

CORRECTION DEVOIR SURVEILLE – SCIENCES PHYSIQUES

Enoncé à remettre complété avec votre copie



Calculatrice autorisée



Durée : 50 min



Toutes vos réponses doivent être correctement rédigées et justifiées.

points

Menkalinan

Beta Aurigae est une étoile géante blanche qui se trouve dans la constellation du Cocher.

Menkalinan est le nom propre de l'étoile qui a été approuvé par l'Union astronomique internationale le 20 juillet 2016.

C'est une étoile de type A, pas très différente de Véga et de Sirius. Sa couleur serait blanche avec une teinte bleue. Cette étoile commence à passer du stade de combustion d'hydrogène au stade de combustion d'hélium, et devient progressivement une « vraie » étoile géante, comme Aldébaran.

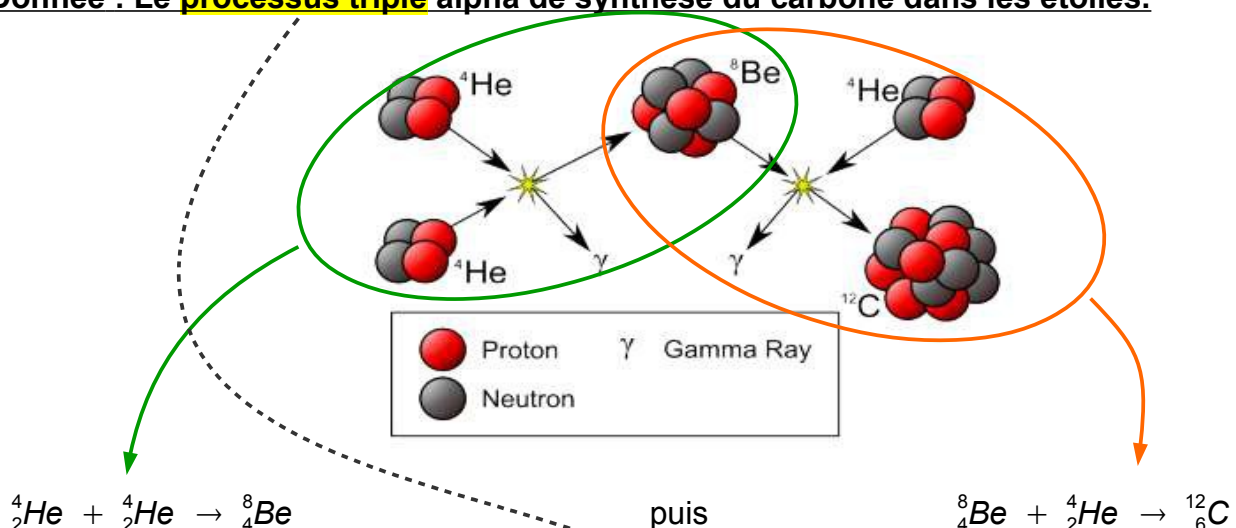
Source : https://fr.wikipedia.org/wiki/Beta_Aurigae

Fusion de l'hélium

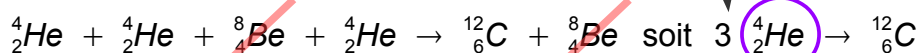
1. Ecrire l'équation globale de fusion de l'hélium d'après le processus triple alpha.

/2

Donnée : Le processus triple alpha de synthèse du carbone dans les étoiles.



Si l'on combine ces deux équations, on obtient :



On appelle aussi le noyau d'hélium particule alpha !!!

2. Montrer que l'énergie dégagée par cette fusion est de 7,3 MeV.

On sait que $E_{\text{libérée}} = |\Delta m|.c^2$ avec Δm le défaut de masse.

