

# Energie solaire



## Chapitre I :

### Le soleil: Source d'énergie

#### I. Le soleil

- **Définition**

Le soleil est la seule étoile du système solaire et la plus proche de la terre. Elle est une source quasiment inépuisable d'énergie qui envoie à la surface de la terre un rayonnement qui représente chaque année environ 15000 fois la consommation énergétique mondiale. Elle pourrait répondre à tous les besoins en énergie mais demande de gros investissements.

Le soleil est une étoile résultant de la condensation d'un nuage interstellaire sous l'effet de la gravité. Ce type de nuage est essentiellement composé d'hydrogène, d'hélium, et dans une moindre mesure de carbone, d'azote et d'autres éléments, sa luminosité totale, c-à-d la puissance qu'il émet sous forme de photons est à peu près égale à  $4.10^{26}$  w ; seule une partie est interceptée par la terre, elle est de l'ordre de  $1.7.10^{17}$ W. Elle nous parvient essentiellement sous forme d'ondes électromagnétiques dont l'ensemble forme le rayonnement solaire qui se propage à la vitesse de la lumière; il lui faut donc, en moyenne, 499 secondes, soit 8 minutes et 19 secondes, pour atteindre notre atmosphère. L'énergie du soleil provient des réactions thermonucléaires qui s'y produisent. Elles transforment à chaque seconde  $564.10^6$  tonnes d'hélium, la différence de 4 millions de tonnes est dissipée sous forme d'énergie ( $E = mc^2$ ), ce qui représente une énergie totale de  $36.10^{22}$  KW.

