



Activité 1 : Le Soleil, origine de l'énergie

Document 1 : Petite histoire du Soleil

Le soleil constitue l'étoile centrale du système planétaire, c'est l'astre le plus gros de notre système, de diamètre 1,4 millions de km et sa masse est 335 000 fois plus élevée que celle de la Terre. Depuis 4,6 milliards d'années, il libère d'énormes quantités d'énergie par rayonnement.

La puissance rayonnée est de l'ordre de  $4 \times 10^{26}$  W.

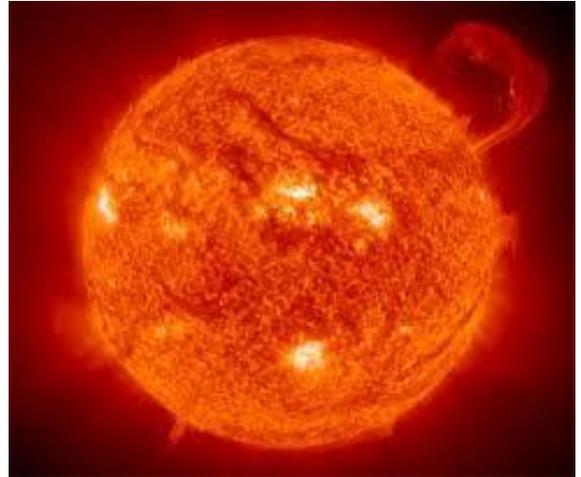
Cette très forte libération d'énergie provient de la réaction de fusion de noyaux légers comme ceux de l'hydrogène qui conduit ainsi à des noyaux un peu plus lourds comme l'hélium.

La fusion nécessite des conditions de température extrêmes. Il y a, au cœur du Soleil, une température de l'ordre de 150 millions de degrés Celsius. Ces réactions de fusion thermonucléaire libèrent beaucoup d'énergie, ce qui explique d'une part la très haute température de cet astre qui atteint en surface une température de l'ordre 6000 °C et d'autre part sa composition chimique que l'on estime actuellement à 73% d'hydrogène, 25% d'hélium et 2% d'autres éléments. Une très petite partie de l'énergie rayonnée par le Soleil atteint la Terre située en moyenne à 150 millions de km et permet la vie sur celle-ci.

Masse de la Terre :  $5,972 \times 10^{24}$  Kg

Diamètre de la Terre : 12742 km

Masse du Soleil :  $2 \times 10^{30}$  kg



Document 2 : Exemple de réaction de fusion nucléaire au cœur du Soleil

Représentation schématique de 3 noyaux

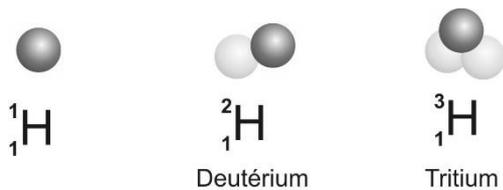
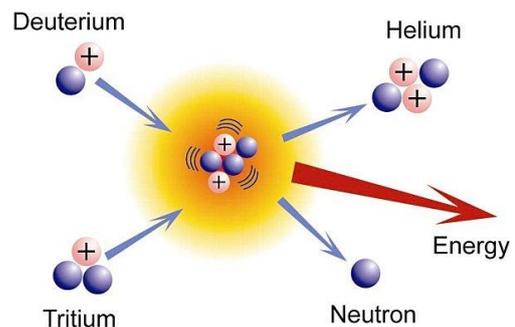


Schéma de la réaction de fusion nucléaire



Document 3 : Une équivalence masse-énergie ?

En 1905, le physicien Albert Einstein établit la célèbre équation, connue de tous :  $E = mc^2$  où c est la célérité de la lumière dans le vide soit  $3,00 \times 10^8$  m.s<sup>-1</sup>.

Mais on sait moins ce qu'elle signifie, et pourtant elle révolutionna la physique il y a un peu plus de 100 ans.

Cette équation montre qu'énergie (E) et masse (m) sont équivalentes. Ainsi, la masse n'est pas seulement une grandeur liée à la quantité de matière présente dans un objet mais aussi à la quantité d'énergie de cet objet.

Rappel : Relation entre puissance et énergie  $P = \frac{E}{\Delta t}$

où P est la Puissance moyenne du phénomène en watts (W)

E est l'énergie délivrée par le phénomène en joules (J)

$\Delta t$  est la durée du phénomène en secondes(s)

1. A l'aide des données fournies dans le **document 1**, établir la carte d'identité du soleil faisant apparaître l'ensemble des caractéristiques citées.

