

PHY AST – Astrophysique
SECTION 7

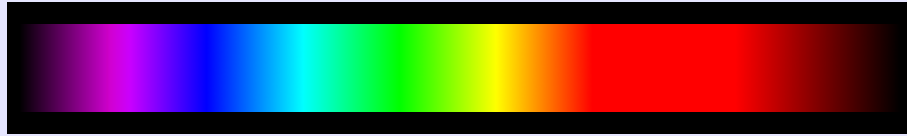
QUESTIONS

Q1 Expliquez pourquoi l'étude de la lumière est si importante en astronomie et en astrophysique.

Q2 Quelle est la différence principale entre une onde mécanique et une onde électromagnétique ?

Q3 Classez en ordre croissant de longueurs d'ondes les régions du spectre électromagnétique suivantes :
infrarouge ; rayons X ; visible ; micro-ondes ; rayons γ ; ondes radio ; ultraviolet

Q4 Le spectre visible (l'intervalle de longueurs d'ondes que les yeux humains peuvent percevoir) s'étend du violet au rouge, en passant par toutes les couleurs de l'arc-en-ciel.



- (a) Le violet et le rouge correspondent à quelles longueurs d'ondes ?
- (b) Comment s'appelle la portion invisible du spectre électromagnétique située près du violet ?
- (c) Comment s'appelle la portion invisible du spectre électromagnétique située près du rouge ?

Q5 À quoi sert un spectrographe ?

Q6 Quels renseignements peut-on obtenir à partir de la composante continue du spectre d'une étoile ? À partir des raies ?

Q7 Quelles sont les caractéristiques du spectre d'émission d'un corps noir ?

Q8 Expliquez pourquoi les étoiles, qui sont pourtant des objets extrêmement lumineux et qui ne sont pas du tout des objets de couleur noire, sont tout de même considérées comme des « bons corps noirs ».

Q9 Énoncez la loi de Wien.

Q10 Énoncez la loi de Stefan-Boltzmann.

Q11 Dans l'équation $L = \ell A$, nommez chaque terme, expliquez à quoi il correspond et spécifiez ses unités.

Q12 À quel phénomène atomique doit-on la production de raies spectrales ?

Q13 Quelle est la différence entre un spectre d'émission et un spectre d'absorption ?

Q14 Dans la majorité des cas, retrouve-t-on des raies en émission ou en absorption lorsqu'on analyse le spectre d'une étoile ?

EXERCICES

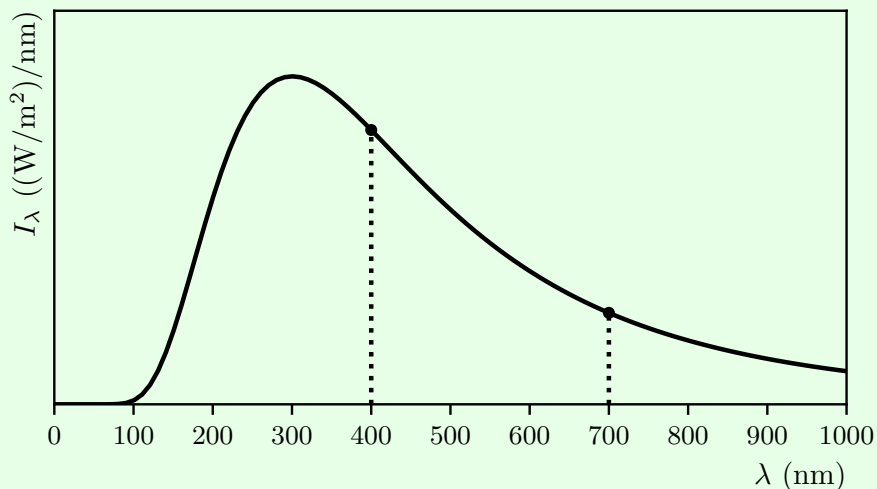
7.1 Une vision hors du commun. La squille multicolore (auss appelée crevette-mante religieuse) possède une vision impressionnante ! Ses deux yeux globuleux montés sur pédoncules peuvent bouger de manière totalement indépendante et lui permettent de voir, entre autres, les rayons ultraviolets. Elle arrive même à discerner les différentes polarisations (linéaire et circulaire) de la lumière ! Sachant qu'elle parvient de justesse à voir à la fois les photons dont l'énergie est $6,63 \times 10^{-19} \text{ J}$ ainsi que ceux dont la période est $2,40 \times 10^{-15} \text{ s}$, exprimez l'intervalle de longueurs d'ondes à l'intérieur duquel se situe sa vision.



