

Activité 4.1 – Spectre électromagnétique et rayonnement thermique d'un corps chaud

Objectifs :

- ▶ Savoir que la lumière est une onde électromagnétique.
- ▶ Comprendre le lien entre la température d'un objet et la lumière que l'objet émet.
- ▶ Connaître la loi de Wien qui relie température et maximum d'émission.

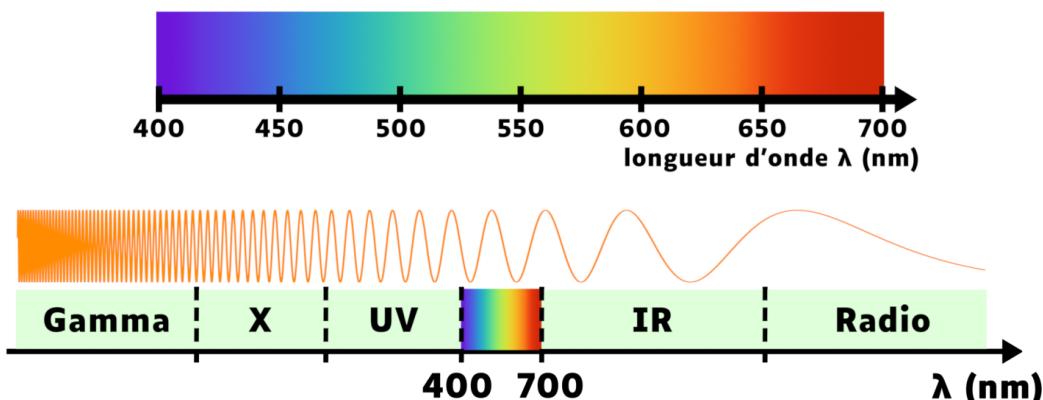
Contexte : Les corps très chaud, comme les étoiles, les lampes incandescentes, une bûche qui brûle ou de la lave en fusion, émettent de la lumière visible.

→ **Comment la température d'un corps influence ses émissions lumineuses ?**

Document 1 – La lumière : une onde électromagnétique

La lumière est une **onde électromagnétique**. C'est-à-dire un champ électrique et un champ magnétique qui se propagent.

Quand on disperse de la lumière blanche avec un prisme ou un réseau, on observe qu'elle est composée des couleurs de l'arc-en-ciel.



À chaque couleur est associée une radiation de longueur d'onde λ , on appelle ça le **spectre électromagnétique**.

On va s'intéresser à trois domaines du spectre électromagnétique.

- **Domaine visible** : radiation avec une longueur d'onde entre 400 nm et 700 nm.
- **Domaine InfraRouge (IR)** : radiation avec une longueur d'onde supérieure à 700 nm et inférieure à 1 mm.
- **Domaine UltraViolet (UV)** : radiation avec une longueur d'onde inférieure à 400 nm et supérieure à 1 nm.

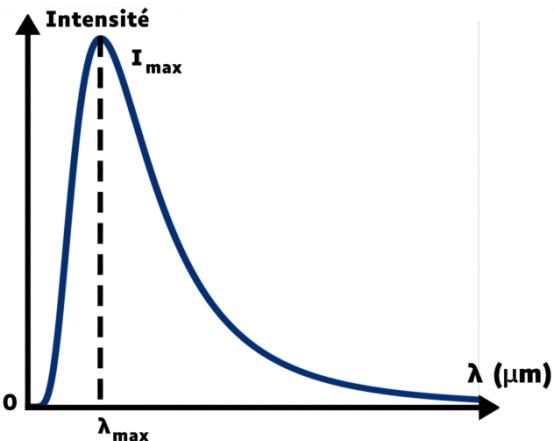
1 — Est-ce que les longueurs d'ondes augmentent quand on passe du rouge au violet ?

Non elles diminuent, on passe de 700 nm (rouge) à 400 nm (violet).