Comparer les masses et dimensions du Soleil et de la Terre. Commenter.

2. A l'aide de la représentation schématique des 3 noyaux donnée dans le **document 2**, répondre aux questions suivantes :

- a) A quel élément appartiennent ces 3 noyaux ?
- b) Donner la composition de ces 3 noyaux.
- c) Pourquoi dit-on que ces noyaux sont des isotopes ?
- e) Expliquer pourquoi on qualifie ces noyaux de légers ?

3. A partir du schéma de la réaction de fusion donné **document 2**, répondre aux questions suivantes :

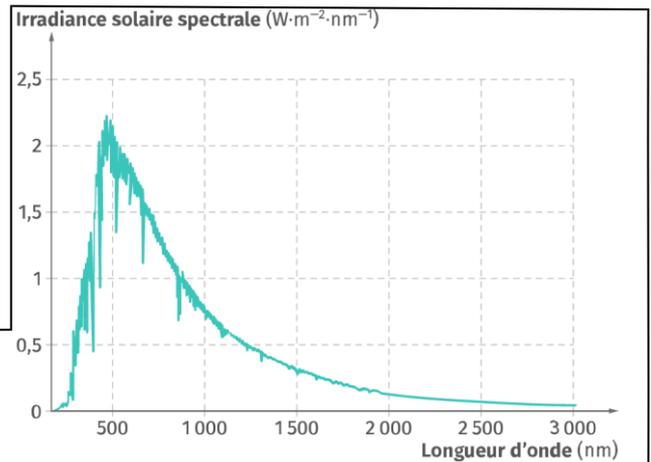
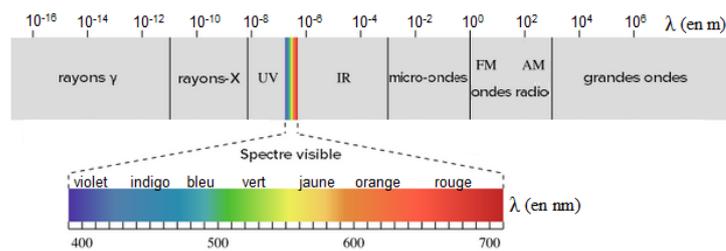
- a) Proposer une définition d'une réaction de fusion.
- b) En utilisant les symboles des différents éléments, écrire sous forme d'une équation la réaction schématisée.
- c) Où se produit naturellement cette réaction ? Quelle condition particulière nécessite-t-elle ?
- d) Quelle est la caractéristique essentielle de cette réaction de fusion ?
- e) Justifier l'existence des deux principaux éléments qui constituent le Soleil. Comment va évoluer la composition chimique du Soleil au cours des milliards d'années à venir ?

3. Nous allons chercher à déterminer la masse perdue par le Soleil en 1 s.

- a) Nous avons vu que le Soleil dégage une énergie considérable, que peut-on en déduire au sujet de sa masse ? Justifier.
- b) Donner la valeur de l'énergie  $\Delta E$  (en J) libérée par le soleil en 1s.
- c) Calculer alors la diminution de la masse du soleil  $\Delta m$  en 1s.
- d) En utilisant la valeur de la masse du Soleil (document 1), estimer la durée pendant laquelle les réactions nucléaires vont avoir lieu au sein du Soleil.

