

**Thème : HABITAT****Sous-thème : Gestion de l'énergie dans l'habitat****Chapitre H1 : Exploitation de l'énergie solaire dans l'habitat**

<b>Thème 1 : HABITAT. Sous-thème : GESTION DE L'ENERGIE DANS L'HABITAT</b>	
<b>Notions et Contenus</b>	<b>Compétences attendues</b>
Énergie solaire : conversions photovoltaïque et thermique.	- Citer les modes d'exploitation de l'énergie solaire au service de l'habitat.
Modèle corpusculaire de la lumière, le photon.	- Schématiser les transferts et les conversions d'énergie mises en jeu dans un dispositif utilisant l'énergie solaire dans l'habitat ; donner des ordres de grandeur des échanges.
Énergie d'un photon	- Interpréter les échanges d'énergie entre lumière et matière à l'aide du modèle corpusculaire de la lumière.

**Situation - Problème :****Problématique :**

Quels sont les différents modes d'exploitation de l'énergie solaire dans l'habitat ?

**COURS :****I. CONVERSION PHOTOVOLTAÏQUE.****1) Qu'est-ce qu'un photon ?**

Le principe du fonctionnement d'une cellule photovoltaïque s'interprète avec le modèle corpusculaire de la lumière : **le photon**.

Edmont Becquerel découvre l'effet photoélectrique en 1839.

En 1900, Max Planck (prix Nobel 1918) émet l'hypothèse que les ondes électromagnétiques transportent l'énergie par paquets, grains d'énergie appelés quantas d'énergie.

En 1905, Albert Einstein assimile ces quantas à des particules, de masse nulle, non chargées, appelées photon qui se propagent à la vitesse de la lumière. Il réussit à expliquer cet effet en 1912.

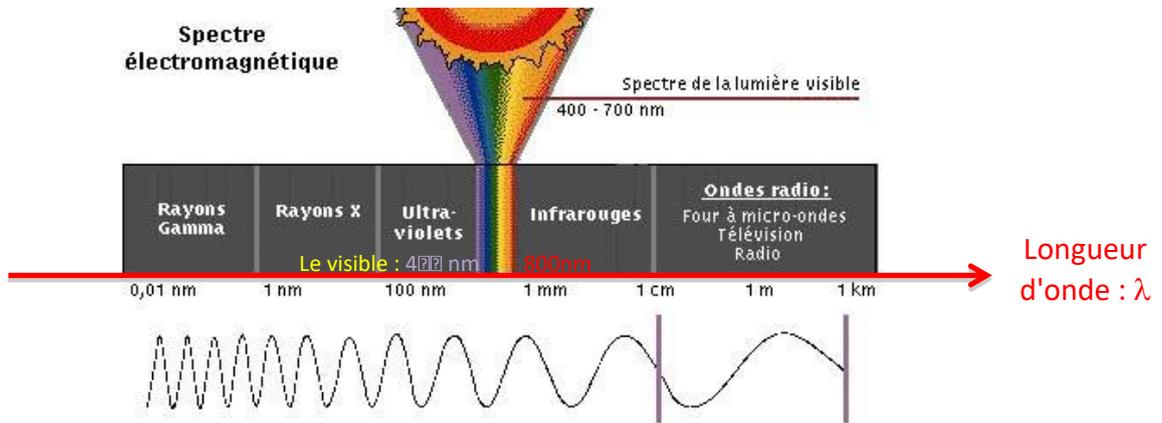
Un métal (ou un autre matériau) peut donc émettre des électrons (un courant électrique) lorsqu'il est bombardé de photons d'énergie suffisamment élevée.

