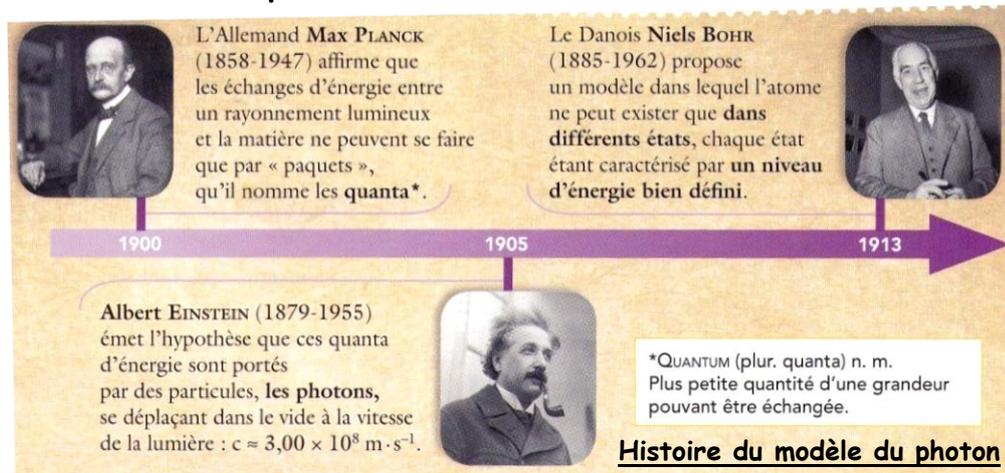


1 Modèle corpusculaire de la lumière : le photon

Le principe de fonctionnement d'une cellule photovoltaïque s'interprète avec le modèle corpusculaire de la lumière : le **photon**. Lorsque la cellule photovoltaïque est exposée à la lumière, un photon peut, s'il a une énergie suffisante, être absorbé et arracher un électron à la cellule photovoltaïque. Cet électron participe alors à la conduction électrique.



L'énergie E des photons reçus ou émis est liée à la longueur d'onde λ de l'onde électromagnétique associée :

$$E = h \times \nu = h \times \frac{c}{\lambda}$$

avec :

- h : la constante de Planck et $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$
- c : la célérité de la lumière : dans l'air ou dans le vide : $c =$
- λ : la longueur d'onde en mètres (m)
- ν ou f : la fréquence de l'onde en Hertz (Hz)

On utilise, souvent, comme unité d'énergie pour un photon : l'électronvolt (eV) et **$1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$** .

J'ai compris, je m'exerce : Compléter la phrase avec les mots : grande ou petite et faire le calcul final.

L'énergie d'un photon est d'autant plus que la fréquence de l'onde électromagnétique est et que sa longueur d'onde est Par exemple, la lumière d'un laser rouge de longueur d'onde 654 nm émet un faisceau de photons d'énergie $E =$

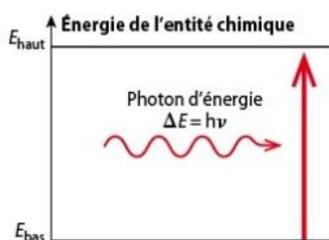
D'une manière générale, un photon ne peut être absorbé par un atome si l'énergie du photon correspond à la différence d'énergie $E_{\text{haut}} - E_{\text{bas}}$ entre 2 niveaux quantiques d'énergie de l'atome.

De même, un atome va émettre un photon si cet atome passe du niveau d'énergie E_{haut} à l'état d'énergie E_{bas} . L'énergie du photon vaut alors la différence $E_{\text{haut}} - E_{\text{bas}}$.

Absorption :

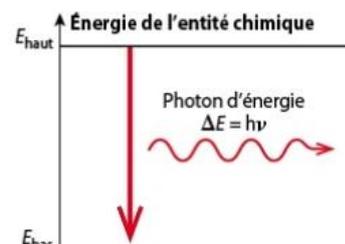
Un atome initialement au niveau E_{bas} peut passer au niveau E_{haut} supérieur en absorbant un photon d'énergie :

$$E = h \times \nu = E_{\text{haut}} - E_{\text{bas}}$$



Emission spontanée :

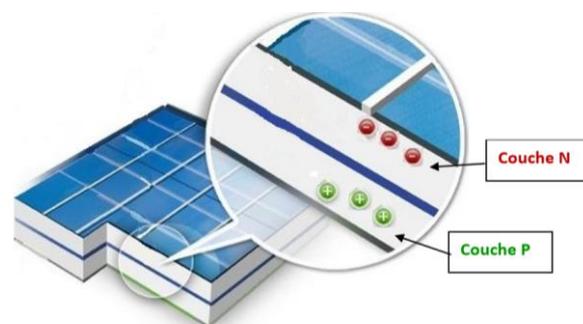
L'atome au niveau E_{haut} revient au niveau d'énergie E_{bas} en émettant un photon tel que : $E_{\text{haut}} - E_{\text{bas}} = h \times \nu$.



