

La physique des DELs : Comment estimer la valeur de la constante fondamentale 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...

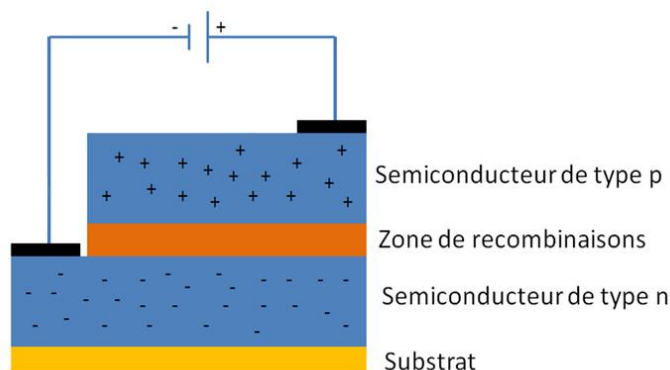
Dans ce composant, l'énergie électrique est convertie directement en lumière au sein d'un matériau semi-conducteur.

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 .

1. Émission de lumière par une DEL [Émission quantique]

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.



Lorsqu'un électron passe de la zone dopée n à la zone dopée p, il y a émission d'un photon au niveau de la zone de recombinaisons.

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) D'où l'énergie des photons émis provient-elle ? Quelle est l'expression de cette énergie en fonction de la longueur d'onde λ émise ?

L'énergie électrique d'un électron traversant la jonction est reliée à la tension U aux bornes de la diode. Cette énergie a pour expression $E_{\text{électron}} = e \times U$.

- 3) En déduire la relation mathématique entre λ et U .
- 4) Cette émission de lumière se produit-elle quelle que soit la tension imposée par le générateur ?

une démarche expérimentale]

La tension de seuil modélise la tension à partir de laquelle l'énergie des électrons est suffisante pour passer la jonction, c'est donc la tension minimale pour que le courant circule dans la DEL et qu'il y ait émission de lumière.

A l'aide d'un générateur de tension continue réglable, d'une résistance de protection et de deux multimètres, mesurer la tension de seuil de la DEL dont vous disposez à partir de sa caractéristique intensité-tension $I = f(U)$.

Une caractéristique intensité-tension est un graphe permettant de savoir quelle sera la valeur de l'intensité dans le dipôle pour une tension donnée appliquée à ses bornes, et réciproquement.

Pour la tracer, on doit mesurer simultanément la tension aux bornes du dipôle et l'intensité du courant qui le traverse.

3. Mesure de la longueur d'onde de la lumière émise par la DEL

[Mettre en œuvre une démarche expérimentale]

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

DEL	longueurs d'onde de la lumière émise
diode bleue ML50B23H	465nm
diode orange LTL2H3VFKNT	605nm
diode verte LTL2R3TGK	525nm
diode jaune LTL2P3SYK	590nm
diode rouge 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.
- ✓ Expliquer comment on peut en déduire la longueur d'onde de la lumière émise.

