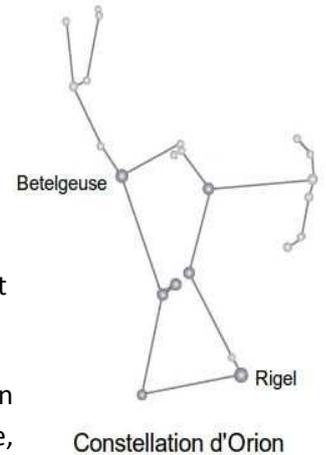
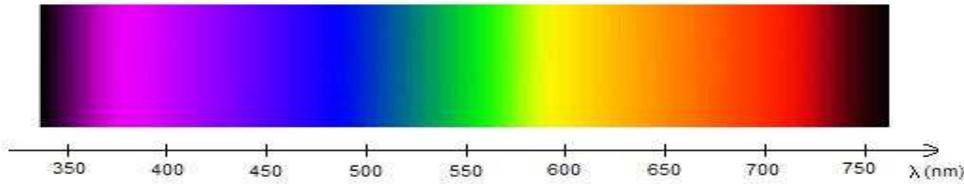




TP05 Chapitre 03 : Comment expliquer la couleur des étoiles ?

Spectre de la lumière blanche :



Lorsque l'on observe le ciel par une nuit sombre et sans Lune les étoiles nous apparaissent dans un premier temps comme blanches.

Mais si l'on s'attarde un peu, si on laisse le temps à l'œil pour s'habituer à l'obscurité, on peut se rendre compte que certaines étoiles nous apparaissent bleues (Rigel par exemple, dans la constellation d'Orion, est une supergéante bleue), ou rouges (Betelgeuse, toujours dans la constellation d'Orion, est une supergéante rouge).

Pour expliquer les couleurs des étoiles, intéressons-nous au rayonnement du corps noir, qui a tenu les scientifiques en haleine pendant de nombreuses années.

Dans le cas théorique d'un objet parfaitement opaque, dont la température ne varie pas et parfaitement isolé, son rayonnement électromagnétique pourra être déterminé en connaissant seulement sa température. Josef Stephan, Wilhelm Wien et Max Plank ont déterminé trois lois associées à ce rayonnement de corps noir.

| | |
|---|---|
|  | <p>Max Planck (1858 – 1947). Max Planck était un physicien allemand connu pour ses travaux en mécanique quantique, pour lesquels il obtiendra le prix nobel de Physique en 1918. Après avoir étudié la thermodynamique, il s'intéresse au rayonnement du corps noir. Influencé par Boltzmann, il va établir une loi de répartition de l'énergie du rayonnement en fonction de la longueur d'onde (1900). Cette loi a pour avantage d'unifier les travaux de Rayleigh/Jeans et ceux de Wien.</p> |
|  | <p>Wilhelm Wien (1864 – 1928). Whilelm Wien était un physicien allemand, célèbre pour ses travaux sur les lois du rayonnement et de la chaleur. En 1893, il découvre que la distribution des spectres du corps noirs passent par un maximum. Il observe que la longueur d'onde de ce maximum est inversement proportionnelle à sa température, c'est la fameuse loi de Wien. Il obtiendra le prix nobel de Physique en 1911 pour ses travaux.</p> |
|  | <p>Josef Stephan (1835 – 1893). Josef Stephan était un physicien slovène connu pour son étude du rayonnement du corps noir. En 1879 il publie un article où il énonce une loi (appelée loi de Stephan-Boltzmann), qui relie l'énergie du rayonnement par unité de surface et la température, mais ce n'est que plusieurs années après que cette loi fut démontré théoriquement par Ludwig Boltzmann, l'élève de J. Stephan. Cette loi aura un impact important en astrophysique, notamment dans l'étude des étoiles, notamment le Soleil puisque Stefan en déterminera la température de surface (5430 °C).</p> |



a) Qu'est-ce qu'un corps noir ? En vous aidant des textes précédents, établir le cheminement qui a abouti à la loi de Planck sur le rayonnement du corps noir.

La loi de Wien : En étudiant le rayonnement de corps de nombreux objets à différentes températures, Wilhelm Wien a remarqué que la longueur d'onde correspondante au maximum de rayonnement était inversement proportionnelle à la température T en Kelvin du corps noir. D'où la célèbre loi de Wien :

$$\lambda_{\max} = \frac{\sigma_w}{T} \quad \text{où } \sigma_w \text{ est une constante égale à } 2,898.10^{-3} \text{ m.K}$$

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

Dans le tableau ci-contre, on donne la puissance lumineuse rayonnée par une étoile « chaude », par une étoile « froide » et par le Soleil.

b) En utilisant un tableur/grapheur, tracer sur un même graphe la courbe représentant la puissance rayonnée en fonction de la longueur d'onde du rayonnement pour chacune des étoiles.

c) Déterminer, pour chaque courbe, la longueur d'onde correspondant au maximum de puissance rayonnée.

