3. Rayonnement émis par un corps chaud comme le Soleil.

3.0. Préparation de la séance (classe inversée)

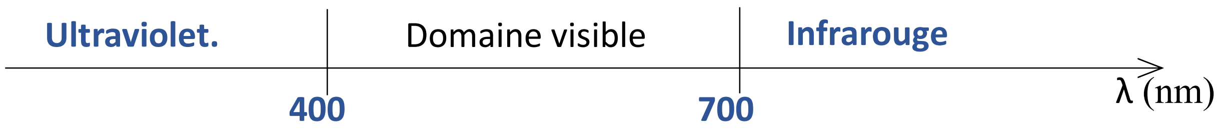
Visionner les vidéos suivantes (disponibles sur le netboard accessible via l'espace des classes de l'ENT) :

- https://youtu.be/8avfTObiObs ("les étoiles en couleur, le ciel se dessine")
- https://youtu.be/_IZfQe47wlM ("qu'est ce que la lumière infrarouge ?")

Vidéo 1 Vidéo 2

3.1. Rappels de seconde.

- La lumière est une onde électromagnétique caractérisée par sa longueur d'onde notée λ. Rappeler les limites en longueur d'onde du domaine visible de la lumière et les couleurs associées, et les domaines encadrant le domaine visible.



- En modifiant la température de la source, la lumière émise et le spectre lumineux évoluent.

  À partir de vos connaissances de seconde et des informations recueillies dans les vidéos visionnées, répondre aux questions suivantes :

1. Les étoiles les plus chaudes sont plutôt de couleur

   ✓ Bleue
   ~~☐ Rouge~~

2. Lorsque la température de la source de lumière augmente, le spectre de la lumière émise se décale vers ?

   ~~☐ les grandes longueur d'onde~~
   ✓ les petites longueur d'onde

3. Un corps de basse température comme le corps humain ou la Terre émet un rayonnement situé dans

   ~~☐ les ultraviolets~~
   ~~☐ le domaine visible~~
   ✓ les infrarouges

3.2. La loi de Wien : énoncé et applications

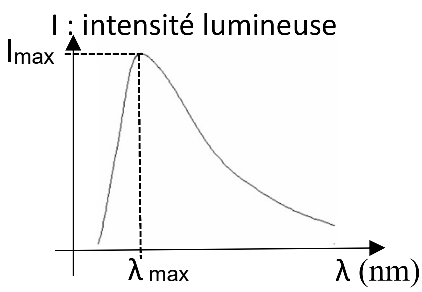
Document 1 : Profil spectral et λ_{max}

Pour chaque source de lumière on peut analyser la lumière émise en mesurant l'intensité I de chaque longueur d'onde λ émise.

On obtient le profil spectral de la source, c'est le graphe I = f(λ)

Pour un corps chaud émettant de la lumière le spectre est continu et le profil spectral est une courbe qui a la forme ci-contre :

Sur ce profil spectral, on repère la longueur d'onde émise avec la plus grande intensité que l'on note λ_{max}.



