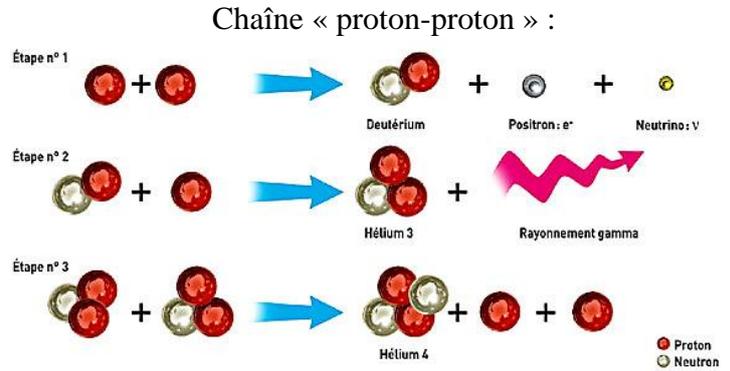
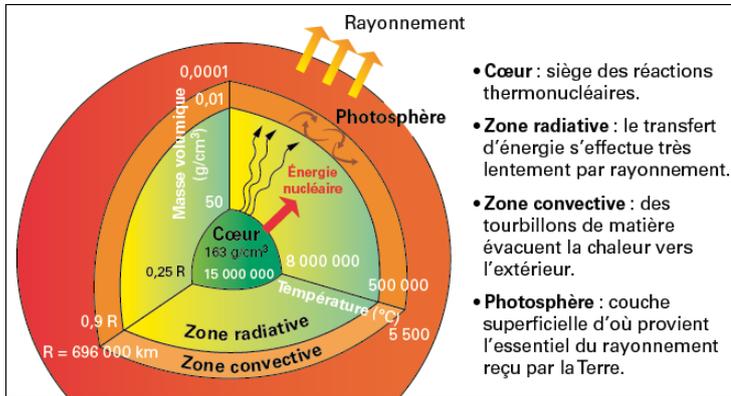


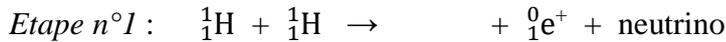
I Le Soleil et la fusion nucléaire

1) La fusion nucléaire au cœur du Soleil



Vidéo : La fusion au cœur des étoiles : <https://youtu.be/1aKLyPoDjVE>

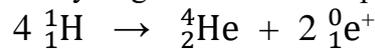
- 1) Sous quel état se trouve la quasi-totalité de la matière de l'Univers ?
- 2) De quoi est composée chaque étoile ?
- 3) Quelle est la force qui fait s'effondrer le nuage de gaz lors de la formation d'une étoile ?
- 4) Quelle est la température au centre d'une étoile comme le Soleil ?
- 5) Quel est le carburant majeur des étoiles ?
- 6) Combien faut-il de réactions successives pour former l'hélium 4 ?
- 7) Quelle puissance dégage chaque centimètre cube du Soleil ?
- 8) Comment une étoile compense-t-elle cette faible production d'énergie ?
- 9) Compléter les réactions nucléaires suivantes formant la chaîne « proton-proton » :



C'est la qui est à l'origine de la très grande quantité d'énergie rayonnée par le Soleil. Cette fusion s'effectue où règne une température d'environ

2) Principe d'équivalence masse-énergie

Le bilan des différentes étapes de fusion de l'hydrogène en hélium 4 peut se résumer ainsi :



Données : • Masse 1H : $1,672\ 62 \times 10^{-27}$ kg • Masse 4He : $6,646\ 48 \times 10^{-27}$ kg
 • Masse positron : $9,109 \times 10^{-31}$ kg

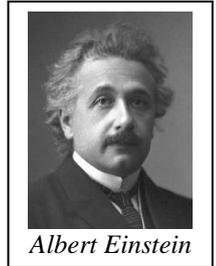
- 1) Déterminer la masse des réactifs composé des 4 atomes d'hydrogène.
.....

- 2) Déterminer la masse des produits composé de l'atome d'hélium et des deux positrons.
.....

3) Que remarque-t-on ? Comment expliquer cette observation ?

