

Examen IPhO : Diode électroluminescente et lampe de poche

1 Emission de lumière par une diode électroluminescente

1.1 Couleur émise

1- Le graphe suivant permet d'écrire que $V_F = \frac{a}{\lambda} + b$, où $a = 8.10^{-7}$ et $b = 0,59$.

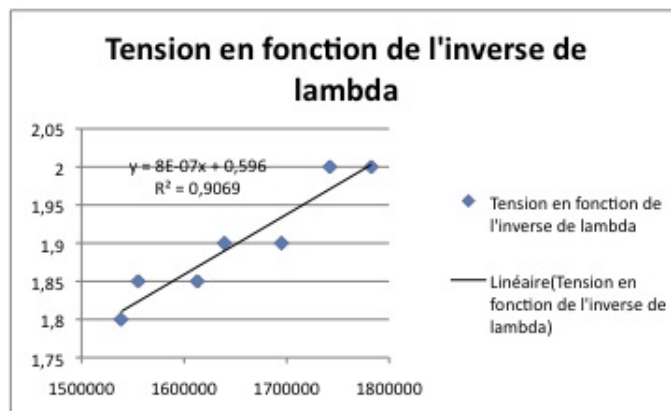


FIGURE 1: Tension vs $\frac{1}{\lambda}$ pour les DEL AsGa

2- $eV_F = \frac{hc}{\lambda}$

3- $h = \frac{8.10^{-7} \cdot 1,6.10^{-19}}{3.10^8} = 4,3.10^{-34} \text{ J.s.}$ Avec la courbe tracée, on peut jouer avec la règle pour se donner un intervalle de confiance pour le coefficient directeur, je trouve quelque chose entre 6.10^{-7} et 1.10^{-6} . Ce qui me donne une incertitude relative de 20%, qui se répercute sur h .

1.2 Efficacité d'une diode électroluminescente

4- L'énergie d'un photon à 620 nm est de $3,20.10^{-19} \text{ J} = 2 \text{ eV}$. Une puissance de 16 mW correspond à $4,99.10^{16}$ photons par seconde.

5- Une puissance de 16 mW est atteinte avec un courant de 50 mA, soit $3,12.10^{17}$ électrons par seconde. Cela donne un rendement d'environ 16%.

6- Le rendement énergétique est $\frac{16 \text{ mW}}{V_F \cdot 50.10^{-3}} = 0,17$ soit 17%. Une ampoule à filament c'est plutôt 5% et un laser à peine 1%.

2 Alimentation de la LED par une batterie

2.1 Analyse d'une pile électrique

7- $6,53 \cdot 10^{22}$ électrons. Une LR06 c'est un cylindre de 5 cm de hauteur et 1,4 cm de diamètre soit un volume de $7,7 \cdot 10^{-6} m^3$, soit $7,7 cm^3$. Le volume occupé par un électron est de $1,18 \cdot 10^{-28} m^3$. Taille d'un atome $10^{-30} m^3$, taille d'une cellule $10^{-18} m^3$. Chaque électron de la pile porté par une grosse molécule...

8- Avec une fem de 0,8V, cela donne $0,8 * 2,9 * 3600$ soit $8,35 kJ$.

2.2 Modèle cinétique d'une pile

9- On obtient les équations de taux suivantes : $\frac{dy_1}{dt} = -I + k(h_2 - h_1)$, et $\frac{dy_2}{dt} = -k(h_2 - h_1)$.

10- On évalue la durée de la pile en écrivant que y_1 devient nul pour $t=T$. En supposant $k'T \gg 1$, on trouve $T = \frac{y_0}{I} - \frac{1-c}{ck'}$.

Ainsi on identifie le premier terme à la durée de vie théorique $\frac{y_0}{I}$; et la durée réelle est diminuée d'un terme dépendant de la cinétique de la réaction $\frac{1-c}{ck'}$.

11- Pour la pile débitant à 500 mA, la figure 4 donne la capacité y_0 égale à 1,9Ah, soit une durée de vie maximale de $1,9/0,5 = 3,8$ heures. Or le constructeur donne 3,2 heures, en supposant le modèle valable, on peut évaluer le terme $\frac{1-c}{ck'} = 0,6 * 3600$, avec $k'=1,15 \cdot 10^{-4}$, on trouve $c=0,5$.

2.3 La lampe torche

La lampe torche à LED étudiée ici a les caractéristiques suivantes :

- 1 LED blanche,
- fonctionne avec trois piles LR06,
- puissance lumineuse de 100 lumens (la documentation technique de cette LED est résumée sur les deux graphes suivants),
- autonomie à 100 lumens : 3 h,

12- La LED fonctionnant à 100 lumen nécessite un courant de 250 mA. Donc la capacité maximale d'une pile LR6 à ce courant est donné par la figure 4 et vaut environ 2050mAh. Comme le coefficient c vaut 0,5, cela donne une capacité disponible de 1025 mAh soit une énergie de 2952J. Pour 3 piles, cela donne 8856J.

13- La puissance électrique consommée par la LED est de $U * I = 2,9 * 0,25 = 0,725$ W. (on lit la tension sur la figure 7 et le courant sur la figure 6)

14- On trouve 3,4 heures, alors que le constructeur annonce 3 heures. Le fait que l'on trouve plus que l'autonomie annoncée peut s'expliquer par la non prise en compte de la puissance perdue par effet Joule dans la résistance. Par ailleurs, les piles ne fonctionnent certainement pas à 0,8V, mais délivrent une fem plus proche de 1,2V... Il faudrait avoir la même figure qu'en 4 mais à une fem de 1,2V ou 1,5V même, mais je n'en ai pas trouvé.

2.4 Branchement électrique d'une ou plusieurs LEDs

15- On trouve une résistance de 265 ohms pour un courant de 10mA circulant dans le LED qui possède une tension nominale de 1,85V.

16- Par symétrie, la LED E ne brille pas du tout, et les autres LEDs ont la même intensité lumineuse. $R=(12-2*1,85)/0,01=4440$ ohms.

17- Enlever la LED E ne change rien. Enlever la LED A éteint la LED B également (coupe circuit), et la LED C et D deviennent deux fois plus brillantes car le courant est deux fois plus grand (on suppose que l'on reste dans des conditions de fonctionnement linéaire entre le courant et l'intensité lumineuse).