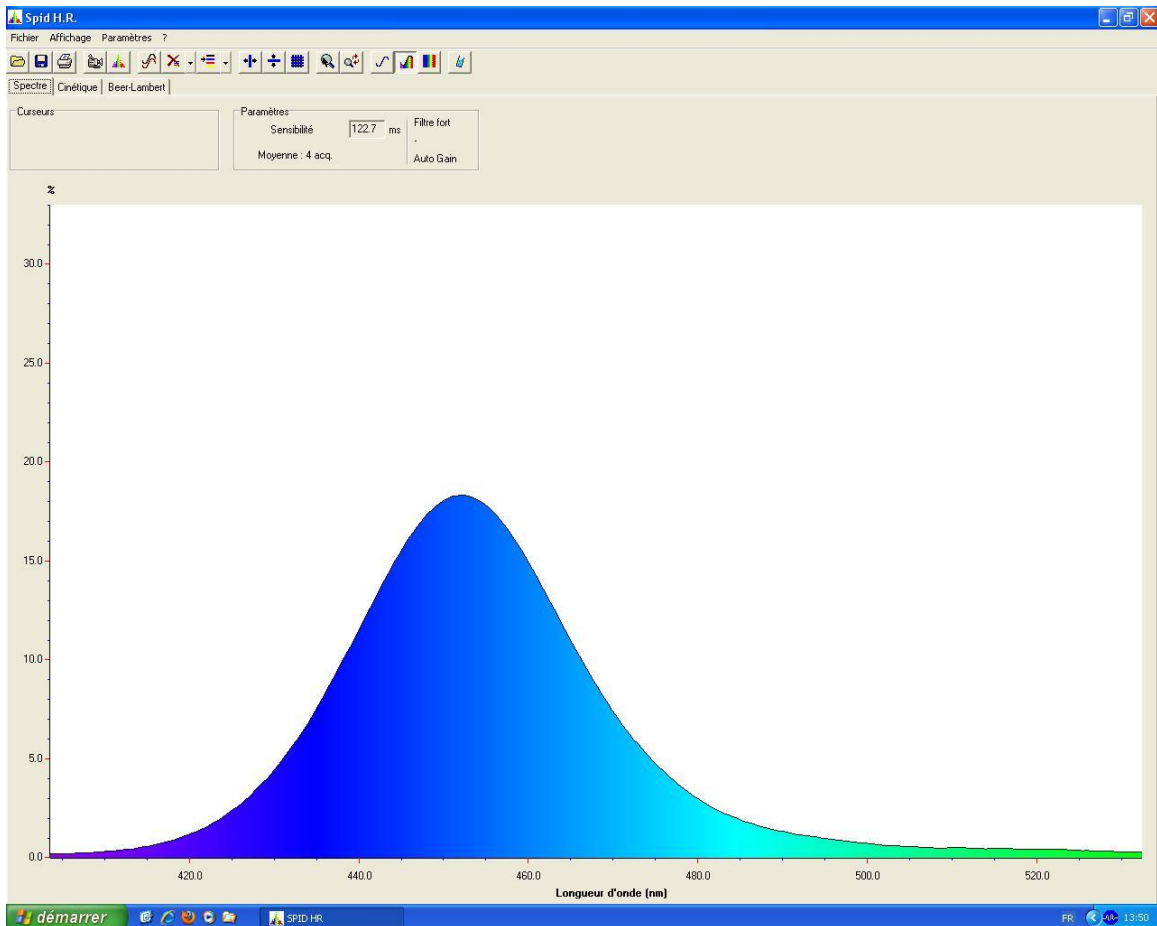
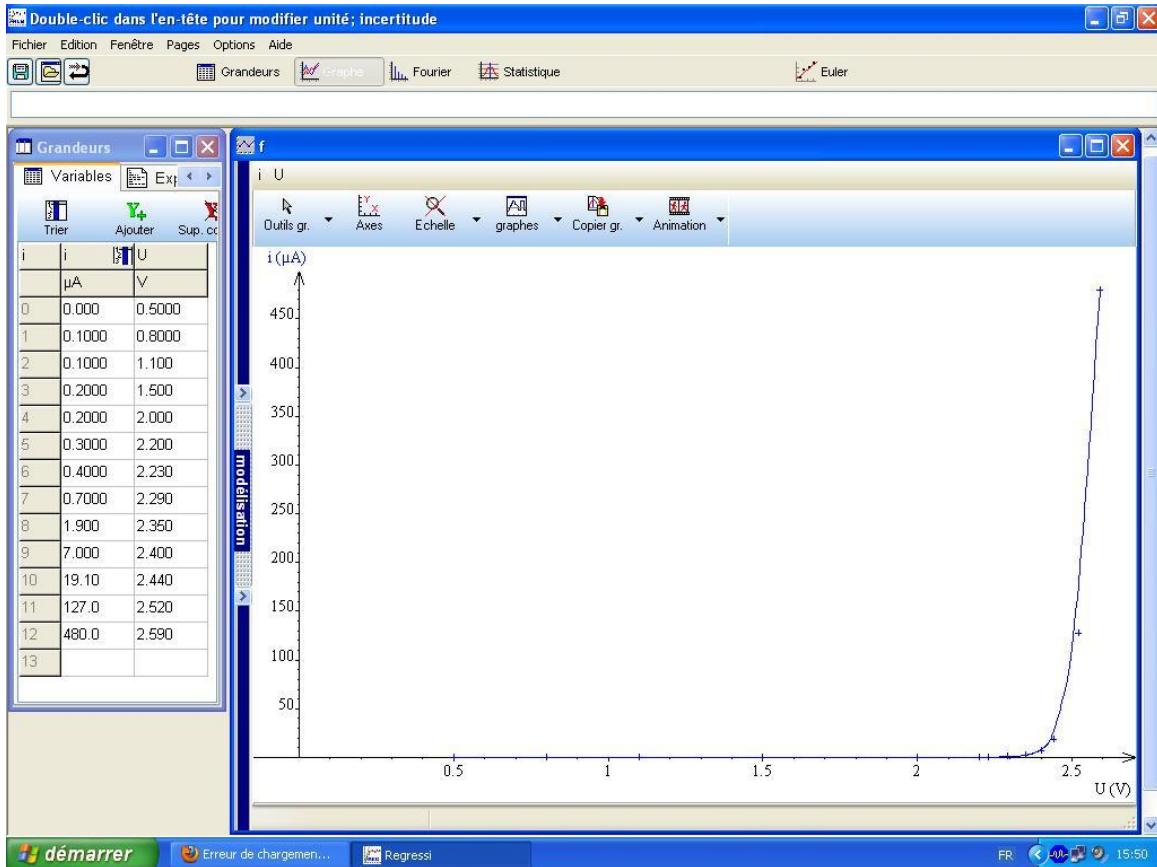
4. Détermination de la constante de Planck

