

Chap 2 : Le Soleil, notre source d'énergie

1. Rappels du chapitre 1

1. Rappeler les deux moments/lieux de la nucléosynthèse.
 -
 -
2. Nommer le type réaction nucléaire qui se produit au sein des étoiles.
3. Rappeler la définition de cette réaction nucléaire.

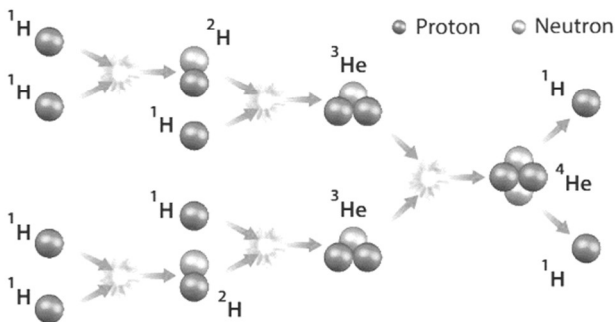
L'étoile la plus proche de la Terre est le Soleil, une partie de toute l'énergie produite par le Soleil parvient sur Terre sous forme de rayonnement.

Dans un premier temps nous allons comprendre comment le Soleil produit son énergie.

2. Energie de fusion nucléaire

1 Les réactions nucléaires au sein du Soleil

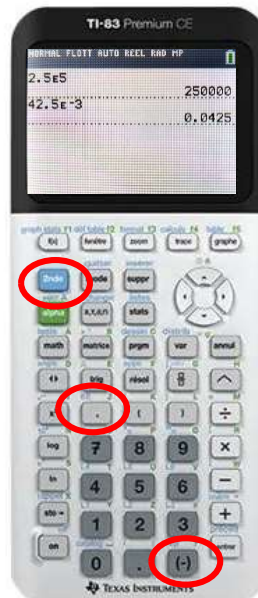
Dans le Soleil, constitué essentiellement d'hydrogène, se produisent différentes réactions nucléaires. Du deutérium ${}^2\text{H}$ et de l'hélium ${}^3\text{He}$ se forment aux étapes intermédiaires, ces derniers réagissant pour aboutir à la formation d'hélium ${}^4\text{He}$.



Le bilan final est la transformation de quatre noyaux d'hydrogène ${}^1\text{H}$ en un noyau d'hélium ${}^4\text{He}$.

2 Masses et écriture symbolique de différents noyaux et particules

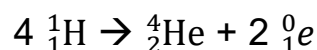
Noyau d'hélium ${}^4_2\text{He}$: $m_{\text{He}} = 6,6446 \times 10^{-27} \text{ kg}$
Noyau d'hydrogène ${}^1_1\text{H}$: $m_{\text{H}} = 1,67356 \times 10^{-27} \text{ kg}$
Neutron 1_0n : $m_n = 1,6749 \times 10^{-27} \text{ kg}$
Électron ${}^0_{-1}e$: $m_e = 9,1094 \times 10^{-31}$
Positon 0_1e : $m_e = 9,1094 \times 10^{-31}$



Entrer un nombre en écriture scientifique :

$2,5$ [2nd] [EE] [5] $2,5 \times 10^5$
 $42,5$ [2nd] [EE] [(-)] [3] $42,5 \times 10^{-3}$

1. Analyser le document 1 et vérifier que la réaction globale se produisant dans le Soleil peut s'écrire :



2. Vérifier que la réaction précédente est une fusion nucléaire.

3. Calculer, à l'aide d'une calculatrice et des données du document 2, la masse m_1 des réactifs de la réaction de fusion de la question 1. qui se produit dans le soleil.

4. Calculer, à l'aide d'une calculatrice et des données, la masse m_2 des produits de cette réaction.

5. Que remarque-t-on ?

Cette observation est générale à toutes les réactions nucléaires :

À retenir : Contrairement aux réactions chimiques pour lesquelles il y a conservation de la masse, **au cours d'une réaction nucléaire, il y a modification de la masse entre les réactifs et les produits.**

6. Dédire des calculs précédents l'évolution de la masse du Soleil. Justifier votre réponse.

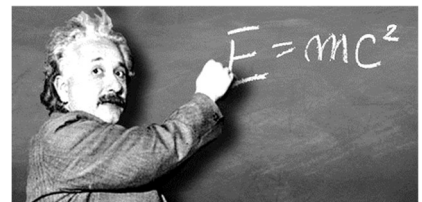
3 Équivalence masse-énergie

La célèbre formule d'Albert Einstein $E = mc^2$ s'écrit en réalité de la façon suivante : $E = \Delta m \times c^2$

On note Δm la différence de masse entre les réactifs et les produits d'une réaction nucléaire. m est exprimée en kg.

c : la vitesse de la lumière dans le vide $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$

Avec ces unités on trouve E l'énergie libérée par la réaction nucléaire en joules J



4 Le Soleil

Au sein du Soleil, il se produit chaque seconde de très nombreuses réactions de fusion nucléaire. Ces réactions libèrent simultanément beaucoup d'énergie. Le Soleil devient extrêmement chaud et évacue cette énergie sous forme de rayonnement c'est-à-dire de lumière.

