

Doc. 1: fabrication de cellules PV

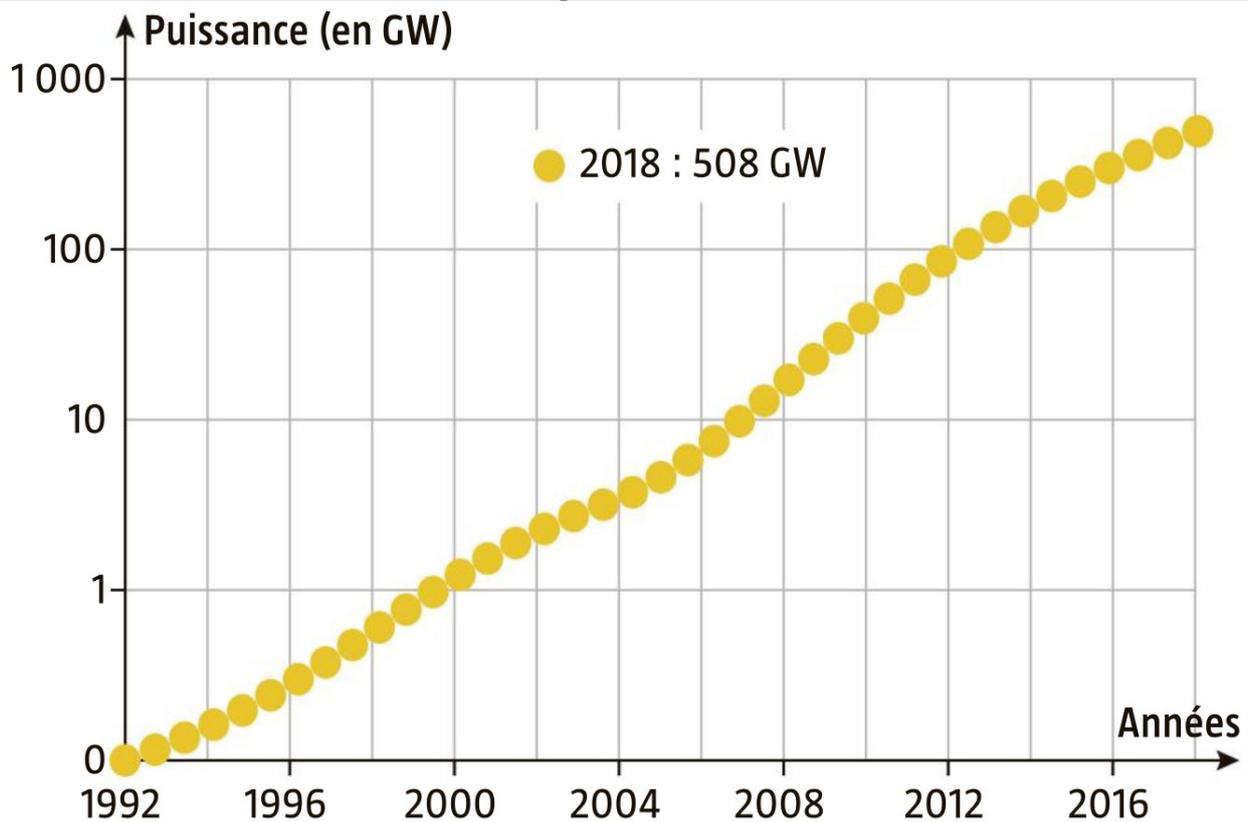
L'élément silicium est très abondant sur Terre, notamment dans le sable, sous forme de silice SiO_2 . Mais la fabrication de cellules photovoltaïques n'est possible aujourd'hui qu'avec de la silice très pure. On ne peut ainsi utiliser que des cristaux de quartz, bien moins abondants, et qui ont un coût d'extraction élevé.

En faisant réagir la silice avec du carbone à plus de 3000°C , on obtient du CO_2 et du silicium sous forme atomique. Les étapes de purification qui suivent sont très énergivores car elles se font à haute température on obtient du silicium pur à 99,9999999 %. Après une dernière opération, le dopage, réalisée à 900°C , le silicium peut être utilisé pour fabriquer des cellules photovoltaïques.



Un panneau photovoltaïque, constitué de plusieurs dizaines de cellules, a une durée de vie estimée à 25 ans. Le recyclage des panneaux demande beaucoup d'eau et d'énergie et n'est pas encore très développée.