## Activité 2 : La lumière émise par le Soleil

### Document 1 : Domaine des ondes électromagnétiques



### Document 2 : Spectre d'émission du Soleil

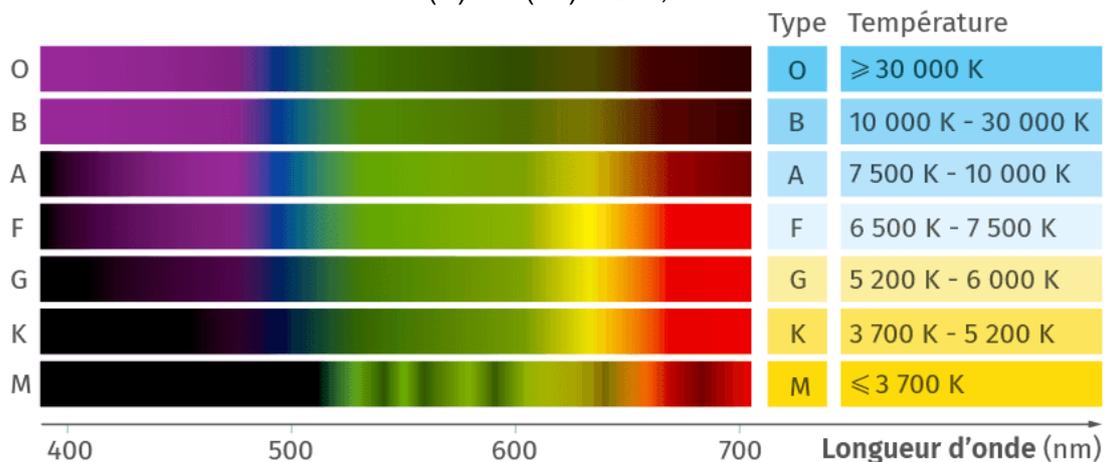
Le Soleil, comme toute étoile émet des particules et des ondes électromagnétiques. Ces ondes sont reçues sur Terre, certaines traversent l'atmosphère. L'analyse de la lumière émise par le Soleil permet par exemple de déterminer sa composition et sa température (voir doc. 3).

### Document 3 : Classification spectrale des étoiles et échelle kelvin

L'étude du spectre d'émission d'une étoile illustre le lien entre sa température de surface et sa couleur. La classification de Harvard, créée au XX<sup>ème</sup> siècle, organise les différentes étoiles selon leur spectre d'émission. Les principaux types spectraux sont notés O, B, A, F, G, K et M ; chaque type spectral possédant lui-même 10 sous-catégories. Au fur et à mesure de la découverte de nouvelles étoiles, la classification a été étendue à 8 autres types.

Les températures T sont exprimées en kelvin (symbole K), dont la valeur est la valeur en °C ajoutée de 273,15 :

$$T \text{ (K)} = \theta \text{ (}^\circ\text{C)} + 273,15$$



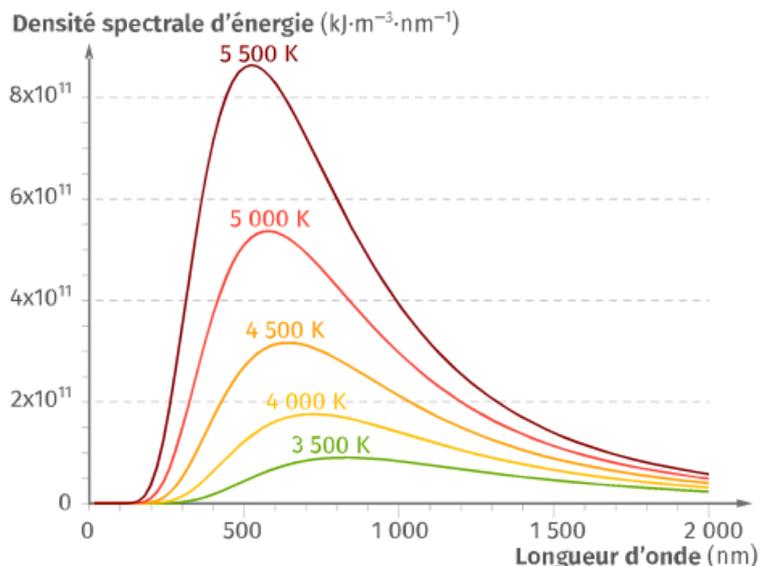
### Document 4 : Le modèle du corps noir

Le corps noir est un objet idéal et théorique qui absorberait toutes les radiations reçues mais sans les réfléchir ni les transmettre. Du fait de sa température, il émet des ondes électromagnétiques.

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

La représentation graphique ci-dessous fournit les profils spectraux d'un corps noir à différentes températures T, c'est-à-dire la répartition de l'intensité lumineuses des radiations émises par un corps noir, en fonction de la longueur d'onde  $\lambda$  (dans le vide) et selon sa température T.

