



## Extrait du programme

**Partie :** Ondes et signaux.

**Sous-Partie :** La lumière : images et couleurs, modèles ondulatoire et particulaire.

**Chapitre :** Modèles ondulatoire et particulaire de la lumière.

Notions et contenus	Capacités exigibles
Domaines des ondes électromagnétiques. Relation entre longueur d'onde, célérité de la lumière et fréquence.  Le photon. Énergie d'un photon. Description qualitative de l'interaction lumière-matière : absorption et émission. Quantification des niveaux d'énergie des atomes.	Utiliser une échelle de fréquences ou de longueurs d'onde pour identifier un domaine spectral. Citer l'ordre de grandeur des fréquences ou des longueurs d'onde des ondes électromagnétiques utilisées dans divers domaines d'application (imagerie médicale, optique visible, signaux wifi, micro-ondes, etc.).  Utiliser l'expression donnant l'énergie d'un photon. Exploiter un diagramme de niveaux d'énergie en utilisant les relations $\lambda = \frac{c}{\nu}$ et $\Delta E = h\nu$ . <i>Obtenir le spectre d'une source spectrale et l'interpréter à partir du diagramme de niveaux d'énergie des entités qui la constituent.</i>

## 1 Ondes électromagnétiques et lumière

Une onde électromagnétique est la propagation d'une perturbation des propriétés électriques et magnétiques (champ électromagnétique) d'un milieu.

Comme les ondes mécaniques, les oem sont caractérisées par leur fréquence  $\nu$  (ou leur période  $T$ ), par leur longueur d'onde  $\lambda$  et par leur célérité  $c$ .

Contrairement aux ondes mécaniques, les ondes électromagnétiques peuvent se propager dans le vide, sans support matériel.  
Dans le vide, leur célérité vaut  $c = 3,0 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ .

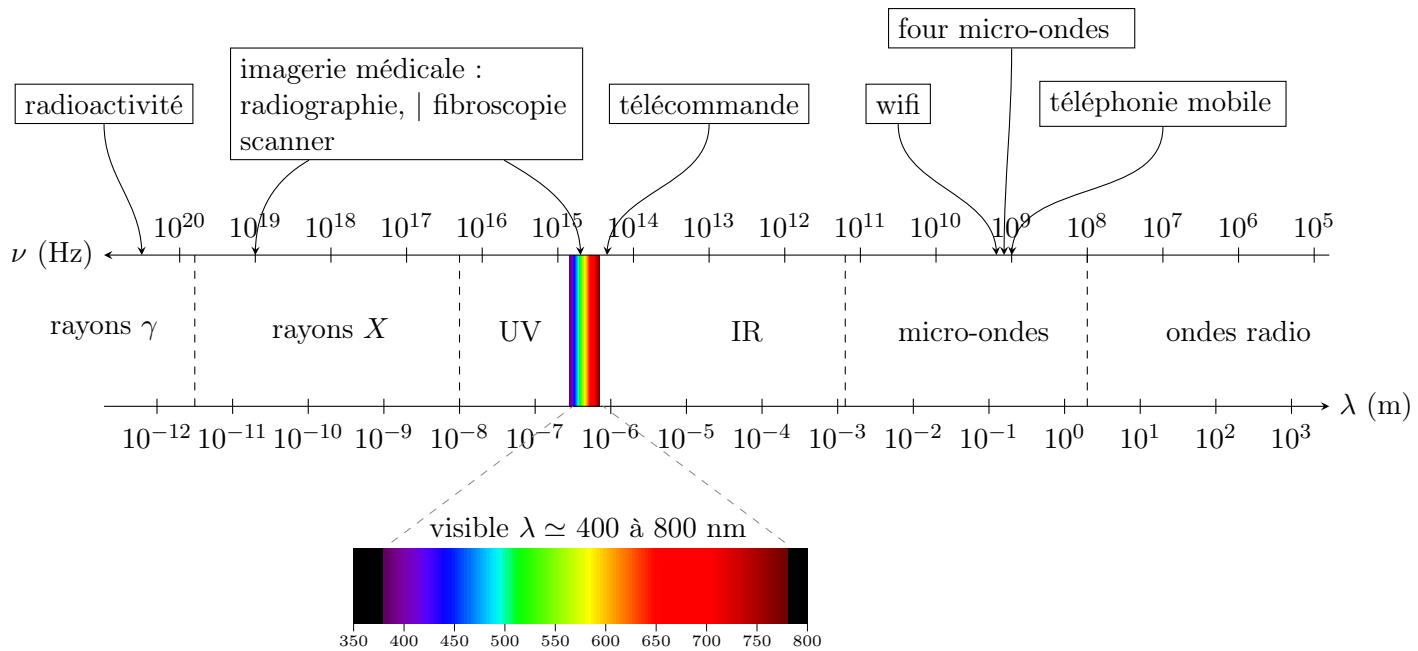
**Remarque :** Aucune particule matérielle ne peut atteindre une vitesse égalant la célérité des oem dans le vide.