Doc. 2: évolution de la puissance installée dans le monde

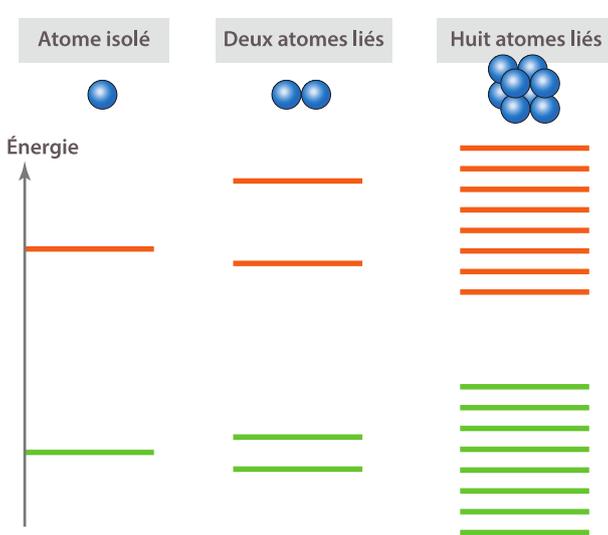


Doc. 3: prix relatif de quelques semi-conducteurs

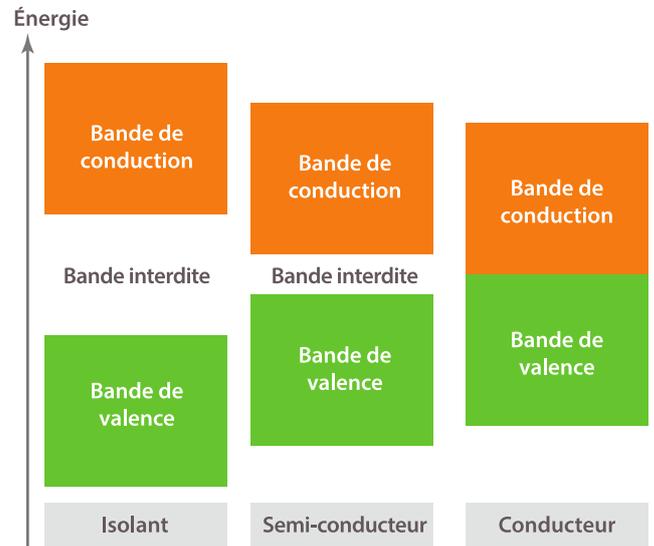
Semi-conducteur	Si	Ge	GaAs
prix relatif	1×	4×	10×

Doc. 4: propriétés des semi-conducteurs

Si un atome se lie à un autre atome, des états d'énergie supplémentaires apparaissent. Lorsqu'un grand nombre d'atomes s'associent pour former un solide, les états d'énergie se multiplient et finissent par se chevaucher pour former des bandes d'énergie appelées bande de valence, bande de conduction et bande interdite. Les positions relatives de ces bandes permettent d'expliquer les propriétés électriques des différents matériaux.



Association d'atomes et états d'énergie correspondants.

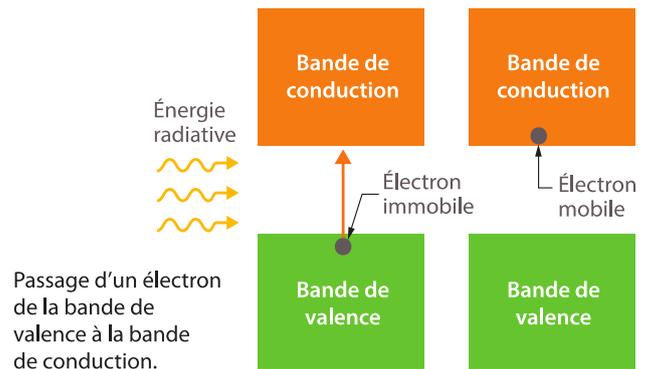


Différents types de solides caractérisés par la largeur de leur bande interdite.

Si la largeur de la bande interdite est importante, le solide est un isolant électrique ; si la largeur de cette bande est nulle, le solide est un conducteur du courant électrique.

Dans un semi-conducteur, la bande interdite est étroite et cette propriété va permettre au matériau de se comporter, selon les conditions d'utilisation, comme un isolant ou un conducteur.