En 1905, Einstein postule qu'une particule au repos, du fait de sa masse, possède une énergie appelée énergie de masse E, telle que :

E : Energie en
m : masse en
c : célérité de la lumière dans le vide $\approx 3,00 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$



Lors d'une réaction nucléaire, une quantité très importante d'énergie est libérée. D'après la relation d'équivalence entre la masse et l'énergie,
....., c'est-à-dire que la masse des produits est inférieure à la masse des réactifs.

..... **d'un système sont liées par la relation suivante :**

ou

Remarque : Pour obtenir une valeur positive de $E_{\text{libérée}}$, la perte de masse Δm doit être positive !

Exercice : Le soleil rayonne une puissance $P = 3,85 \times 10^{26} \text{ W}$.

1) Calculer l'énergie E rayonnée par le Soleil en 1 seconde.

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

Energie en joule (J) Puissance en watt (W) Durée en seconde (s)

2) Calculer la masse perdue par le Soleil chaque seconde à cause de son rayonnement.

*Calcul à connaître !!
Très souvent demandé
en épreuve.*

Le Soleil perd chaque seconde plus de 4 milliards de kilogrammes, soit une masse voisine de celle de la pyramide de Khéops !!



3) Proxima du Centaure est l'étoile la plus proche du système solaire. Cette étoile, beaucoup plus petite et plus froide que notre Soleil, rayonne une puissance d'environ $6,9 \times 10^{23} \text{ W}$.

a) Calculer l'énergie rayonnée chaque seconde par Proxima du Centaure.

b) Calculer la masse équivalente perdue chaque seconde par Proxima du Centaure.

II Rayonnement émis par le Soleil

1) Unité de la température absolue : le kelvin

La température la plus basse possible dans l'Univers est, c'est une limite, appelée le « ». En revanche, la température peut être aussi élevée que l'on veut !
On compte les températures à partir de ce plancher, cela permet de ne pas avoir de température négative. On obtient une nouvelle unité de mesure de la température : le (symbole :). C'est l'unité « officielle » de la température.

C'est la même échelle que celle des degrés Celsius mais décalée vers le bas de 273 unités.

Une augmentation de 1 K correspond à une augmentation de 1 °C.

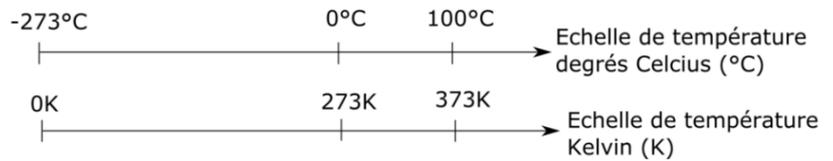
Conversion d'une température θ (thêta) en degré Celsius (°C) en une température T en kelvin (K) :



Exemple :

Pour $\theta = 25^\circ\text{C}$, T =

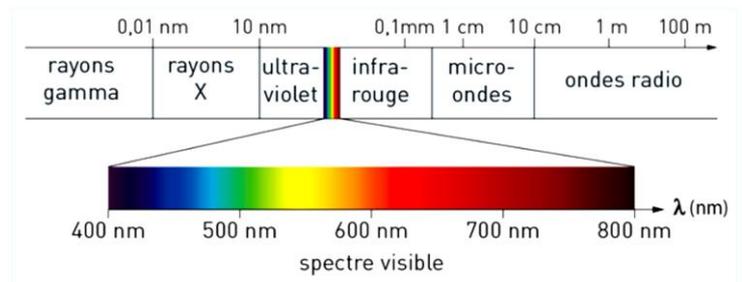
Pour T = 500 K, $\theta =$



2) La longueur d'onde

Le Soleil émet de l'énergie sous forme

Ces ondes sont caractérisées par leur, notée (lettre grecque lambda). Elle se mesure en (m), mais on utilise souvent le (1 nm = 10^{-9} m) ou le (1 $\mu\text{m} = 10^{-6}$ m).



L'œil humain n'est sensible qu'à des ondes électromagnétiques dont la longueur d'onde est comprise entre Il s'agit du des ondes électromagnétiques. Dans le domaine du visible, à chaque longueur d'onde correspond une couleur.