Donnée : Masses des noyaux ou particules

Noyau ou particule	Masse (u)
Proton	1,0073
Neutron	1,0087
Hélium ${}^4_2\text{He}$	4,0015
Béryllium ${}^8_4\text{Be}$	8,0031
Carbone ${}^{12}_6\text{C}$	11,9967

On calcule donc $|\Delta m| = 11,9967 - 3 \times 4,0015 = 0,0078 u$

Donnée : Unités et constantes

$$1 \text{ eV} = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

$$1 \text{ u} = 1,66054 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 931,494 \text{ MeV}/c^2$$

Conversion en kg

$$\text{On en déduit donc } E_{\text{libérée}} = 0,0078 \times 1,66054 \cdot 10^{-27} \times (3,00 \cdot 10^8)^2 = 1,2 \cdot 10^{-12} \text{ J}$$

Seulement 2 chiffres significatifs

$$\text{Soit } E_{\text{libérée}} = \frac{1,2 \cdot 10^{-12}}{1,602 \cdot 10^{-19}} = 7,5 \cdot 10^6 \text{ eV} \text{ et donc } 7,5 \text{ MeV}$$

Ce résultats diffère légèrement de celui attendu car nous avons réalisé des approximations intermédiaires.

D'où l'intérêt de réaliser un unique calcul :

$$E_{\text{libérée}} = \frac{0,0078 \times 1,66054 \cdot 10^{-27} \times (3,00 \cdot 10^8)^2}{1,602 \cdot 10^{-19}} = 7,3 \cdot 10^6 \text{ eV} \text{ et donc } 7,3 \text{ MeV}$$

Il y avait encore plus rapide en utilisant une autre donnée !!!

$$E_{\text{libérée}} = 0,0078 \times 931,494 = 7,3 \text{ MeV}$$

La conversion en kg, la célérité de la lumière au carré et la conversion en MeV sont déjà comprise dans cette valeur !!!

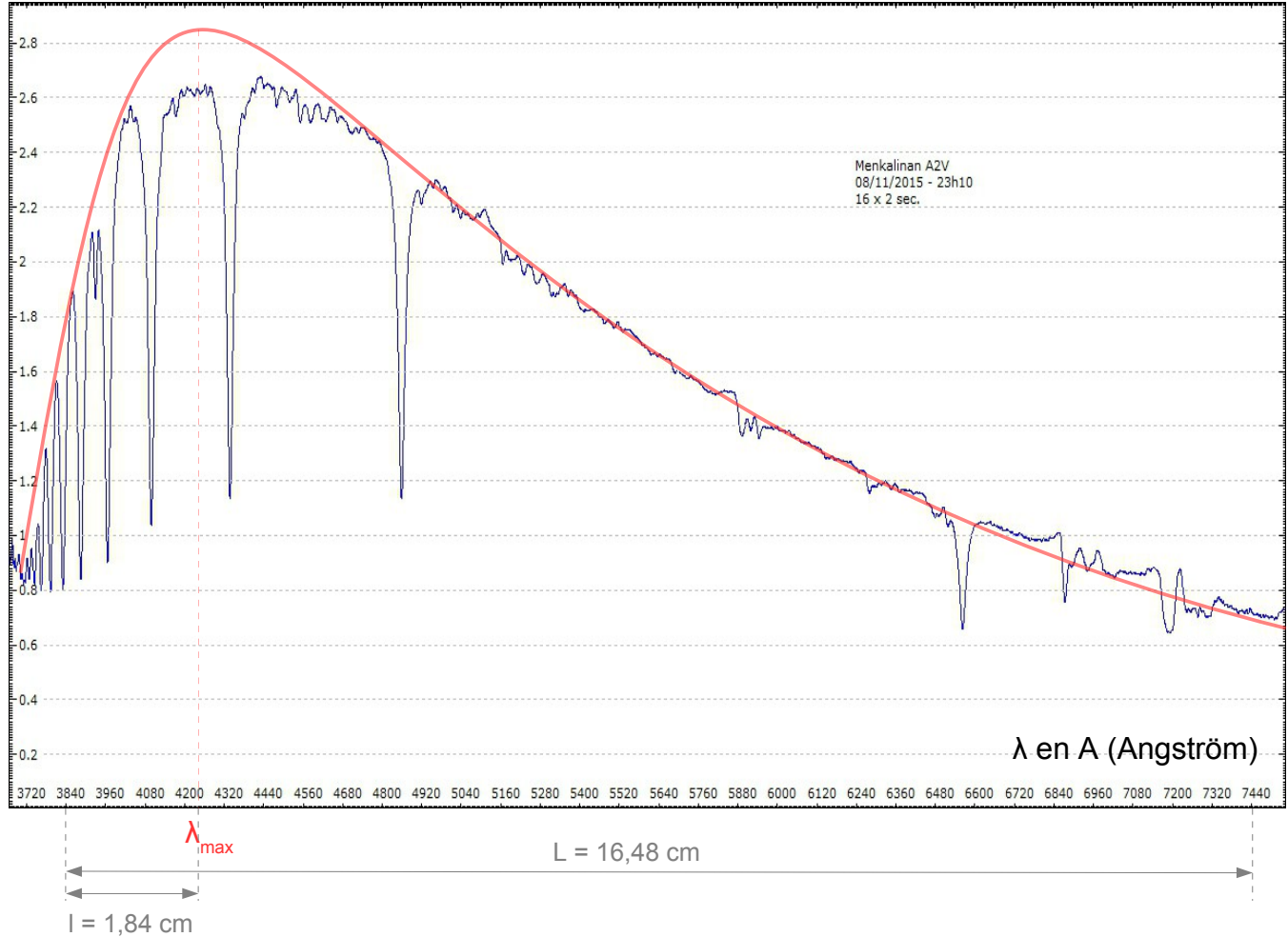
$$\frac{1,66054 \cdot 10^{-27} \times (3,00 \cdot 10^8)^2}{1,602 \cdot 10^{-19}} = 933$$