La puissance rayonnée par le soleil est égale à

$$P_{\text{soleil}} = 3,87 \cdot 10^{26} \text{ W}$$

5 Puissance et énergie

La puissance P (en Watt W) représente l'énergie E (en Joule J) par unité de temps.

Relations à connaître :

$$P = \frac{E}{\Delta t} = \frac{E}{t}$$

Ou encore :

$$E = P \times \Delta t = P \times t$$

Avec t ou Δt : la durée en s

7. A l'aide des documents 4 et 5, déterminer l'énergie perdue par le Soleil chaque seconde.

8. En utilisant votre résultat précédent et le document 3, calculer la masse perdue par le Soleil chaque seconde.

9. Calculer la masse perdue et l'énergie libérée par le Soleil en une année.

10. La masse du Soleil est estimée à $m_{\text{Soleil}} = 2 \times 10^{30}$ kg. Que représente la masse calculée à la question précédente par rapport à la masse totale du Soleil ?

Sur Terre, plusieurs projets ont pour objectif de provoquer et maîtriser la réaction de fusion nucléaire pour produire une énergie importante avec moins de pollution dont l'ITER cité dans l'ex 19 ci-dessous.

Exercices de votre manuel :

Ex 2 p 82

2 QCM

► Choisir la bonne réponse.

1. L'énergie dégagée par les étoiles provient de réactions nucléaires de :

- a. fission b. fusion c. combustion

2. Les réactions nucléaires se produisant dans les étoiles utilisent :

- a. l'hydrogène b. l'hélium c. l'uranium

3. Au cours de ces réactions nucléaires, la masse de l'étoile :

- a. reste constante b. augmente c. diminue

4. Les étoiles perdent de l'énergie par :

- a. rayonnement b. conduction c. convection

5. La relation d'équivalence masse-énergie a été formulée par :

- a. Wilhelm Wien b. Max Planck c. Albert Einstein

Ex 18 p 85 (entraînement contrôle : mêmes types de calculs que l'activité précédente)

18 L'étoile la plus lumineuse

R136a1, en plus d'être l'étoile la plus massive connue, est aussi la plus lumineuse. Sa puissance radiative $P_{\text{étoile}}$ est environ 8 710 000 supérieure à celle du Soleil. Cette étoile émet ainsi plus d'énergie lumineuse en quatre secondes que le Soleil en une année.

1. Sachant que la puissance radiative du Soleil est égale à $3,87 \times 10^{26}$ W, calculer la puissance radiative $P_{\text{étoile}}$ de l'étoile R136a1.

2. Quelle masse cette étoile perd-elle chaque seconde à cause de son rayonnement ?

3. Contrôler l'exactitude de la dernière phrase de l'énoncé

➔ Aide à la résolution, p. 261

Ex 19 p 85 de votre manuel (plutôt pour EDS PC, Maths, SVT)



19 La fusion dans ITER

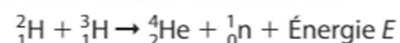
ITER est un projet ambitieux et de grande envergure dans le domaine de l'énergie. Il vise à produire de l'énergie en contrôlant le phénomène de fusion entre des noyaux légers. Lien dans le livre ou QRcode

► Après avoir visionné l'animation (lien ci-dessous) et à l'aide de vos connaissances, répondre aux questions 1 à 7.

1. Nommer les deux réactifs utilisés dans ITER.

2. Comparer l'énergie produite par la fusion à celle produite lors de la combustion d'un combustible fossile. (réponse dans la vidéo)

3. L'équation de la réaction de fusion est :



Calculer l'énergie E libérée.

4. Calculer le nombre N de noyaux contenus dans 1,0 kg de tritium. On considèrera qu'il y a un même nombre de noyaux de deutérium dans une masse identique.

