

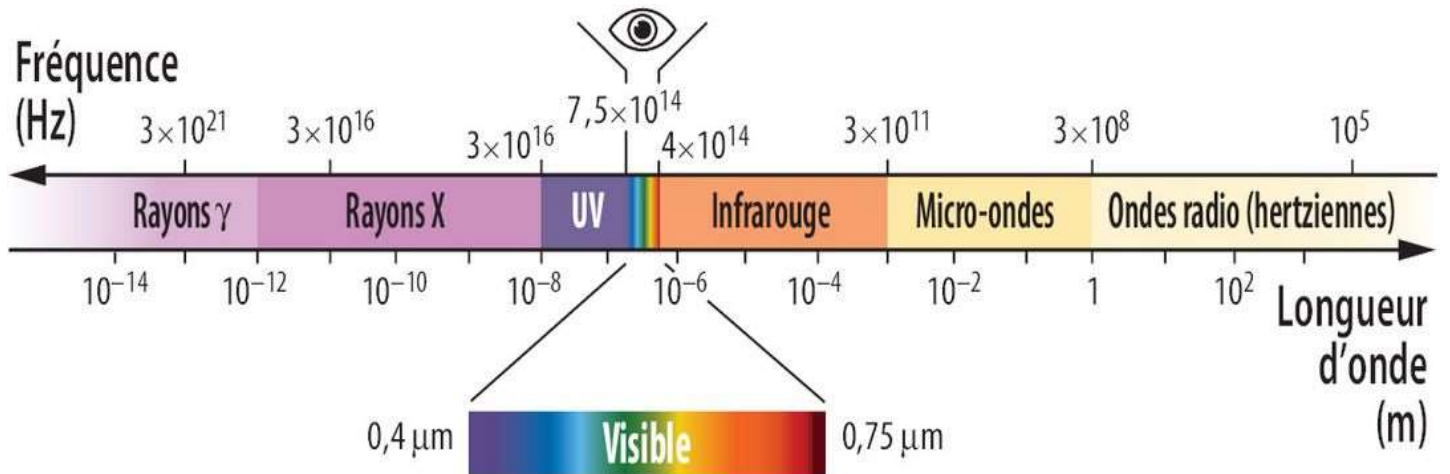
1^{ère} Spé Physique Chapitre 19 Modèles ondulatoire et particulaire de la lumière

A Aspect ondulatoire de la lumière

1 Domaines des ondes électromagnétiques

- La lumière peut être décrite comme **une onde électromagnétique**.
- Les ondes électromagnétiques sont classées en différents domaines en fonction de leurs fréquences : ce sont **les domaines spectraux (doc. 1)**.

Doc. 1. Domaines des ondes électromagnétiques.



© Belin Éducation/Humensis, 2019 Physique Chimie 1re
© Marse

- L'échelle des domaines des ondes électromagnétiques en fonction de la fréquence porte le nom de **spectre électromagnétique**.
- La **fréquence d'une onde électromagnétique** est notée ν (lettre grecque « nu »). Comme pour tout phénomène périodique, la fréquence est l'inverse de la période T :

$$\nu = \frac{1}{T} \quad \text{et donc} \quad T = \frac{1}{\nu}$$

ν : fréquence en hertz (Hz)

T : période en secondes (s)

2 Relation entre longueur d'onde, célérité et fréquence

- La relation entre la longueur d'onde dans le vide λ et la fréquence ν de l'onde électromagnétique est :

$$\lambda = \frac{c}{\nu} \quad \text{ou} \quad \lambda = c \times T$$

λ : longueur d'onde dans le vide ou dans l'air en mètres (m)

c : célérité de la lumière dans le vide ($c = 3,0 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$)

ν : fréquence de l'onde en hertz (Hz avec $1 \text{ Hz} = 1 \text{ s}^{-1}$)

B Aspect particulaire de la lumière

1 Le photon

- La lumière peut également être décrite comme des « grains d'énergie » appelés **photons**.
- Un photon est une **particule de masse et de charge nulles**, qui se déplace à la **célérité de la lumière dans le milieu considéré**.

