

DEL – ÉMISSION LUMINEUSE ET CONSTANTE DE PLANCK

Objectif : Détermination expérimentale de la constante de Planck h en utilisant les propriétés électriques des DEL (Diode électroluminescente) et les caractéristiques de la lumière émise.

I. DEL ET ÉMISSION LUMINEUSE

1. Comportement électrique

Les DEL sont des dipôles qui émettent de la lumière lorsqu'elles sont parcourues par un courant électrique. À l'instar des diodes, elles possèdent les caractéristiques électriques ci-dessous :

- x Le courant électrique ne peut y circuler que dans un sens.
- x Le courant électrique ne circule que si la tension aux bornes de la DEL est supérieure à un seuil dépendant de sa structure : **la tension de seuil U_{seuil}** .
- x Si $U > U_{\text{seuil}}$, alors $I > 0$.
- x Si $U < U_{\text{seuil}}$, alors $I = 0$.

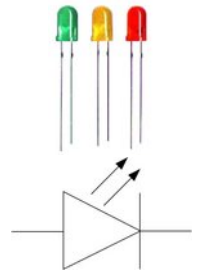


Illustration 1 : Trois DEL courantes et schéma normalisé du dipôle

La valeur de la tension de seuil peut se déterminer graphiquement à l'aide de la **caractéristique** de la DEL. La caractéristique de la DEL est la représentation graphique des variations de l'**intensité I** qui la traverse en fonction de la **tension U** appliquée à ses bornes.

Une bonne approximation de la tension de seuil est donnée par l'intersection entre la droite prolongeant la partie linéaire de la caractéristique et l'axe des abscisses.

Qualitativement, la tension de seuil peut être considérée comme la valeur de la tension à dépasser pour que la DEL commence à émettre significativement de la lumière.

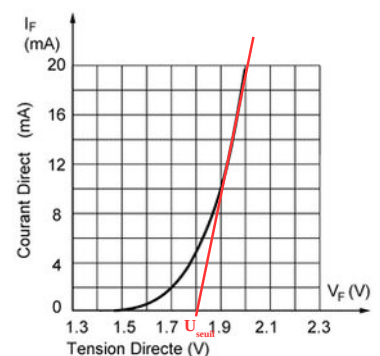


Illustration 2 : Détermination graphique de la tension de seuil

2. Mécanisme de l'émission de lumière dans une DEL

Le spectre d'émission d'une DEL présente un pic caractéristique d'une finesse suffisante pour qu'on considère l'émission lumineuse **MONOCHROMATIQUE**. La longueur d'onde associée à la DEL correspond au maximum d'intensité spectrale : ci-contre $\lambda = 567 \text{ nm}$.

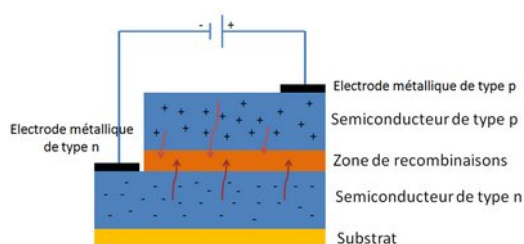


Illustration 4 : Schéma de principe d'une DEL

Dans un semi-conducteur, les électrons peuplent spontanément la bande de valence : ils sont liés au solide et ne peuvent pas participer à la conduction du courant électrique. Si on leur apporte l'énergie suffisante pour peupler la bande de conduction, le courant peut circuler.

Une DEL est constituée d'une jonction entre deux semi-conducteurs de types différents. Lorsque la tension électrique est supérieure U_{seuil} des électrons passent dans la bande de conduction et du courant circule. Les électrons (-) et « trous » (+) migrent en sens inverse et se rencontrent dans la zone de recombinaison.

L'émission de lumière est un phénomène quantique qui se produit lors de la rencontre d'un électron avec un trou. L'électron cède une énergie équivalente à ce qu'il avait reçu pour passer dans la bande de conduction : il y a émission d'un photon d'énergie $h \times \nu$. On peut par ailleurs montrer que l'énergie fournie à l'électron lors du passage de la bande de valence à la bande de conduction est $e \times U_{\text{seuil}}$, avec $e \approx 1,602 \times 10^{-19} \text{ C}$, charge électrique élémentaire.