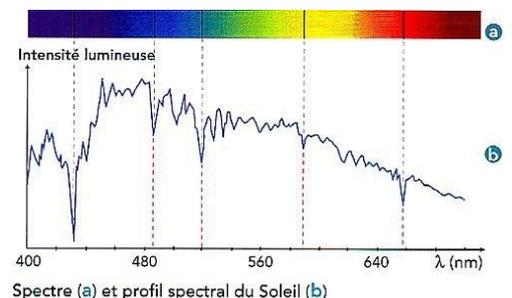
3) Le rayonnement thermique

Tous les corps émettent un rayonnement électromagnétique appelé Le de ce rayonnement est et En émettant ce rayonnement,

Ce rayonnement thermique existe quelle que soit la température du corps, même s'il est plus facile de l'appréhender pour des corps portés à haute température.

Exemples : filament d'une lampe, lave d'un volcan, coulée d'acier ou de verre, barre métallique chauffée, surface gazeuse d'une étoile, ...

Toutes les longueurs d'onde dans le spectre de ce rayonnement thermique ne sont pas présentes avec la même intensité. Certaines couleurs « dominant » plus que d'autres. Il est possible de tirer du spectre le, c'est-à-dire le graphique représentant



4) Le profil spectral d'un corps noir

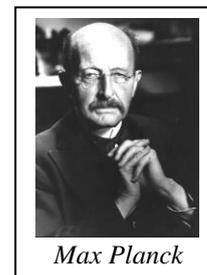
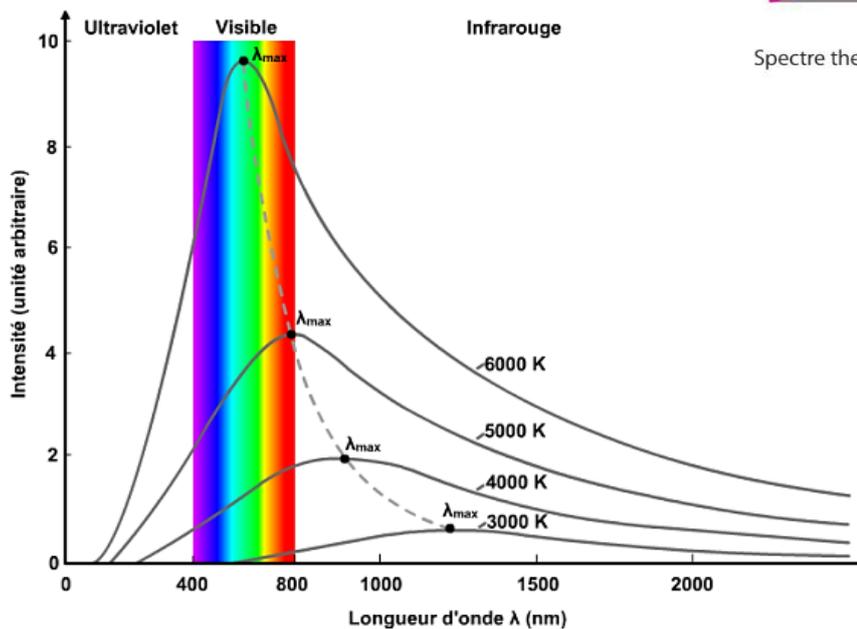
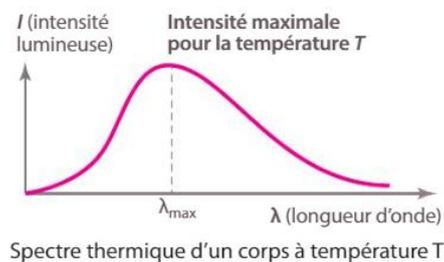
Un en physique est un

Un tel corps émet un

On peut considérer que les étoiles, le Soleil ou le filament d'une lampe à incandescence, se comportent comme des corps noirs.

Remarque : il ne faut pas confondre le corps noir avec un objet de couleur noire qui absorbe le rayonnement visible.

On peut tracer le profil spectral d'un corps noir à différentes températures. On observe toujours une dont l'équation a été calculée par Le profil spectral présente un pour une longueur d'onde précise notée



- 1) Quelle est approximativement la valeur de λ_{\max} pour un corps noir de température 3 000 K ? Pour un corps noir de température 5 000 K ? Pour un corps noir de température 6 000 K ?
- 2) Comment évolue λ_{\max} lorsque la température T du corps noir augmente ?
- 3) En utilisant l'animation suivante, compléter le tableau ci-dessous.

https://phet.colorado.edu/sims/html/blackbody-spectrum/latest/blackbody-spectrum_fr.html