2 Le panneau photovoltaïque

Les cellules photovoltaïques les plus répandues sont constituées de semi-conducteurs (mauvais conducteurs). Ces semi-conducteurs deviennent de bons conducteurs en présence de lumière.

Les cellules photovoltaïques les plus répandues sont constituées de silicium Si. Le silicium est présent en abondance sur Terre.

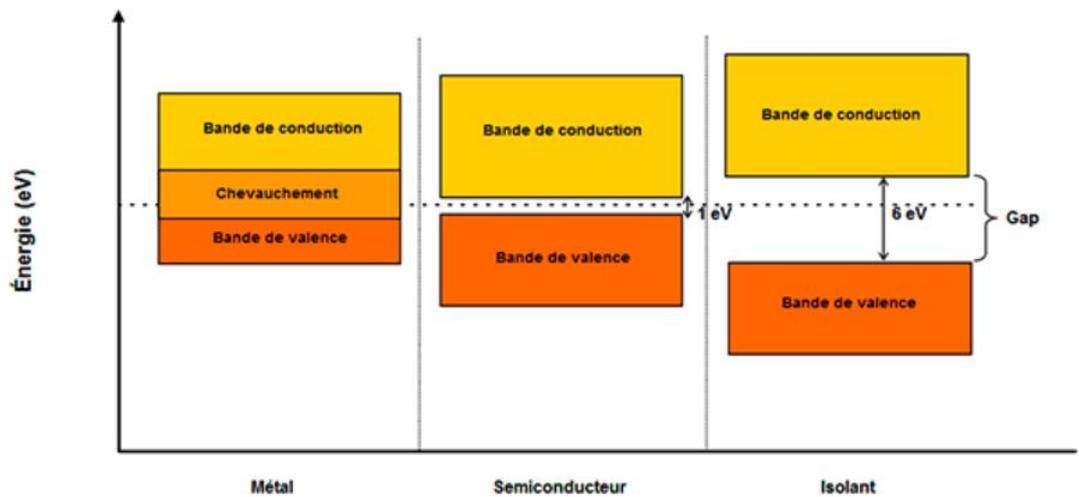


1) Principe de fonctionnement : interaction lumière-matière

Pour le silicium, l'énergie nécessaire pour faire passer un électron de la bande de valence à la bande de conduction, appelée gap, est $E_g = 1,12 \text{ eV}$.

Si $E < E_g$, le photon n'est pas absorbé, et le semi-conducteur est dit transparent pour cette longueur d'onde.

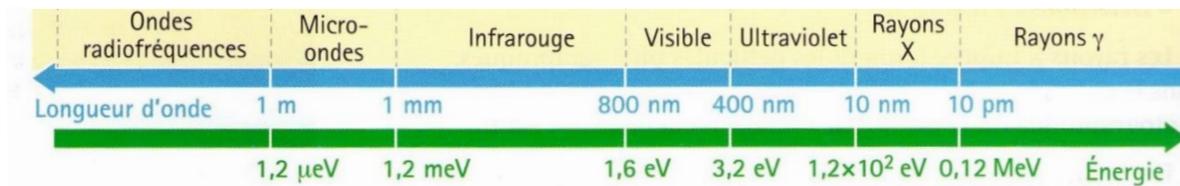
Si $E \geq E_g$, le photon est absorbé et un électron passe de la bande de valence à la bande de conduction, et cela génère un courant électrique. L'excédent d'énergie est perdu sous forme thermique.



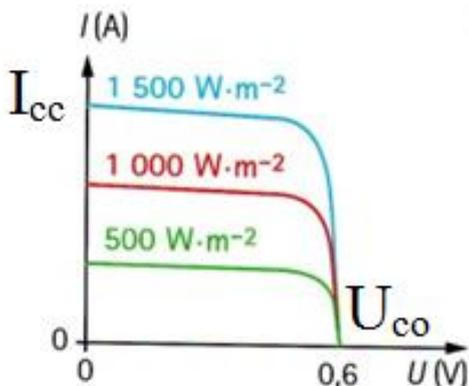
Les rayonnements visibles et UV fournis par le soleil ont une énergie suffisante pour permettre le passage des électrons de la bande de valence dans la bande de conduction.

