

### **Semestre 3**

**Unité d'enseignement** : UEF 2.1.2

**Matière 3** : Optoélectronique et Circuits électroniques associés (MIC25)

**Coefficient** : 2

**Crédits** : 4

**Objectifs de l'enseignement** : Acquérir des connaissances de base sur l'optoélectronique. Connaître les composants optoélectroniques et leurs utilisations.

### **Contenu de la matière** :

Chapitre 1 : Propriétés fondamentales de la lumière ;

Chapitre 2 : La photorésistance ;

Chapitre 3 : La photodiode ;

Chapitre 4 : Le phototransistor ;

Chapitre 5 : La diode électroluminescente ;

Chapitre 6 : La diode laser;

Chapitre 7 : Les matrices CCD Laser.

### **Références bibliographiques**

1 E. Rosencher, B. Vinter, Optoélectronique, Collection Sciences Sup, 2éd., Dunod, 2002.

2 G. Broussaud, Optoélectronique, Edition Masson, 1974.

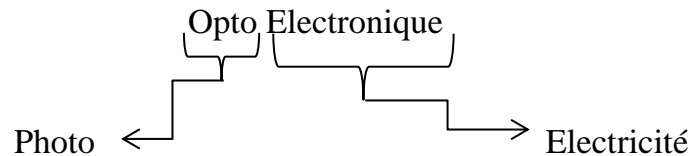
3 P. Mayé, Optoélectronique industrielle : Conception et application, Dunod, 2001.

4 J-C. Chaimowicz, Introduction à l'optoélectronique principes et mise en œuvre, Dunod.

## Chapitre 1 : Propriétés fondamentales de la lumière

### 1.1 Introduction

C'est une technique qui combine l'optique et l'électronique :



### 1.2 Classification des dispositifs optoélectroniques

Ils se divisent en trois grands groupes principaux :

#### 1.2.1 Les photodétecteurs

Ces dispositifs convertissent l'énergie des radiations lumineuses en énergie électrique, ce sont :

##### 1-Les cellules photoémissives :

Des électrons sont éjectés sous l'effet des radiations lumineuses, qui frappent les matériaux photosensibles.

Exemple : photomultiplicateurs (Le photomultiplicateur est un dispositif permettant la détection de photons. Il se présente sous la forme d'un tube électronique. Sous l'action de la lumière, des électrons sont arrachés d'un métal par effet photoélectrique à une photocathode, le faible [courant électrique](#) ainsi généré est amplifié par une série de dynodes utilisant le phénomène d'émission secondaire pour obtenir un gain important.

Ce [détecteur](#) permet de compter les photons *individuellement*. Il est sensible de l'ultraviolet à l'infrarouge proche, le [temps](#) de réponse est de l'ordre de la nanoseconde ( $10^{-9}$  seconde)

Il a pour inconvénients son coût et sa [fragilité](#).

2-Les cellules photovoltaïques : L'énergie lumineuse se transforme en énergie électrique à travers des jonctions semi-conductrices exposées à la lumière, appelées aussi : piles (cellules) solaires ou photopiles.

3-Les cellules photoconductrices : La résistance électrique de certains matériaux photoconducteurs (S/C) varie lorsque ceux-ci sont frappés par la lumière. Exemples : photodiode, phototransistors, photo-thyristors et les photorésistances.

#### 1.2.2 Photoémetteurs

Ils transforment les signaux électriques en radiations lumineuses visibles ou invisibles.

Exemple : Les LEDs (Light Emitting Diode), diodes à Infrarouge et les diodes Lasers.

### 1.2.3 Photocoupleurs

C'est des dispositifs qui assurent la liaison entre deux circuits par l'intermédiaire de radiations lumineuses modulées. Exemple : les opto-coupleurs (coupleurs optiques), la fibre optique.

### 1.3 Physique de la lumière

Elle constitue un des éléments fondamentaux de l'optoélectronique.

#### 1.3.1 Nature de la lumière

La lumière a une nature double :

a) c'est une radiation électromagnétique (visible ou non visible), qui possède les propriétés des ondes E/M (réflexion, réfraction, diffraction, interférence et polarisation), dit : *Aspect ondulatoire*.

b) la lumière est constituée de particules élémentaires d'énergie appelées photons, dit *Aspect corpusculaire*.