Température de surface de Menkalinan

3. Déterminer à l'aide de son profil spectral, la longueur d'onde λ_{max} de la radiation émise avec un maximum d'intensité par Menkalinan.

/1

Intensité relative



Lorsque la graduation d'un graphique n'est pas évidente, il peut être intéressant (et plus précis) d'établir une échelle soit même à l'aide de mesures de longueurs.

Soit à l'aide d'un tableau de proportionnalité :

Longueur en cm	Longueur d'onde en A
16,48	$7440 - 3840 = 3600$
1,84	$\frac{3600 \times 1,84}{16,48} = 402$

On en déduit donc $\lambda_{max} = 3840 + 402 = 4242 \text{ A}$ soit $424,2 \text{ nm}$

4. Cette radiation est-elle visible ?

Cette radiation est visible car elle est comprise entre 400 nm et 800 nm.

/1

5. En déduire la température de surface en °C de Menkalinan.

/3

Donnée : Loi de Wien

$$\theta(^{\circ}\text{C}) = \frac{2,89 \cdot 10^{-3}}{\lambda_{\text{max}}(\text{m})} - 273$$

Seulement 3 chiffres significatifs

On en déduit $\theta(^{\circ}\text{C}) = \frac{2,89 \cdot 10^{-3}}{424,2 \cdot 10^{-9}} - 273 = 6,54 \cdot 10^3 \text{ }^{\circ}\text{C}$ soit environ 6540 °C

Ce résultat n'est pas cohérent avec la classe spectrale de Menkalinan. En effet, cette étoile est de type A. Elle devrait donc avoir d'après le document suivant, une température de surface comprise entre 7200 °C et 9700 °C.

Donnée : Classe spectrale d'une étoile

Class	Temperature (kelvins)	Conventional color	Apparent color
O	≥ 33,000 K	blue	blue
B	10,000–30,000 K	blue to blue white	blue white
A	7,500–10,000 K	white	white to blue white
F	6,000–7,500 K	yellowish white	white
G	5,200–6,000 K	yellow	yellowish white
K	3,700–5,200 K	orange	yellow orange
M	≤ 3,700 K	red	orange red

Il est possible que le λ_{max} déterminé précédemment soit erroné. En effet, pour le déterminer, nous avons extrapolé une courbe de tendance du profil spectral de l'étoile. Ce qui reste très approximatif...

Présence de l'élément hydrogène dans l'atmosphère de Menkalinan

6. Montrer que l'élément hydrogène est encore présent dans l'atmosphère de Menkalinan.

/5

Si l'hydrogène est encore présent dans l'atmosphère de Menkalinan, il absorbe un certain nombre de radiations lumineuses qui lui sont propres. En effet, un élément chimique ne peut absorber que les radiations qu'il est capable d'émettre.

Déterminons donc dans un premier temps, les radiations visible émises par un atome d'hydrogène lorsqu'il est dans un état excité à l'aide du document suivant.

