

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

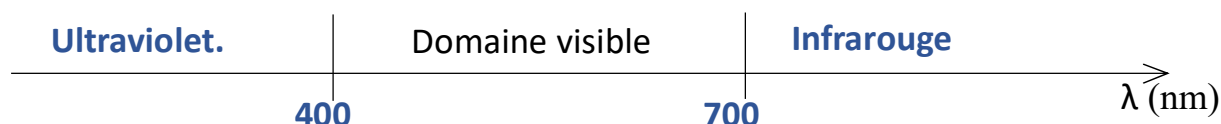
#### 3.0. Préparation de la séance (classe inversée)

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/\\_IZfQe47wIM](https://youtu.be/_IZfQe47wIM) ("qu'est ce que la lumière infrarouge ?")

#### 3.1. Rappels de seconde.

- La lumière est une onde électromagnétique caractérisée par sa longueur d'onde notée  $\lambda$ . 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

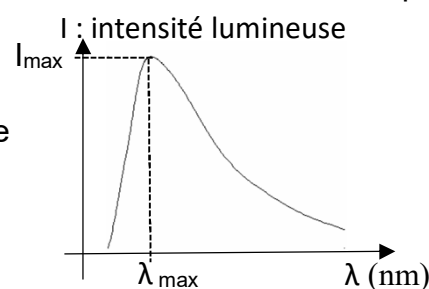
##### Document 1 : Profil spectral et $\lambda_{\max}$

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

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

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  $\lambda_{\max}$ .



**Document 2 :** Le Kelvin (voir formulaire d'enseignement scientifique distribué)

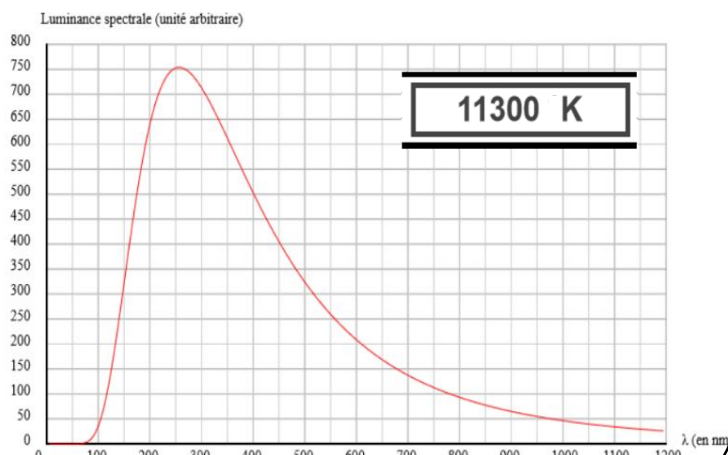
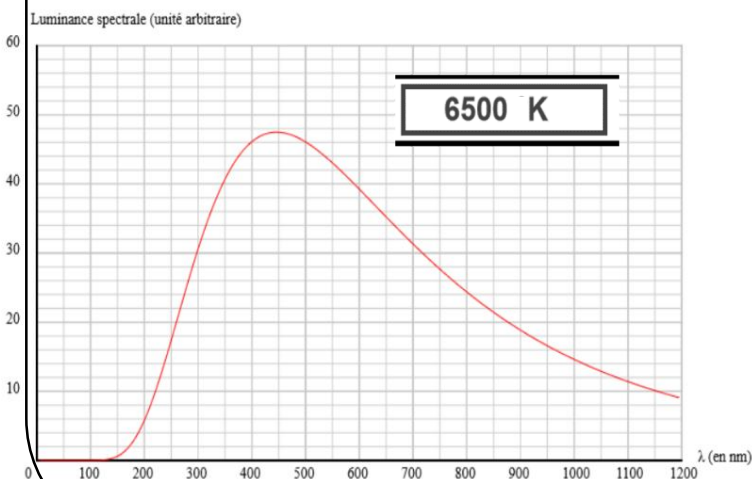
L'unité de température, notée K, est le kelvin. C'est l'unité du système international pour les températures. La conversion à partir des °C est la suivante :  $T(K) = T(^{\circ}C) + 273$

**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](http://labosims.org/animations/App_wien/App_wien.html)



Voici deux copies d'écran de cette animation



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

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

1. 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.**

2. 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.**

- 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**

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

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

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

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

**Quand la température augmente, la longueur d'onde de la radiation émise avec la plus grande intensité  $\lambda_{\max}$  diminue.**

**Les deux grandeurs  $T$  et  $\lambda_{\max}$  ne peuvent pas être proportionnelles puisqu'elles n'évoluent pas dans le même sens.**