**2) Loi de Planck**

L'énergie transportée par un photon est donnée par la loi de Planck :

La fréquence  $\nu$  du rayonnement est reliée à sa longueur d'onde  $\lambda$  par la relation :

**Remarque :** L'énergie  $E$  est à l'échelle corpusculaire souvent exprimée en électrons-volts (eV) :



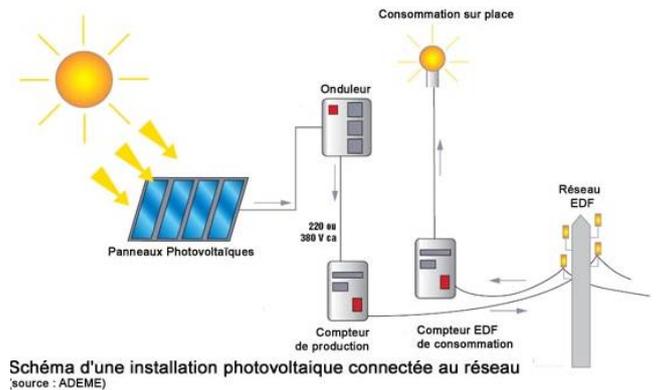
**Application :**

1. Exprimer l'énergie d'un photon en fonction de la longueur d'onde de l'onde lumineuse associée. *App1 - Ana4*
2. Vrai ou faux ? Argumenter la réponse.
  - a. Les photons les plus énergétiques correspondent à une onde de fréquence élevée. *Ana4*
  - b. Les photons les plus énergétiques correspondent à une onde de longueur d'onde élevée. *Ana4*
  - c. Les photons UV (ultra-violet) sont plus énergétiques que les photons IR (Infrarouge). *Ana4*

**3) Énergie solaire photovoltaïque**

L'énergie solaire photovoltaïque provient de la conversion de la lumière du Soleil en énergie électrique au sein de matériaux semi-conducteurs composant les panneaux photovoltaïques. Ces matériaux photosensibles libèrent des électrons sous l'influence de l'énergie rayonnante : c'est l'effet photoélectrique ou photovoltaïque.

L'énergie transportée par les photons est absorbée par les électrons qui sont alors libérés. Ces électrons sont à l'origine d'un courant électrique continu, qui est ensuite transformé en courant alternatif grâce à un onduleur.



**4) Conversion photovoltaïque**

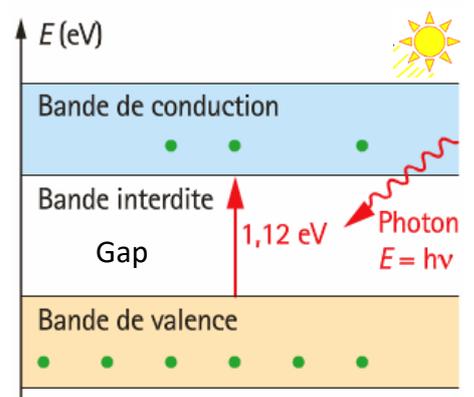
L'effet photovoltaïque utilisé dans les cellules solaires permet de convertir directement l'énergie lumineuse des rayons solaires en énergie électrique par le biais de la production et du transport dans un matériau semi-conducteur de charges électriques positives et négatives sous l'effet de la lumière.

Ce matériau comporte deux parties, l'une présentant un excès d'électrons et l'autre un déficit en électrons. Pour un cristal semi-conducteur, il existe deux bandes d'énergie appelées bande de conduction et bande de valence. Ces deux bandes sont séparées par une bande interdite inaccessible aux électrons.

Pour le silicium cristallin, la largeur de la **bande interdite (gap)**, donc l'énergie  $E_g$  minimum nécessaire à l'électron pour passer de la bande de valence à la bande de conduction, est de **1,12 eV**.

C'est la prolifération d'électrons "libres" dans la bande de conduction qui rend le matériau plus conducteur.

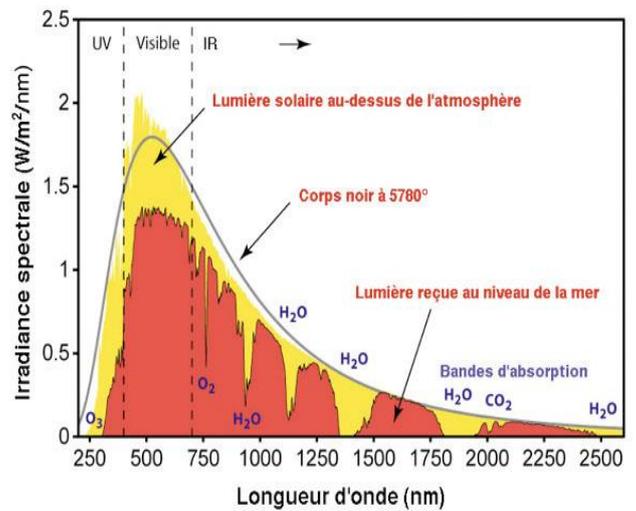
Le rayonnement visible et UV émis par le Soleil ont une énergie suffisante pour permettre le passage des électrons de la bande de valence vers la bande de conduction.



