

## Les propriétés Optique des solutions :

### 1. Rappels Et Généralités :

#### 1.1 Composition D'un Rayonnement Électromagnétique :

Le rayonnement électromagnétique est une forme d'énergie, il est noté (REM) et se compose d'ondes lumineuses. Ces ondes contiennent de l'énergie électrique et de l'énergie magnétique.

Le spectre électromagnétique (REM) englobe toutes les gammes d'énergies, depuis la plus faible, comme l'énergie des ondes radio, jusqu'à la très haute énergie, celle des rayonnements cosmiques.

Deux modèles complémentaires permettent de décrire et d'étudier les (REM) :

- Le premier** modèle est de les considérer comme un phénomène ondulatoire (onde électromagnétique).
- Le second** est de considérer ces radiations comme étant un flux de corpuscules (photons).

##### 1.1.1 Aspect Ondulatoire De La Lumière (Théorie De Maxwell) :

###### a. Théorie de Maxwell :

Selon **Maxwell** la lumière (REM) est l'association de deux champs sinusoïdaux. Un champ électrique ( $\vec{E}$ ) dû à une charge électrique, et un champ magnétique ( $\vec{M}$ ) dû au mouvement de cette charge.

$$\vec{REM} = \vec{E} + \vec{M}$$

- Les deux champs ( $\vec{E}, \vec{M}$ ) se propagent dans une direction perpendiculaire au plan qui les contient, le rayonnement électromagnétique est une onde plane.
- La vitesse de propagation de cette onde dans le vide est maximale pour toutes les gammes de lumières, cette vitesse est appelée célérité, notée (C) et sa valeur ( $C = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ )

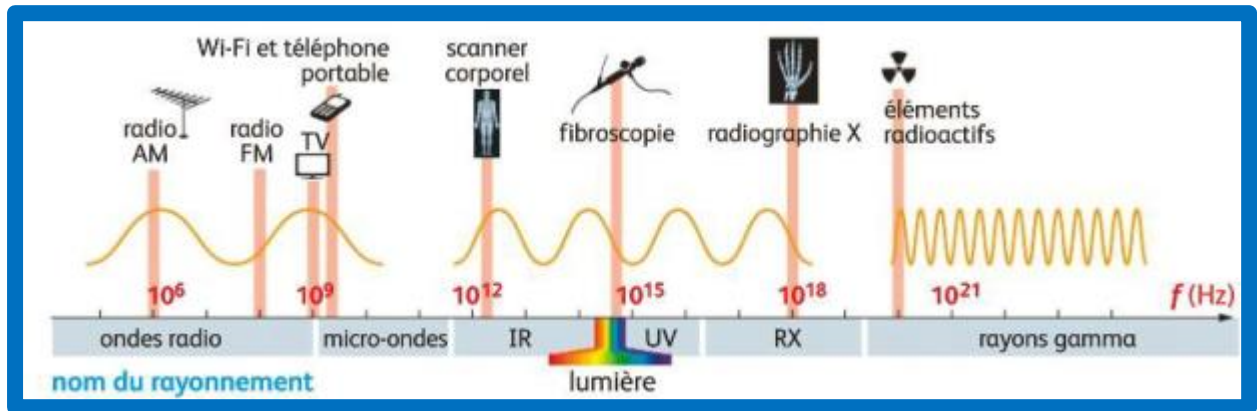
###### b. Caractéristique D'une Onde Électromagnétique :

Les principales caractéristiques d'une onde électromagnétique sont :

- La fréquence ( $f$ ) : elle représente le nombre d'oscillations par unité de temps.
- La période ( $T = 1/f$ ) : le temps écoulé entre deux oscillations successives.
- La longueur d'onde ( $\lambda = C/f$ ) : espace entre deux pics successifs.

### c. Spectre Des Ondes Électromagnétiques :

Un spectre de rayonnement électromagnétique est constitué par une superposition de toutes les ondes connues, classées dans l'ordre de leur longueur d'ondes, où de leur fréquence ou encore de leurs énergies.



### 1.1.2 Aspect corpusculaire De La Lumière :

#### a. Théorie D'Einstein :

Selon **Einstein**, la lumière est formée de grains d'énergie appelés photons. Ce sont des unités élémentaires, ils ne possèdent pas de charge ni de masse. Leur énergie est donnée par la **Loi de PLANCK** :

$$E = h \times f = \frac{h \times C}{\lambda} \quad \text{avec : } \begin{cases} E : \text{énergie de la radiation en Joule.} \\ f : \text{la fréquence de la radiation.} \\ h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ Joule} \times \text{seconde} : \text{constante de Planck} \\ C = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s} : \text{la célérité de la lumière.} \\ \lambda : \text{la longueur d'onde de la lumière} \end{cases}$$

#### b. Caractéristiques D'un Photon :

Les principales caractéristiques du photon sont :

- La propagation des photons dans le vide se fait en ligne droite.
- Dans le vide, tous les photons possèdent la même vitesse (C).
- Chaque photon transporte une quantité d'énergie (E) qui est proportionnelle à sa fréquence.

