Séquence 2

Les ondes électromagnétiques

A. Lumière et ondes électromagnétiques
A.1. Modèle ondulatoire de la lumière P1
A.2. Définition P1
A.3. Grandeurs caractérisant une onde électromagnétique P1
B. Les spectres de rayonnements lumineux
B.1. Les sources de rayonnements P2
B.2. Le spectre d'émission P3
B.3. Le spectre d'absorption P4

A. Lumière et ondes électromagnétiques

A.1. Modèle ondulatoire de la lumière

• Certaines propriétés de la lumière ne peuvent pas être expliquées par le modèle géométrique du rayon de lumière. La dispersion en est un exemple. Les physiciens ont alors été amenés à établir un modèle « ondulatoire » de la lumière. Celui-ci consiste à décrire la lumière comme des ondes : **les ondes lumineuses** qui sont des ondes périodiques décrites par les mêmes grandeurs physiques que les ondes mécaniques : *période, fréquence, célérité et longueur d'onde*.

↳ Il a été établi au XVIIIème siècle que les ondes lumineuses n'étaient qu'un domaine particulier appartenant à la catégorie des **ondes électromagnétiques**.

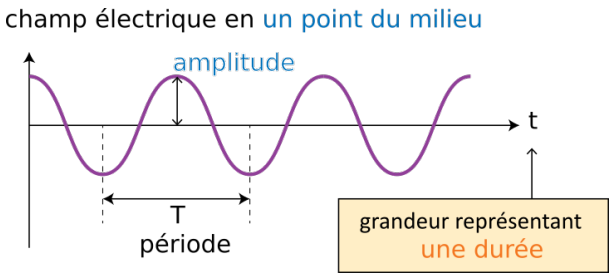
A.2. Définition

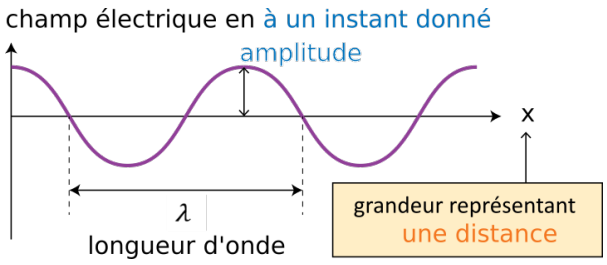
♦ Une onde est **électromagnétique** si la perturbation est une variation des propriétés électriques et magnétiques du milieu. Une onde électromagnétique peut se propager dans tous types de milieux **: les milieux matériels et le vide.**

Exemples d'ondes électromagnétiques : *les ondes lumineuses, les ondes radio, les micro-ondes…*

A.3. Grandeurs caractérisant une onde électromagnétique

• **Les ondes électromagnétiques sont des ondes sinusoïdales**. Les graphiques ci-dessous permettent alors de définir la période T, la longueur d'onde λ et l'amplitude d'une onde électromagnétique :





!!! Attention : *ces deux graphiques se ressemblent mais ne montrent pas du tout la même chose : le premier montre une évolution temporelle alors que l'autre montre une évolution spatiale !*

Amplitude de l'onde : L'amplitude est la valeur maximale du champ électrique.

♦ **Relation entre fréquence, période, célérité et longueur d'onde :**

La longueur d'onde correspond à la distance parcourue par la perturbation pendant une durée égale à une période. On a donc :

$$\mathbf{c = \frac{\lambda}{T} = \lambda \times f} \quad \Leftrightarrow \quad \mathbf{\lambda = c \times T = \frac{c}{f}}$$

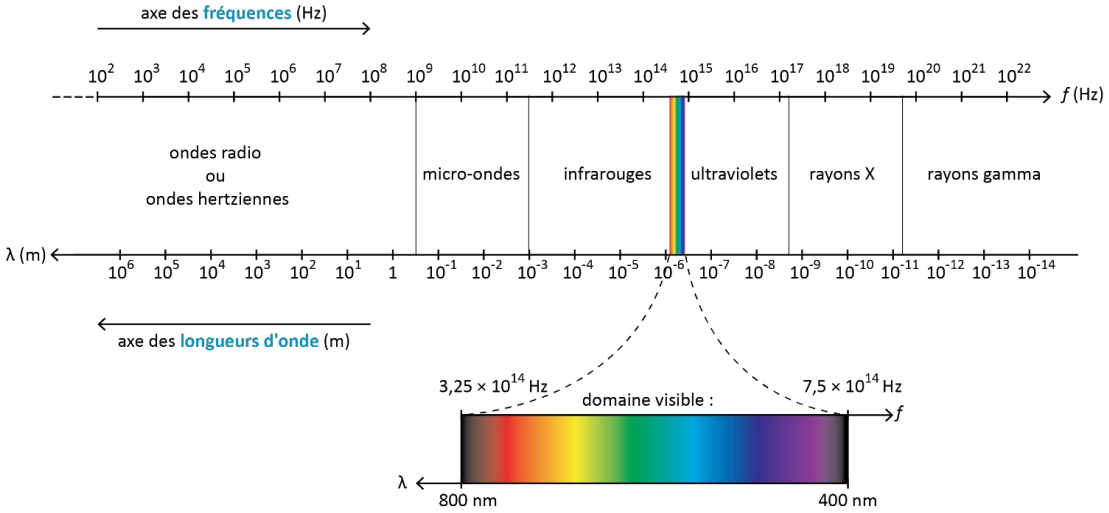
Avec: λ (**longueur d'onde** en m) , T (**période** en s), c (**célérité ou vitesse** en m.s^{-1}), f (**fréquence** en Hz).

