

Act 2 : température de surface du Soleil.

Evaluer la température de surface du Soleil, situé à une distance de 150 millions de km a constitué un véritable défi pour les scientifiques.

Au XXème siècle, l'analyse de la lumière émise par le Soleil a permis de résoudre cette énigme.

Comment l'étude du profil spectral du Soleil permet de déterminer sa température de surface ?

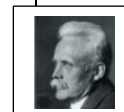
Document 1 :

1879 : le physicien hongrois **J.Stefan** propose une loi reliant la puissance rayonnée par un corps à sa température ; en l'appliquant au Soleil, il évalue sa température de surface entre 6000 et 11 000 °C.



1881 : les détecteurs se perfectionnent et deviennent de meilleure qualité. Les travaux sur les profils spectraux d'émission montrent un lien entre la position du pic de la courbe et la température T.

1893 : le physicien allemand **W.Wien** énonce une loi reliant la température T d'un corps et la longueur d'onde λ_{\max} correspondant au maximum d'intensité d'émission du corps.



Document 2 : loi de Wien (1893).

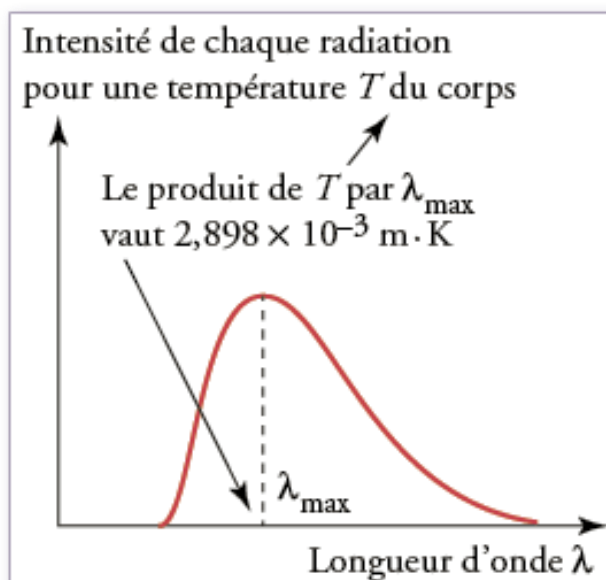
Lorsque l'on trace l'intensité lumineuse émise par des objets incandescents de différentes températures, on constate que plus l'objet est chaud, plus **la longueur d'onde correspondant au maximum d'intensité** est petite. La loi de Wien permet de traduire cette observation ; elle s'écrit $\lambda_{\max} \cdot T = A$ avec

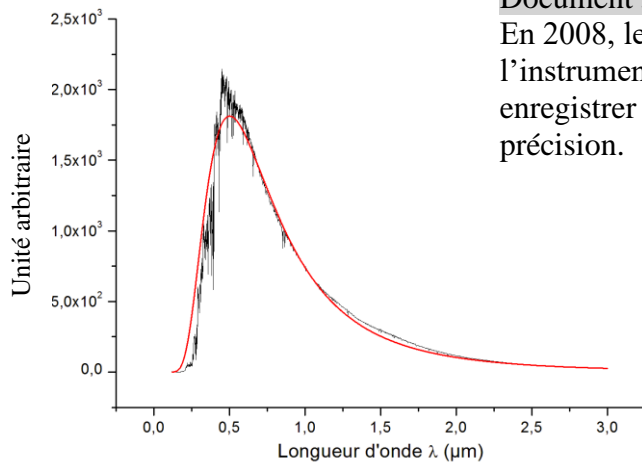
A = constante = $2,90 \times 10^{-3}$ m.K.

T = température de surface du corps en kelvin (K)

$T(K) = T(^{\circ}C) + 273,15$

λ_{\max} = longueur d'onde correspondant au maximum d'intensité émise (m)





Document 4 : classification des étoiles.

L'étude du spectre d'émission d'une étoile illustre le lien entre sa température de surface T et sa couleur. La classification de Harvard, créée au XX^e siècle, classe les différentes étoiles selon leur spectre d'émission. Les **principaux types spectraux sont notés O, B, A, F, G, K et M** ; chaque type spectral possédant lui-même 10 sous-catégories.

Classe	Température	Couleur
O	30000-60000 K	Bleue
B	10000-30000 K	Bleue-blanche
A	7500-10000 K	Blanche
F	6000-7500 K	Jaune-Blanche
G	5000-6000 K	Jaune
K	3500-5000 K	Orange
M	2000-3500 K	Rouge

Document 5 : loi de Stefan-Boltzmann.

Le Soleil émet une puissance surfacique P_S considérable à sa surface. Dans le cas d'un corps noir*, la puissance surfacique est reliée à la température T de surface du corps par la loi de Stefan-Boltzmann. Cette loi précise que la **puissance surfacique P_S émise est proportionnelle à la puissance quatrième de la température** : $P_S = \sigma.T^4$ avec :

P_S = puissance surfacique émise en ($W.m^{-2}$)

T = température de surface (K)

σ = constante de Stefan-Boltzmann égale à $5,67 \times 10^{-8}$ SI

***un corps noir** (CN) est un modèle idéal de corps ; dans ce modèle, un CN est un corps capable d'absorber tout le rayonnement incident (ce corps est donc spectralement noir) provenant, dans le cas des étoiles, des réactions nucléaires au cœur de l'étoile, et qui, en retour, émet un rayonnement ne dépendant que de sa température de surface. Les étoiles sont considérées comme des CN.