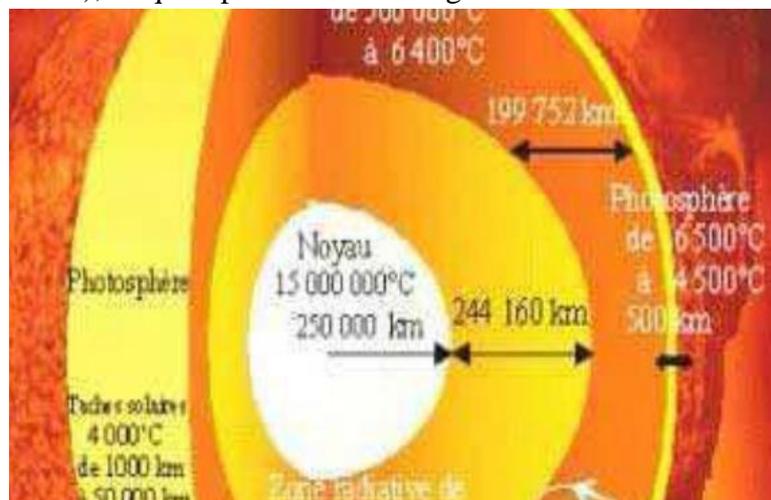


Figure1 : Coupe schématique du Soleil

#### II. Origine de l'énergie solaire

- **Chaîne PP et cycle CNO**

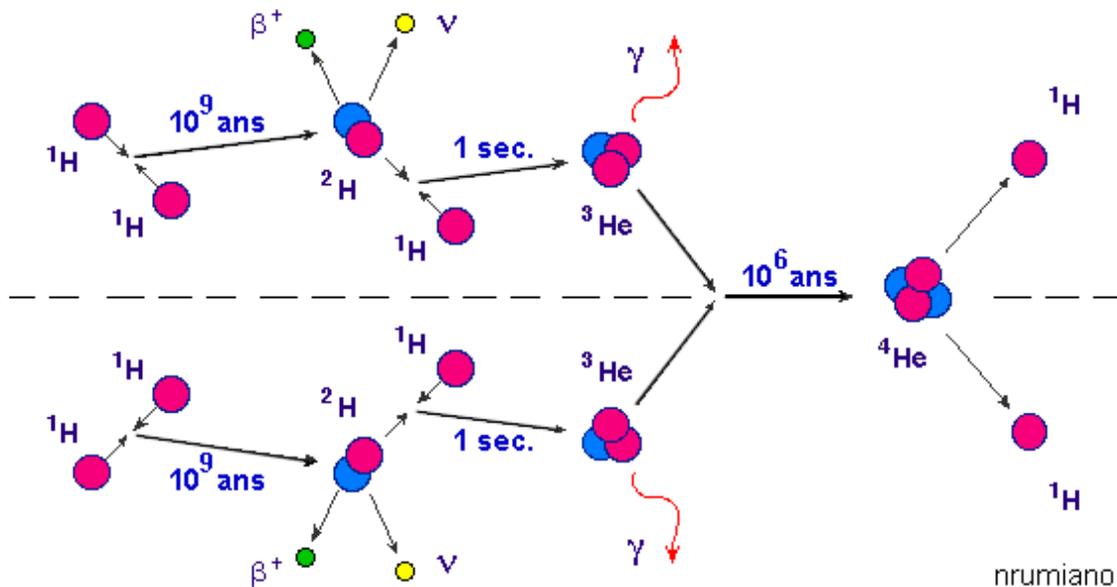
Dans le soleil, constitué essentiellement d'hydrogène, le résultat final d'un ensemble de réactions nucléaires est la transformation de 4 protons en chaque noyau d'hélium (constitué de deux neutrons et de deux protons).

Or, Albert Einstein montra dans sa théorie de la relativité que masse et énergie sont deux grandeurs équivalentes;  $E=mc^2$ . Au centre du soleil, la perte de masse qui accompagne la transformation de quatre protons en un noyau d'hélium correspond donc à une libération d'énergie considérable. C'est ainsi en transformant une fraction de sa masse que notre soleil trouve l'énergie nécessaire pour briller pendant 10 milliards d'années.

La transformation d'hydrogène en hélium peut se faire de deux manières différentes :

**1) Chaîne PP :**

La chaîne proton-proton proposée par l'astronome américain Charles Critchfield, et commence avec deux protons qui fusionnent pour former du deutérium.



**Figure 2 : Chaîne proton-proton**

**2) Cycle CNO**

Cette manière s'appelle le cycle carbone-azote-oxygène. Elle fut découverte indépendamment par l'américain Hans Bethe et l'Allemand Carl von Weizsacher en 1938. Le cycle commence avec la collision d'un proton avec un noyau de carbone-12, ce qui n'est évidemment possible que s'il y a du carbone présent dans l'étoile. Le résultat final est le même que pour la chaîne proton-proton, cette réaction a lieu en six étapes :

- 1) Un noyau de carbone fusionne avec un proton pour former un noyau d'azote 13, en relâchant un proton et rayonnement gamma
- 2) Ce noyau d'azote est instable, et se désintègre spontanément, avec une demi-vie de 10 minutes, en un noyau de carbone<sup>13</sup>, en relâchant un positron et un neutrino

- 3) Ce noyau de carbone <sup>13</sup> fusionne avec un proton pour donner un noyau d'azote 14, et un photon gamma
- 4) En fusionnant avec un autre proton, on obtient un noyau d'oxygène 18 et un photon
- 5) De même que l'azote <sup>13</sup>, l'O<sup>18</sup> subit une désintégration spontanée en relâchant un positron et un neutrino
- 6) Enfin, l'azote<sup>15</sup> ainsi formé fusionne avec un proton pour donner un noyau de carbone et un noyau d'hélium.