Remarque :

Lorsque l'onde électromagnétique se déplace dans le vide, on a $\boldsymbol{c = 3,00 \times 10^8\ m.s^{-1}}$

Lorsque l'onde électromagnétique se déplace dans l'air, on a $\boldsymbol{c \approx 3,00 \times 10^8\ m.s^{-1}}$

Les ondes électromagnétiques sont classées en fonction de leur fréquence (ou de leur longueur d'onde)



B. Spectres de rayonnements lumineux

B.1. Les sources de rayonnements

• On appelle **source de rayonnement primaire** une source qui **émet** son propre rayonnement

• La source peut émettre un rayonnement **monochromatique,** (*rayonnement constitué d'une onde électromagnétique de longueur d'onde unique*) ou **polychromatique** (*rayonnement constitué de plusieurs ondes de longueurs d'ondes différentes*)

→ **Les sources à incandescence,** *sources de lumières dites « chaudes »* :

Tout corps chaud émet des ondes électromagnétiques dans le visible lorsqu'il est maintenu à une température suffisamment élevée : c'est le phénomène d'**incandescence**.

Exemples : *les étoiles, les lampes à filament (dites « lampes à incandescence »), etc.*

→ **Les sources à luminescence,** *sources de lumières dites « froides » :*

Tous les processus d'émission de lumière autres que l'incandescence sont qualifiés de luminescentes.

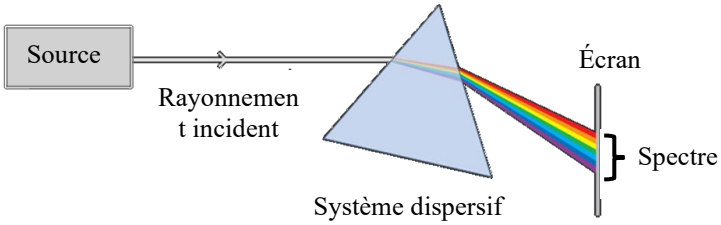
Exemples : *laser, lampe à vapeur de mercure, etc.*

B.2. Le spectre d'émission

♦ **On appelle « système dispersif »** un milieu qui sépare les unes des autres les différentes ondes monochromatiques qui constituent un rayonnement polychromatique.

Exemples : *le prisme, le réseau.*

• Le spectre d'un rayonnement lumineux est la figure obtenue lorsqu'il a traversé un système dispersif



• Si la lumière est polychromatique, chaque onde qui la compose est déviée dans une direction différente selon sa longueur d'onde. Le spectre obtenu est alors constitué de raies colorées. À chaque raie colorée correspond une onde monochromatique composant la lumière analysée.

Un moyen pour obtenir des informations sur une source de lumière est d'étudier le spectre de la lumière qu'elle émet.

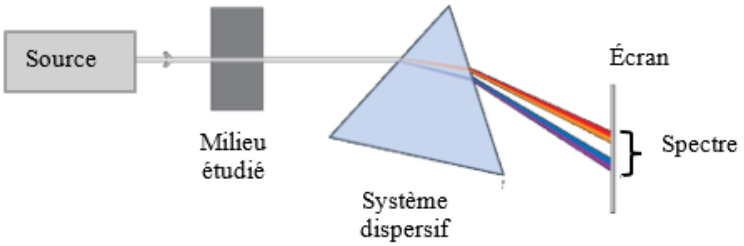
Spectre de la lumière émise par un gaz
Un atome seul, après avoir été excité (par chauffage ou par des décharges électriques), n'émet qu'un nombre très faible d'ondes monochromatiques. Dans un gaz, les atomes sont très éloignés les uns des autres, si bien qu'ils émettent les mêmes ondes qu'un atome seul. Le spectre de la lumière émise est alors constitué de quelques **raies d'émission** sur un fond noir.
Souvent, le spectre de la lumière émise par une source à luminescence est un spectre de raies d'émission. C'est le cas des lampes à vapeur et du laser.

Spectre de la lumière émise par un solide ou un liquide
Les raies d'émission des atomes, lorsqu'ils sont proches les uns des autres, s'élargissent et deviennent des bandes. Au sein d'un solide ou d'un liquide, les atomes sont en contact les uns des autres : les bandes deviennent alors tellement larges qu'elles se chevauchent. Un solide ou un liquide chauffé émet donc une lumière dont le **spectre est continu.**
Le spectre de la lumière émise par une source à incandescence est un spectre continu, le spectre s'enrichit vers le bleu quand la température de la source augmente.

Spectre de la lumière blanche
Les physiciens appellent « **lumière blanche** » une lumière polychromatique composée de TOUTES les ondes du domaine visible (=ensemble des ondes lumineuses perceptibles par l'œil) Le spectre d'émission de la lumière blanche est continu, les longueurs d'ondes sont comprises entre 400 nm et 800 nm

B.3. Le spectre d'absorption

• Un moyen pour obtenir des informations sur le comportement d'un milieu vis-à-vis de la lumière consiste à étudier le spectre d'une lumière initialement blanche ayant traversé ce milieu :



• Le spectre obtenu contient toutes les couleurs du spectre de la lumière blanche qui n'ont pas été absorbées par le milieu. Les parties noires du spectre correspondent alors aux ondes qui ont été absorbées.

Absorption de la lumière par un gaz :

Si un gaz est traversé par de la lumière initialement blanche, les ondes qu'il absorbe sont les mêmes que celle qu'il émettrait s'il était lui-même la source.

Conséquence sur le spectre :

Le spectre de la lumière émise par une source gazeuse et le spectre de la lumière blanche ayant traversé ce même gaz sont complémentaires.

Exemple : *spectre d'absorption et d'émission de l'hydrogène*

Spectre d'une lumière blanche ayant traversé de l'hydrogène

Spectre de la lumière émise par une lampe à hydrogène