### 1.2 Longueur D'onde Et Couleur :

#### 1.2.1 Notion De Couleur :







À chaque radiation lumineuse peut être associée une longueur d'onde ( $\lambda$ ) ou une fréquence ( $f$ ). En d'autres termes, une couleur unique est caractérisée par une longueur d'onde unique.

Par exemple la couleur rouge est associée à une longueur d'onde ( $\lambda = 620 \text{ nm}$ ), et la couleur verte est associée à la longueur d'onde ( $\lambda = 565 \text{ nm}$ ),.

Le tableau suivant donne les différentes couleurs ainsi que les longueurs d'onde associées aux couleurs correspondantes.

La couleur blanche est une lumière polychromatique composée de toutes les longueurs d'ondes du spectre visible.

La dispersion de la lumière blanche par un prisme, donne les différentes couleurs de l'arc en ciel.

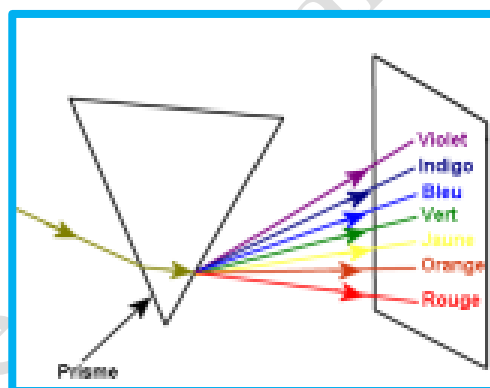
Couleur		longueur d'onde (1 nm – 10.9 m)	Fréquence (103 GHz – 1012 Hz)
violet		380 à 450 nm	725
bleu		450 à 490 nm	640
vert		490 à 570 nm	565
jaune		570 à 585 nm	520
orange		585 à 620 nm	500
rouge		620 à 670 nm	465

### 1.2.2 Couleur Des Objets, Objet Transparent :

Lorsque l'on éclaire un corps (objet) avec une lumière blanche, il reflète sa couleur.

C'est-à-dire que la matière du corps éclairé absorbe toutes les longueurs d'ondes de la lumière blanche incidente et réfléchit la longueur d'onde qui correspond à la couleur de l'objet.

Par exemple une pomme rouge, éclairée par de la lumière blanche, absorbe toutes les longueurs d'ondes de la lumière incidente sauf la longueur d'onde qui correspond à la couleur rouge.



Si le corps éclairé est de couleur blanche, sa matière absorbe toutes les longueurs d'ondes de la lumière incidente, alors que s'il est transparent, il n'absorbe aucune des longueurs d'ondes incidentes de la lumière blanche.

## 2. Absorption Et Couleur Des Solution :

### 2.1 Couleur Des Solution :

Lorsque l'on éclaire une solution contenue dans un récipient transparent, elle devient colorée.

Par exemple la couleur d'une solution aqueuse contenant du chlorure d'argent (AgCl) est blanche. La solution de chlorure d'argent absorbe toutes les longueurs d'ondes contenues dans la lumière blanche.

La solution d'urée est jaunâtre, elle absorbe toutes les longueurs d'onde de la couleur blanche, sauf celle qui correspond à la couleur jaune, etc. ...

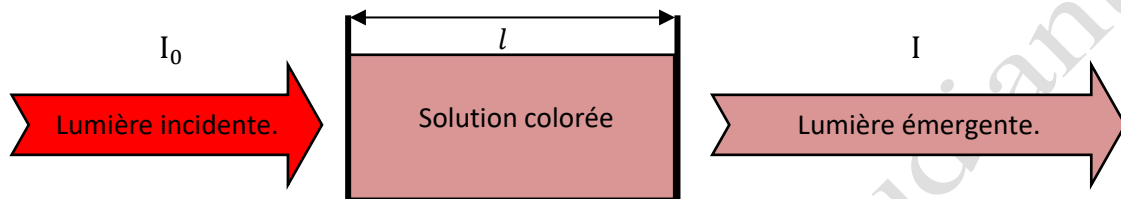


## 2.2 Loi Fondamentale De L'Absorption (Lambert):

### 2.2.1 Définition De L'absorbance :

Soit une cuve transparente de longueur ( $x = l$ ) contenant une solution donnée. La cuve est éclairée par un faisceau incident d'une lumière visible d'intensité ( $I_0$ ). La lumière émergente est de couleur différente de l'incidente. Elle devient colorée si elle absorbe de la lumière visible.

Nous remarquons que la couleur de la lumière émergente est la même que celle de la solution, Voir le schéma ci-dessus.