2 Énergie d'un photon

- L'énergie d'un photon est liée à sa fréquence par la **relation** :

$$E_{\text{photon}} = h \times \nu$$

E_{photon} : énergie en joules (J)

h : constante de Planck ($h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$)

ν : fréquence de l'onde en hertz (Hz)

- À l'échelle de l'atome, une unité plus adaptée de l'énergie est l'électronvolt (eV) avec :

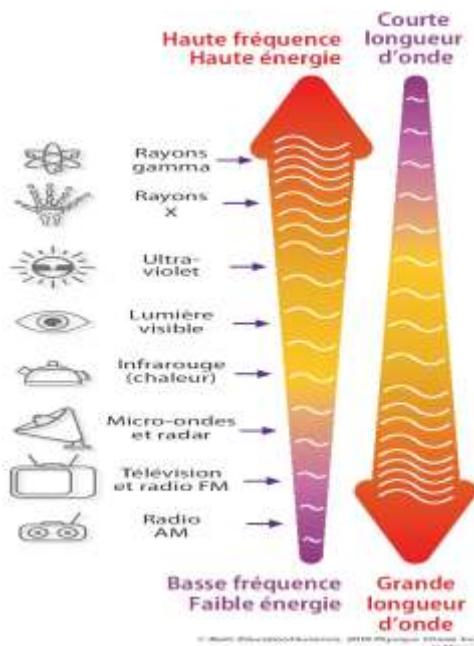
$$1 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ J}.$$

- Comme $\nu = \frac{c}{\lambda}$, on peut écrire : $E_{\text{photon}} = h \times \frac{c}{\lambda}$

Donc plus la longueur d'onde **augmente**, plus la fréquence **diminue**, plus l'énergie du photon associé **diminue (doc. 2)**.

Ces différentes relations permettent de faire le lien entre l'**aspect ondulatoire** (longueur d'onde λ ou fréquence ν) et l'**aspect particulaire** (photon caractérisé par son énergie E_{photon}) **de la lumière**.

Doc. 2. Pour de courtes longueurs d'onde (γ , X, UV), les photons ont une grande énergie et sont donc dangereux pour les organismes vivants.

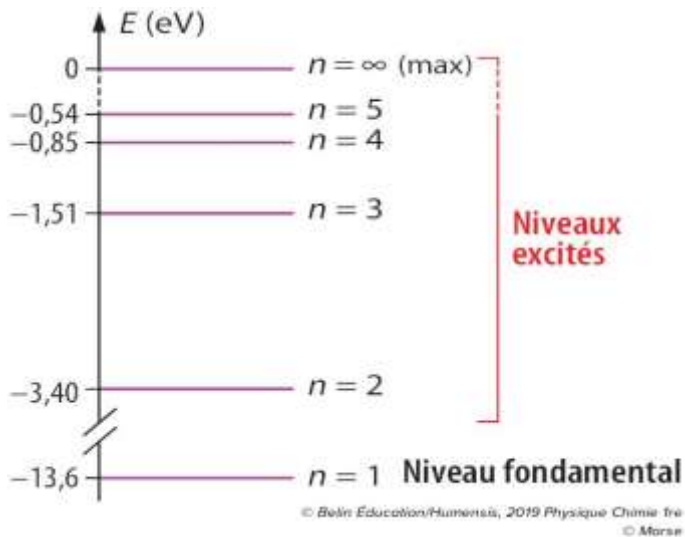


C Interaction lumière-matière

1 Quantification de l'énergie d'un atome

- L'énergie de l'atome **ne peut prendre que certaines valeurs** bien définies, caractéristiques de l'atome. Les **niveaux d'énergie** d'un atome sont dits **quantifiés**.
- Les niveaux d'énergie d'un atome peuvent être représentés sur **un diagramme de niveaux d'énergie**.
- Dans **son état fondamental**, l'atome possède **une énergie minimale** correspondant à son **état le plus stable**. Les autres niveaux correspondent à des **états excités** de l'atome.
- Le diagramme permet de **prévoir les échanges d'énergie** qui peuvent avoir lieu **entre la lumière et la matière (à l'échelle atomique)**.

Doc. 3. Diagramme de niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène.