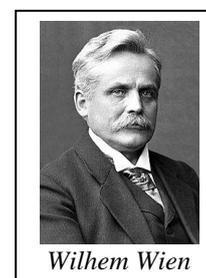
T (K)	3 000	4 000	5 000	5 800	7 000	8 000	9 000	10 000
λ_{\max} (μm)								
$\lambda_{\max} \times T$ ($\mu\text{m.K}$)								

- 4) Que remarque-t-on ? Calculer la moyenne du produit $\lambda_{\max} \times T$ en m.K.

m	dm	cm	mm			μm			nm

5) La loi de Wien

Wilhelm Wien, physicien allemand, énonce que la longueur d'onde du maximum d'émission λ_{\max} du rayonnement d'un corps noir est inversement proportionnelle à sa température T. Cette relation est la Il obtient le prix Nobel de physique en 1911 pour ses travaux.



Loi de Wien :

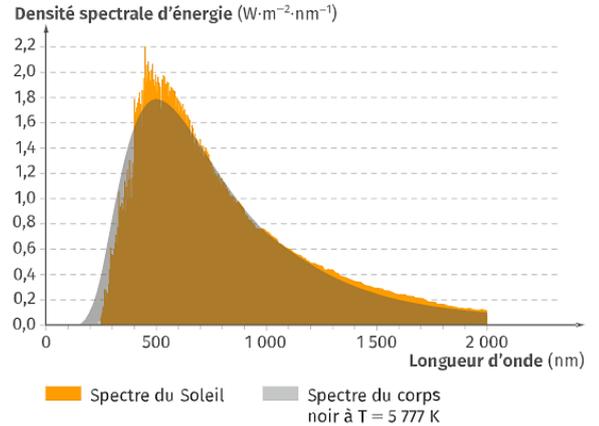
λ_{\max} : longueur d'onde correspondant au maximum d'intensité en mètre (m)

T : température en

Remarque : Attention : la notation λ_{\max} ne représente pas une valeur maximale pour λ , mais la valeur de longueur d'onde λ correspondant au maximum de l'intensité lumineuse.

Les étoiles, dont le Soleil, se comportent de manière assez similaire à un corps noir. Il est donc possible de

Le spectre du Soleil suivant permet d'estimer sa température de surface : 5 777 K.



Exercices :

1) Rigel est une étoile bleutée de la constellation d'Orion.

La longueur d'onde correspondant au maximum de son émission est dans le domaine ultraviolet et vaut $\lambda_{\max} = 210$ nm. Donner une estimation de la température de surface de cette étoile.

.....

2) Un souffleur de verre sort la pâte de silice fondue du four à la température de 1 550°C. Calculer la longueur d'onde λ_{\max} du maximum d'intensité. λ_{\max} appartient-il au domaine visible ? Pourquoi une partie du rayonnement émis est-il quand même visible ?



.....

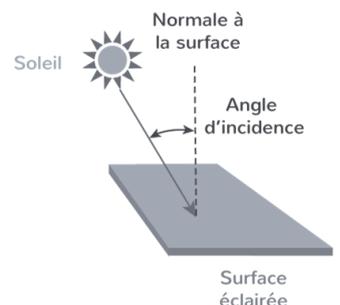
m	dm	cm	mm			μm			nm

III Rayonnement solaire reçu par la Terre

1) Puissance radiative reçue du Soleil

Pour capter l'énergie transportée par le rayonnement solaire, on peut installer des

- Plus l'aire du panneau solaire est, plus l'énergie captée chaque seconde sera grande.
- Cette surface doit être par rapport aux rayons du Soleil: le **panneau solaire doit être** à ces rayons pour capter la totalité du rayonnement. Dans le cas contraire, on ne capte qu'une fraction de ce rayonnement.

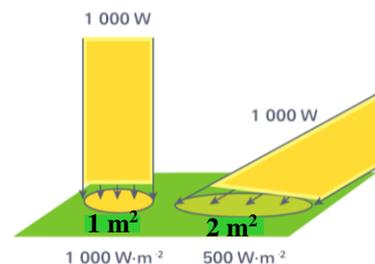


.....

L'inclinaison est mesurée par provenant du Soleil.

Plus les rayons sont, plus la puissance radiative reçue du Soleil est En effet, l'énergie solaire « » sur une plus grande surface.

