

PARTIE 1 - OBSERVER : COULEURS ET IMAGES

Chapitre 3 : Les sources de lumières colorées (p. 45)

Compétences attendues :

- ✓ Distinguer une source polychromatique d'une source monochromatique caractérisée par une longueur d'onde dans le vide.
- ✓ Connaître les limites en longueur d'onde dans le vide du domaine visible et situer les rayonnements infrarouges (IR) et ultraviolets (UV).
- ✓ Exploiter la loi de Wien, son expression étant donnée.
- ✓ *Pratiquer une démarche expérimentale permettant d'illustrer et de comprendre la notion de lumière colorée.**
- ✓ Interpréter les échanges d'énergie entre lumière et matière à l'aide du modèle corpusculaire de la lumière.
- ✓ Connaître les relations $\lambda = c/v$ et $\Delta E = h.v$ et les utiliser pour exploiter un diagramme de niveaux d'énergie.
- ✓ Expliquer les caractéristiques (forme, raies) du spectre solaire.

(*) *Savoir-faire expérimentaux.*

I- Comment différencier les sources lumineuses ? (p. 49)

Activité 1 : Des sources lumineuses différentes (page 46)

Correction :

A. Caractéristiques d'éclairages

1. a. **Sources chaudes** : lampes à incandescence, lampes halogènes, Soleil.
Sources froides : lampes à diode électroluminescente (DEL), lampes fluocompactes, laser.
- b. Les spectres des sources monochromatiques possèdent une seule raie, alors que les spectres des sources polychromatiques présentent plusieurs raies ou sont continus.
Sources polychromatiques : lampes à diode électroluminescente (DEL), lampes à incandescence, lampes halogènes, lampes fluocompactes, Soleil.
Source monochromatique : laser.

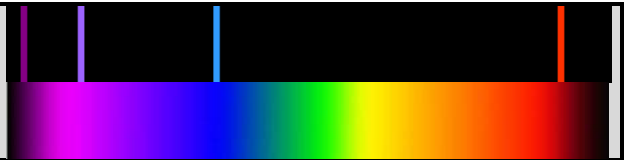
B. Des « lumières » invisibles

2. a. Les bandelettes situées à proximité du violet, dans la zone noire, ont noirci comme celles qui sont dans le spectre. Il existe donc un rayonnement au-delà du violet.
- b. La température mesurée par le thermomètre situé dans la zone noire à proximité du rouge est plus élevée que celle mesurée par un thermomètre plus éloigné. Il existe donc un rayonnement au-delà du rouge.

Les sources de lumière peuvent être des **sources chaudes** (lampes à incandescences, Soleil, etc.), dont l'émission est d'origine thermique, ou des **sources froides** (DEL, laser, etc.), dont l'émission a lieu sans échauffement particulier.

Une source monochromatique émet une seule radiation.

Une source polychromatique émet plusieurs radiations.

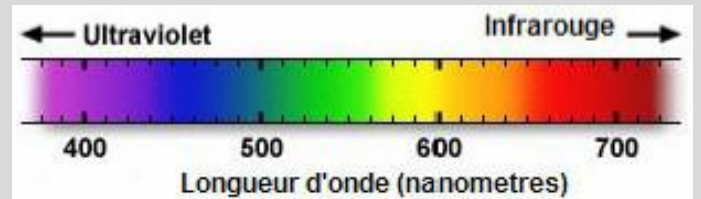


Une radiation est caractérisée par sa longueur d'onde dans le vide λ (lambda) ou par sa fréquence ν (nu) qui sont liées par la relation :

$$\lambda = \frac{c}{\nu} \quad \text{où } \lambda \text{ est en mètre (m), } \nu \text{ en hertz (Hz) et } c \text{ est la vitesse de la lumière dans le vide (} c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}\text{).}$$