Voir aussi pour une version animée :



[https://phet.colorado.edu/sims/html/blackbody-spectrum/latest/blackbody-spectrum\\_fr.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/blackbody-spectrum/latest/blackbody-spectrum_fr.html)

1. Toutes les ondes électromagnétiques sont-elles visibles ? Justifier en indiquant le document utilisé.
2. Positionner la gamme d'ondes visibles sur la représentation graphiques du document 4.
3. Un corps chaud émet-il toutes les ondes électromagnétiques avec la même intensité ? Justifier en indiquant le document utilisé.
4. On appelle  $\lambda_{\max}$  la longueur d'onde correspondant au maximum d'intensité lumineuse. Quelle est approximativement la valeur de  $\lambda_{\max}$  pour un corps noir de température 5500 K ? Même question pour un corps noir chauffé à 4500 K.
5. Ces longueurs d'onde appartiennent-elles au domaine du visible ? Si oui, quelles sont les couleurs correspondant à ces deux longueurs d'onde ?
6. De manière générale, comment évolue  $\lambda_{\max}$  lorsque la température T du corps noir augmente ?
7. Comment évolue la couleur apparente (celle vue à l'œil nu ou avec un instrument d'optique de type télescope) d'une étoile en fonction de sa température, d'une étoile « froide » (catégorie M) à une étoile « chaude » (catégorie O) ?
8. En utilisant l'animation [https://phet.colorado.edu/sims/html/blackbody-spectrum/latest/blackbody-spectrum\\_fr.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/blackbody-spectrum/latest/blackbody-spectrum_fr.html) compléter le tableau suivant

T (K)	3 000	4 000	5 000	5 800	7 000	8 000	9 000	9 950
$\lambda_{\max}$ ( $\mu\text{m}$ )								
$\lambda_{\max} \times T$ (avec 3 chiffres significatifs) ( $\mu\text{m.K}$ )								

#### Document 5 : La loi de Wien

Wilhelm Wien, physicien allemand, a énoncé que la longueur d'onde du maximum d'émission  $\lambda_{\max}$  du rayonnement d'un corps noir est inversement proportionnelle à sa température absolue T. Il obtient le prix Nobel de physique en 1911.

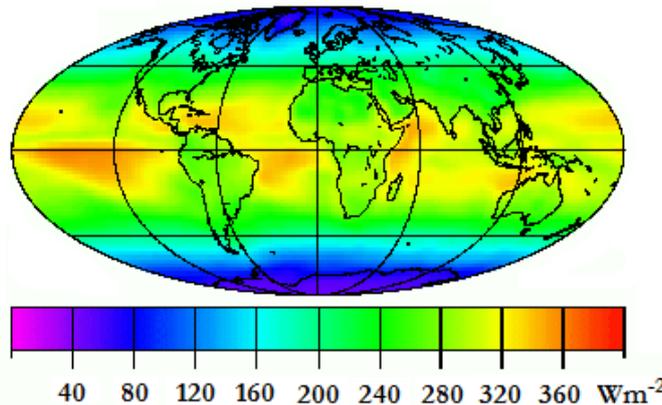
Cette loi est énoncée ainsi :  $\lambda_{\max} = \frac{a}{T}$  avec  $\lambda_{\max}$  longueur d'onde du maximum d'émission (en m), T la température en kelvin et a une constante.

9. Les indications que vous avez portées dans le tableau sont-elles en accord avec l'énoncé de la loi ? Justifier votre réponse. Indiquer la valeur de la constante a.
10. Déterminer, à partir des documents 1 et 5, la température T de surface du Soleil. Quelle est le type spectral du Soleil ?

### Activité 3 : Puissance solaire reçue et climat

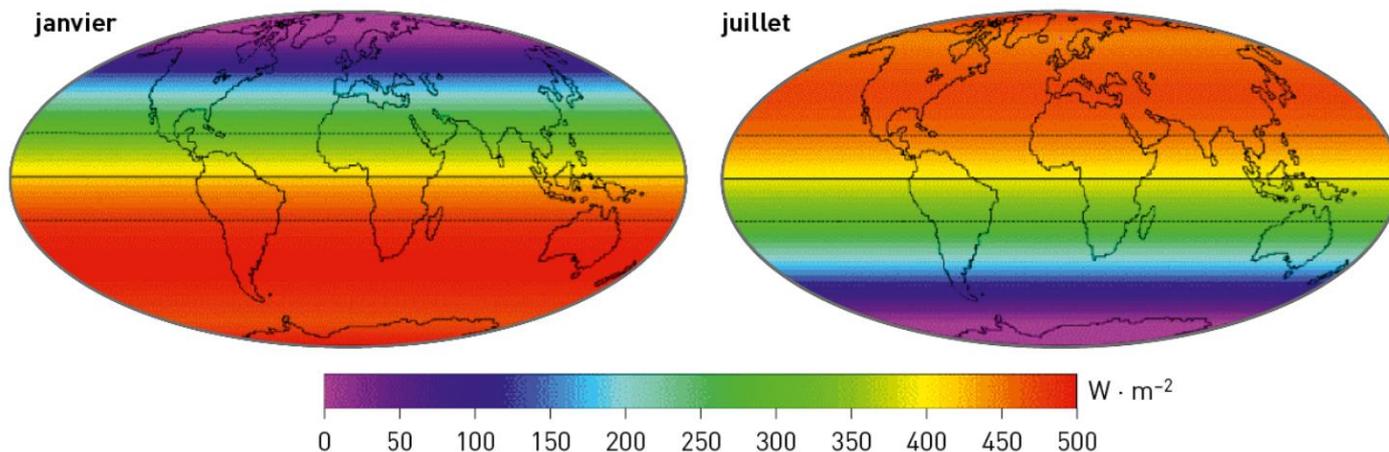
**Document 1 : Une puissance reçue inégalement répartie**