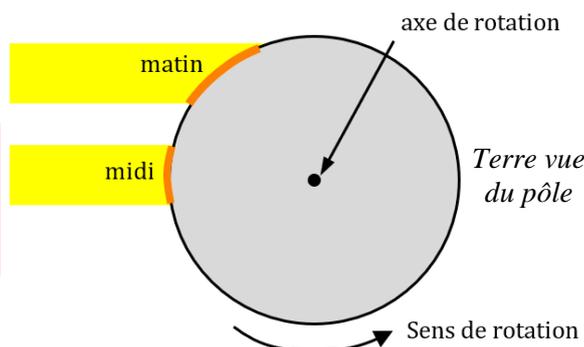
Cette dépendance à l'inclinaison des rayons explique les variations de température au cours de la journée, de saisons et de climat que l'on observe sur Terre.



2) Variation diurne

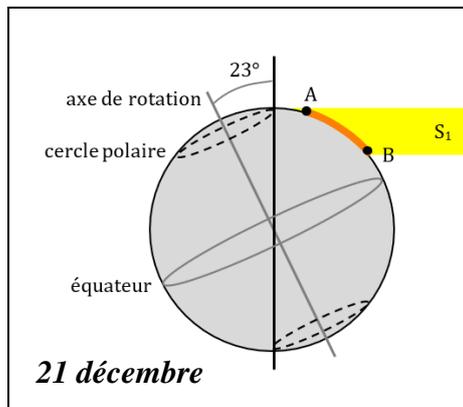
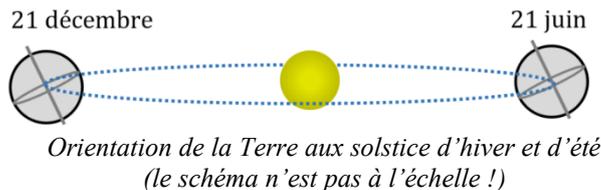
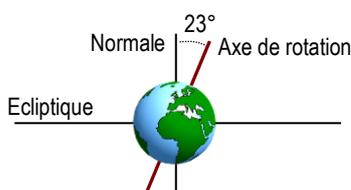
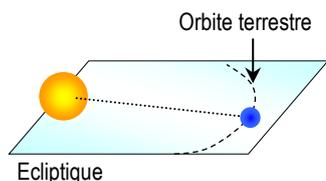
Le, les rayons du Soleil arrivent plus inclinés à la surface de la Terre qu'en milieu de journée.

La puissance radiative reçue dépend de C'est la L'ensoleillement est maximal à

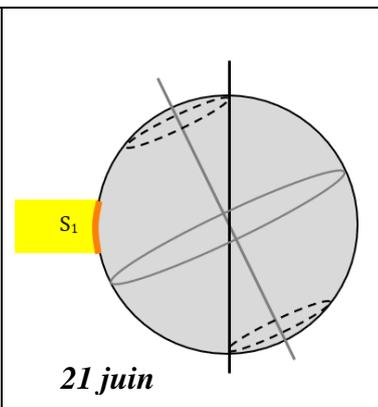


3) Variation saisonnière

L'axe de rotation de la Terre est incliné d'un angle d'environ par rapport au plan de (plan dans lequel la Terre tourne autour du Soleil). Ceci explique les variations **saisonnieres** de température.



Le 21 décembre, c'est dans l'hémisphère Nord (et l'été dans l'hémisphère Sud). Dans l'hémisphère Nord, les rayons arrivent le 21 décembre que le 21 juin. La reçue du Soleil est donc en hiver, la surface terrestre reçoit, il y fait



La puissance radiative reçue dépend du C'est la Dans l'hémisphère Nord, l'ensoleillement est plus important

4) Zonation climatique

On voit également sur le schéma du 21 décembre que (plus on se rapproche du pôle Nord), par rapport au sol,

Au niveau du point A, les rayons solaires arrivent très inclinés par rapport au sol. Au niveau du point B, c'est toujours l'hiver, mais les rayons arrivent moins inclinés qu'en A. Il fera donc moins froid en B qu'en A.

Ceci explique que le climat est (zone tempérée, zone arctique) qu'aux faibles latitudes (zones tropicales).

La puissance radiative reçue dépend de la Plus elle est élevée (plus on se rapproche des pôles), plus l'ensoleillement est faible . C'est la