**Application :**

3. Calculer la fréquence minimum du rayonnement dont le photon de base possèdera une énergie suffisante pour faire passer un électron de la bande de valence à celle de conduction pour le silicium cristallin. *App1 Rea8 - Val5*

4. A quel domaine du spectre électromagnétique ce rayonnement appartient-il ? Justifier l'utilisation de ce semi-conducteur dans la fabrication des panneaux solaires, à la lumière du graphique ci-contre. *Rea8 - Val5 - Ana4*



**5) La couleur des panneaux solaires :**



Une tranche de silicium réfléchit près de 40 % du rayonnement. En réalisant sur la face avant des couches antireflets dont la transmission optique est optimisée pour le domaine de longueurs d'onde d'intensité maximale du spectre solaire, la surface traitée ne réfléchit plus que 4% du rayonnement. Ce sont ces couches antireflets qui donnent aux cellules solaires leur couleur bleue, alors que le silicium est naturellement gris.

**Application :**

D'autres matériaux peuvent être utilisés - mais le silicium représente 90 % du marché. Sous forme cristalline, il est plus cher mais offre un rendement (R) optimal :  $12\% < R < 16\%$  ; sous forme amorphe :  $5\% < R < 7\%$ , il forme des panneaux très fins.

5. Exprimer la longueur d'onde maximale  $\lambda_{max}$  au-delà de laquelle la conversion photovoltaïque ne peut plus avoir lieu en fonction de la constante de Planck  $h$ , de la célérité de la lumière dans le vide  $c$  et de la charge élémentaire  $e$  ( $e = 1,6 \times 10^{-19}C$ ). *Rea8 - Val5*

6. Compléter le tableau. *Rea8 - Val5*

Matériau	Si amorphe	CdTe <sup>(1)</sup>	GaAs	Si cristallin	CIS <sup>(2)</sup>
$E_g$	1,7 eV	1,45 eV	1,42 eV	1,12 eV	1,00 eV
$\lambda_{max}$ (nm)					

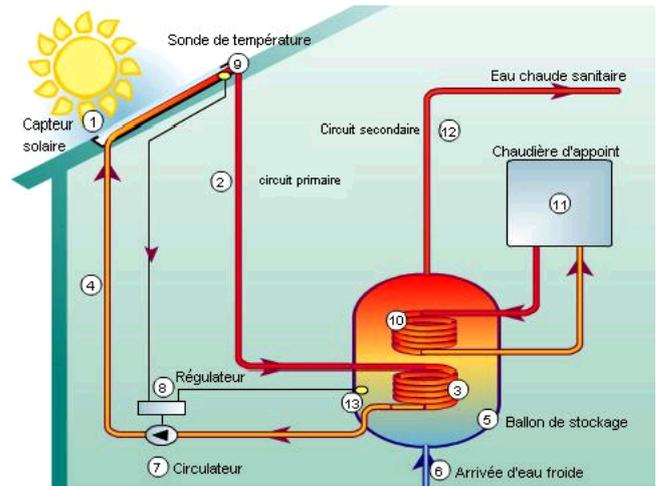
(1) : CdTe : Tellure de cadmium ; (2) : CIS : Sélénium de cuivre indium

7. D'après vous, pour quelle raison le silicium cristallin représente-t-il 90 % du marché ? App1 - Ana4
8. Donner le schéma de la chaîne énergétique d'un panneau photovoltaïque. Exprimer la relation permettant de calculer le rendement de ce panneau. App5 - Rea1 - Rea8 - Val5

## II. CONVERSION SOLAIRE THERMIQUE.

L'énergie solaire est transformée en chaleur par l'intermédiaire de capteurs appelés communément "panneaux solaires thermiques". L'énergie solaire thermique s'utilise principalement au travers de deux applications que sont : le chauffage de l'eau chaude sanitaire et le chauffage des pièces de la maison.