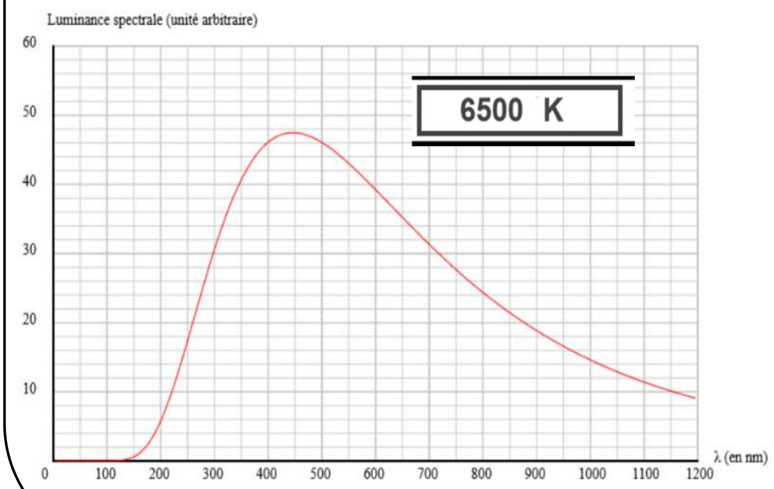
Document 2 : Le Kelvin

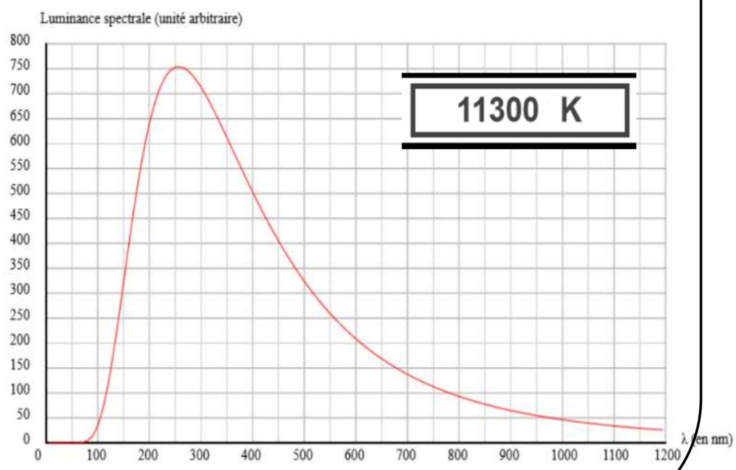
L'unité de température, notée K, est le kelvin. C'est l'unité du système international pour les températures. La conversion à partir des °C est la suivante : T(K) = T(°C) + 273

Document 3 : : Une animation informatique

Manipuler l'animation suivante (lien sur le netboard via l'ENT) :
http://labosims.org/animations/App_wien/App_wien.html

Voici deux copies d'écran de cette animation





1. Placer le spectre du domaine visible de la lumière sur chaque graphe ci-dessus

En utilisant l'animation informatique, répondre aux questions suivantes :

2. Décrire comment évolue le profil spectral quand on passe d'une source à la température T_1 = 6500K à une source à la température T_2 = 11300 K

En passant de 6500K à 11300 K, on observe que le profil spectral se décale vers les plus petites longueurs d'onde, le maximum passe de 400 nm environ à 250 nm environ.

De plus en ordonnée, les valeurs deviennent plus élevées, la lumière émise est plus intense.

3. Si on observe la lumière non décomposée de chacune de ces deux sources, quelle couleur est vue pour
   a. La première source (T_1 = 6500K) . Justifier

Lorsque la source est à la température de 6500K, l'animation nous montre une couleur blanche. En effet toutes les radiations comprises entre 400 et 800 nm sont présentes avec des intensités comparables, les radiations bleues étant plus intense que les rouges, la sensation de blanc est renforcée.

   b. La deuxième source (T_2 = 11300 K) . Justifier

Lorsque la source est à la température de 11300K, l'animation nous montre une couleur bleue. En effet, pour la partie visible entre 400 et 800 nm, il y a peu de rouge émis (radiations de 800 nm) alors qu'il y a beaucoup de bleu (400 nm). La superposition de tout ça nous donne une sensation bleue

4. Pour chaque courbe, estimer la longueur d'onde λ_{max} et la couleur de la radiation émise avec la plus grande intensité lumineuse.
   a- La première courbe (T_1 = 6500K) . **Le maximum est à λ_{max} = 445 nm, le maximum est dans le bleu**

   b- La deuxième courbe (T_2 = 11300 K) . **Le maximum est à λ_{max} = 256 nm, le maximum est dans les ultraviolets**

5. La loi de Wien permet de relier numériquement la température T d'une source de lumière avec la longueur d'onde λ_{max} émise avec la plus grande intensité.

   À partir des observations précédentes, les grandeurs T et λ_{max} peuvent-elles être proportionnelles ? Justifier votre réponse.

Quand la température augmente, la longueur d'onde de la radiation émise avec la plus grande intensité λ_{max} diminue.
Les deux grandeurs T et λ_{max} ne peuvent pas être proportionnelles puisqu'elles n'évoluent pas dans le même sens.

Document 4 : La loi de Wien : **A RETENIR**

La loi de Wien ou loi de rayonnement du corps noir, s'écrit ainsi :

$$\boxed{\lambda_{max} \times T = 2{,}9.10^{-3}}$$

Avec $\lambda_{max.}$: longueur d'onde de la radiation émise avec la plus grande intensité (en m)
T : température de surface du corps émetteur (en K)

Remarques :

- Un "corps noir" est un objet dont le spectre d'émission ne dépend que de sa température
- La valeur de la constante $2{,}9.10^{-3}$ impose de travailler dans le système international avec des longueurs d'onde $\lambda_{max.}$ en mètre et des températures T en kelvin.

4.2.1. Écrire la loi de Wien sous la forme $\lambda_{max} = \frac{2{,}9\times10^{-3}}{T}$ **= $2{,}9\times10^{-3} \times \frac{1}{T}$**

Avec quoi λ_{max} est-il proportionnel ? **λ_{max} est proportionnel à $\frac{1}{T}$**

Car la relation précédente peut aussi s'écrire : $\lambda_{max} = 2{,}9\times10^{-3} \times \frac{1}{T}$

4.2.2. Écrire la loi de Wien sous la forme T = $\frac{2{,}9\times10^{-3}}{\lambda_{max}}$ **= $2{,}9\times10^{-3} \times \frac{1}{\lambda_{max}}$**

Avec quoi T est-il proportionnel ? **T est proportionnel à $\frac{1}{\lambda_{max}}$**

Car la relation précédente peut aussi s'écrire T = = $2{,}9\times10^{-3} \times \frac{1}{\lambda_{max}}$

On dit que λ_{max} et T sont inversement proportionnel.