Comme toutes les planètes du système solaire, la Terre reçoit en permanence de l'énergie du Soleil. Sur une section donnée de lumière provenant du soleil le flux d'énergie (donc la puissance) est la même. Pourtant différents climats sont observés sur Terre, avec des zones chaudes entre les tropiques et des zones froides vers les pôles. Ceci indique que la puissance solaire reçue sur Terre pour une surface au sol donnée n'est pas la même partout sur le globe.



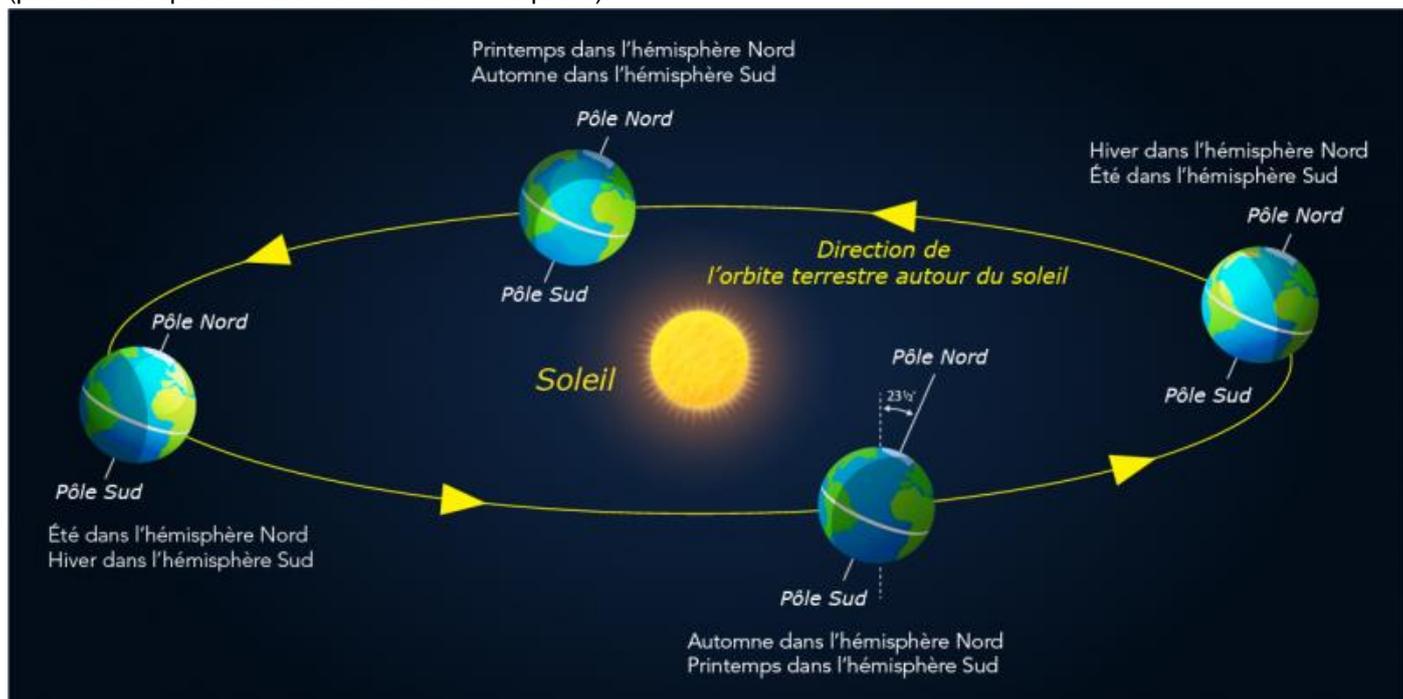
Répartition de la puissance solaire reçue à la surface de la Terre (moyenne annuelle)