On a donc égalité entre ces deux énergies : $e \times U_{\text{seuil}} = h \times \nu$.

ON SE PROPOSE D'EXPLOITER CETTE ÉGALITÉ POUR RETROUVER LA VALEUR DE LA CONSTANTE DE PLANCK.

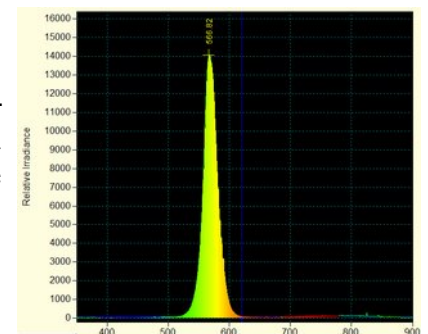


Illustration 3 : Spectre d'une DEL verte avec un maximum d'émission à 567 nm

II. MONTAGE ET PRISE DE MESURES

Le montage doit permettre d'effectuer toutes les mesures nécessaires au tracé de la caractéristique de la DEL afin de déterminer la valeur de sa tension de seuil.

Les longueurs d'onde de chaque DEL seront mesurées au bureau à l'aide d'un spectroscope.

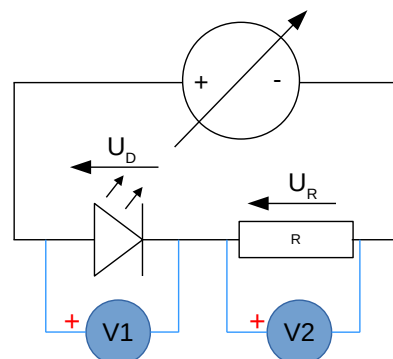


Illustration 5 : Schéma normalisé du montage

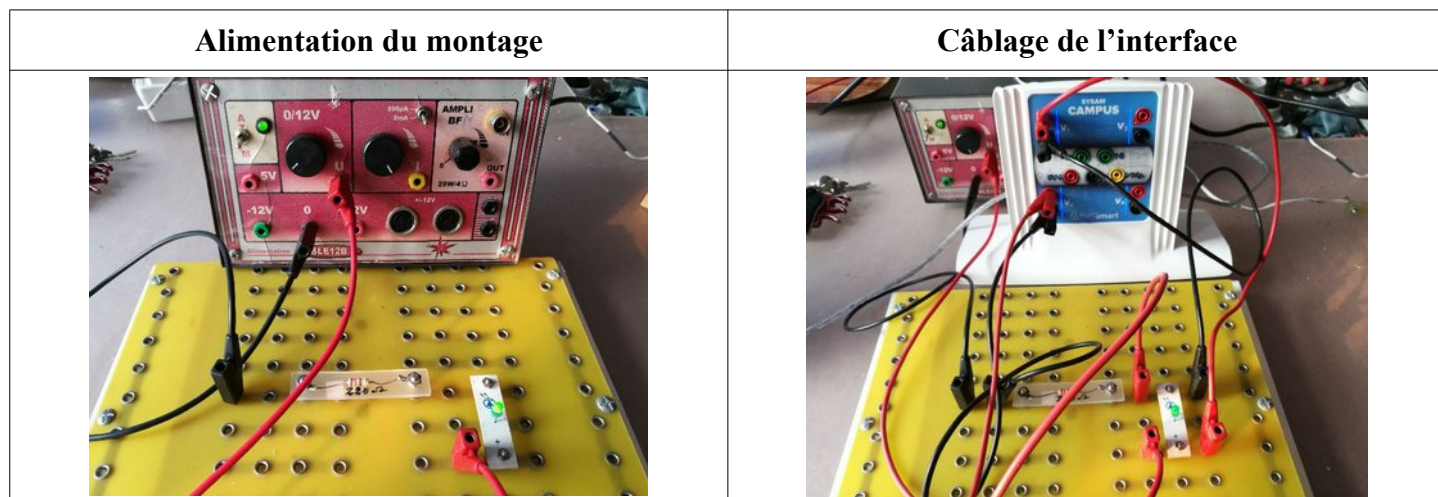
1. Montage



NE PAS METTRE VOTRE MONTAGE SOUS TENSION TANT QU'IL N'A PAS ÉTÉ VÉRIFIÉ.