4.2.3. Calculer la longueur d'onde (en m puis en nm) émise par un être humain avec la plus grande intensité. On prendra T = 30°C (attention : conversion de température !)

T = 30 °C = 303 K

$\lambda_{max} = \frac{1}{T} = \frac{2{,}9\times10^{-3}}{303} = 9{,}57\times10^{-6}$ m

Indiquer dans quel domaine de rayonnement un corps humain émet.

Pour savoir s'il s'agit d'un rayonnement visible ou pas, il faut exprimer λ_{max} en nm et voir s'il se situe entre 400 et 800 nm

$\lambda_{max} = 9{,}57\times10^{-6}$ m = $9{,}57\times10^{3}$ nm = 9570 nm.

On est au-dessus de 800 nm, c'est un rayonnement infrarouge

4.2.4. Déterminer la longueur d'onde λ_{max} dans le cas du filament d'une lampe à incandescence dont la température vaut T = 2500 °C.

T = 2500 °C = 2773 K

$\lambda_{max} = \frac{1}{T} = \frac{2{,}9\times10^{-3}}{2773} = 1{,}046\times10^{-6}$ m

Dans quel domaine de radiation se situe cette longueur d'onde ?

Pour savoir s'il s'agit d'un rayonnement visible ou pas, il faut exprimer λ_{max} en nm et voir s'il se situe entre 400 et 800 nm

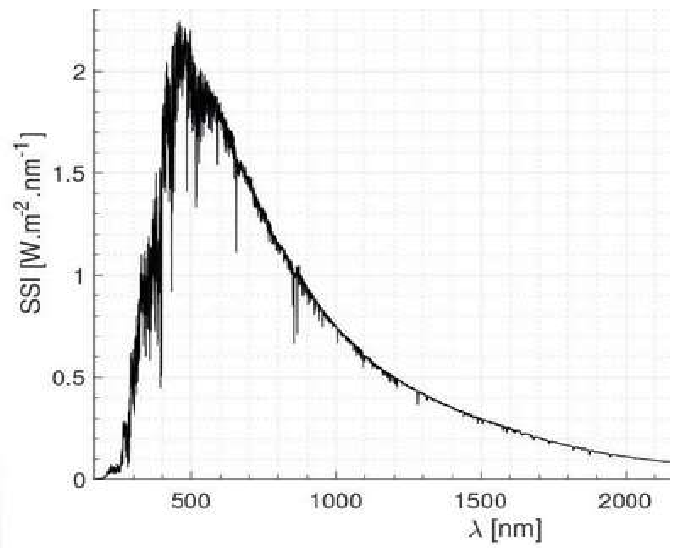
$\lambda_{max} = 1{,}046\times10^{-6}$ m = $1{,}046\times10^{3}$ nm = 1046 nm.

On est au-dessus de 800 nm, c'est un rayonnement infrarouge

En quoi est-ce un résultat étonnant ? **C'est un résultat étonnant car on parle d'une lampe qui émet de la lumière visible puisqu'elle nous éclaire.**

Et justifier cette apparente incohérence.

Ca s'explique par la fait que la maximum est dans l'infrarouge à 1046 nm, mais la courbe ne se limite pas à son pic. Il y a des radiations émises de part et d'autre de ce maximum. Parmi celles-ci, certaines se situent dans le domaine visible car 1046 nm ce n'est pas très loin de 800 nm, radiation rouge visible.



4.2.5. Le profil spectral du Soleil a l'allure ci-contre, en utilisant le graphe et la loi de Wien, évaluer la température de surface du Soleil en kelvin puis en °C (attention à la conversion de longueur d'onde).

Graphiquement, on lit la position de λ_{max} = 500 nm environ.

Puis on convertit en m : λ_{max} = 500 nm = 500×10^{-9} m

T = $\frac{2{,}9\times10^{-3}}{\lambda_{max}} = \frac{2{,}9\times10^{-3}}{500\times10^{-9}}$ = 5800 K = 5527 °C

5. Pour aller plus loin : Modélisation permettant d'établir la loi de Wien

Pour établir sa loi, Wilhelm Wien a relevé la valeur de λ_{max} pour des fours de températures T différentes

Il a ensuite calculé $\frac{1}{\lambda_{max}}$ et tracé le graphe ci-dessous :

6. Pour aller plus loin : Modélisation permettant d'établir la loi de Wien

Pour établir sa loi, Wilhelm Wien a relevé la valeur de λ_{max} pour des fours de températures T différentes

Il a ensuite calculé $\frac{1}{\lambda_{max}}$ et tracé le graphe ci-dessous :