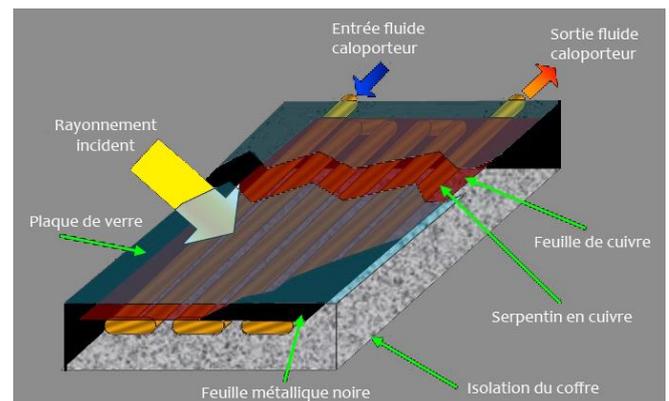
Les capteurs solaires thermiques peuvent produire entre 60 et 100 % des besoins en eau chaude solaire et jusqu'à 65 % des besoins en chauffage d'une maison individuelle.



### 1) Principe d'un capteur solaire thermique

Un capteur solaire thermique est constitué :

- D'un caisson isolant ;
- D'une vitre en verre qui ferme le caisson et piège le rayonnement lumineux par effet de serre ;
- D'une feuille métallique noire qui absorbe le rayonnement du soleil et qui le convertit en énergie interne dans la plaque ;
- D'un fluide caloporteur qui voit sa température augmenter du fait du transfert thermique provenant de la feuille métallique.



Capteur solaire thermique

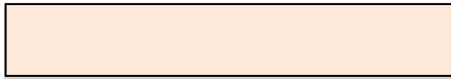
Selon l'usage souhaité (chauffage ou eau chaude sanitaire (ECS)), le fluide caloporteur est généralement un mélange eau - glycol, qui restitue directement, ou via un échangeur, la chaleur emmagasinée.

### Application :

9. Pourquoi utiliser le l'eau glycolée comme fluide caloporteur ? Ana4
10. Donner une explication du mot caloporteur : Ana4

**2) Relation utile pour les échanges d'énergie.**

L'énergie thermique  $Q$  transférée par un rayonnement solaire se traduit par l'élévation de la température correspondant à la relation suivante :



Où :

$Q$  : quantité de d'énergie gagnée ou perdue par le système (en Joule (J))

$m$  : la masse du système étudié (en kg)

$T_i$  et  $T_f$  : sont les températures initiale et finale du système (en K)

$T_f - T_i = \Delta T$  : la différence de température (en K ou en  $^{\circ}C$ )

$C$  est la capacité thermique du solide ou du liquide étudié (en  $J.kg^{-1}.K^{-1}$  ou en  $J.kg^{-1}.^{\circ}C^{-1}$ )

**Loi de Stéphan sur les corps noir :**

Un corps noir est un objet qui absorbe toute l'énergie lumineuse qu'il reçoit. Lorsqu'il est en équilibre thermique sa température et son énergie ne varient plus.

Un corps noir porté à une température  $T$  (en K) émet un rayonnement électromagnétique. La puissance rayonnée  $P$ (en W) se calcule par la loi de Stéphan :



Avec :

$P$  : puissance rayonnée (en watt)

$\sigma$  : constante de Stéphan =  $5,67.10^{-8} W.m^{-2}.K^{-4}$

$S$  : surface (en  $m^2$ )

$T$  : température du corps en Kelvin

**Application :**

11. Donner le schéma de la chaine énergétique d'un panneau solaire thermique. Exprimer la relation permettant de calculer le rendement de ce panneau. App5 - Rea1 - Rea8 - Val5

Visionnez les animations - documentations suivantes :

<http://www.solarenr.fr> - <http://www.viridiselec.com/m-80-fonctionnement.html> - [Animations\Les panneaux solaires.swf](#)