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

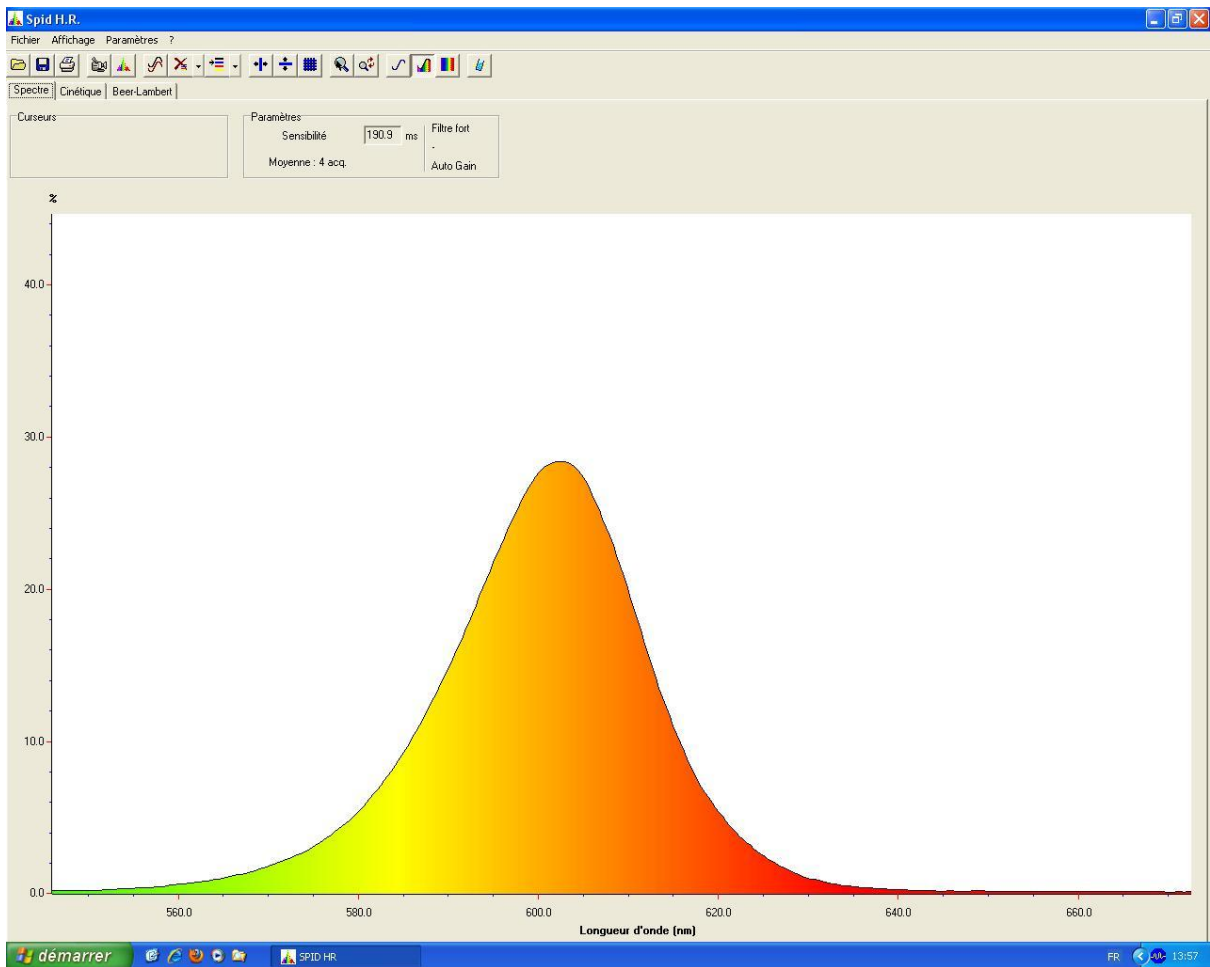
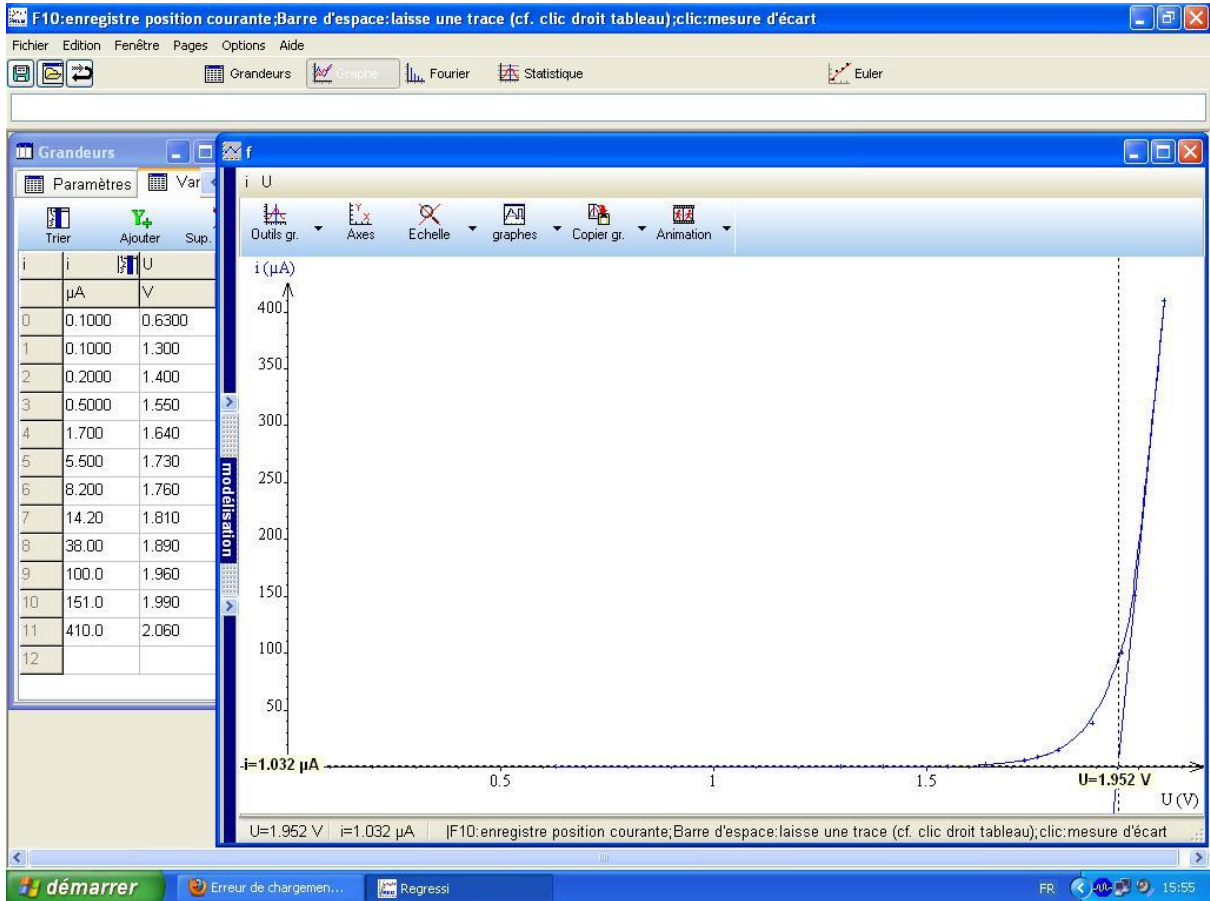
Déduire une estimation de la constante de Planck de l'ensemble des résultats de mesure obtenus pendant la séance.