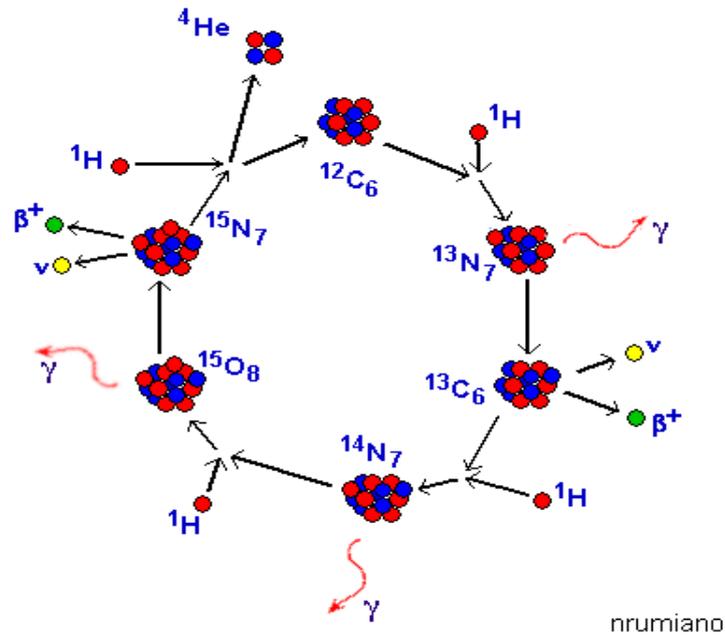
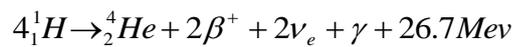


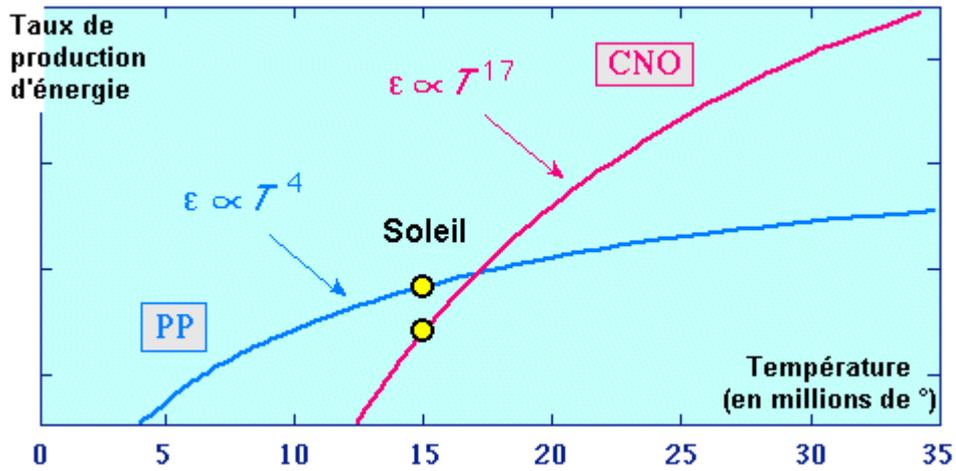
Figure3: Cycle CNO

Finalemnt, ces réactions sont résumées globalement pat l'équation :



- **Comparaison des deux cycles**

Dans quelle proportion ces deux chaînes vont-elles contribuer à la production d'énergie dans le soleil ?



**Figure4 :** Comparaison entre la chaîne pp et le cycle CNO

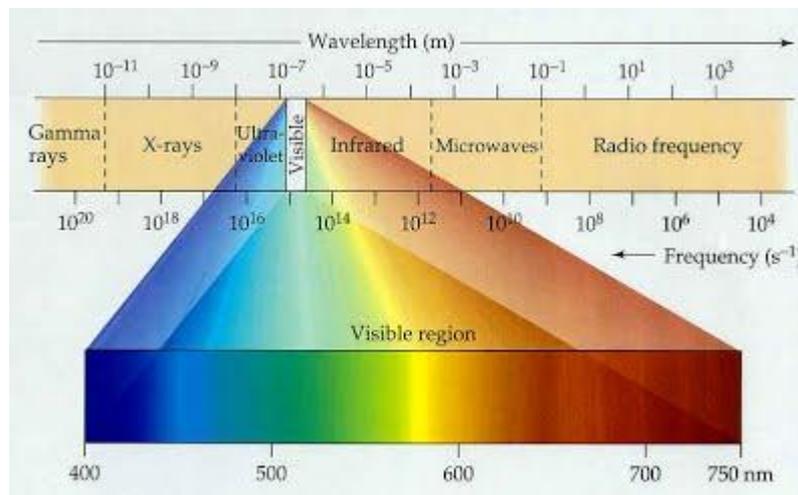
Plus la température élevée, plus le cycle CNO prédominant, c-à-d, la chaîne CNO qui fournira la plus grande part de l'énergie de l'étoile.  
 On notera aussi que, ces réactions nécessitent une température minimale d'environ 8 à 10 millions de degrés Kelvin.