La DEL est montée en série avec une résistance de $220\ \Omega$. **Attention à sa polarité.**

Chaque groupe effectuera plusieurs mesures avec des DEL de couleurs différentes.



- ✗ L'entrée **V1** de l'interface mesure **la tension aux bornes de la DEL**.
- ✗ L'entrée **V2** de l'interface mesure **la tension aux bornes de la résistance** (c'est équivalent à la mesure de l'intensité qui circule).

2. Paramétrage de Latis Pro et prise de mesures

On configure LATIS PRO de façon à mesurer simultanément **V1** et **V2** (cliquer sur les voies correspondantes).

On réalise une acquisition **pas-à-pas**, avec comme abscisse la tension aux bornes de la DEL (**V1**).

Visualiser la vidéo explicative pour réaliser les mesures et les exploiter : <https://link.infini.fr/SeuilDEL>

Rappel : on peut aussi lancer l'acquisition des mesures en pressant la touche **F10**.

- ✗ Pour prendre une mesure, ajuster la tension avec le bouton de réglage, attendre la stabilisation des valeurs et presser sur la touche ENTRÉE.
- ✗ Il faut avoir un nombre significatif de mesures **au-delà de la tension de seuil** pour exploiter efficacement la courbe.



QR_Code 1 : Scannez pour accéder à la vidéo explicative

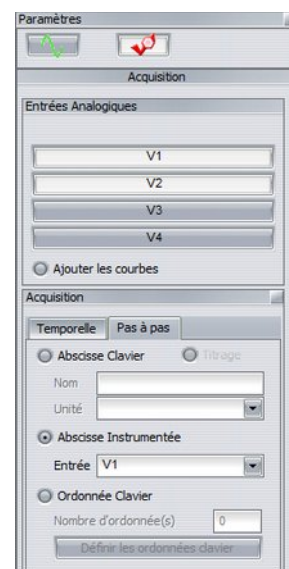


Illustration 6 : Paramétrage de l'acquisition

III. EXPLOITATION ET CONCLUSION

À partir de la caractéristique de la DEL et en vous aidant de la méthode décrite dans la vidéo explicative, déterminez la tension de seuil U_{seuil} de votre DEL. Consignez votre résultat.

Passer au bureau avec votre DEL afin de mesurer la longueur d'onde λ de la lumière émise. Noter cette valeur.

On reprend l'égalité entre l'énergie du photon émis et l'énergie communiquée à un électron pour le faire passer dans la bande de conduction : $e \times U_{\text{seuil}} = h \times \nu$.

1. Exprimez U_{seuil} en fonction de la fréquence ν .
2. D'après cette expression, quelle allure doit posséder la représentation graphique de U_{seuil} en fonction de la fréquence ν ?
3. Quelle est l'EXPRESSION LITTÉRALE du coefficient directeur a de cette droite ?
4. Consigner vos résultats et ceux de l'ensemble du groupe dans la feuille de calcul collaborative accessible à cette adresse : <https://link.infini.fr/Planck-24-25>

La représentation graphique de U_{seuil} en fonction de f se trace au fur et à mesure, ainsi que la modélisation mathématique de la relation.

5. Une fois toutes les valeurs entrées, noter la valeur du coefficient directeur a donnée par le tableur et en déduire la valeur de la constante de Planck déterminée expérimentalement h_{exp} , sans l'arrondir dans un premier temps.
6. On peut montrer que l'incertitude type sur la valeur de h $u(h)$ s'exprime en fonction de l'incertitude type sur le coefficient directeur $u(a)$ par $u(h) = e \times u(a)$.
Calculer la valeur de $u(h)$ et l'arrondir à un seul chiffre significatif.

Présenter alors le résultat final de h_{exp} , avec le nombre de chiffres significatifs en accord avec la valeur de l'incertitude type.

7. Cette valeur vous semble-t-elle compatible avec la valeur théorique de la constante de Planck :

$$h = 6,62607015 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$$

Argumentez brièvement à partir de la valeur trouvée et de l'incertitude type associée.