Annexe : caractéristiques $I=f(U)$ et spectres obtenus pour les cinq diodes

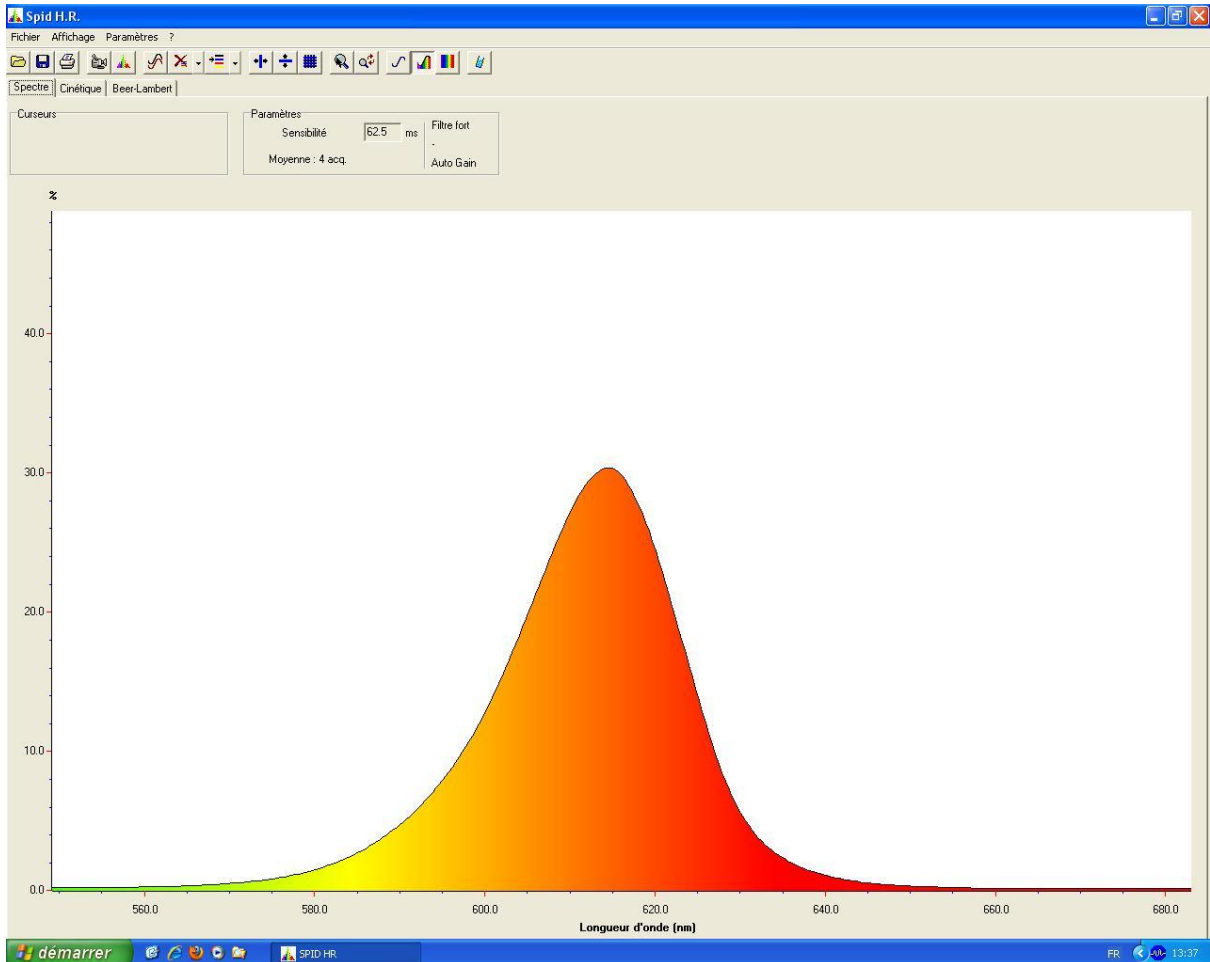
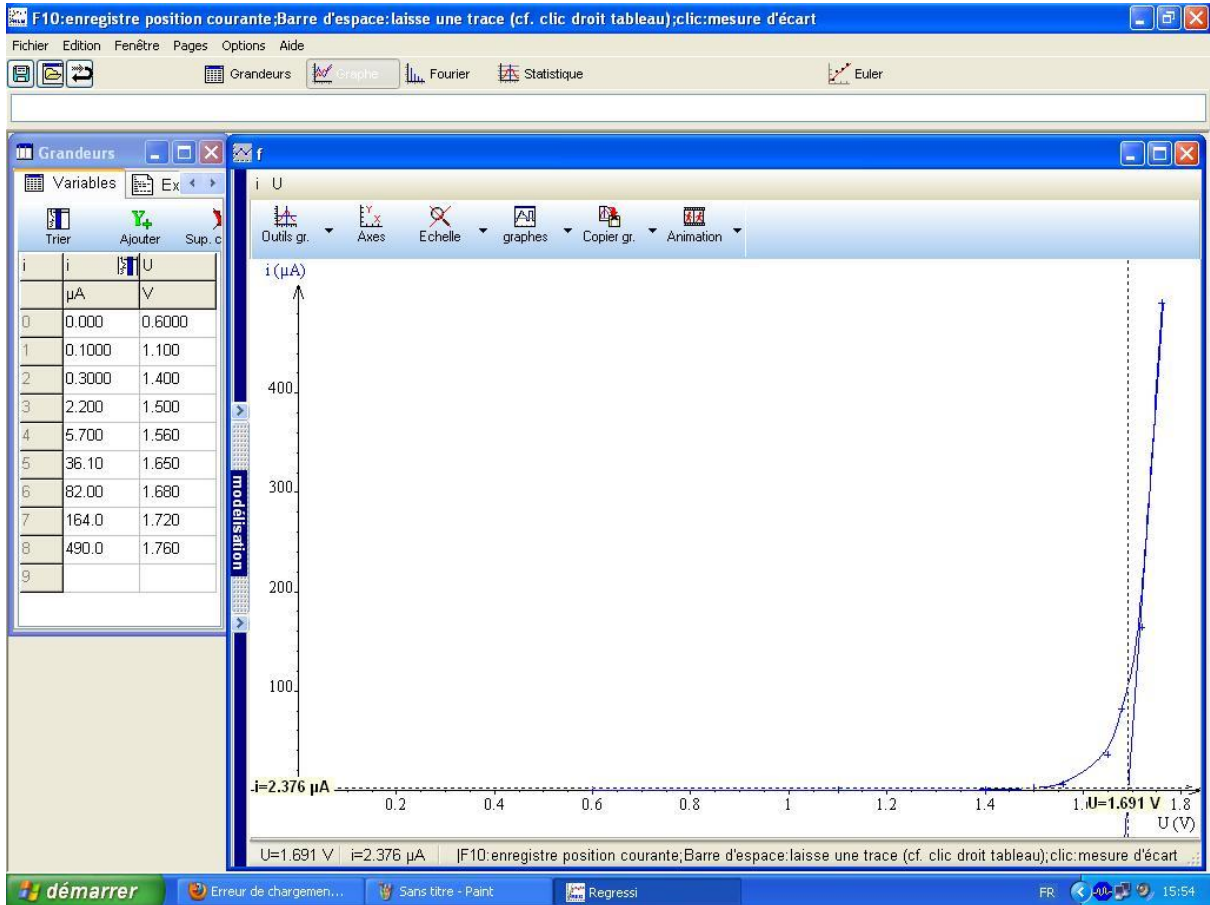
Diode bleue ML50B23H