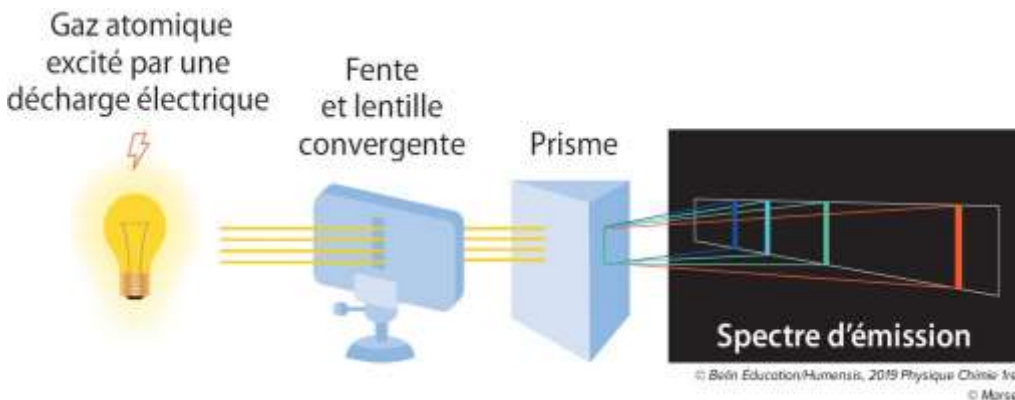


2 Émission d'énergie par un atome

- Une décharge électrique permet d'exciter un gaz atomique (gaz constitué d'atomes identiques) et d'observer son spectre d'émission.

Le **spectre d'émission** d'un gaz atomique est **un spectre de raies** : à chaque raie est associée **une longueur d'onde d'émission (doc. 4)**.

Doc. 4. Réalisation d'un spectre d'émission.



► Lorsqu'un atome **passé d'un niveau d'énergie supérieur à un niveau d'énergie inférieur**, il effectue une **transition**.

Il **perd de l'énergie** et **émet un photon**.

Le **photon émis** est schématisé par une **ligne ondulée** et la transition entre deux niveaux d'énergie est représentée par une flèche qui va du niveau initial vers le niveau final (**doc. 5**).

Lorsqu'un atome se désexcite, il peut retourner directement à l'état fondamental ou y retourner en passant par des états excités intermédiaires.

► Ainsi, la longueur d'onde du photon émis est calculée grâce à la relation :

$$E_{\text{photon}} = |\Delta E_{2 \rightarrow 1}| = |E_1 - E_2| = h \times \nu = h \times \frac{c}{\lambda} \quad \text{et donc : } \lambda_{2 \rightarrow 1} = \frac{h \times c}{|E_1 - E_2|} = \frac{h \times c}{|\Delta E_{2 \rightarrow 1}|}$$

$\lambda_{2 \rightarrow 1}$: longueur d'onde du photon émis lors de la transition de l'atome du niveau 2 vers le niveau 1 en mètres (m)

h : constante de Planck ($h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$)

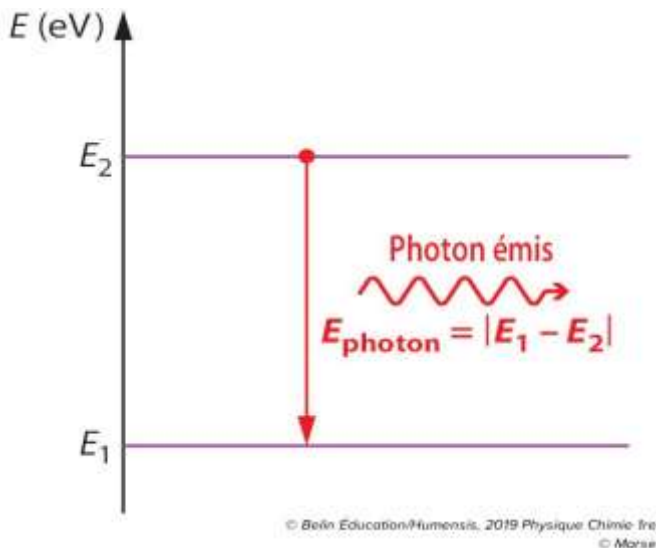
c : célérité de la lumière dans le vide ($c = 3,0 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$)

$|\Delta E_{2 \rightarrow 1}|$: écart énergétique positif entre les niveaux 2 et 1 en joules (J)

► La valeur de la **longueur d'onde** du photon émis permet de connaître la **couleur de la raie** correspondante dans le spectre d'émission.

► Le spectre d'émission d'un atome comporte **donc des raies colorées sur fond noir**, et ces raies correspondent aux photons émis lors des transitions de l'atome au cours de sa désexcitation.