Document 2 – Spectre du rayonnement thermique des corps chauds

Un corps chauffé à une température T émet des ondes électromagnétiques, c'est-à-dire de la lumière. Le **spectre** de la lumière émise est une fonction continue, qu'on appelle le **rayonnement thermique des corps chauds**.

Le graphique à droite représente le spectre du rayonnement thermique d'un corps chaud à une température $T = 3\,000\text{ K}$. Ce spectre à une intensité maximale I_{max} pour une longueur d'onde λ_{max} .



Conversion d'un degré Celsius en kelvin : $T(\text{K}) = T(\text{°C}) + 273$.

► Exemple : $20\text{ °C} = (20 + 273)\text{ K} = 293\text{ K}$.

2 – Convertir $T = 37\text{ °C}$ en kelvin K.

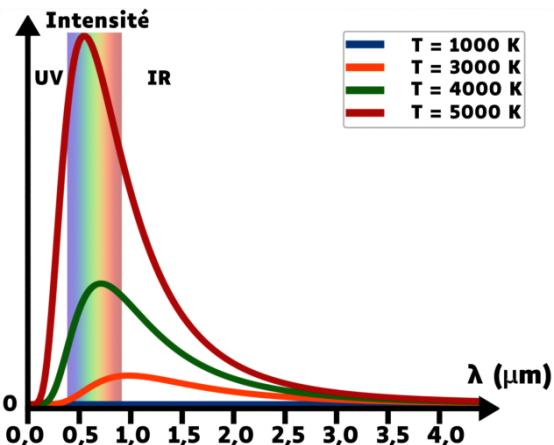
Il suffit d'ajouter 273 à la température en degré Celsius, $T = 37\text{ °C} = 37 + 273\text{ K} = 310\text{ K}$.

Document 3 – Loi de Wien

Quand la température d'un corps augmente, on observe deux choses :

- l'intensité de la lumière émise est plus élevée, le corps est plus lumineux ;
- la longueur d'onde d'intensité maximale λ_{max} diminue et la composition de la lumière émise change.

Le deuxième point a une implication très concrète pour nous : un objet change de couleur si sa température est suffisamment élevée.



La relation entre la longueur d'onde λ_{max} et la température T du corps est donnée par la **loi de Wien**

$$\lambda_{max} = \frac{C}{T}$$

- λ_{max} est la longueur d'onde du maximum d'intensité en mètre.
- T est la température du corps exprimée en Kelvin noté K.
- C est la constante de Wien $C = 2,9 \times 10^{-3}\text{ K} \cdot \text{m}$

⚠ Utiliser le graphique obtenu pour déterminer la plus petite et la plus haute valeur de la température où λ_{max} est dans le domaine du visible.

On a un maximum à 700 nm pour une température de 4 142 K, et un maximum à 400 nm pour une température de 7 250 K.

3 – Déterminer à l'aide du tableau la longueur d'onde de la radiation émise par un corps humain

à une température de 37 °C. A quel domaine du spectre électromagnétique appartient-elle ?

On a une longueur d'onde de $9,35 \times 10^{-6}$ m = 9,35 µm, soit une onde dans le domaine infrarouge (IR).

Activité 4.2 – Thermomètre médical sans contact

Objectifs :

- Comprendre le fonctionnement d'un thermomètre médical sans contact.

Contexte : Pour mesurer la température corporelle d'une personne rapidement et sans contact physique, on utilise un thermomètre infrarouge.

→ **Quels principes physiques sont utilisés par un thermomètre sans contact pour mesurer une température ?**

Document 1 – Émission d'un corps chaud

La surface d'un corps émet un **rayonnement électromagnétique**, dont l'intensité dépend de la température du corps T .