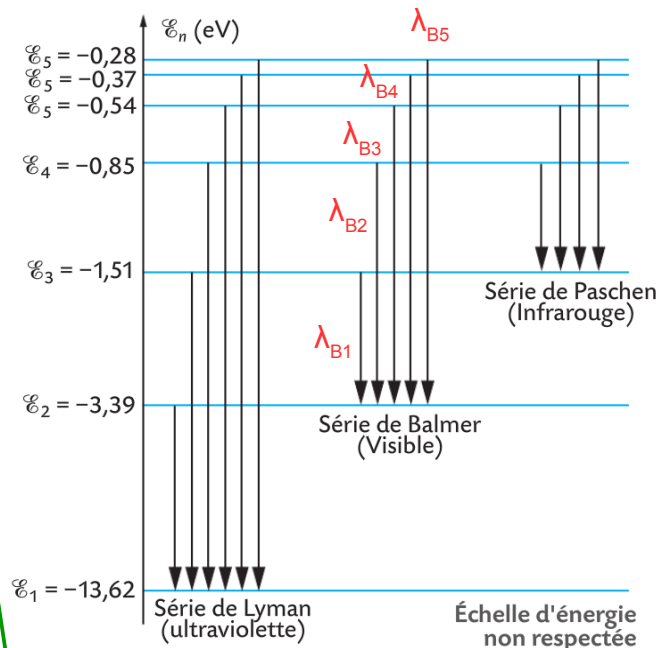
Donnée : Séries spectrales de l'atome d'hydrogène

Unités et constantes

$$1 \text{ eV} = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

$$h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$$

Conversion en J



$$|\Delta E| = \frac{h \cdot c}{\lambda} \text{ soit } \lambda = \frac{h \cdot c}{|\Delta E|}$$

Pour la première transition électronique de la série de Balmer, on obtient :

$$\lambda_{B1} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \times 3,00 \cdot 10^8}{|(-1,51 - (-3,39)) \times 1,602 \cdot 10^{-19}|} = 6,60 \cdot 10^{-7} \text{ m} \text{ soit } 660 \text{ nm ou } 6600 \text{ \AA}$$

De la même manière, on trouve :

$$\lambda_{B2} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \times 3,00 \cdot 10^8}{|(-0,85 - (-3,39)) \times 1,602 \cdot 10^{-19}|} = 4,89 \cdot 10^{-7} \text{ m} \text{ soit } 489 \text{ nm ou } 4890 \text{ \AA}$$