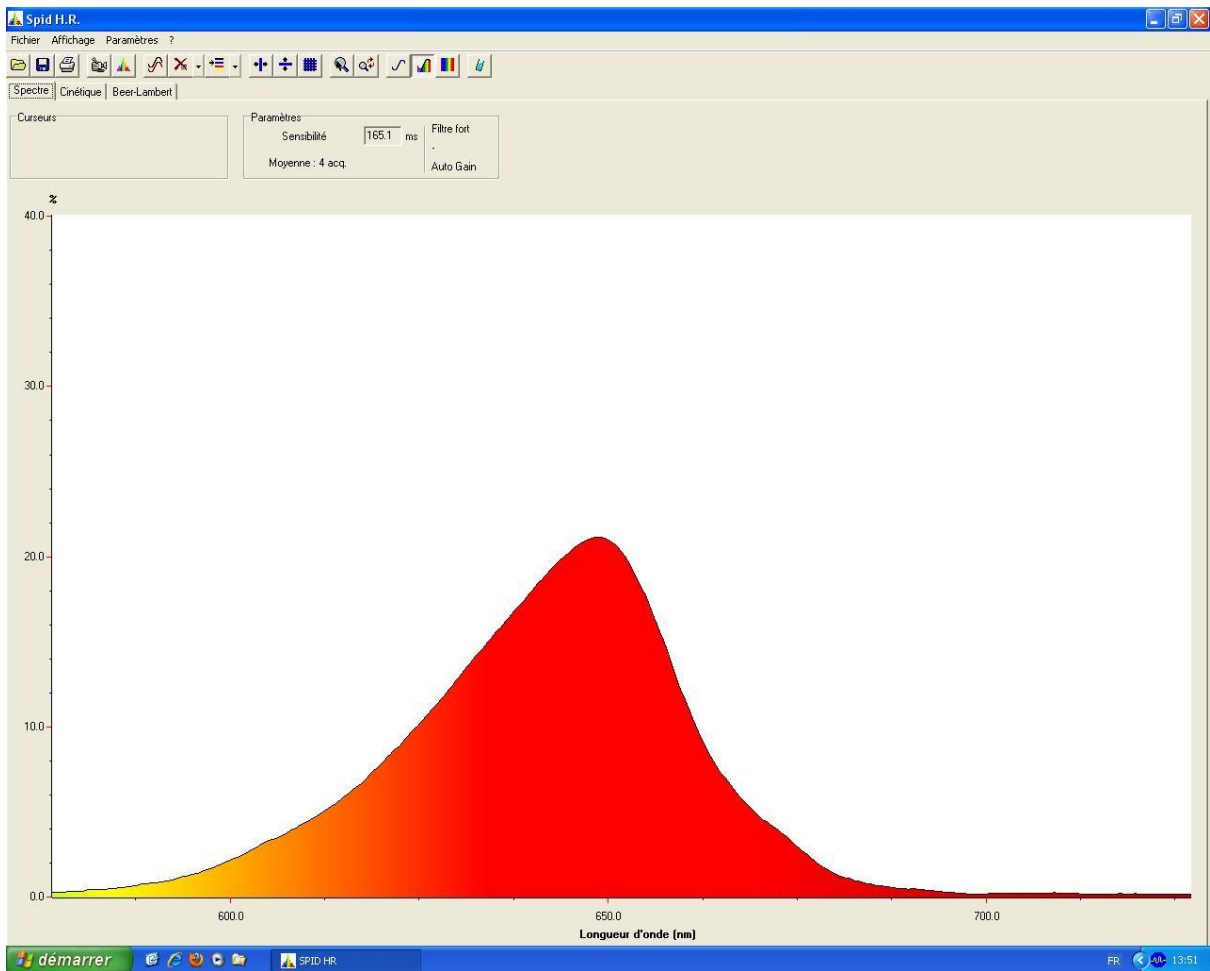
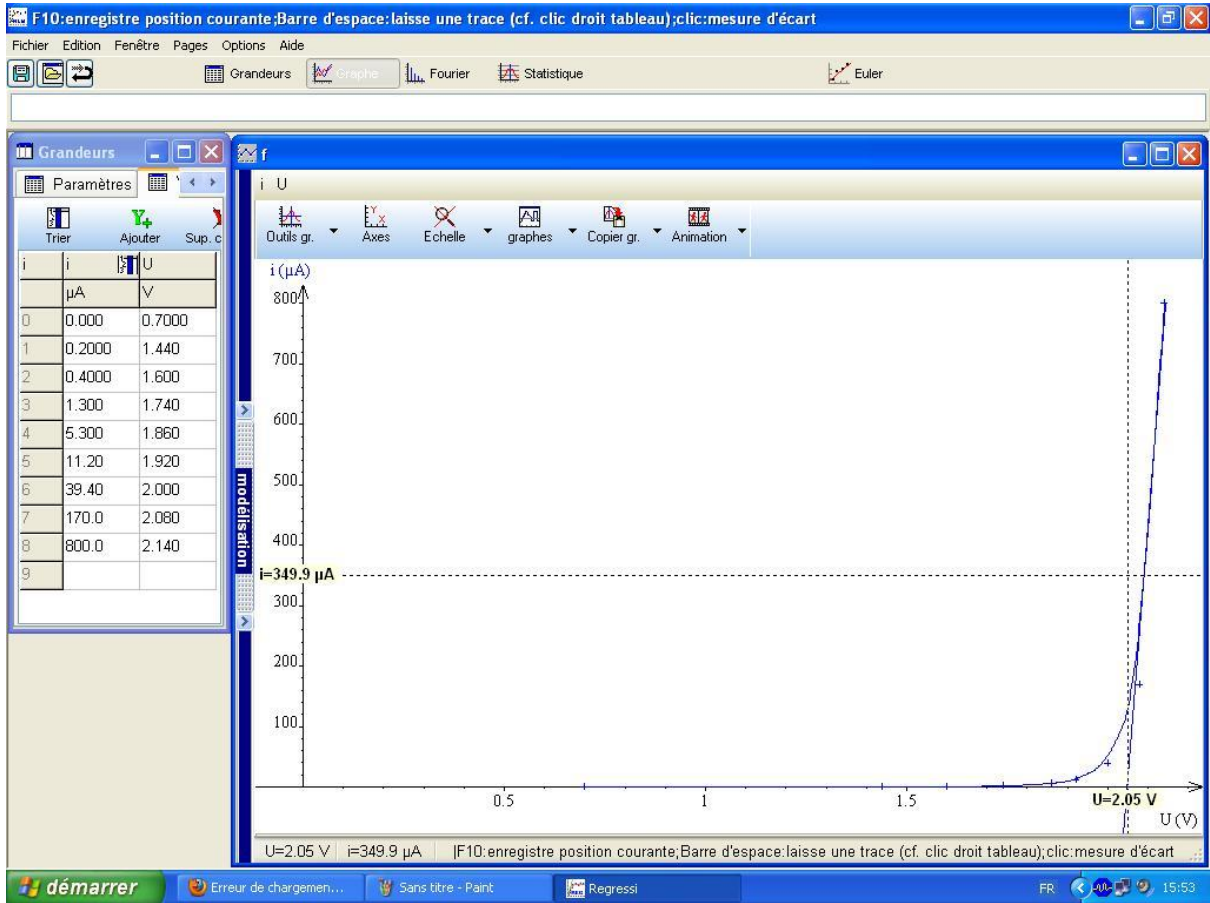
Diode jaune LTL2P3SYK



Diode orange LTL2H3VFKNT



Diode rouge LTL2P3SEK



Diode verte LTL2R3TGK