5. Calculer l'énergie totale libérée (E_t) par la fusion de tous les noyaux de tritium avec ceux de deutérium.

6. Sachant que la combustion d'un kilogramme d'essence libère $4,73 \times 10^7$ J, calculer la masse d'essence nécessaire pour produire autant d'énergie que celle produite par la fusion de 1,0 kg de tritium.

7. Le résultat calculé précédemment est-il du même ordre de grandeur que celui donné à la question 2 ?

DONNÉES

- $m(\text{n}) = 1,67493 \times 10^{-27}$ kg
- $m({}^4\text{He}) = 6,64648 \times 10^{-27}$ kg
- $m({}^2\text{H}) = 3,34358 \times 10^{-27}$ kg
- $m({}^3\text{H}) = 5,00736 \times 10^{-27}$ kg

➔ Aide à la résolution, p. 261

3. Rayonnement émis par un corps chaud comme le Soleil.

3.1. Rappels de seconde.

- La lumière est une onde électromagnétique caractérisée par sa longueur d'onde notée λ . Rappeler les limites en longueur d'onde du domaine visible de la lumière et les couleurs associées, et les domaines encadrant le domaine visible.



- En modifiant la température de la source, la lumière émise et le spectre lumineux évoluent. À partir de vos connaissances de seconde et des informations recueillies dans les vidéos visionnées en préparation, répondre aux questions suivantes :

1. Les étoiles les plus chaudes sont plutôt de couleur

- Bleue
- Rouge

2. Lorsque la température de la source de lumière augmente, le spectre de la lumière émise se décale vers ?

- les grandes longueurs d'onde
- les petites longueurs d'onde

3. Un corps de basse température comme le corps humain ou la Terre émet un rayonnement situé dans

- les ultraviolets
- le domaine visible
- les infrarouges

3.2. La loi de Wien : énoncé et applications

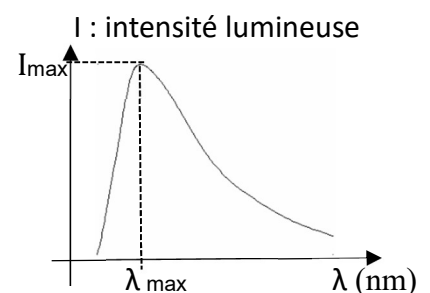
Document 1 : Profil spectral et λ_{\max}

Pour chaque source de lumière on peut analyser la lumière émise en mesurant l'intensité I de chaque longueur d'onde λ émise.

On obtient le profil spectral de la source, c'est le graphe $I = f(\lambda)$

Pour un corps chaud émettant de la lumière le spectre est continu et le profil spectral est une courbe qui a la forme ci-contre :

Sur ce profil spectral, on repère la longueur d'onde émise avec la plus grande intensité que l'on note λ_{\max} .



Document 2 : Le Kelvin

L'unité de température, notée K, est le kelvin. C'est l'unité du système international pour les températures.

L'origine des températures en kelvin est le zéro absolu (qui correspond à $-273,15$ °C), il n'y a pas de température négative en kelvin.

La conversion à partir des °C se fait ainsi : $T(K) = T(^{\circ}C) + 273,15$

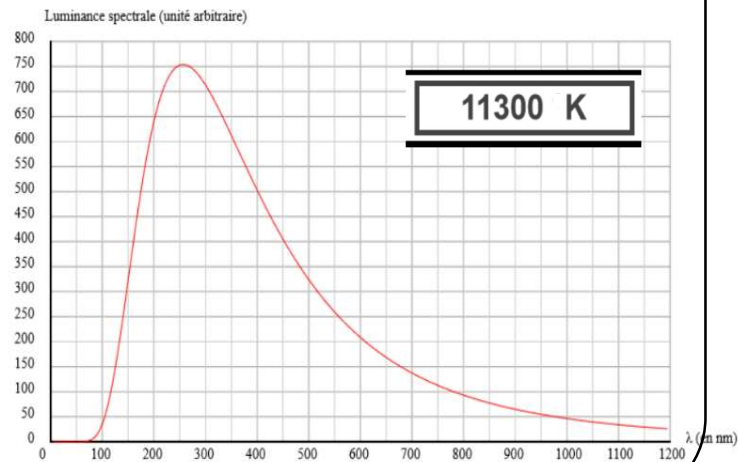
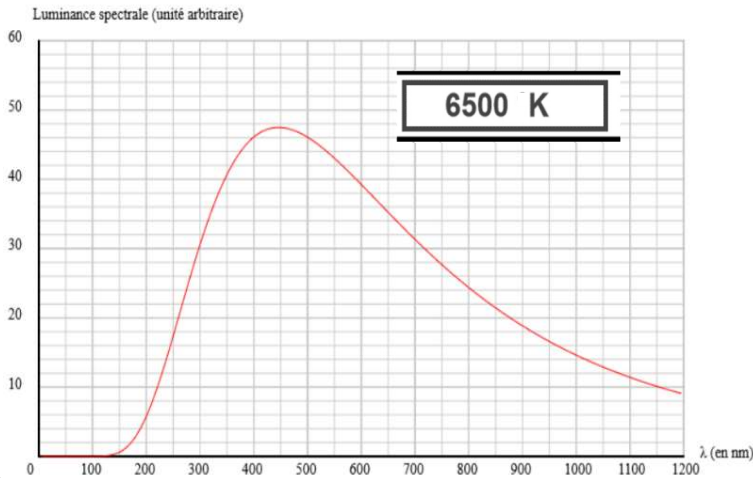
Document 3 : Une animation informatique