Questions :

A savoir :

1 nanomètre (nm) = 10^{-9} m ; 1 micromètre (μm) = 10^{-6} m.

Quand vous utilisez la relation $\lambda_{\text{max}} \cdot T = A$, il faut que la température T soit en Kelvin (K) et que la longueur d'onde λ soit dans la même unité que l'unité de longueur figurant dans A.

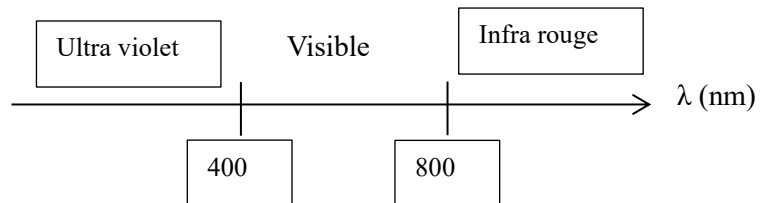
Par exemple :

-Si $A = 2,898 \times 10^{-3} \text{ m.K}$, il faudra que T soit en K et λ en m

-Si $A = 2898 \text{ } \mu\text{m.K}$, il faudra que T soit en K et λ en μm .

1/ Rappels de 2nde :

a) Compléter l'axe ci-contre :



A savoir : 1 nm = 10^{-9} m

1 μm = 10^{-6} m

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

b) Les étoiles les plus chaudes sont plutôt de couleur

- Bleue
 Rouge

c) Un corps de basse température, comme le corps humain ou la Terre, émet un rayonnement situé dans

- les ultra-violet
 le domaine visible
 les infra-rouge

2/ Comment évolue le sommet du profil spectral d'un corps lorsque sa T augmente ?

Lorsque T augmente, le sommet se déplace :

** vers la gauche, c'est-à-dire vers les petites longueurs d'onde

** vers le haut, c'est-à-dire que l'intensité lumineuse émise est plus importante

3/ a) Comment la loi de Wien permet-elle de déterminer la température de surface d'une étoile ?

La courbe intensité lumineuse = $f(\lambda)$ passe par un maximum dont l'abscisse est liée à la température de surface T par la relation $\lambda_{\text{max}} \cdot T = A$. La détermination graphique de λ_{max} permet ensuite de déterminer la valeur de T par le calcul $T = A / \lambda_{\text{max}}$. Attention aux unités ☺

b) En vous servant de la réponse précédente, déterminer la température de Surface du Soleil.

D'après le document 3, en prenant la courbe modélisée par la loi de Planck, on trouve $\lambda_{\text{max}} = 0,5 \mu\text{m}$, ce qui donne une température de surface $T = A / \lambda_{\text{max}} = 2,898 \times 10^{-3} \text{ m.K} / 0,5 \cdot 10^{-6} \text{ m} = 5800 \text{ K}$.

c) A quelle classe d'étoiles le Soleil appartient-il ?

Catégorie G.

4/ Démontrer numériquement la réponse de la Q°1/ c).

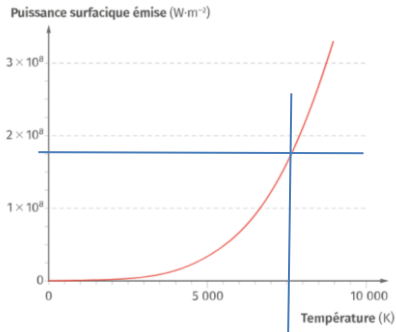
$\lambda_{\text{max}} = A / T$ donc si on prend $T_{\text{corps humain}} = 37 \text{ }^\circ\text{C} = 37 + 273,15 = 310,15 \text{ K}$,

on trouve $\lambda_{\text{max}} = A / \lambda_{\text{max}} = 2,898 \times 10^{-3} \text{ m.K} / 310,15 \text{ K} = 9,35 \cdot 10^{-6} \text{ m} = 9350 \text{ nm}$ (ou $9,35 \mu\text{m}$) $> 800 \text{ nm}$ → domaine des infra rouges.

5/ a) En faisant une analyse dimensionnelle, déterminer l'unité de la constante de Stefan-Boltzmann.

On a donc $[\sigma] = [P_s] / [T^4]$ ce qui donne σ en $\frac{W.m^{-2}}{K^4}$ ou encore $W.m^{-2}.K^{-4}$.

b) On donne l'allure de la courbe $P_s = f(T)$. Quelle serait la valeur de λ_{max} pour un corps ayant une puissance surfacique émise de $1,75.10^8 W.m^{-2}$?



D'après le graphe ci-contre, on lit la valeur de T correspondant à $1,75.10^8 W.m^{-2}$: on a $T = 7500 K$.

D'après la loi de Wien on trouve $\lambda_{max} = A / T \approx 3,9.10^{-7} m = 390 nm$.