Les oem couvrent une très large gamme spectrale et on distingue en général plusieurs catégories d'oem en fonction de leur domaine spectral (et de leur source de production).

La lumière visible fait partie des oem et s'étend sur un domaine spectral fréquentiel allant de  $3,75 \cdot 10^{14}$  à  $7,50 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$ ; ce qui correspond dans le vide à de longueurs d'environ 400 à 800 nm.

$$\text{Rappel : } \lambda = \frac{c}{\nu} \Leftrightarrow \nu = \frac{c}{\lambda}$$

Comme la célérité de la lumière baisse dans les milieux matériels  $\left(c_n = \frac{c}{n}\right)$ , la longueur d'onde baisse aussi dans les milieux matériels.



## 2 Dualité onde-particule de la lumière

Certaines phénomènes physiques, comme la *diffraction* ou les *interférences* en particulier, bien connus pour les ondes mécaniques, s'appliquent aussi à la lumière démontrant ainsi le caractère ondulatoire de la lumière.

Cependant, d'autres phénomènes physiques, tels que le *rayonnement du corps noir* (émission de lumière avec un spectre en fréquence relié à la température du corps) ou l'*effet photoélectrique* (possibilité d'arracher des électrons à un métal en envoyant une lumière de fréquence suffisante quelque soit son intensité) ne peuvent s'expliquer en s'appuyant sur une nature ondulatoire de la lumière.

Ces phénomènes ont pu être expliqués au début du 20ème siècle par Planck et Einstein en considérant que la lumière interagit avec la matière par paquets d'énergie (des quanta), qui sont portés par des particules sans masse appelés photons : ceci révèle le caractère particulaire de la lumière !

Ce double caractère à la fois particulaire et ondulatoire, qui semble contradictoire, s'appelle la **dualité onde-particule de la lumière**.

La lumière dans son aspect particulaire se comporte comme un flux de particules sans masse : les photons, transportant une énergie  $E = h\nu = h\frac{c}{\lambda}$  ( $h$  est la constante de Planck).

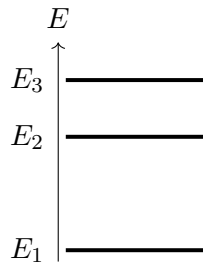
$$h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J.s.}$$

## 3 Interaction lumière-matière

### 3.1 Quantification de l'énergie

Au niveau microscopique, l'énergie de la matière est **quantifiée** : les atomes ne peuvent prendre que certains niveaux d'énergie discrets.

Diagramme de niveaux d'énergie :



Le niveau de plus basse énergie s'appelle l'**état fondamental** et les autres niveaux sont les **états excités**.

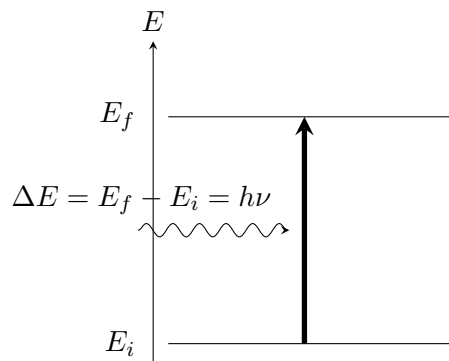
Les énergies sont en général mesurées en électron-volt (eV) :  $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$ .