#### 1.3.2 Caractéristiques et propriétés de la lumière

##### a) Vitesse

La lumière voyage dans le vide (et dans l'air) à la vitesse de 300 000 km/s ; elle se propage dans l'eau à 225 000 km/s et dans le verre à 200 000 km/s.

##### b) Spectre E/M (électromagnétique)

L'optoélectronique est intéressée par la partie optique du spectre électromagnétique :

- Rayons ultraviolets,
- Lumière visible,
- et, rayons infra-rouge.

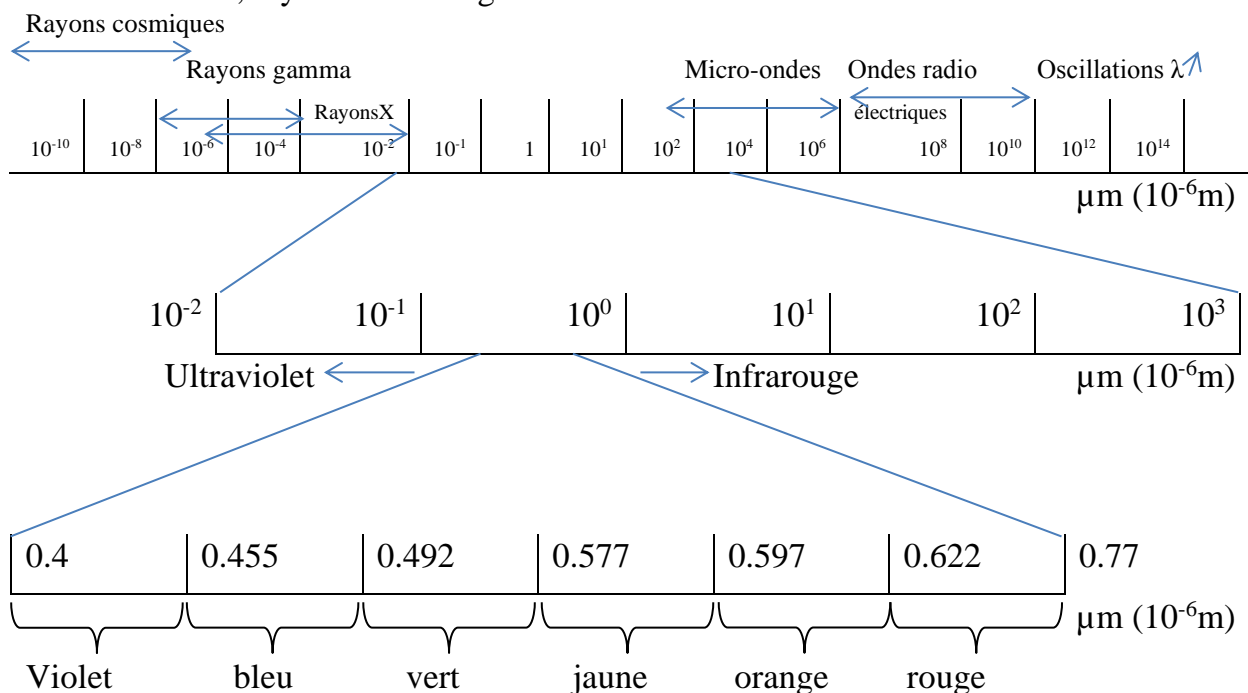


Figure : Spectre des radiations

En résumé, la lumière solaire appelée aussi « lumière blanche » est décomposée en un ensemble de radiations monochromatiques. Les longueurs d'ondes respectives sont selon le tableau récapitulatif suivant :

| Couleur | Longueur d'onde (nm) |
|---------|----------------------|
| Violet  | 400 à 450            |
| Bleu    | 450 à 500            |
| Vert    | 500 à 570            |
| Jaune   | 570 à 590            |
| Orange  | 590 à 620            |
| Rouge   | 620 à 770            |

### c) Fréquence et longueur d'onde

Une longueur d'onde (radiation lumineuse), est caractérisée par : -sa fréquence ; - et sa longueur d'onde ;

Tel que :

$$\lambda = c.T \quad \text{Distance parcourue dans le vide pendant une période } T.$$

$$\text{Et, } T = \frac{1}{f}$$

### Domaine d'application :

*Rayons Infrarouges* : utilisé pour le séchage des peintures, cuisson des aliments, systèmes d'alarme, etc.....