**III. Caractéristiques du rayonnement solaire**

- **Composition**

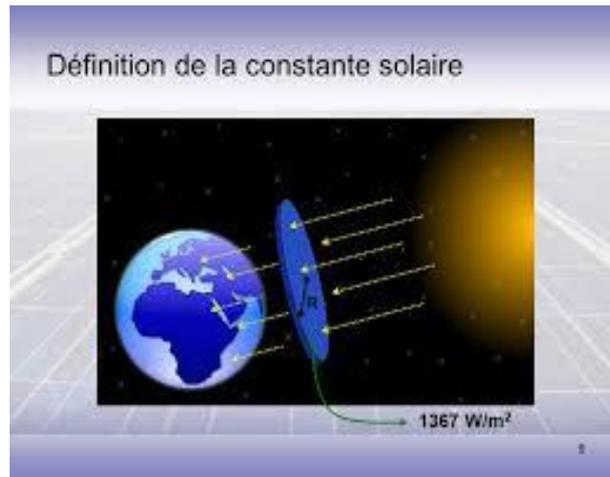
Le soleil, corps chaud émet une énergie sous forme d'un rayonnement électromagnétique. Le rayonnement émis par le soleil constitué un spectre continu allant de l'ultraviolet à l'infrarouge en passant par le visible où il émet le maximum d'énergie. En traversant l'atmosphère, les gaz et les molécules absorbent certaines bandes de l'ultraviolet de l'infrarouge.

A la surface de la terre, le rayonnement solaire comprend 5% d'UV, 40% de lumière visible et 55% d'IR.



**Figure5 :** Composition du rayonnement solaire

- **Constante solaire :**



**Figure 6:** Constante solaire

C'est la valeur moyenne du flux solaire reçu à la limite de l'atmosphère terrestre.

Ou : C'est la quantité d'énergie totale envoyée par le soleil a la limite de l'atmosphère Terrestre sur une surface unité perpendiculaire au rayonnement solaire. Cette valeur déterminée à partir des mesures réalisées à l'aide de ballon, de fusées ou des satellites.

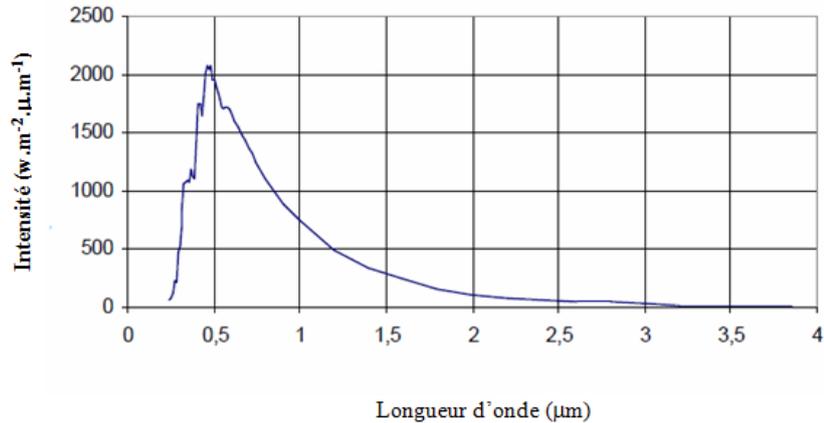
La valeur moyenne annuelle est  $I_0=1353 \text{ W/m}^2$  qui ont proposés la valeur de  $1367 \text{ W/m}^2$ . Cette valeur est en fonction de la distance Terre - Soleil, qui varie quelque peu au cours de l'année.