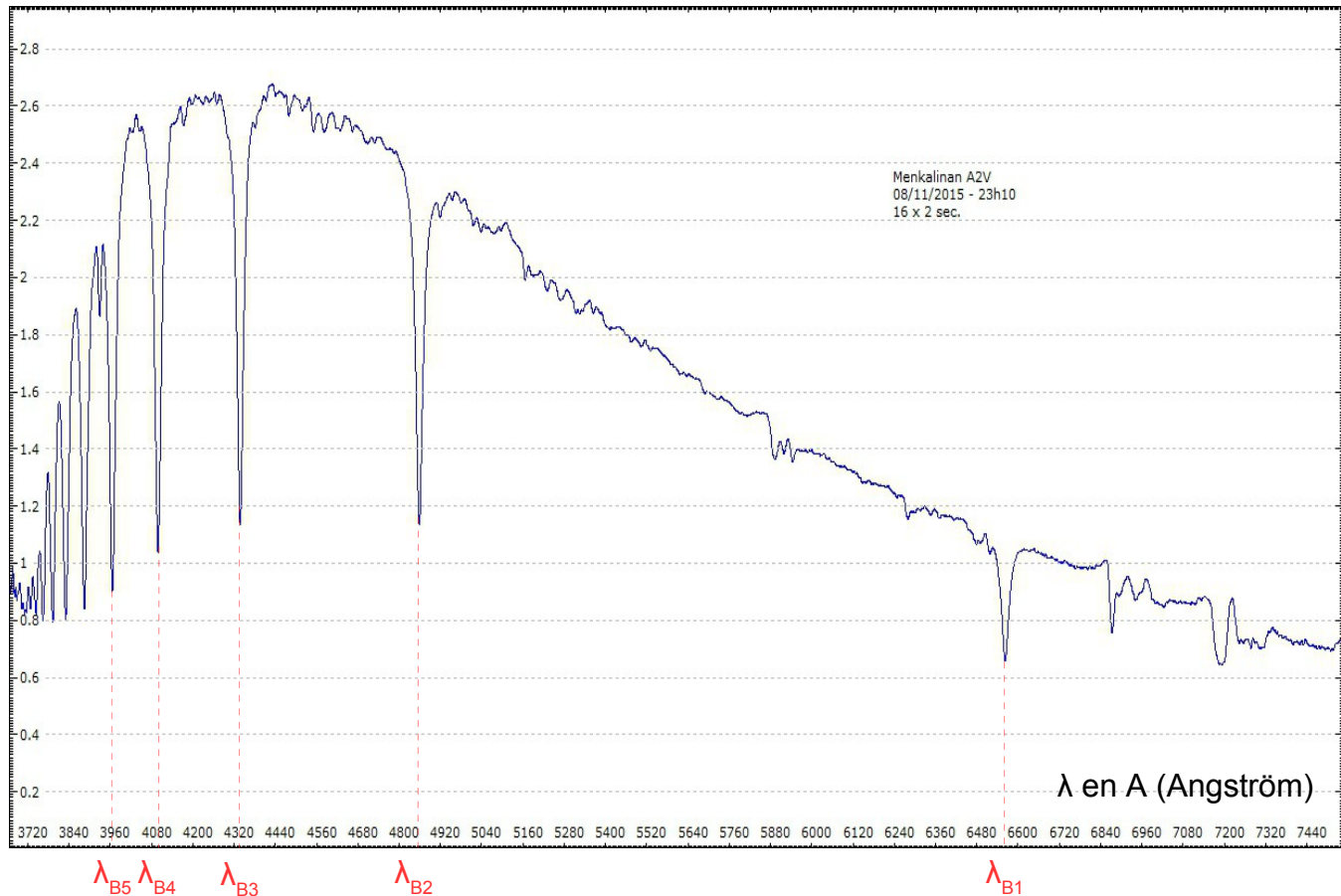
$$\lambda_{B3} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \times 3,00 \cdot 10^8}{|(-0,54 - (-3,39)) \times 1,602 \cdot 10^{-19}|} = 4,36 \cdot 10^{-7} \text{ m} \text{ soit } 436 \text{ nm ou } 4360 \text{ \AA}$$

$$\lambda_{B4} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \times 3,00 \cdot 10^8}{|(-0,37 - (-3,39)) \times 1,602 \cdot 10^{-19}|} = 4,11 \cdot 10^{-7} \text{ m} \text{ soit } 411 \text{ nm ou } 4110 \text{ \AA}$$

$$\lambda_{B5} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \times 3,00 \cdot 10^8}{|(-0,28 - (-3,39)) \times 1,602 \cdot 10^{-19}|} = 3,99 \cdot 10^{-7} \text{ m} \text{ soit } 399 \text{ nm ou } 3990 \text{ \AA}$$

On s'aperçoit, aux incertitudes de mesure près, que pour chacune de ces longueurs d'ondes apparaît un minimum d'intensité sur le profil spectral de Menkalinan soit une raie d'absorption.

Intensité relative



On peut donc en déduire que l'hydrogène est bien encore présent dans l'atmosphère de cette étoile car il est nécessairement responsable de ces raies d'absorption..

Comparaison énergétique

7. Comparer la valeur de l'énergie mise en jeu lors du processus de fusion de l'hélium et celle mise en jeu lors d'une transition électronique au sein d'un atome d'hydrogène. /1

Quelque soit la transition électronique considérée au sein d'un atome d'hydrogène, son ordre de grandeur est de quelques électron-volts tandis que pour la fusion de l'hélium, l'énergie mise en jeu est de l'ordre de quelques méga électron-volts. Il y a donc un rapport de 1000 entre ces deux phénomènes d'un point de vue énergétique.

8. Interpréter cet écart à l'aide des interactions fondamentales intervenant dans ces deux situations. /3

Dans le cas de la fusion de l'hélium, l'interaction forte et faible prédominent alors que dans le cas d'une transition électronique au sein de l'atome d'hydrogène, c'est l'interaction électromagnétique qui domine. Cette dernière étant bien moins intense que l'interaction forte et faible, l'énergie mise en jeu le sera également.