

Données :

- Loi de Wien : $\lambda_{\max} \times T = 2,90.10^{-3}$ où λ est en mètre et T en kelvin
- $T(K) = \theta(^{\circ}C) + 273$
- Célérité de la lumière dans le vide : $c = 3,00.10^8 \text{ m.s}^{-1}$
- Constante de Planck : $h = 6,63.10^{-34} \text{ J.s}$
- $1,00 \text{ eV} = 1,60.10^{-19} \text{ J}$

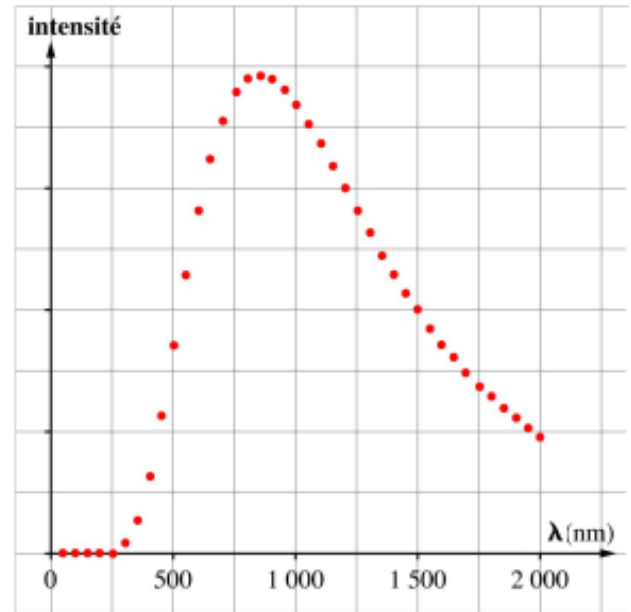


Constellation du Taureau

EX1 Des informations sur une étoile (6 pts)

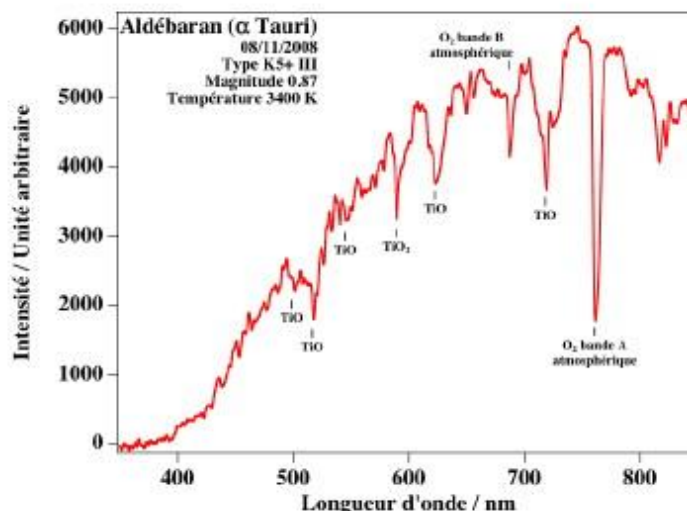
Aldébaran est l'étoile la plus lumineuse de la constellation du Taureau.

- 1) L'étude de l'intensité du rayonnement émis **par sa surface** en fonction de la longueur d'onde a permis d'obtenir le graphique ci-contre.
 - a) Mesurer, avec le plus de précision possible, la valeur de la longueur d'onde du maximum d'intensité.
 - b) À partir de la courbe, indiquer si cette étoile est plutôt de couleur bleue ou de couleur rouge.
 - c) En considérant que la loi de Wien est applicable, calculer la température, en Kelvin puis degrés Celsius, de la surface de cette étoile.
 - d) Et pour une étoile blanche ?
 - Représenter sur le graphique ci-contre la courbe qu'on obtiendrait avec une étoile de couleur blanche.
 - Justifier en utilisant vos connaissances sur la synthèse additive.
 - La température de surface de cette étoile blanche serait-elle inférieure ou supérieure à celle d'Aldébaran ? Justifier.