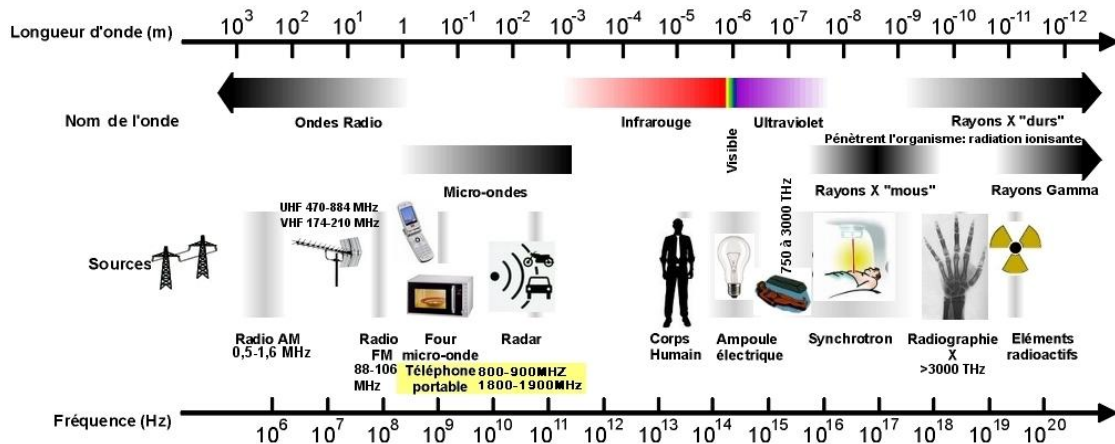
Dans le vide ou dans l'air, les radiations visibles ont des longueurs d'onde comprises entre environ 400 nm et 800 nm.

Elles sont limitées par les ultraviolets ($\lambda < 400$ nm) et les infrarouges ($\lambda > 800$ nm).



Remarque :

Un certain nombre de radiations ne sont pas visibles par l'œil humain.



Exercices n°6, (7), 8 p. 55 et n°17 p. 56

II- La lumière émise par une source chaude dépend-elle de sa température ? (p. 49)

TP n°5 : Quand vient la loi de Wien (page 47)

Animation : [Rayonnement du corps noir](#)

Correction :

- Lorsque la température d'une source chaude augmente :
 - son spectre s'enrichit de radiations bleues et violettes ;
 - la couleur perçue passe du rouge au bleu ;
 - le maximum d'intensité lumineuse de son profil spectral se déplace vers les courtes longueurs d'onde.
- Protocole :** augmenter progressivement l'intensité du courant électrique afin d'élever la température du filament tout en l'observant au spectroscopie.
 - Lorsque la température du filament augmente, il passe du rouge au blanc et le spectre de la lumière émise s'enrichit en radiations bleues. Les résultats observés sont bien en accord avec les réponses aux questions 1.a et 1.b.

3. À partir de la loi de Wien, on peut calculer λ_{\max} pour les températures indiquées dans le document 3 :

comme $\theta = \frac{2,89 \cdot 10^6}{\lambda_{\max}} - 273$ alors $\lambda_{\max} = \frac{2,89 \cdot 10^6}{\theta + 273}$ ce qui donne :

ce qui donne pour $3\,500^\circ\text{C}$: $\lambda_{\max} = \frac{2,89 \cdot 10^6}{\theta + 273} = \frac{2,89 \cdot 10^6}{3500 + 273} = \frac{2,89 \cdot 10^6}{3773} = 766 \text{ nm}$

ce qui donne pour $6\,500^\circ\text{C}$: $\lambda_{\max} = \frac{2,89 \cdot 10^6}{\theta + 273} = \frac{2,89 \cdot 10^6}{6500 + 273} = \frac{2,89 \cdot 10^6}{6773} = 427 \text{ nm}$

Lorsque θ augmente, λ_{\max} diminue, cela est en accord avec la loi de Wien.

4. La radiation émise avec la plus grande intensité par cette étoile a une longueur d'onde, dans le vide, d'environ 470 nm.

5. D'après la loi de Wien : $\theta = \frac{2,89 \cdot 10^6}{\lambda_{\max}} - 273 = \frac{2,89 \cdot 10^6}{470} - 273 = 6149 - 273 = 5876^\circ\text{C}$

La température de surface de l'étoile est d'environ $5\,900^\circ\text{C}$.