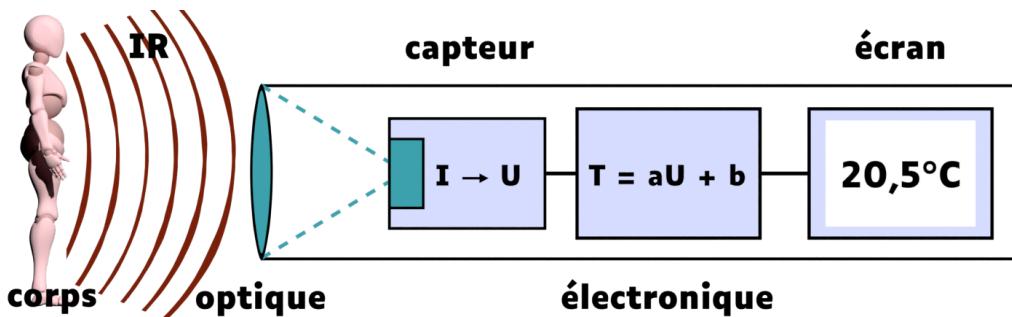
Comme on l'a vu, pour des températures « faibles » ($< 1000^{\circ}\text{C}$) le rayonnement est dans le domaine des infrarouges IR, avec une longueur d'onde supérieure à 700 nm.

Document 2 – Mesure de température avec un thermomètre infrarouge

Le rayonnement émis par le corps observé est focalisé par une lentille sur un capteur qui génère une tension électrique. Cette tension électrique **dépend de l'intensité du rayonnement émis**. Le signal est amplifié et transformé en une grandeur proportionnelle à la température du corps, grâce à un traitement numérique. La température mesurée est ensuite affichée sur un écran.

La mesure de température sans contact présente plusieurs avantages :

- temps de mesure très court ;
- mesure non invasive ;
- possible de mesurer des objets en mouvement.



On ne peut mesurer que la température de la **surface** d'un corps avec un thermomètre IR.

Document 3 – Thermomètres médicaux sans contact

Les thermomètres médicaux sont conçus pour mesurer les températures du corps humain. L'intensité du rayonnement infrarouge est convertie en tension électrique, puis l'appareil calcule et affiche la température.

Caractéristiques techniques d'un thermomètre médical IR :

- plage de mesure : de $32,0^{\circ}\text{C}$ à $42,0^{\circ}\text{C}$;
- précision : $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$;
- affichage : 3 digits ;
- sensibilité du capteur IR : de $8 \mu\text{m}$ à $14 \mu\text{m}$.

1 – Un thermomètre affiche une température de 36,8 °C. Calculer la plage de température possible du corps à l'aide de la précision de la mesure, c'est-à-dire la plus petite et la plus grande température possible.

Comme le thermomètre à une précision de $\pm 0,2$ °C, les valeurs possibles sont comprises entre 36,6 °C et 40,0 °C.

2 – À l'aide de la loi de Wien

$$\lambda = \frac{2,9 \times 10^{-3} \text{ K} \cdot \text{m}}{T(\text{K})}$$

calculer la longueur d'onde d'intensité maximale émise par un corps à une température de 32 °C.

On convertit la température en kelvin : $T = (32 + 273)\text{K} = 305\text{ K}$, et on utilise la loi de Wien

$$\lambda = \frac{2,9 \times 10^{-3} \text{ K} \cdot \text{m}}{305 \text{ K}} = 9,5 \times 10^{-6} \text{ m}$$

3 – Le capteur IR est-il adapté pour mesurer de telle température ?

Oui, car $9,5 \times 10^{-6} \text{ m} = 9,5 \mu\text{m}$ et cette valeur est comprise entre 8 et 14 μm .

4 – On mesure la tension électrique fournie par le capteur pour différentes température :

Température T en °C	31,1	32,0	34,5	37,0	39,5	42,0	42,7
Tension U en mV	420	512	1120	1635	2055	2430	2650

En utilisant une méthode graphique ou numérique, déterminer la température d'un corps correspondant à une tension de 1 728 mV.