J'ai compris, je m'exerce :

- Déterminer la fréquence minimale f du photon pour arracher un électron au silicium. ($E_g = 1,12 \text{ eV}$)
- En déduire sa longueur d'onde maximale et le domaine du spectre auquel le rayonnement appartient dans ce cas.



2) Caractéristique intensité-tension d'un module photovoltaïque :



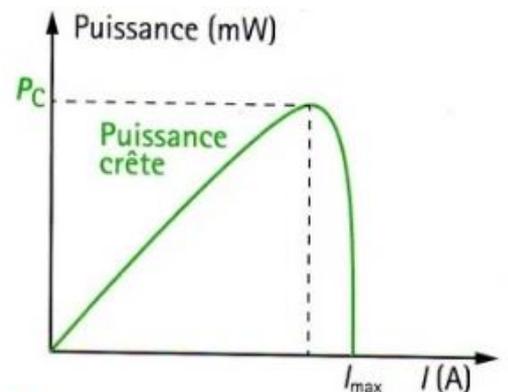
▲ Caractéristique courant-tension d'une photodiode.

La **puissance maximale** (ou puissance crête) est obtenue lorsque le module fonctionne « dans le coude » de la caractéristique.

La caractéristique $I = f(U)$ dépend de la **puissance lumineuse reçue**. Sur un large domaine, une cellule se comporte comme un **générateur de courant**.

I_{cc} correspond à l'**intensité de court-circuit** (tension nulle aux bornes).

U_{co} est la **tension en circuit ouvert** ou **tension à vide** ($I = 0 \text{ A}$).



▲ Puissance maximale.

3 Utilisation du solaire et rendement

	Panneau solaire photovoltaïque	Panneau solaire thermique								
Chaîne énergétique										
Rendement	<p>Rendement: $\eta =$</p> <p>Le rendement est un nombre sans unité et forcément compris entre 0 et 1 ! (ou entre 0 et 100%)</p>									
Puissance reçue $P_{reçue}$ = Puissance lumineuse/rayonnante du Soleil	$P_{lum} = \text{Eclairement} \times S$ <p style="text-align: center;"> $\begin{matrix} W & W.m^{-2} & m^2 \end{matrix}$ </p>									
Energie reçue $E_{reçue}$ = Energie lumineuse/rayonnante du Soleil	$E_{lum} = P_{lum} \times \Delta t = \text{Eclairement} \times S \times \Delta t$ <p style="text-align: center;"> $\begin{matrix} J & W & s & W.m^{-2} & m^2 & s \end{matrix}$ </p>									
Puissance utile P_{utile}	Puissance électrique crête ou maximale : $P_{elec} = \frac{W}{V \times A}$	$P_{utile} = E_{utile} / \Delta t$								
Energie utile E_{utile}	$E_{utile} = P_{utile} \times \Delta t$	Energie thermique absorbée par le fluide caloporteur : $Q = m_{fluide} \times c_{fluide} \times (\theta_{finale} - \theta_{initiale})$ <p style="text-align: center;"> $\begin{matrix} J & kg & J.kg^{-1} \cdot ^\circ C^{-1} & ^\circ C \end{matrix}$ </p> <p>capacité thermique massique de l'eau $c = 4180 J.kg^{-1} \cdot ^\circ C^{-1}$: il faut 4180 J pour faire chauffer de 1°C 1kg d'eau !</p>								
Exemples de rendement	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Cellule PV</th> <th>Si monocristallin</th> <th>Si polycristallin</th> <th>Si amorphe</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Rendement typique</td> <td>17 %</td> <td>15 %</td> <td>8 %</td> </tr> </tbody> </table>	Cellule PV	Si monocristallin	Si polycristallin	Si amorphe	Rendement typique	17 %	15 %	8 %	Environ 80 %
Cellule PV	Si monocristallin	Si polycristallin	Si amorphe							
Rendement typique	17 %	15 %	8 %							

J'ai compris, je m'exerce :

Exercice 1 :

Les box internet ont une puissance moyenne de 15 W et fonctionnent 24 heures par jour.