6. Pour déterminer la température de surface d'une étoile à partir de son profil spectral, il faut repérer la longueur d'onde λ_{\max} (exprimée en nanomètre) de la radiation émise avec le maximum d'intensité, puis il faut appliquer la loi de Wien :

$$\theta = \frac{2,89 \cdot 10^6}{\lambda_{\max}} - 273$$

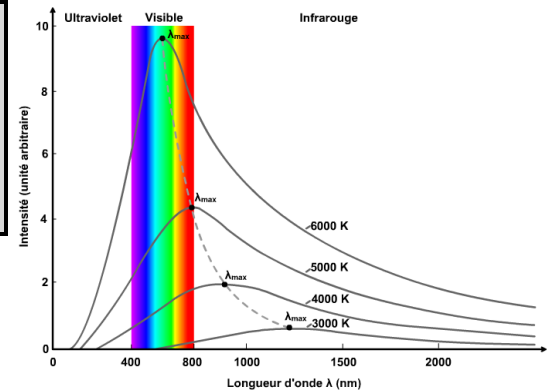
La température obtenue est exprimée en $^\circ\text{C}$ (degré Celsius).

La température θ de la surface d'un corps chaud est reliée à la longueur d'onde λ_{\max} de la radiation émise par ce corps avec le maximum d'intensité. C'est la loi de Wien :

$$\theta = \frac{2,89 \cdot 10^6}{\lambda_{\max}} - 273$$

La couleur d'une source est liée à l'allure globale de son profil spectral.

Une source de couleur bleue est plus chaude qu'une source de couleur rouge.



Exercices n°(9), 10 p. 55 et n°18, 19 p. 56

III- Quelle est l'origine de l'émission de lumière par une source froide ? (p. 50)

Activité 2 : La lumière d'un atome (page 48)

Correction :

1. Le photon est une particule sans masse qui se déplace à la vitesse de la lumière et qui porte une quantité d'énergie nommée « quantum d'énergie » dont la valeur est : $|\Delta E| = h \cdot \frac{c}{\lambda}$

avec $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$, $c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ et λ : longueur d'onde de la radiation exprimée en mètre.

2. $|\Delta E| = |E_2 - E_1| = |-1,51 - (-3,40)| = |3,40 - 1,51| = 1,89 \text{ eV}$

Ce qui donne en joule $|\Delta E| = 1,89 \times 1,60 \cdot 10^{-19} = 3,02 \cdot 10^{-19} \text{ J}$

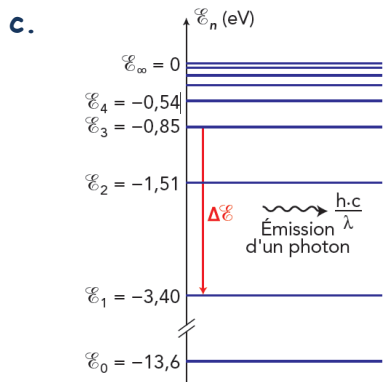
3. On a $|\Delta E| = h \cdot \frac{c}{\lambda}$ soit $\lambda = h \cdot \frac{c}{|\Delta E|} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \times 3,00 \cdot 10^8}{3,02 \cdot 10^{-19}} = 6,58 \cdot 10^{-7} \text{ m} = 658 \text{ nm}$

Les valeurs des énergies conduisent à une longueur d'onde de 658 nm, ce qui est cohérent avec la radiation de 656 nm lue sur le spectre.

4. a. Le quantum d'énergie correspondant à la radiation de longueur d'onde 486 nm est :

$$|\Delta E| = h \cdot \frac{c}{\lambda} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \times 3,00 \cdot 10^8}{486 \cdot 10^{-9}} = 4,09 \cdot 10^{-19} \text{ J} = \frac{4,09 \cdot 10^{-19}}{1,60 \cdot 10^{-19}} = 2,56 \text{ eV}$$

b. Le niveau d'énergie initial est déterminé par la relation : $|\Delta E| = |E_1 - E_x| = 2,56 \text{ eV}$
 or il s'agit d'un spectre d'émission donc $E_x > E_1$ donc $E_x = E_1 + 2,56 = -3,40 + 2,56 = -0,84 \text{ eV}$
 D'après le diagramme il s'agit du niveau E_3 .