7.2 Différents pics d'émissivité. Déterminez la longueur d'onde du pic d'émissivité des objets suivants et indiquez dans quelle partie du spectre électromagnétique elle se trouve :

- (a) Un corps humain à 37°C (soit sa température normale)
- (b) L'élément chauffant d'un four à 350°F ($= 177^\circ\text{C}$)
- (c) La surface du Soleil à 5800 K
- (d) La surface d'une étoile à $20\,000 \text{ K}$

7.3 Le pourcentage de l'énergie émise dans le visible. Le schéma ci-dessous correspond au spectre d'émission d'un objet qu'on peut considérer comme un corps noir.



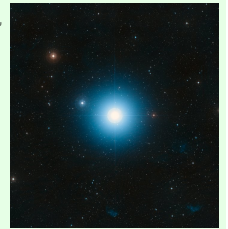
- (a) Quelle est la température de surface de l'objet ?
- (b) Quelle est la luminosité surfacique de l'objet ?
- (c) Que vaut l'aire sous la courbe du graphique (soit l'intégrale de la courbe pour toutes les longueurs d'onde situées entre $\lambda = 0$ et $\lambda \rightarrow \infty$) ?
- (d) Sachant que $I_\lambda(400 \text{ nm}) = 900\,000 (\text{W}/\text{m}^2)/\text{nm}$ et $I_\lambda(700 \text{ nm}) = 300\,000 (\text{W}/\text{m}^2)/\text{nm}$, estimez l'aire sous la courbe du graphique dans l'intervalle situé entre 400 nm et 700 nm .
- (e) Estimez quel pourcentage de l'énergie totale émise par ce corps noir se situe dans le spectre visible (situé entre 400 nm et 700 nm).

7.4 Le rapport des rayons de deux étoiles ayant le même pic d'émissivité. On observe que les longueurs d'onde des pics d'émissivité de l'étoile Antares ($L = 11\,000 L_{\odot}$) et de l'étoile Groombridge ($L = 0,018 L_{\odot}$) sont identiques. Quel est le rapport des rayons des deux étoiles ?

7.5 Le rayon d'une étoile comparé au rayon du Soleil. Quel est le rayon d'une étoile dont la luminosité est de $300 L_{\odot}$ et dont le maximum d'intensité se produit à une longueur d'onde de 400 nm ? Exprimez votre réponse en $R_{\odot}$ (en nombre de fois le rayon du Soleil).

7.6 Le rayon de Fomalhaut. Déterminez le rayon de l'étoile Fomalhaut (en rayons solaires) à l'aide de la liste de ses caractéristiques directement observables ci-dessous :

- Intensité : $I = 0,072\text{ sir}$
- Parallaxe annuelle : $\theta = 0,14''$
- Pic d'émissivité : $\lambda_{\text{max}} = 310\text{ nm}$



7.7 La vitesse de Deneb. Le décalage des raies spectrales de l'étoile Deneb est $\delta = 0,999985$. Quelle est sa vitesse par rapport à la Terre ? Se rapproche-t-elle ou s'éloigne-t-elle de nous ?

7.8 Les longueurs d'ondes observées pour des raies d'hydrogène. Une étoile s'éloigne de nous à $3 \times 10^4\text{ m/s}$. On sait que les raies H_{α} ($\lambda_0 = 656,3\text{ nm}$) et H_{β} ($\lambda_0 = 486,1\text{ nm}$) sont présentes dans le spectre de cette étoile.
(a) Quel est le décalage δ pour chacune de ces raies ?
(b) Quelle est la longueur d'onde observée de chacune de ces raies ?

7.9 Des décalages causés par la vitesse. Vous êtes immobile dans l'espace, loin de tout corps massif. Une source lumineuse émet de la lumière verte de longueur d'onde $\lambda_0 = 500\text{ nm}$. Pour chacune des situations suivantes, calculez la valeur du décalage Doppler δ , la longueur d'onde observée λ et dites si la lumière observée est décalée vers le rouge ou vers le bleu.
(a) La source lumineuse est dans l'espace et s'éloigne de vous à 600 km/s .
(b) La source lumineuse est dans l'espace et s'approche de vous à 600 km/s .
(c) La source lumineuse est dans l'espace et s'approche de vous à la moitié de la vitesse de la lumière.