*Rayons ultraviolets* : utilisé pour détruire les germes, les bactéries, stériliser les instruments médicaux, détection de faux tableaux (peinture), etc.....

### d) Energie d'un rayonnement

D'après la théorie corpusculaire, la lumière est composée de particules élémentaires d'énergie, appelés : photons, qui se propagent à la vitesse de la lumière  $3 \times 10^8 \text{ m/s}$  ; Chaque photon possède une énergie (quantum) proportionnelle à la fréquence de l'onde porteuse. L'énergie de photon est donnée par la relation de Planck:

$$w = h.\nu = h.\frac{c}{\lambda} [\text{Joule}]$$

Où,

$h=6.63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$ , la constante de Planck

### Exemples

Exemple1 : calculer les fréquences limites aux extrémités du spectre visible.

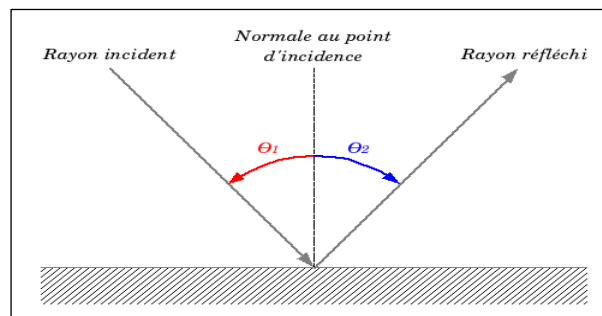
Exemple2 : 1/Quelle est l'énergie des photons aux extrémités du spectre visible en joule et en eV ;

2/ Calculer l'énergie en eV des rayons possédant une longueur d'onde de 0.5 nm et comparez la à celle de la lumière calculée en a) ;

### 1.3.3 Lois sur les radiations lumineuses

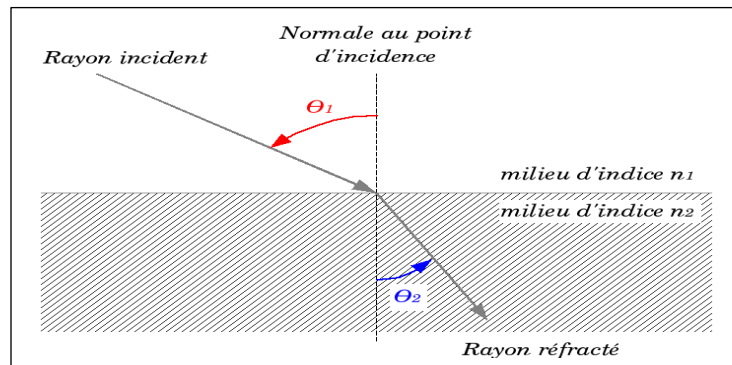
Les ondes lumineuses obéissent à la : 1-la réflexion, 2-la réfraction, 3-la diffraction, 4-la polarisation.

1-La réflexion : c'est le changement de direction des ondes lumineuses lorsque celles-ci rencontrent une surface réfléchissante.



$\theta_1$ , angle d'incidence et  $\theta_2$ , angle de réflexion.

2-La réfraction : est le phénomène lumineux au cours duquel la lumière dévie de sa trajectoire rectiligne en changeant de vitesse lorsqu'elle passe d'un milieu transparent à un autre. Cette déviation s'explique par le changement de vitesse de la lumière, car la vitesse de la lumière varie d'un milieu transparent à un autre. On dit que ces milieux transparents ont des indices de réfraction différents. L'indice de réfraction est une valeur indiquant la capacité qu'a une substance à ralentir ou dévier un rayon lumineux.



La loi de Snell devient :  $n_1 \times \sin\theta_1 = n_2 \times \sin\theta_2$

Dans le cas où les deux milieux ont le même indice :

$$n = \frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2} = \frac{\text{vitesse de la lumière dans le milieu 1}}{\text{Vitesse de la lumière dans le milieu 2}}$$