On trouve une loi linéaire $T = U \times 0,0052 \text{ }^{\circ}\text{C} \cdot \text{mV}^{-1} + 28,96$ °C, ce qui permet de calculer la température pour la tension demandée $T = 0,0052 \text{ }^{\circ}\text{C} \cdot \text{mV}^{-1} \times 1728 \text{ mV} + 28,96$ °C = 37,9 °C

5 – Quel type de lentille doit-on utiliser dans le thermomètre pour concentrer la lumière ? Quelle est le nom de la distance entre la lentille et le capteur ?

On doit utiliser une lentille convergente, la distance entre la lentille et le capteur est la distance focale.

Activité 4.3 – Danger des infrarouges

Objectifs :

- ▶ Comprendre les risques spécifiques associés au infrarouges.

Contexte : Tous les objets à des températures usuelles ($T < 1\,000\text{ }^{\circ}\text{C}$) émettent des rayonnements électromagnétique dans le domaine des infrarouges.

→ **Ce rayonnement infrarouge est-il dangereux pour la santé ?**

Document 1 – Les différents domaines d'infrarouge

Les émissions infrarouges sont classées en 3 domaines : infrarouge proche (A), infrarouge moyen (B) et infrarouge lointain (C). Ces domaines ont été établis à partir des propriétés d'absorption des tissus du corps humain.

Domaine	IR-A	IR-B	IR-C
Longueur d'onde	$800\text{ nm} < \lambda < 1\,400\text{ nm}$	$1\,400\text{ nm} < \lambda < 3\,000\text{ nm}$	$3\text{ }\mu\text{m} < \lambda < 10^3\text{ }\mu\text{m}$

Document 2 – Infrarouges et sécurité

La lumière infrarouge est souvent qualifiée de **rayonnement thermique**, car quand on reçoit des infrarouges notre corps le perçoit comme de la chaleur. En général, les rayonnements infrarouges sont sans danger, **contrairement aux rayonnements ultraviolets**.

Il existe cependant des risques de brûlure pour les yeux et la peaux, si on est exposé à des rayonnements infrarouge intense pendant une longue durée. Comme, par exemple, à proximité d'objet chauffé à haute température ($T > 500\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Les **infrarouge-A (IR-A)** endommagent surtout la rétine, les yeux étant transparent pour ces longueurs d'ondes. Le cristallin peut être endommagé par des rayonnements **IR-A et IR-B** intenses. La cornée peut être endommagée par des rayonnements **IR-B et IR-C** très intenses et prolongés.

Pour la rétine le risque est ici principalement lié à l'utilisation de laser infrarouge, qui sont invisibles et intenses.

Document 3 – Les métiers à risques IR

Certains métiers sont exposés à des rayonnements infrarouges intenses pendant de longues durée : personnes travaillant dans les fonderies, souffleur ou souffleuse de verre, sapeur-pompier, soudeurs et soudeuse, etc. Mais aussi les chercheuses et chercheurs travaillant avec des lasers infrarouge très puissants.

Pour se protéger des rayonnements, il faut porter des lunettes spéciales munies de filtres IR.

1 – À l'aide de la loi de Wien, calculer la longueur d'onde d'intensité maximale émise par un corps à une température de $37\text{ }^{\circ}\text{C}$. Cette longueur d'onde correspond-elle au domaine proche IR-A, moyen IR-B ou lointain IR-C ?

On calcule la longueur d'onde maximale avec la loi de Wien

$$\lambda = \frac{2,9 \times 10^{-3} \text{ K} \cdot \text{m}}{(37 + 273)\text{kelvin}} = 9,4 \times 10^{-6} \text{ m} = 9,4 \text{ }\mu\text{m} = 9\,400 \text{ nm}$$

On est donc dans le domaine des lointain IR-C.

2 — Les rayonnements infrarouges émis par votre corps représentent-ils un danger pour les personnes qui vous entourent ?

Non, car on se trouve dans le domaine des IR-C.

3 — Donner une solution pour protéger des risques liés aux IR les ouvrier-es qui travaillent dans les fonderies.

Il faut porter des lunettes de protection qui filtrent les infrarouges.