

Etude d'un capteur de lumière

La photorésistance

Les dispositifs de détection de rayonnement comportent une surface émettrice qui collecte le rayonnement des particules ou électromagnétique et le concentre en direction d'un détecteur qui transforme l'information reçue en une grandeur physique mesurable. A chaque type de détecteur de rayonnement électromagnétique est associée une sensibilité spectrale qui identifie le domaine du spectre électromagnétique sur lequel il sera particulièrement adapté.

1- Objectifs

Une photorésistance de type LDR (Light Dependant Resistance) est un capteur de lumière dont la résistance varie en fonction de l'éclairement. Le but est d'étudier l'influence de l'éclairement sur ce capteur optoélectronique.

2- Description et principe de fonctionnement d'une photorésistance

Un cristal de semi-conducteur à température basse contient peu d'électrons libres. La conductivité du cristal est très faible, proche de celle d'un isolant. Lorsque la température du cristal augmente de plus en plus d'électrons qui étaient immobilisés dans les liaisons covalentes s'échappent et peuvent participer à la conduction. A température constante si le même cristal semi-conducteur est soumis à une radiation lumineuse, l'énergie apportée par les photons peut suffire à libérer certains électrons utilisés dans les liaisons covalentes entre atomes du cristal. Plus le flux lumineux sera intense, plus le nombre d'électrons disponibles pour assurer la conduction sera grand, ainsi la résistance de la photorésistance est inversement proportionnelle à la lumière reçue.

Une photorésistance est généralement utilisée pour mesurer une intensité lumineuse (appareil photo, systèmes de détection...). Elle est constituée d'un matériau semi-conducteur.

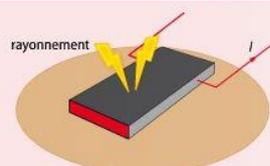


Figure 1. Principe d'une photorésistance.

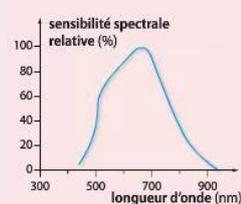


Figure 2. Sensibilité spectrale d'une photorésistance en sulfure de cadmium.

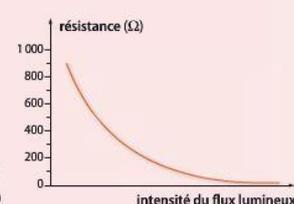


Figure 3. Résistance d'une photorésistance en fonction du flux lumineux.

3- Variation de la résistance d'une photorésistance en fonction de l'éclairement qu'elle reçoit

Dans l'obscurité, la valeur de la résistance d'obscurité R_{obs} d'une photorésistance dépend de sa géométrie, de la nature du matériau employé et de la température d'utilisation.

Lorsqu'elle est éclairée, la résistance R de la photorésistance diminue rapidement quand son éclairement (intensité lumineuse) E croît (figure 3) suivant la relation $R = K.E^{-\gamma}$ où K est une constante dépendant du matériau, de la température, de la nature spectrale du rayonnement reçu ainsi que de la surface sensible de la photorésistance et où γ est une valeur numérique comprise entre 0,5 et 1.

4- Le flux lumineux et l'éclairage

Le flux lumineux :

Le flux lumineux est la quantité de lumière émise par une source lumineuse.
Son unité est le **lumen** dont le symbole est **lm**.

Le flux lumineux peut varier fortement d'un type de lampe à l'autre.



Qu'est ce qu'une quantité de lumière ?

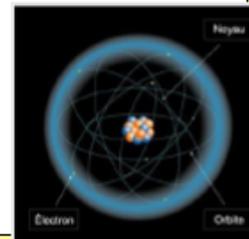


La lumière est une forme d'énergie produite par la matière. Les constituants de la matière sont les atomes. Un atome ressemble un peu à une ruche autour de laquelle tourne de gros essaims d'abeilles : la ruche correspond au noyau de l'atome tandis que les essaims d'abeilles représentent les nuages d'électrons que l'on retrouve autour du noyau.

L'électron peut donc évoluer autour du noyau mais doit pour cela, se défaire d'une partie de son énergie.

C'est sous la forme de petits « paquets d'énergie », appelés photons, que l'électron se débarrasse de son surplus d'énergie en produisant de la lumière.

La lumière peut donc être associée à une quantité de photons.