L'intensité du faisceau transmet émergent est toujours inférieure à l'intensité de la lumière incidente.

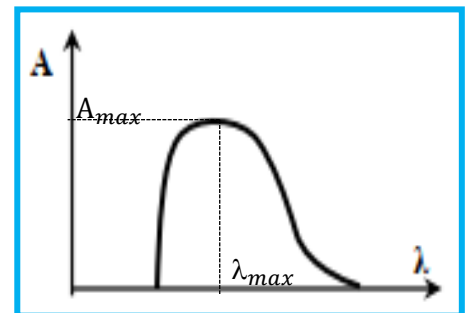
L'absorbance est une grandeur qui compare la lumière émergente ou transmise, à la lumière incidente. Elle est notée ( $A$ ) et est sans unité.

### 2.2.2 Spectre D'absorption :

Pour une solution colorée on peut tracer le spectre d'absorption, par le biais d'un spectrophotomètre.

Il est représenté par une courbe donnant l'absorbance ( $A$ ) en fonction de la longueur d'onde ( $\lambda$ ) absorbée. Son allure est donnée par la figure ci-contre.

Du spectre d'absorption on peut déterminer la valeur de l'absorption maximale ( $A_{max}$ ) qui correspond à la longueur d'onde que l'on note ( $\lambda_{max}$ ).



### 2.2.3 Loi De Lambert :

Lambert constate que la quantité de lumière transmise ( $I$ ) par la solution est inversement proportionnelle à la longueur ( $x = l$ ) traversée par la lumière (trajet optique qui correspond à la longueur de la cuve).

Il donne la relation entre l'intensité de la lumière incidente et celle de la lumière émergente.

$$I = I_0 \times e^{-K \times x}$$

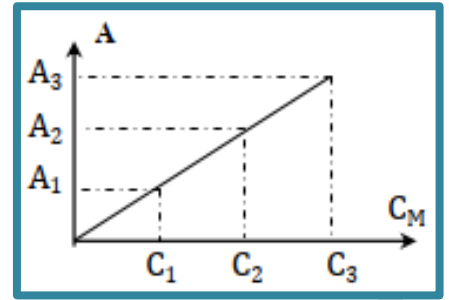
( $K$ ) : est le coefficient d'absorption, ce coefficient caractérise la nature du milieu traversé par la lumière ainsi que la longueur d'onde ( $\lambda$ ).

Lambert définit l'absorbance ( $A$ ) par :  $A = \text{Log}_{10} \left( \frac{I_0}{I} \right) = K \times l$

### 2.3 Loi de Beer-Lambert :

Reprenant les travaux de Lambert, Beer, en faisant varier la concentration d'une même solution remarque que la coloration de la solution changeait en fonction de quatre paramètres principaux, à savoir :

- La longueur d'onde de la lumière incidente.
- La nature de la solution traversée par la lumière.
- L'épaisseur de la cuve, qui représente le trajet de la lumière.
- Ainsi que la concentration de la solution :



Beer fixe trois des quatre paramètres précédents, à savoir :

- La longueur de la cuve, en utilisant des cuves de mêmes dimensions.
- La longueur d'onde de la radiation, en fixant la longueur d'onde et l'intensité de la lumière incidente.
- La nature de la solution, c'est-à-dire, il utilise la même solution (même solvant et même soluté).

Et fait varier uniquement la concentration de la solution, et montre ainsi que l'absorbance est proportionnelle à la concentration, et met en évidence le coefficient d'extinction ( $\epsilon$ ).

$$A = \text{Log}_{10} \left( \frac{I_0}{I} \right) = \epsilon \times C_M \times l \text{ avec : } \begin{cases} \epsilon : \text{est le coefficient d'extinction.} \\ C_M : \text{la molarité de la solution.} \end{cases}$$

### 2.4 Condition de validité de la loi de Beer- Lambert :

Pour que l'absorbance de la lumière varie linéairement avec la concentration il faut que :

- La lumière incidente soit monochromatique.
- La solution doit être diluée.
- La solution ne doit pas être hétérogène.
- La solution ne doit être le siège de réactions chimiques.



### 2.5 Application :

Il est possible d'analyser les urines à l'aide de bandelettes urinaires (Labstix).

C'est simple et utile dans plusieurs situations. Le résultat de ces autotests doit souvent être confirmé par des analyses complémentaires.

Les bandelettes sont de petites languettes de papier dont l'extrémité est recouverte d'un réactif chimique changeant de couleur au contact de l'urine. Il faut faire bien attention aux délais de péremption et aux conditions de conservation et d'utilisation indiquées par le fabricant. Facile à se procurer en pharmacie, les bandelettes sont aussi utilisées par les professionnels. Elles sont utilisées dans différentes situations afin d'avoir un premier diagnostic.