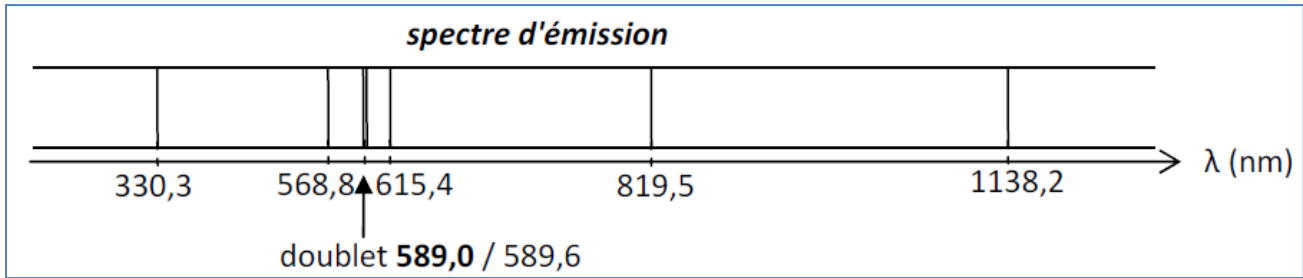
2) Voici (ci-dessous) une partie du profil spectral d'Aldébaran **observé depuis la Terre**.

- a) Imaginons le **spectre coloré** de cette étoile. Comment se matérialiserait sur le spectre coloré de l'étoile les baisses brutales d'intensité que l'on peut voir sur la représentation ci-dessous ?
- b) Quel phénomène est à l'origine de ces baisses d'intensité ?
- c) Quelles informations sur Aldébaran peut-on en déduire ?
- d) Sur le profil spectral, on peut voir les annotations "O₂ bande atmosphérique". Quelle est leur signification selon vous ?



EX2 L'éclairage des autoroutes et des sites industriels (et de certaines pelouses la nuit) (14 pts)

Certaines lampes, utilisées pour éclairer des autoroutes par exemple, contiennent de la vapeur de sodium. Lorsque la lampe est sous tension, les atomes de sodium sont excités par un faisceau d'électrons, absorbant une partie de leur énergie. L'énergie est restituée sous forme de radiations lumineuses lors du retour des atomes dans l'état de plus basse énergie. Les lampes à vapeur de sodium émettent surtout de la lumière jaune. Leurs avantages sont une durée de vie longue et une consommation d'électricité modérée.



- 1) L'analyse du spectre d'émission d'une lampe à vapeur de sodium révèle la présence de raies colorées de longueurs d'onde λ bien définies.
 - a) Pourquoi le spectre d'émission de l'atome de sodium est-il constitué de raies ?
 - b) Délimiter approximativement sur le spectre (ci-dessus) le domaine correspondant aux longueurs d'onde appartenant au domaine du visible. Situer alors les infrarouges et les ultraviolets.
 - c) Rappeler la relation entre la fréquence ν et la longueur d'onde λ d'une radiation monochromatique. Calculer la fréquence ν de la raie de longueur d'onde $\lambda = 589,0$ nm

- 2) Le diagramme simplifié des niveaux d'énergie de l'atome de sodium est donné ci-contre.

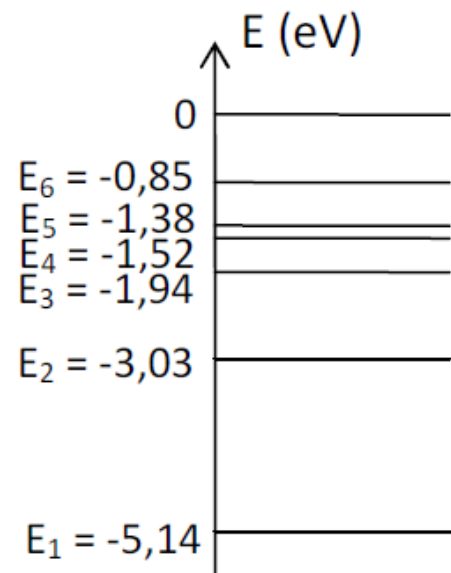
- a) Indiquer ci-contre "l'état fondamental", "les états excités" et "l'état ionisé" de l'atome
- b) Pourquoi peut-on dire que l'énergie est « quantifiée » ?

- 3) On considère la raie jaune du doublet du sodium de longueur d'onde $\lambda = 589,0$ nm.