L'éclairage :

L'éclairage lumineux E correspond à un flux lumineux reçu par unité de surface.

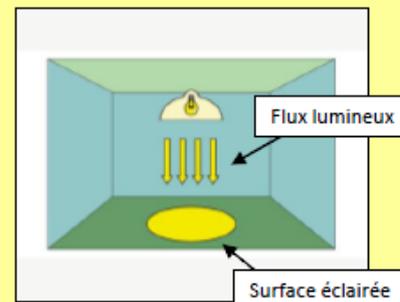
Son unité est le **lux** dont le symbole est **lx**.

Il correspond à un flux lumineux de 1 lumen (lm) couvrant uniformément une surface de 1 mètre carré (m²).

Rem : l'éclairage diminue lorsque la source lumineuse s'éloigne.

Voici quelques exemples de valeurs d'éclairage :

Valeurs de l'éclairage (en lux)	Commentaires
0,5 lux	Nuit de pleine lune
10 lux	Pénombre, ou éclairage bougie
20 à 80 lux	Ville éclairée
100 lux	Luminosité minimale pour lire un texte
100 à 200 lux	Eclairage domestique
300 à 500 lux	Lieux publics
1000 lux	Local vraiment très bien éclairé
5000 lux	Extérieur par temps couvert
10000 lux	Extérieur par temps moyen
20000 lux	Eclairage artificiel intense (à proximité directe d'une lampe halogène 50 W)
50000 à 100000 lux	Extérieur par temps ensoleillé



L'éclairage peut être mesuré à l'aide d'un luxmètre.

Pour effectuer la mesure, utiliser le **gabarit**.

Il vous assure une distance identique entre la source et le point de mesure pour les 4 lampes.



L'éclairage E en Lux (lx) en un point est inversement proportionnel au carré de la distance d (m) de la source de lumière.

$$E = \frac{I}{d^2}$$

où I est l'intensité lumineuse qui s'exprime en Candela (cd).

5- Questions et exploitation des documents

Information

La relation entre la résistance R d'un conducteur, sa surface S , sa longueur L et la résistivité ρ du matériau est: $R=\rho.L/S$.

Questions

1. Quels sont les paramètres ayant une influence sur la valeur de la résistance d'un semi-conducteur?
2. Quel paramètre doit sans doute être sensible à l'intensité lumineuse?
3. Comment évolue la valeur de la résistance de la photorésistance en fonction du flux lumineux?
4. Une photorésistance est-elle sensible de la même façon à toutes les radiations lumineuses?
5. Expliquer l'utilisation de photorésistances comme détecteur de lumière.
6. Expliquer l'interaction rayonnement matière pour une photorésistance.

6- Etude expérimentale de la variation de la résistance R d'une photorésistance en fonction de l'éclairement

1. Estimer l'ordre de grandeur la résistance de la photorésistance en position verticale éclairée par la lumière ambiante de la salle.
2. Masquer le capteur et noter la nouvelle valeur de sa résistance.
3. Comparer les valeurs de la résistance dans l'obscurité, avec la lumière ambiante de la salle est avec la lumière émise par la diode laser.
4. Comment évolue la valeur de la résistance R de la photorésistance en fonction de l'éclairement?
5. Placer la photorésistance sur le banc optique à la distance $d=10\text{cm}$ de la lampe. Mesurer à l'aide de l'ohmmètre la valeur de la résistance de la photorésistance.
6. Schématiser cette expérience.
7. Relever la valeur de la résistance R de la photorésistance en la déplaçant par pas de 10cm jusqu'à environ une distance d de $1,50\text{m}$ par exemple.
8. Tracer le graphe de la valeur de la résistance R en fonction de la distance d . Quel type de courbe obtient-on? La modéliser.
9. Tracer le graphe de la valeur de la résistance R en fonction de $1/d^2$, inverse du carré de la distance d . Quel type de courbe obtient-on? La modéliser.
10. Imprimer ces courbes.
11. En s'aidant des documents conclure quant à la possibilité d'utiliser cette photorésistance en tant que luxmètre.
12. Identifier les différentes sources d'erreur qui influent sur la précision des mesures réalisées.

7- Autre utilisation de la photorésistance

1. Comment pourrait-on utiliser cette photorésistance afin de mesurer une vitesse ou une période en physique?
2. Monter collectivement cette expérience et réaliser des mesures.