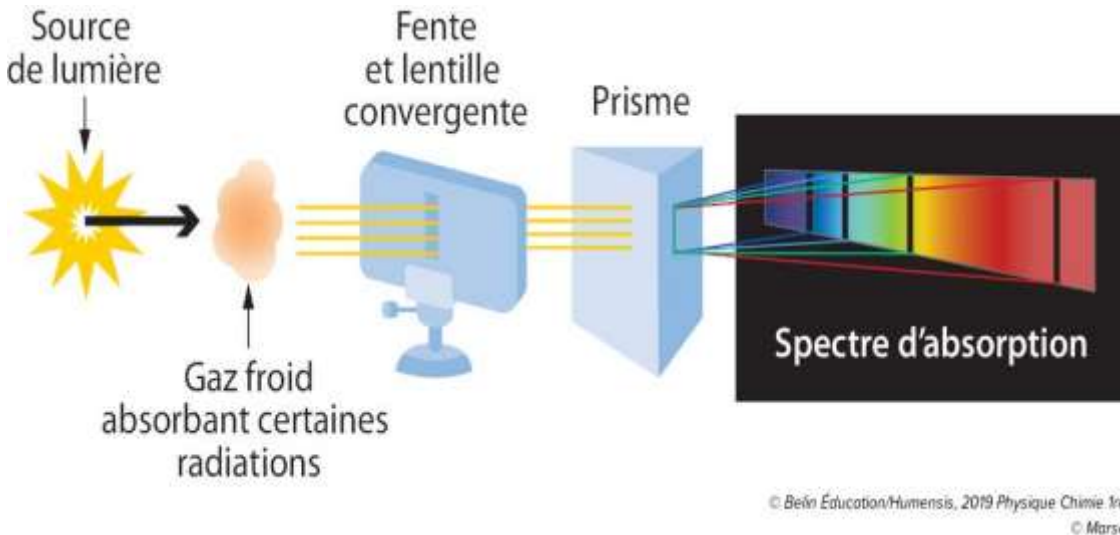
Doc. 5. Émission d'un photon par un atome (E_2 et E_1 sont respectivement les énergies des niveaux de départ et d'arrivée).



3 Absorption d'énergie par un atome

► Éclairer un gaz atomique **avec de la lumière blanche** qui contient toutes les longueurs d'onde visibles permet d'observer le spectre d'absorption du gaz atomique : c'est **un spectre de raies noires sur fond continu lumineux** (doc. 6).

Doc. 6. Réalisation d'un spectre d'absorption.



► Un atome, dans son état fondamental, peut **absorber de l'énergie** pour passer dans un état excité.

Cette énergie peut lui être fournie **sous forme lumineuse** : si l'atome est « éclairé » par des **photons** d'énergie égale à la différence d'énergies entre le niveau de départ (état fondamental) et le niveau d'arrivée (état excité), alors l'atome absorbe ces photons et il passe dans l'état excité (**doc. 7**).

► Chaque raie noire **correspond à l'absorption de photons de la lumière incidente**. La longueur d'onde des photons absorbés se calcule par la même formule que pour le phénomène d'émission :

$$E_{\text{photon}} = |\Delta E_{1 \rightarrow 2}| = |E_2 - E_1| = h \times \nu = h \times \frac{c}{\lambda} \quad \text{et donc : } \lambda_{1 \rightarrow 2} = \frac{h \times c}{|E_2 - E_1|} = \frac{h \times c}{|\Delta E_{1 \rightarrow 2}|}$$

$\lambda_{1 \rightarrow 2}$: longueur d'onde du photon absorbé lors de la transition de l'atome du niveau 1 vers le niveau 2 en mètres (m)

h : constante de Planck ($h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$)

c : célérité de la lumière dans le vide ($c = 3,0 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$)

$|\Delta E_{1 \rightarrow 2}|$: écart énergétique positif entre les niveaux 1 et 2 en joules (J)

► Les longueurs d'onde des raies d'absorption **correspondent exactement** aux longueurs d'onde des raies d'émission et ces longueurs d'onde, qui caractérisent **l'interaction entre la lumière et la matière (atomique)**, sont spécifiques de l'atome considéré.

► Une raie d'émission ou d'absorption correspond à une **transition** entre deux niveaux d'énergie de l'atome. La différence d'énergie est libérée ou absorbée **sous forme d'un photon**.