- a) Calculer, en joule (J) puis en électronvolt (eV), l'énergie correspondant à l'émission de cette radiation.
- b) Sur le diagramme, indiquer par une flèche (notée ①) la transition correspondante. Justifier. (Indiquer aussi par une flèche ondulée le photon associé à cette radiation)

- 4) L'atome de sodium, considéré maintenant à l'état d'énergie E_2 , reçoit une radiation lumineuse (ou photon) d'énergie 1,09 eV.

- a) Cette radiation lumineuse pourra-t-elle être absorbée par l'atome de sodium ? Justifier.
- b) Calculer la longueur d'onde de cette radiation lumineuse.
- c) A quel domaine de longueur d'onde appartient cette radiation ? Justifier.
- d) Représenter sur le diagramme la transition correspondante par une flèche (notée ②) (Indiquer aussi par une flèche ondulée le photon associé à cette radiation)



Autoroutes et sites industriels



Des lampes à sodium utilisées pour l'entretien du gazon du Roazhon Park à Rennes

Remarque :

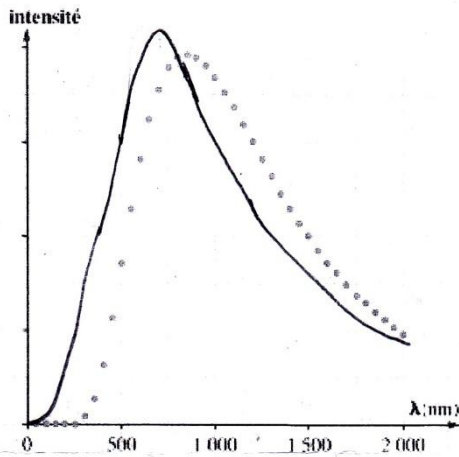
- j'ai supprimé la question 1.d) de l'EX1 car j'ai pressenti que le devoir serait trop long pour 1h donc changement de bareme : ex1 sur 5 pts et ex2 sur 15 pts

Correction de la question 1.d) de l'EX1 :

Une étoile de couleur « blanche » émet, d'après la théorie de la synthèse additive, tous les rayonnements de longueur d'onde comprise entre 400 et 800 nm dans des intensités comparables, et notamment les rayonnements rouge, vert, bleu. Par conséquent la longueur d'onde λ_{\max} du maximum d'émission sera centré sur l'intervalle 400-800 nm, par exemple vers 600 nm.

Pour la température de surface, d'après la loi de Wien qui indique que T en Kelvin est inversement proportionnelle à λ_{\max} , on en déduit que la température de l'étoile blanche est supérieure à celle de l'étoile rouge puisque son « λ_{\max} » a une valeur plus faible (600 nm pour l'étoile blanche et 846 nm pour l'étoile rouge).

Concernant l'intensité maximum, elle sera plus grande pour l'étoile blanche que pour la rouge.



corrigé

EX1 Des informations sur une étoile (6 5 pts)

1) a) 6,5 cm correspondent à 2000 nm. 2,75 cm correspondent à λ_{\max} donc $\lambda_{\max} = \frac{2000 \times 2,75}{6,5} = 846 \text{ nm}$. La valeur de la

longueur d'onde du maximum d'intensité est de 846 nm environ

b) Les longueurs d'onde du domaine **visible** sont comprises entre **400 et 800 nm**. On remarque que dans le spectre d'Aldébaran, l'intensité lumineuse **est assez faible jusqu'à 500 nm**. Cette étoile émet donc **peu dans le violet** et dans le **bleu**. Elle sera donc **plutôt de couleur rouge**.

c) En appliquant la loi de Wien, on obtient :

$$\lambda_{\max} \times T = 2,90 \cdot 10^{-3} \text{ soit } T = \frac{2,90 \cdot 10^{-3}}{\lambda_{\max}} = \theta + 273.$$

$$\text{D'où } \theta = \frac{2,90 \cdot 10^{-3}}{\lambda_{\max}} - 273 = \frac{2,90 \cdot 10^{-3}}{8,7 \cdot 10^2 \times 10^{-9}} - 273 = 3,1 \cdot 10^3 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

La température de la surface de cette étoile est de $3,1 \cdot 10^3 \text{ } ^\circ\text{C}$.

d) il faut tracer une courbe de même allure que celle du document mais décalée vers les courtes longueurs d'onde avec son sommet vers 600 nm . Ainsi il y a émission de radiations rouges , vertes , bleues d'intensités comparables : la sensation est donc du blanc d'après la théorie de la synthèse additive des couleurs .