- 1) Calculer l'énergie consommée annuellement par cet appareil.
- 2) La consommation totale d'énergie électrique du ménage est égale à 4400 kWh par an. Les **panneaux solaires photovoltaïques** fournissent en moyenne 60 kWh par an et par mètre carré.
 - a. Quelle surface minimale (en m²) de panneaux solaires faudrait-il installer sur la toiture de cette habitation pour produire de l'énergie électrique nécessaire au fonctionnement annuel de la box ?
 - b. Même question pour toute l'installation de la maison.

Exercice 2 :

Un **panneau solaire thermique** est constitué de tubes peints en noir, placés derrière une vitre.

Un essai d'utilisation pendant une période ensoleillée a donné les résultats suivants :

- Débit de l'eau circulant dans le capteur : 20 L.h⁻¹.
- Température d'entrée de l'eau : 12°C
- Température de sortie de l'eau : 45 °C.
- Surface du panneau solaire thermique : 2,0 m².
- Irradiance pendant la période de l'essai : 800 W.m⁻²

- 1) Calculer la quantité de chaleur absorbée par l'eau circulant dans le panneau pendant une heure.
- 2) Calculer l'énergie solaire reçue en une heure par le panneau.
- 3) Déterminer le rendement du panneau solaire thermique.

Données :

- Masse volumique de l'eau : $\rho = 1,0 \times 10^3 \text{ kg.m}^{-3}$.
- Capacité calorifique de l'eau : $c = 4,2 \times 10^3 \text{ kg.J}^{-1}.\text{K}^{-1}$.

Exercice 3 :

Vous souhaitez vivre en autonomie complète dans votre chalet de montagne, pour cela vous devez dimensionner vos besoins électriques en fonction de vos choix de matériels.



Parcours A

Déterminer le nombre de panneaux solaires qu'il faut pour être en autonomie électrique.

Parcours B

1. Calculer l'énergie totale nécessaire au fonctionnement de tous les appareils.
2. Déterminer l'énergie électrique délivrée par un panneau solaire photovoltaïque.
3. En déduire le nombre de panneaux nécessaire.

Remarque : on ne s'intéressera pas au dimensionnement du parc de batteries.

Le chalet dispose de :

Appareil	Puissance	Durée d'utilisation journalière
Ordinateur	80 W	3 h
Frigo	120 W	7 h
6 lampes LED	4 W	3 h
Machine à laver	1 500 W	1 h 30
Cafetière	2 000 W	15 min

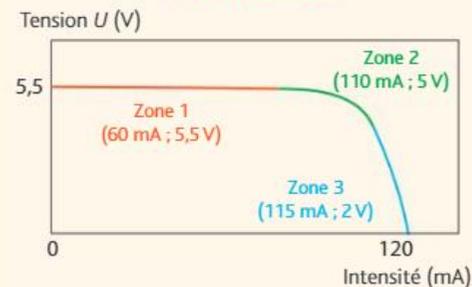
L'éclairage moyen annuel où se situe le chalet est de 800 W.m⁻² pendant 7 heures, et vous disposez de panneaux solaires photovoltaïques de rendement 12 % et de dimensions 1,5 m x 0,9 m.

Exercice 4 :

DOC. 1 Caractéristiques techniques d'une coque solaire pour smartphone (extrait).

- Équipée d'une batterie et d'un panneau solaire, cette coque rechargera facilement et rapidement votre appareil.
- Chargement possible du chargeur solaire par port USB.
- La coque permet également de protéger votre smartphone tout en vous permettant de continuer à prendre des photos ou d'avoir une conversation téléphonique !
- Recharge environ 60 à 65 % de la batterie de votre smartphone en 1 h 30 environ.
- Capacité de la batterie : 1600 mAh
- Sortie : 5 V/1 A
- Entrée : 5 V/800 mA
- Panneau solaire : 5,5 V/120 mA (valeur pour un éclairage maximum).

DOC. 2 Caractéristique tension-intensité $U = f(I)$ du panneau.



1. À partir des documents, préciser ce que représentent les indications 5,5 V/120 mA.

2. À partir de la caractéristique tension-intensité $U = f(I)$ du panneau solaire, préciser la zone où le panneau solaire se comporte comme un générateur de tension.

3. Dans quelle zone le panneau solaire fournit-il une puissance maximale P_{max} ? Justifier la réponse et estimer la valeur de P_{max} .

4. On souhaite se servir de la coque solaire pour recharger une tablette dont la batterie a les caractéristiques suivantes : entrée 10 V/120 mA. Proposer une solution afin de recharger la batterie de cette tablette.



On dispose de plusieurs coques solaires.