La variation de la constante solaire en fonction du numéro du jour ( j ) de l'année suit la relation suivante :

$$C = I_0 [1 + 0,033 \cos(0,984j)]$$

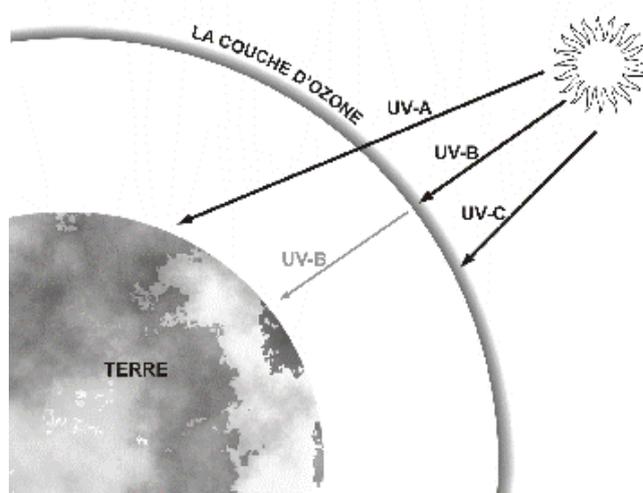
- **Le spectre solaire**

On trouvera sur la figure 7 la répartition spectrale du rayonnement solaire hors atmosphère. On notera que 98 % du rayonnement solaire est émis dans les longueurs d'onde entre 0 et  $4 \mu\text{m}$ , en première approximation, le rayonnement solaire peut être assimilé au rayonnement d'un corps noir à une température de  $5777 \text{ °k}$ .



**Figure 7:** Répartition spectrale du rayonnement solaire hors atmosphère

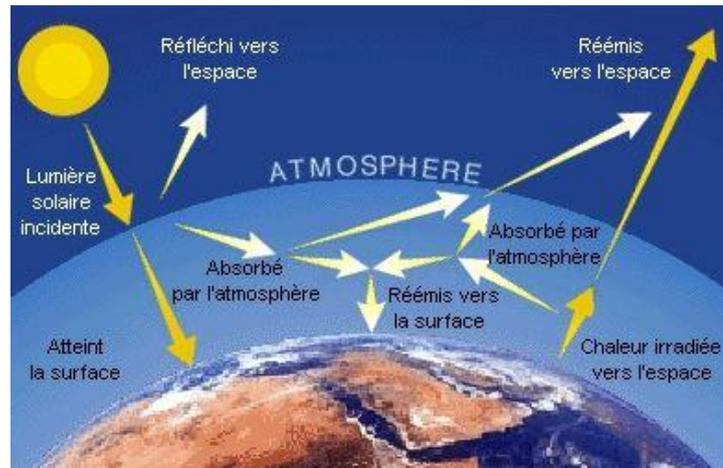
- **Composition et rôle de l'atmosphère :** Les caractéristiques absorbantes de l'atmosphère sont déterminées par la présence de :
  - CO<sub>2</sub> (0.03%),
  - Vapeur d'eau
  - Ozone (O<sub>3</sub>) située entre 10 et 30 et 30 Km d'altitude,
  - Aérosols (grains de sable, poussières, fumées,....)



La couche d'ozone absorbe certains types de rayons ultraviolets, mais pas tous.

L'atmosphère protège la terre des rayons solaires les plus dangereux.

- **Propagation du rayonnement solaire**



**Figure 9:** Répartition du rayonnement solaire

(E) est directement réfléchi vers l'espace avant de s'enfoncer dans l'atmosphère.  
 (R) en pénétrant dans l'atmosphère subit des réflexions et des diffractions pour être à son tour, soit renvoyée vers l'espace ( $R_a$ ) soit dirigée vers la terre (D).  
 $R_A$  : les radiations absorbées par les composants de l'atmosphère, sont ensuite émises.

- **Technologies solaires**

Les technologies solaires sont généralement catégorisées comme solaires passives ou solaires actives selon l'approche qu'elles utilisent afin de convertir et distribuer l'énergie solaire.

Plusieurs technologies convertissent la lumière en énergie utilisable:

- La conception solaire passive pour le chauffage et la climatisation, l'éclairage naturel
- L'énergie solaire thermique pour le chauffage de l'espace, de l'eau et la climatisation
- L'énergie solaire photovoltaïque pour la production d'électricité