2) a) Sur un spectre coloré, les baisses brutales d'intensité correspondraient à des **raies noires**.

b) Certaines radiations émises par la surface de l'étoile sont **absorbées** par les gaz présents dans les différentes atmosphères traversées par ces radiation (Aldébaran et la Terre). Il s'agit donc ici du **phénomène d'absorption**.

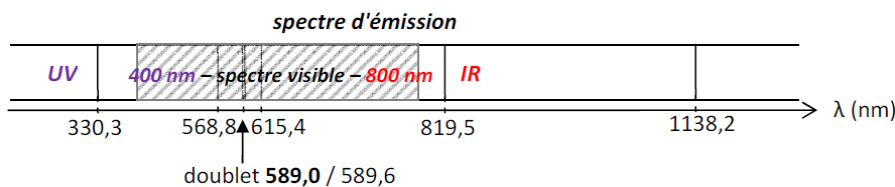
c) On peut déduire de ce spectre la **composition gazeuse de la chromosphère** d'Aldébaran.

d) radiations absorbées par le O_2 de l'atmosphère terrestre puisqu'il est indiqué dans le texte : " une partie du profil spectral d'Aldébaran **observé depuis la Terre**." Donc le rayonnement émis par Aldébaran traverse l'atmosphère terrestre

EX2 L'éclairage des autoroutes et des sites industriels (et de certaines pelouses la nuit) (14 15 pts)

1) a) Le spectre de ces lampes est constitué de raies car l'émission de lumière est due à des **transitions énergétiques** des atomes de sodium . Comme les niveaux d'énergie d'un atome ont des valeurs **discrètes** , alors les énergies de photons émis ne peuvent prendre que certaines valeurs possibles et donc on observe **des raies**

b) Voir ci-dessous



$$c) \nu = \frac{c}{\lambda} = \frac{3,00 \cdot 10^8}{589,0 \cdot 10^{-9}} = 5,09 \cdot 10^{14} \text{ Hz}.$$

2) a) L'état **fondamental** correspond E_1 , les **états excités** de E_2 à E_6 , l'état ionisé à **0 eV**

b) L'énergie de l'atome de sodium est « **quantifiée** » car on peut constater sur le diagramme des niveaux d'énergie que celle-ci **ne peut pas prendre toutes les valeurs** mais **seulement certaines valeurs bien déterminées**.

$$3) a) \Delta E = h\nu = 6,62 \cdot 10^{-34} \times 5,09 \cdot 10^{14} = 3,37 \cdot 10^{-19} \text{ J ou } \frac{3,37 \cdot 10^{-19}}{1,60 \cdot 10^{-19}} = 2,11 \text{ eV}.$$

b) Voir diagramme ci-contre. La transition correspond à une émission de lumière, donc la flèche ① est orientée **vers le bas**. L'atome se **désexcite**, lors du **passage d'un niveau supérieur à un niveau inférieur**, correspondant à 2,11 eV : il s'agit de la transition $E_2 \rightarrow E_1$ car $E_2 - E_1 = -3,03 - (-5,14) = 2,11 \text{ eV}$.

4) a) Si l'atome de sodium absorbe cette radiation, son énergie augmente de 1,09 eV. L'atome de sodium passe de l'état d'énergie $E_2 = -3,03 \text{ eV}$ à un état excité d'énergie E_n , avec $E_n = E_2 + 1,09 = -3,03 + 1,09 = 1,94 \text{ eV}$. Cet état d'énergie existe et correspond au **niveau E_3** . La radiation lumineuse est donc bien **absorbée** par l'atome de sodium (elle correspond à la **transition $E_2 \rightarrow E_3$**).

$$b) \Delta E = h\nu = h \frac{c}{\lambda} \text{ donc } \lambda = \frac{hc}{\Delta E} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \times 3,00 \cdot 10^8}{1,09 \times 1,60 \cdot 10^{-19}} = 1,14 \cdot 10^{-6} \text{ m} = 1,14 \cdot 10^3 \text{ nm}.$$

c) Cette radiation appartient au domaine des **infrarouges (IR)**, puisque $\lambda > 800 \text{ nm}$.

d) Voir diagramme ci-contre. La transition correspond à une absorption de lumière, donc la flèche ② est orientée vers le haut.