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

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

$$\lambda_{\max} \times T = 2,9 \cdot 10^{-3} \text{ (en m.K)}$$

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  $2,9 \cdot 10^{-3}$  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  $\lambda_{\max} = \frac{2,9 \times 10^{-3}}{T} = 2,9 \times 10^{-3} \times \frac{1}{T}$

Écrire la loi de Wien sous la forme  $T = \frac{2,9 \times 10^{-3}}{\lambda_{\max}} = 2,9 \times 10^{-3} \times \frac{1}{\lambda_{\max}}$

Indiquer quelles grandeurs sont proportionnelles dans cette loi :

$\lambda_{\max}$  est proportionnel à  $\frac{1}{T}$

$T$  est proportionnel à  $\frac{1}{\lambda_{\max}}$

4.2.2. Calculer la longueur d'onde (en m puis en nm) émise par un être humain avec la plus grande intensité. On prendra  $T = 30^\circ\text{C}$  (attention : conversion de température !)

$$T = 30^\circ\text{C} = 303 \text{ K}$$

$$\lambda_{\max} = \frac{1}{T} = \frac{2,9 \times 10^{-3}}{303} = 9,57 \times 10^{-6} \text{ m}$$

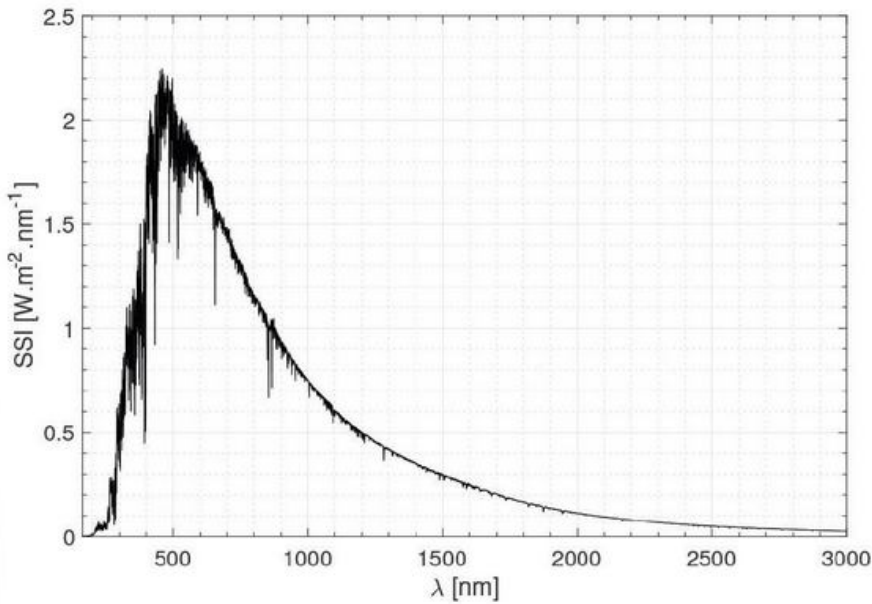
Indiquer dans quel domaine de rayonnement un corps humain émet.

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

$$\lambda_{\max} = 9,57 \times 10^{-6} \text{ m} = 9,57 \times 10^3 \text{ nm} = 9570 \text{ nm.}$$

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

4.2.3. Le profil spectral du Soleil a l'allure suivante, évaluer la température de surface du Soleil en kelvin puis en °C (attention aussi à la conversion de longueur).



**Graphiquement, on lit la position de  $\lambda_{\max} = 500$  nm environ.**

**Puis on convertit en m :  $\lambda_{\max} = 500$  nm =  $500 \times 10^{-9}$  m**

$$T = \frac{2,9 \times 10^{-3}}{\lambda_{\max}} = \frac{2,9 \times 10^{-3}}{500 \times 10^{-9}} = 5800 \text{ K} = 5527 \text{ °C}$$

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

$$T = 2500 \text{ °C} = 2773 \text{ K}$$

$$\lambda_{\max} = \frac{1}{T} = \frac{2,9 \times 10^{-3}}{2773} = 1,046 \times 10^{-6} \text{ m}$$

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  $\lambda_{\max}$  en nm et voir s'il se situe entre 400 et 800 nm**

$$\lambda_{\max} = 1,046 \times 10^{-6} \text{ m} = 1,046 \times 10^3 \text{ nm} = 1046 \text{ nm.}$$

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

En quoi est-ce un résultat étonnant ? Et justifier cette apparente incohérence.