**Document 2 : Puissance solaire reçue par unité de surface selon la latitude en janvier et en juillet**

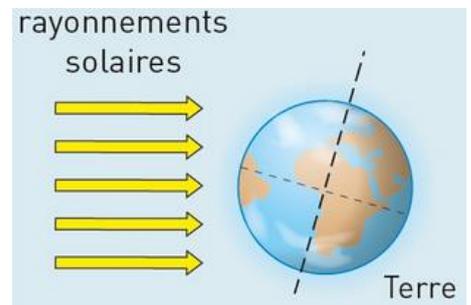


**Document 3 : Rotation de la Terre autour du Soleil en une année et inclinaison de l'axe de rotation**

L'axe de rotation de la Terre reste incliné en permanence de 23,5° par rapport à la perpendiculaire au plan de l'écliptique (plan dans lequel le centre de la Terre se déplace).



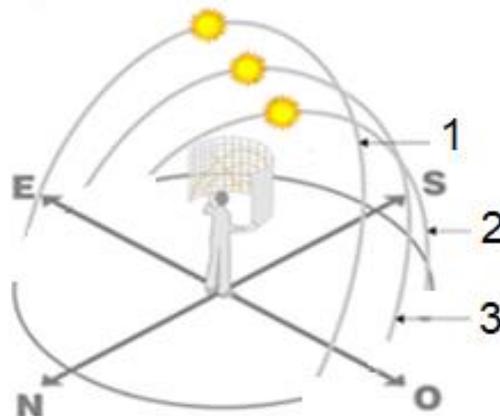
- Rappeler au moins un argument déjà exposé préalablement qui permet d'affirmer que la différence de climats en fonction de la latitude ne peut pas être due à la sphéricité de la Terre et à la différence de distance au Soleil qui en résulte.
- Indiquer le document qui conduit à penser que la puissance solaire reçue sur Terre pour une surface au sol donnée n'est pas la même partout sur le globe.
- On considère 4 villes situées à la même longitude. Compléter le tableau suivant en considérant qu'on est au solstice d'hiver (hiver dans l'hémisphère Nord). On pourra s'aider du schéma ci-contre.



Pays	Turquie	Ouganda	Egypte	Zimbabwe
Ville	Istanbul	Kampala	Assouan	Masvingo
Latitude	40°N	0°	23°N (tropique du Cancer)	23°S (tropique du Capricorne)
Représentation de la forme de la surface éclairée pour une section circulaire de lumière solaire				
Indiquer les températures moyennes prévues, de la plus faible T <sub>1</sub> à la plus forte T <sub>4</sub> .				

(vous pouvez vérifier vos réponses sur la forme de la surface éclairée à l'aide de l'animation disponible sur [www.prof-vince.fr](http://www.prof-vince.fr) ou [ici](#))

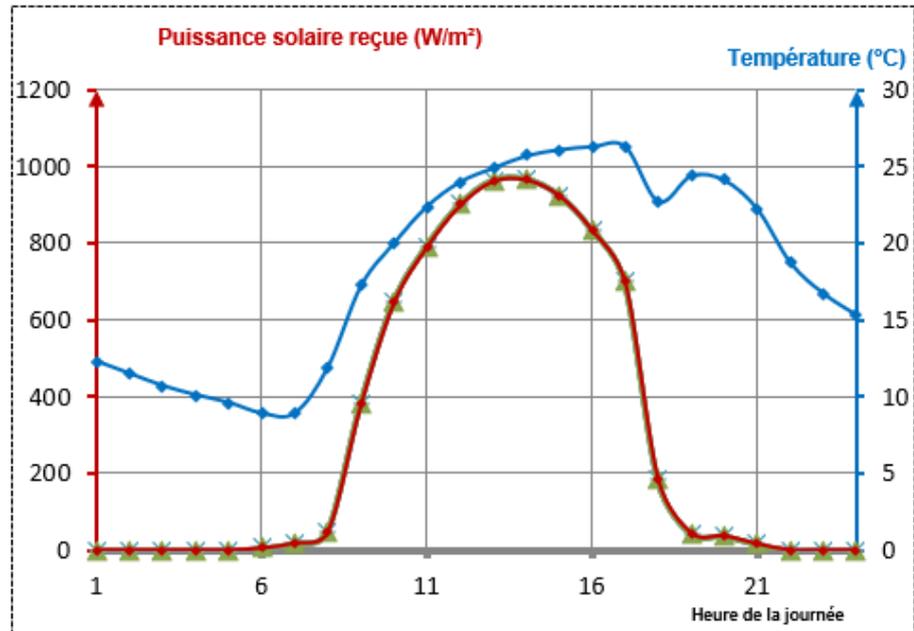
- Justifier alors les deux représentations du document 2 et le fait qu'en moyenne (sur plusieurs décennies), la zone la plus chaude soit comprise entre les deux tropiques.
- Le schéma ci-dessous représente la trajectoire apparente du Soleil pour un observateur situé en France durant trois journées dans l'année : une journée en mars, une journée en juin et une journée en décembre. Indiquer le sens des trajectoires puis attribuer une journée à chaque trajectoire.