! Appeler le professeur pour lui montrer les graphiques et le relevé de λ_{\max} ou en cas de difficulté.

d) Utiliser la loi de Wien pour déterminer la température de l'étoile chaude, de l'étoile froide et du soleil (on assimilera les étoiles à un corps noir).

Ouvrir l'animation « corpsnoir2.swf »

e) A l'aide l'animation, donner la couleur apparente de chacune des étoiles. Proposer une explication.

f) En appliquant la loi de Wien aux objets suivants, calculer la longueur d'onde maximale λ_{\max} et déterminer le domaine spectral correspondant.

| Longueur d'onde λ (nm) | Puissances rayonnées (10^{13} SI) | | |
|--------------------------------|--------------------------------------|-------------------|-------------------|
| | Soleil | Etoile « chaude » | Etoile « froide » |
| 200 | | 28 | |
| 300 | 0,32 | 41 | 0,0006 |
| 325 | 0,76 | | |
| 350 | 1,60 | 38 | |
| 375 | 2,06 | | |
| 400 | | 33 | 0,007 |
| 420 | 3,53 | | |
| 450 | 3,70 | 27 | |
| 470 | 3,71 | | |
| 500 | 3,62 | 23 | 0,026 |
| 550 | 3,35 | 19 | |
| 600 | 3,01 | 15 | 0,052 |
| 700 | 2,17 | 10 | 0,075 |
| 800 | 1,59 | 7 | 0,091 |
| 1000 | 0,99 | | 0,099 |
| 1100 | 0,79 | | 0,096 |
| 1200 | 0,65 | | 0,090 |
| 1400 | | | 0,075 |
| 1600 | | | 0,060 |
| 1800 | | | 0,047 |
| 2000 | | | 0,037 |
| 2500 | | | 0,021 |

| Objet | Température T (°K) | Longueur d'onde λ_{\max} (m) | Domaine spectral |
|------------------|--------------------|--------------------------------------|------------------|
| Etoile de type O | 50000 | | |
| Terre | 300 | | |
| Corps humain | | | |



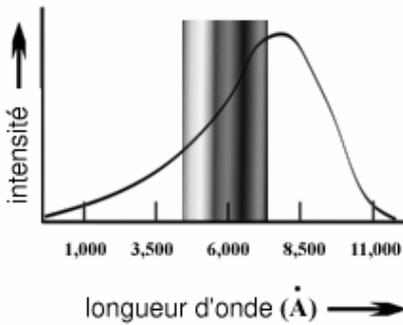
Il existe une classification spectral des étoiles en fonction de leur température :
 Oh Be A Fine Girl Kiss Me ! (ou: Oh Be A Fine Guy Kiss Me !)

g) Compléter le tableau suivant illustrant la classification spectrale des étoiles en calculant la longueur d'one maximale λ_{max} .

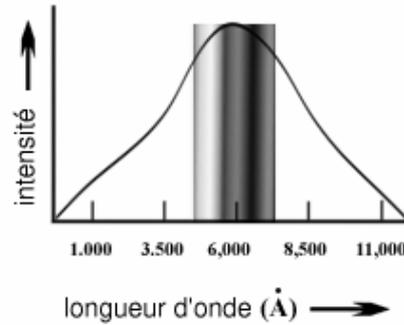


| | | | | | | | |
|----------------------|----------------|-------|---------------|---------|--------|----------|---------|
| Etoile | Lambda Orionis | Rigel | <i>Sirius</i> | Procyon | Soleil | Arcturus | Antarès |
| T (K) | 30000 | 20000 | 10000 | 7000 | 5500 | 4000 | 2500 |
| λ_{max} (nm) | | | | | | | |

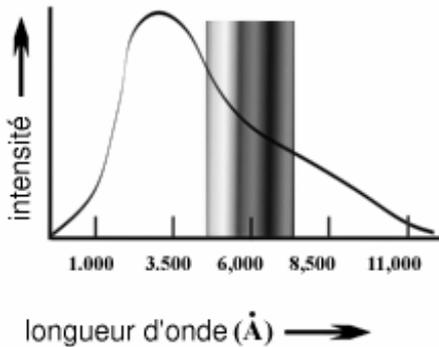
h) En vous aidant du tableau précédent retrouver à quelle étoile correspond les spectres ci-dessous ($1\text{\AA} = 10^{-10}\text{m}$):



a.



b.



c.