuvre le montage permettant de tracer la caractéristique de votre DEL. **ANA, REA**



APPEL n°2		
	Appeler le professeur pour vérifier la mise en œuvre du montage	



1. Faire varier la valeur de la résistance, observer la valeur de l'intensité et de la tension. Conclure. **ANA**
2. Compléter le tableau suivant : **VAL**

U (.....)										
I (.....)										

U (.....)										
I (.....)										

3. Tracer sur la feuille de papier millimétré fournie en annexe la caractéristique de la LED étudiée. **VAL**
4. En déduire l'équation de la droite ainsi obtenue. **VAL**
5. Par lecture graphique, déterminer les coordonnées (I_a , U_a) du point correspondant à l'activation (allumage) de la DEL et compléter le tableau ci-dessous : **ANA**

DEL	λ _{émission} (m)	1 / λ _{émission}	U _a (V)
Couleur :			

APPEL n°3		
	Appeler le professeur pour vérifier la modélisation de la caractéristique de la LED	

1. Chaque groupe a travaillé sur une LED différente. Regroupons les résultats dans le tableau ci-dessous :

DEL	Bleue	Verte	Rouge	Rouge
$\lambda_{\text{émise}} \text{ (m)}$				
$\frac{1}{\lambda_{\text{émise}}}$				
$U_a \text{ (V)}$				

Il existe une relation entre la tension d'activation U_a et l'énergie du photon émis par la DEL. En effet, au point d'activation de la DEL, l'énergie électrique fournie à la DEL est tout juste suffisante pour émettre une radiation lumineuse de couleur déterminée. Cette relation est la suivante :

$$U_a = \frac{E_{\text{photon}}}{|q|} + \frac{k}{|q|}$$

Où :

- q est la charge de l'électron $|q(e^-)| = e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
- k est une constante commune à toutes les DEL

- 1) Donner la relation reliant l'énergie d'un photon à la fréquence f (de la radiation monochromatique) **APP**
- 2) Exprimer maintenant E_{photon} en fonction de h et de $\lambda_{\text{émise}}$. **APP**
- 3) Remplacer dans la relation encadrée, E_{photon} par l'expression trouvée à la question 2. **APP**

Nous obtenons une relation du type $U_a = f\left(\frac{1}{\lambda}\right)$

APPEL n°4



Appeler le professeur pour vérifier les réponses aux questions



- 4) Quelle est la valeur théorique du coefficient directeur de cette droite ? **ANA**
- 5) En reprenant les valeurs du tableau, tracer $U_a = f\left(\frac{1}{\lambda}\right)$ **VAL**
- 6) Déterminer l'équation de cette droite. Que vaut alors le coefficient directeur que l'on notera a . **VAL**
- 7) On sait que :

$$a = \frac{h \cdot c}{q(e^-)}$$

donc

$$h = \frac{a \cdot q(e^-)}{c}$$

En déduire la valeur de la constante de Planck h ! **VAL**

- 8) Calculer l'écart relatif notée e entre la valeur théorique de la constante de Planck $h_{\text{th}} = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$ et la valeur obtenue expérimentalement h_{exp} . Conclure. **VAL**

$$e = \frac{|h_{\text{th}} - h_{\text{exp}}|}{h_{\text{th}}}$$

APPEL n°5



Appeler le professeur pour vérifier la validation du modèle



Grille d'évaluation

	ANALYSER	REALISER	S'APPROPRIER	VALIDER	COMMUNIQUER
Appel n°1			Q1. 2. 4.		Q3
Appel n°2					
Appel n°3	Q5			Q1. 2. 3. 4.	
Appel n°4			Q1. 2. 3.		
Appel n°5	Q4			Q5. 6. 7. 8.	

*Cette grille est indicative.
On pourra choisir de valider certaines compétences plutôt que d'autres.*