Manipuler l'animation suivante (lien sur le netboard via l'ENT) :

http://labosims.org/animations/App_wien/App_wien.html



Voici deux copies d'écran de cette animation



1. Ajouter sur chaque graphe du document 3 la zone de radiations lumineuses du domaine visible.

Utiliser l'animation informatique. Modifier la température de la température de la source de lumière et répondre aux questions qui suivent.

2. Décrire les modifications du profil spectral quand on passe d'une source à la température $T_1 = 6500\text{K}$ à une source à la température $T_2 = 11300\text{K}$

3. Pour chaque courbe, estimer la longueur d'onde λ_{max} de la radiation émise avec la plus grande intensité lumineuse.
 - a. La première courbe ($T_1 = 6500\text{K}$) .
 - b. La deuxième courbe ($T_2 = 11300\text{K}$) .
4. Si on observe la lumière non décomposée de chacune de ces deux sources, quelle couleur est vue pour
 - a. La première source ($T_1 = 6500\text{K}$) ?
Expliquer cette sensation colorée
 - b. La deuxième source ($T_2 = 11300\text{K}$) ?
Expliquer cette sensation colorée

5. À partir des observations précédentes, les grandeurs T et λ_{max} peuvent-elles être proportionnelles ? Justifier votre réponse.

Document 4 : La loi de Wien : **A RETENIR**

La loi de Wien permet de relier numériquement la température T d'une source de lumière avec la longueur d'onde λ_{\max} émise avec la plus grande intensité

La loi de Wien ou loi de rayonnement du corps noir, s'écrit ainsi :

$$\lambda_{\max} \times T = 2,9.10^{-3}$$

Avec λ_{\max} : longueur d'onde de la radiation émise avec la plus grande intensité (en m)

T : température de surface du corps émetteur (en K)

Remarques :

- Un "corps noir" est un objet dont le spectre d'émission ne dépend que de sa température
- La valeur de la constante $2,9.10^{-3}$ impose de travailler dans le système international avec des longueurs d'onde λ_{\max} en mètre et des températures T en kelvin.

6. Écrire la loi de Wien sous la forme $\lambda_{\max} =$

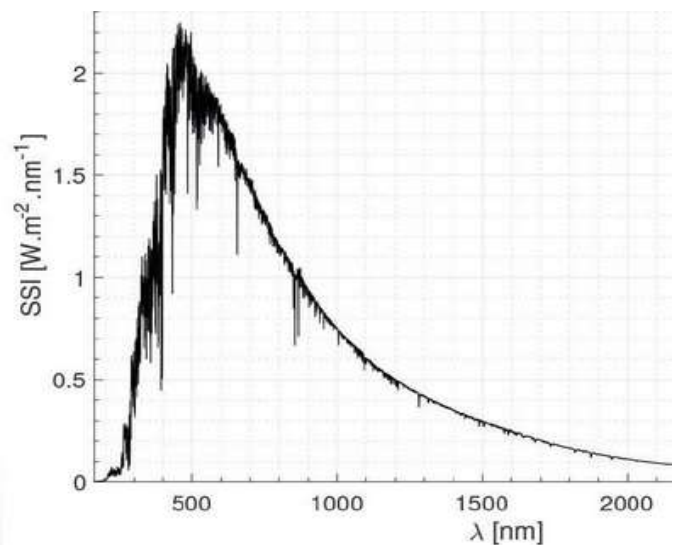
Avec quoi λ_{\max} est-il proportionnel ?

7. Écrire la loi de Wien sous la forme $T =$

Avec quoi T est-il proportionnel ?

On dit que λ_{\max} et T sont inversement proportionnel.