1. Le photon

Le modèle ondulatoire de la lumière est indispensable pour étudier la propagation de la lumière mais il est insuffisant pour décrire les échanges d'énergie entre matière et lumière.

Au début du XX^{ème} siècle, les théories d'Einstein sur la **nature corpusculaire de la lumière** donneront naissance au **photon**.

Les physiciens sont alors contraints d'admettre que la lumière **présente à la fois les propriétés d'une onde (radiation) et d'un corpuscule (photon)**. C'est la **dualité onde-corpuscule**.

Un **photon** est une particule, sans masse ni charge électrique, qui transporte un quantum d'énergie. Ce **quantum d'énergie E**, pour une radiation de **longueur d'onde λ** dans le vide et de **fréquence ν**, est :

$$E = h \nu = h \frac{c}{\lambda}$$

E est en **joule (J)**, **h** est la constante de Planck ($h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$),
 où **c** est la vitesse de la lumière dans le vide ($c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$),
λ est exprimée en **mètre (m)** et **ν** est exprimée en **hertz (Hz)**.

Remarque :

Les valeurs des énergies des atomes exprimées en joule étant extrêmement faibles, on utilisera souvent comme unité d'énergie l'**électronvolt** : $1 \text{ eV} = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ J}$.

2. Quantification de l'énergie des atomes

En 1913, le physicien suédois Niels Bohr, qui cherche à comprendre la stabilité des atomes, introduit l'idée qu'un atome ne peut exister que dans certains états d'énergie bien définis.

L'énergie d'un atome ne peut prendre que certaines valeurs formant une **suite discontinue**. On dit que l'énergie est **quantifiée**. Ces valeurs particulières sont appelées **niveaux d'énergie** et sont notées **E_n** .

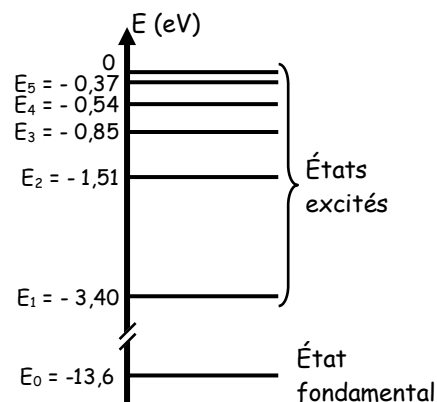
Le **diagramme de niveaux d'énergie** représente les niveaux d'énergie possibles pour un atome.

Le niveau d'énergie le plus faible d'un atome correspond à son état stable. Il est appelé **état fondamental**.

Les niveaux d'énergie plus élevés que l'état fondamental correspondent à un **état excité** de l'atome.

Exemple :

Diagramme de niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène :



3. Émission de lumière

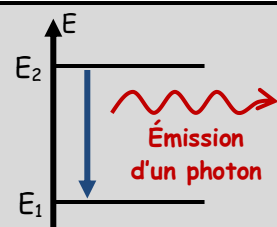
L'énergie d'un atome peut être modifiée lors de sa rencontre avec une particule matérielle (exemple bombardement d'électrons) ou lorsque l'atome émet ou absorbe des radiations lumineuses.

Le passage d'un atome d'un état d'énergie à un autre s'appelle une **transition**.

Lorsqu'un électron se rapproche du noyau en passant d'un état excité d'énergie E_1 à un état d'énergie plus faible E_2 , l'énergie de l'atome diminue de $\Delta E = E_1 - E_2$. L'atome **émet** alors un **photon** de même énergie ΔE .