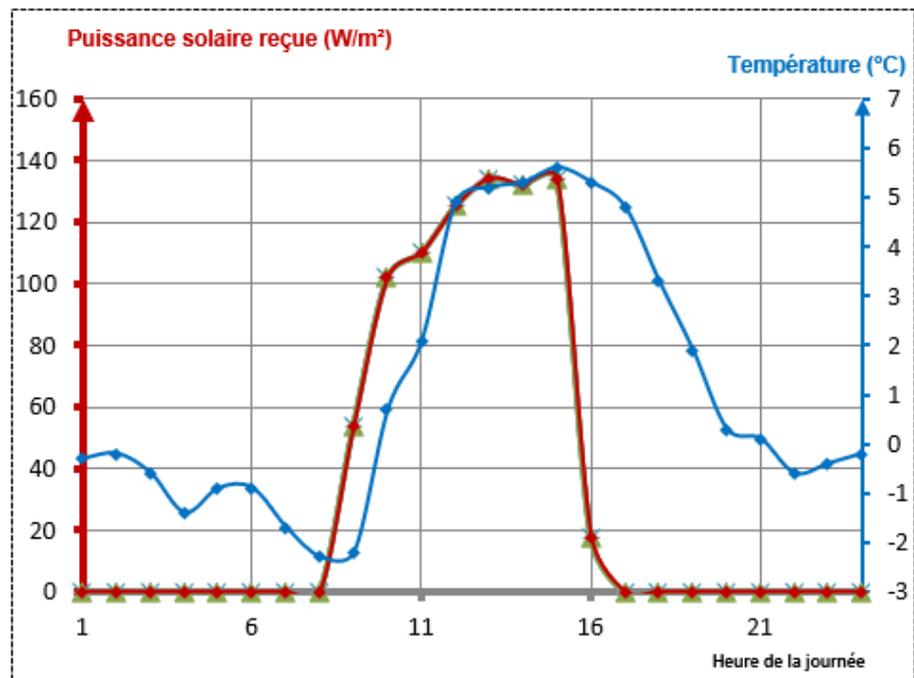
## 6. Analyse et synthèse de documents scientifiques

Comparer et commenter les courbes données page suivante, obtenues par des élèves de collège ayant réalisés un projet sur la météo au Chambon sur Lignon.

Mesures effectuées  
le 20 juin 2018



Mesures effectuées  
le 20 décembre 2018



Mesures collectées par le collège du  
Lignon, au Chambon sur Lignon,  
dans le cadre de la collecte de données  
météorologiques au sein du réseau  
« météo à l'école ».  
Latitude :  $45^{\circ}$  Nord  
Longitude :  $4,3^{\circ}$  Est

### Un exercice pour aller plus loin et sortir du contexte des saisons :

On souhaite installer un champ de panneaux photovoltaïques en France (latitude  $45^{\circ}N$ ) pour produire de l'énergie électrique à partir de l'énergie solaire.

1. Quelle précaution sur la pose des panneaux faut-il mettre en œuvre pour que la puissance solaire reçue soit maximale ?

On considère que la puissance solaire reçue par unité de surface au niveau du sol est de  $1000 W/m^2$ .

2. Quelle serait la puissance solaire reçue par une surface de  $50 m^2$  de panneaux solaires ?
3. Quelle serait l'énergie solaire reçue pendant 1h d'exposition ?