8. Le profil spectral du Soleil a l'allure ci-contre, en utilisant le graphe et la loi de Wien, évaluer la température de surface du Soleil en kelvin (attention à la conversion de longueur d'onde).



Convertir le résultat obtenu en °C

9. Déterminer la longueur d'onde λ_{\max} dans le cas du filament d'une lampe à incandescence dont la température vaut $T = 2500$ °C. (Attention à faire la conversion en kelvin)

Convertir le résultat obtenu en nm et indiquer dans quel domaine de radiations se situe cette longueur d'onde ?

10. Calculer la longueur d'onde (en m puis en nm) émise par un être humain avec la plus grande intensité. On prendra $T = 30$ °C (attention : conversion de température !)

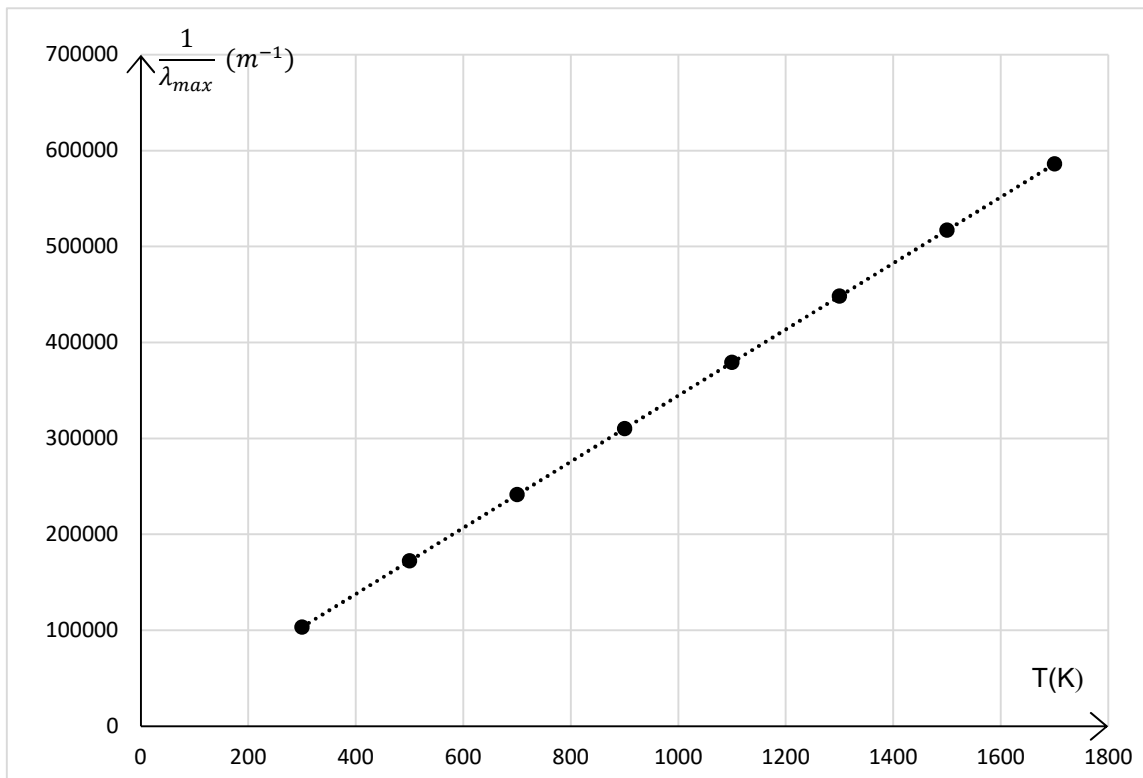
Indiquer dans quel domaine de rayonnement émet un corps humain.

11. Expliquer pourquoi on voit la lumière de la lampe et pas celle de l'humain alors que tous les deux ont λ_{\max} dans le domaine infrarouge.

12. Pour aller plus loin (si on a le temps) : Modélisation permettant d'établir la loi de Wien

Pour établir sa loi, Wilhelm Wien a relevé la valeur de λ_{\max} pour des fours de températures T différentes

Il a ensuite calculé $\frac{1}{\lambda_{\max}}$ et tracé le graphe ci-dessous :



5.1. Nommer le graphe ci-dessus sous la forme "grandeur A" = f ("grandeur B")

5.2. Que montre le graphe ci-dessus ? Justifier.

5.3. Déterminer l'équation mathématique de la droite tracée en pointillée.

5.4. En déduire la relation mathématique qui existe entre les grandeurs λ_{\max} et T.

5.5. Vérifier qu'on retrouve bien la loi de Wien précédemment énoncée.