Cela se traduit par l'**émission** d'une radiation de longueur d'onde λ :

$$\lambda = \frac{h \cdot c}{\Delta E}$$

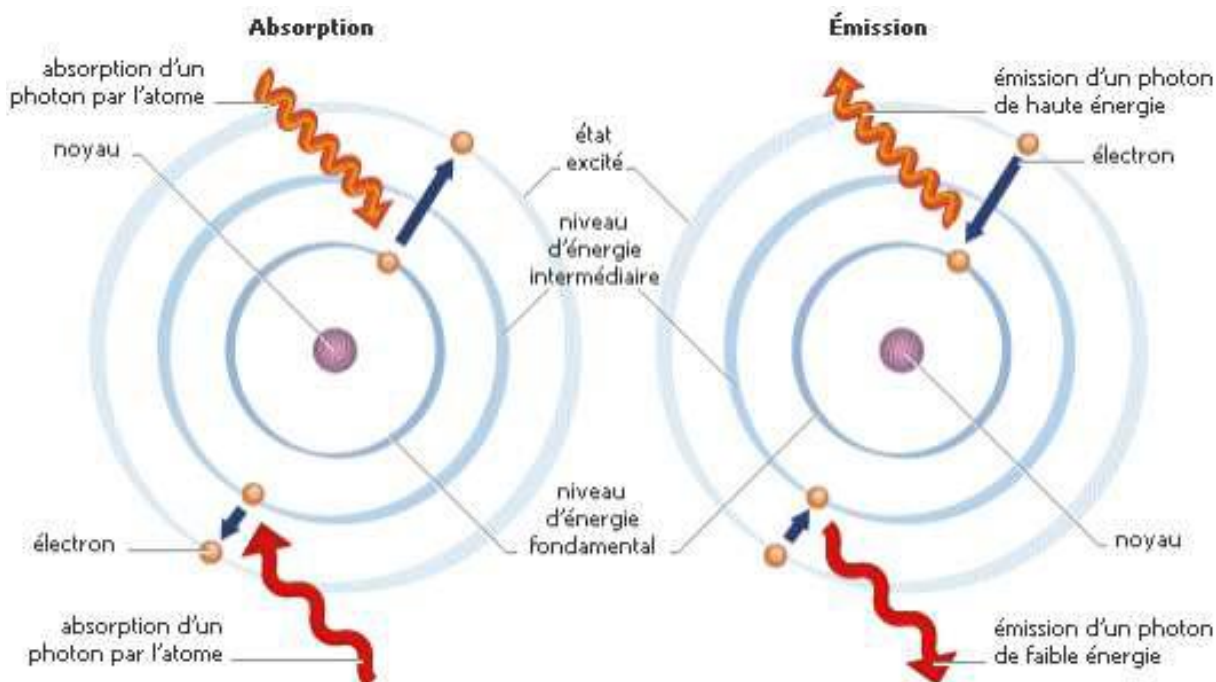
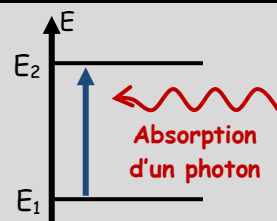


4. Absorption de lumière

Pour qu'un électron s'éloigne du noyau en passant d'un état d'énergie E_1 à un état d'énergie plus élevé E_2 , l'atome doit **absorber** un **photon** d'énergie $\Delta E = E_2 - E_1$.

Cela se traduit par l'**absorption** d'une radiation de longueur d'onde λ :