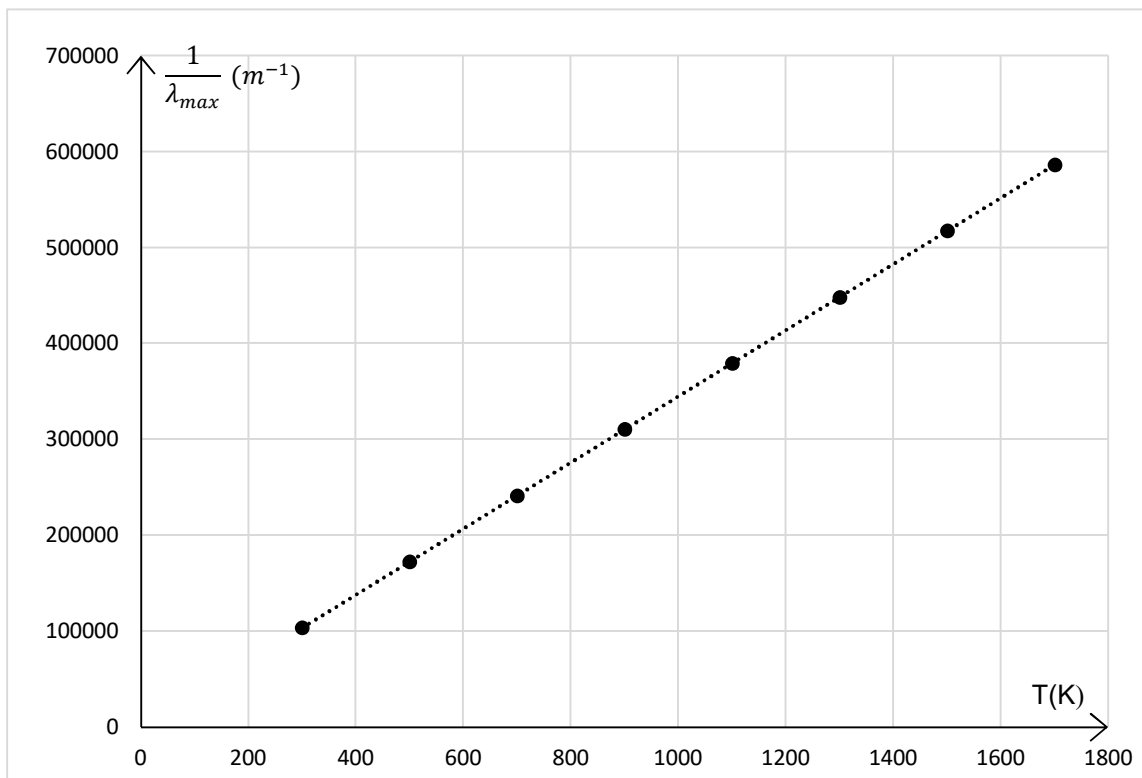
**C'est un résultat étonnant car on parle d'une lampe qui émet de la lumière visible puisqu'elle nous éclaire.**

**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.**

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

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

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



5.1. Nommer le graphe ci-dessus sous la forme "grandeur A" = f ("grandeur B")

C'est le graphe  $\frac{1}{\lambda_{max}} = f(T)$

5.2. Que montre le graphe ci-dessus ? Justifier.

**Le graphe est une droite passant par l'origine, qui montre que les grandeurs  $\frac{1}{\lambda_{max}}$  et T sont proportionnelles**

5.3. Déterminer l'équation mathématique de la droite tracée en pointillée.

La courbe obéit à l'équation  $\frac{1}{\lambda_{max}} = a \times T$  avec a son coefficient directeur

**Pour trouver la valeur de a, il faut prendre 2 points sur la courbe et déterminer le coefficient**

$$a = \frac{\text{différence des ordonnées}}{\text{différence des abscisses}}$$

**Exemple point M (0 ; 0) et point N (1600 ; 550000)**

$$a = \frac{\text{différence des ordonnées}}{\text{différence des abscisses}} = \frac{550000-0}{1600-0} = 343$$

**L'équation de la droite est  $\frac{1}{\lambda_{max}} = 343 \times T$**

5.4. En déduire la relation mathématique qui existe entre les grandeurs  $\lambda_{max}$  et T.

**A partir de l'équation précédente, on peut écrire  $1 = \lambda_{max} \times 343 \times T$  ou encore**

$$\lambda_{max} \times T = \frac{1}{343} = 0,0029$$

5.5. Vérifier qu'on retrouve bien la loi de Wien précédemment énoncée.

**L'équation est conforme à la loi de Wien énoncé dans le cours**