7.10 Fuir du côté obscur ? Un homme habitant sur la planète Tatooine aperçoit Luke Skywalker en train de combattre une bande de *Tusken Raiders* avec son sabre laser vert ($\lambda_0 = 520 \text{ nm}$).



Apeuré, l'homme prend la fuite à toute vitesse sur son *speeder bike*. L'homme jette un coup d'oeil par-dessus son épaule et aperçoit désormais Luke qui semble brandir un sabre laser ... rouge ($\lambda = 650 \text{ nm}$)!? Que se passe-t-il!? Le légendaire et noble chevalier Jedi aurait-il basculé du côté obscur? Il doit forcément y avoir une autre explication! Calculez le module v de la vitesse à laquelle l'homme doit s'enfuir afin qu'il observe cet effet.

RÉPONSES

7.1 Entre 300 nm et 720 nm (alors que les êtres humains sont sensibles uniquement entre 400 nm et 700 nm)

- 7.2**
- (a) $\lambda_{\max} = \frac{(0,0029 \text{ m} \cdot \text{K})}{37 + 273} = 9,35 \times 10^{-6} \text{ m} = 9350 \text{ nm}$ partie IR (infrarouge) du spectre EM
 - (b) $\lambda_{\max} = \frac{(0,0029 \text{ m} \cdot \text{K})}{177 + 273} = 6,44 \times 10^{-6} \text{ m} = 6440 \text{ nm}$ partie IR (infrarouge) du spectre EM
 - (c) $\lambda_{\max} = \frac{(0,0029 \text{ m} \cdot \text{K})}{5800} = 5 \times 10^{-7} \text{ m} = 500 \text{ nm}$ partie visible du spectre EM
 - (d) $\lambda_{\max} = \frac{(0,0029 \text{ m} \cdot \text{K})}{20000} = 1,45 \times 10^{-7} \text{ m} = 145 \text{ nm}$ partie UV (ultraviolette) du spectre EM

- 7.3**
- (a) 9667 K
 - (b) $4,95 \times 10^8 \text{ W/m}^2$
 - (c) $4,95 \times 10^8 \text{ W/m}^2$
 - (d) $\approx 1,8 \times 10^8 \text{ W/m}^2$
 - (e) $\approx 36,4 \%$

7.4 Si les deux étoiles ont le même pic d'émissivité, elles ont alors la même température de surface T . Par la loi de Stefan-Boltzmann, on trouve que les deux étoiles ont la même luminosité surfacique ℓ . Puisque la luminosité est donnée par $L = \ell A = \ell \times 4\pi R^2$, on trouve :

$$\frac{L_1}{L_2} = \frac{\ell \times 4\pi R_1^2}{\ell \times 4\pi R_2^2} = \left(\frac{R_1}{R_2}\right)^2 \Rightarrow \frac{R_1}{R_2} = \sqrt{\frac{L_1}{L_2}} = \sqrt{\frac{11\,000}{0,018}} = 782$$

7.5 $T = 7\,250\text{ K}$, $\ell = 1,567 \times 10^8\text{ W/m}^2$, $R = 11,0\text{ R}_\odot$

7.6 $T = 9\,355\text{ K}$ $\ell = 4,343 \times 10^8\text{ W/m}^2$
 $D = 23,29\text{ al}$ $L = 19,33\text{ L}_\odot = 7,403 \times 10^{27}\text{ W}$
 $A = 1,705 \times 10^{19}\text{ m}^2$ $R = 1,165 \times 10^9\text{ m} = 1,67\text{ R}_\odot$

7.7 Elle se rapproche de nous à $4,5 \times 10^3\text{ m/s}$

7.8 (a) 1,0001 (b) 656,366 nm et 486,149 nm

7.9 (a) $\delta = 1,002$; $\lambda = 501\text{ nm}$; décalage vers le rouge
 (b) $\delta = 0,998$; $\lambda = 499\text{ nm}$; décalage vers le bleu
 (c) $\delta = 0,577$; $\lambda = 289\text{ nm}$; décalage vers le bleu

7.10 $0,2195\text{ c} = 6,59 \times 10^7\text{ m/s}$