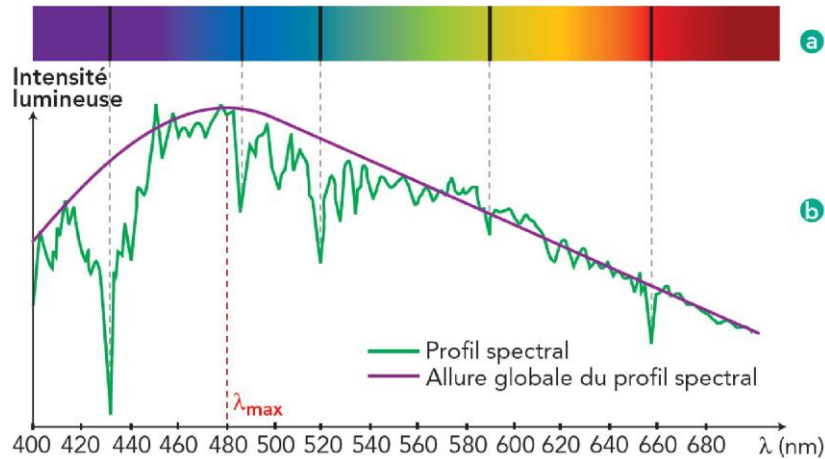
$$\lambda = \frac{h \cdot c}{\Delta E}$$



Exercices n°(12), 14 p. 55, n°20 p. 57 et n°24 p. 58

IV- Comment interpréter le spectre de la lumière du Soleil ? (p. 51)

Le soleil peut être assimilé une boule de gaz très chaude sous haute pression entourée par une atmosphère gazeuse, plus froide et sous une pression plus faible.



1. Température de surface du Soleil

La surface solaire (la photosphère) émet par incandescence un **rayonnement continu** assimilable à celui d'un corps noir dont la **loi de Wien** permet de connaître la température (de l'ordre de 5 800 K).

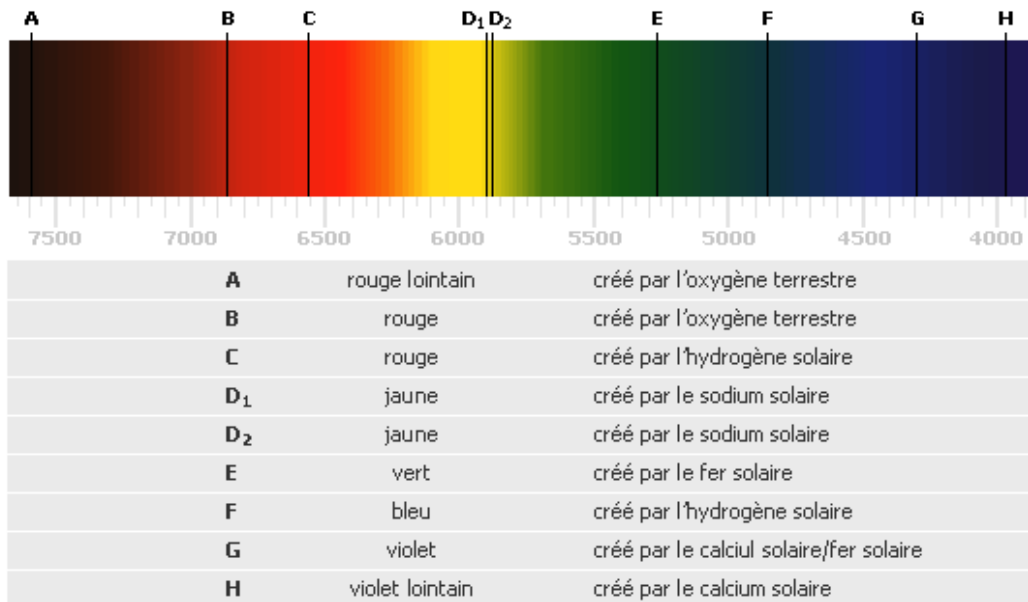
2. Composition chimique de l'atmosphère du Soleil

Les entités chimiques présentes dans l'atmosphère du Soleil (la chromosphère) absorbent **sélectivement** certaines radiations émises par la photosphère.

L'analyse des **raies noires d'absorption** du spectre solaire ou des minima d'intensité lumineuse de son profil spectral permet d'**identifier** et de **dénombrer** les atomes et ions présents dans l'atmosphère solaire.

Remarque :

Avant d'arriver au niveau du sol, le rayonnement solaire est partiellement absorbé par les molécules présentes dans l'atmosphère terrestre.



Exercices n°(15) p. 56 et n°21 p. 57