Les valeurs des énergies sont négatives pour un atome. Les énergies positives correspondent à des états ionisés où l'atome a perdu un électron.

Un atome peut changer de niveau d'énergie. Il peut par exemple gagner de l'énergie en absorbant l'énergie d'un photon, ou bien perdre de l'énergie en émettant un photon.

### 3.2 Absorption

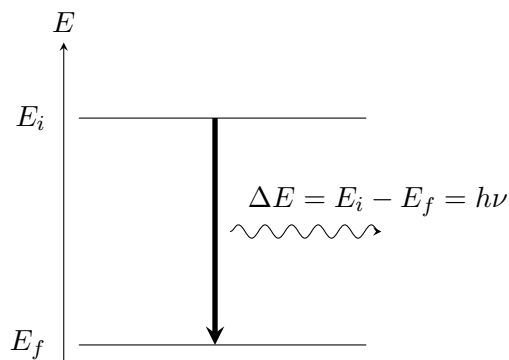
Un atome peut subir une transition vers un niveau excité en absorbant un photon transportant l'énergie :  $\Delta E = h\nu = E_f - E_i$ .



*Remarque* : le photon n'est absorbé que s'il porte **exactement** une énergie égale à la différence entre deux niveaux d'énergie de l'atome.

### 3.3 Émission

Un atome excité peut subir une transition vers un niveau moins excité en émettant spontanément un photon transportant l'énergie  $\Delta E = E_i - E_f$ .



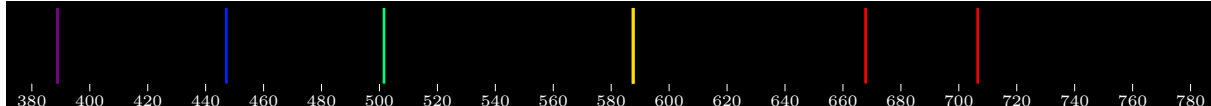
## 4 Spectres d'absorption ou d'émission

Si l'on excite une vapeur atomique à basse pression (par une décharge électrique par exemple), lors de leur désexcitation, les atomes du gaz vont émettre des photons d'énergies bien spécifiques (correspondant à des transitions entre les niveaux d'énergie de l'atome), et donc à un rayonnement contenant des fréquences spécifiques (ou des longueurs d'onde).

Ce rayonnement peut être **analysé par dispersion pour obtenir le spectre d'émission** des atomes du gaz.

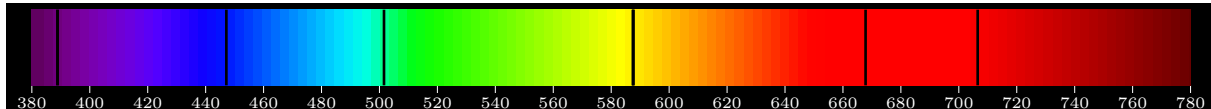
*Exemple :*

**He Spectre d'émission :**



À l'inverse, si on éclaire en lumière blanche une vapeur atomique, les atomes du gaz vont absorber certains rayonnements de la lumière blanche. On peut aussi analyser le spectre d'absorption par dispersion :

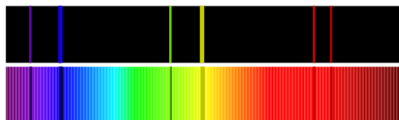
**He Spectre d'absorption :**



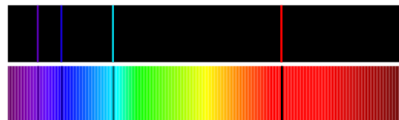
Évidemment, les raies absorbées ou émises sont les mêmes puisqu'elles traduisent les niveaux d'énergie des atomes concernés.

Voici d'autres exemples :

**Hg : émission et absorption**



**H : émission et absorption**



**Ne : émission et absorption**