Dans les capteurs photovoltaïques*, lorsqu'un semi-conducteur absorbe l'énergie radiative solaire*, un électron de la bande de valence passe par saut quantique dans la bande de conduction. Ce gain d'énergie permet à l'électron d'être mobile, créant ainsi un courant électrique : c'est l'effet photovoltaïque.

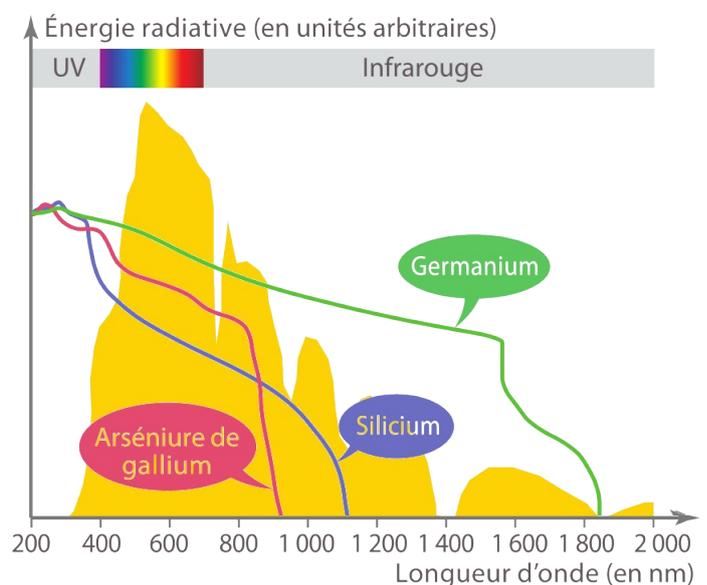


Passage d'un électron de la bande de valence à la bande de conduction.

Doc. 5: spectre solaire et absorption de quelques semi-conducteurs

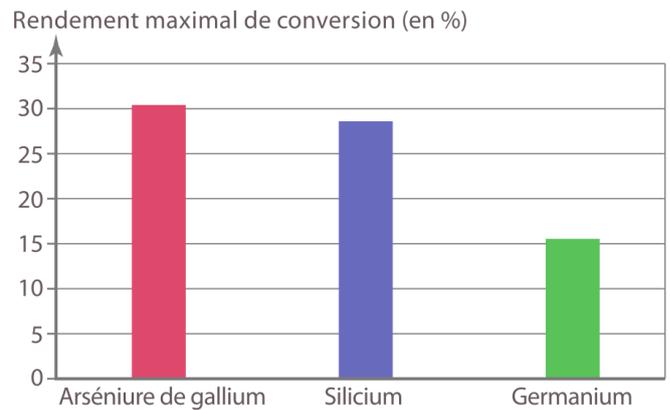
Le spectre solaire au niveau de la surface terrestre (en jaune) s'étend du proche ultraviolet au proche infrarouge. La plus grande partie de l'énergie radiative solaire est contenue dans le domaine du visible.

Lorsqu'un matériau semi-conducteur est soumis à un rayonnement, il absorbe une partie de l'énergie radiative (représentée par les courbes). Cette absorption dépend de la longueur d'onde du rayonnement. Au-delà d'une certaine longueur d'onde, qui dépend de la largeur de la bande interdite, le matériau semi-conducteur n'absorbe plus l'énergie radiative.



Doc. 6 : rendement des capteurs selon le semi-conducteur utilisé

Un capteur photovoltaïque absorbe l'énergie radiative du Soleil et la convertit, en partie, en énergie électrique. Le rendement d'un capteur permet de mesurer l'efficacité de cette conversion d'énergie



Doc. 7: Taux de retour carbone de panneaux PV

Les panneaux photovoltaïques sont majoritairement produits en Chine où la production électrique est fortement carbonée. Un kWh électrique obtenu en Chine émet environ 44 g de CO₂e, quand le même kWh émet environ 25 g de CO₂e en France.

Un panneau solaire d'1,6 m², installé à Valence peut produire 323 kWh / an avec une puissance maximale de 250 W. La production en Chine de ce panneau émettra environ 255 kg de CO₂e.

On appelle taux de retour carbone (TRC) la durée d'utilisation d'un panneau nécessaire à éviter autant d'émission qu'il lui en a fallu pour être fabriqué.

Questions

1. Calculer le coefficient par lequel a été multiplié la puissance PV installée entre 2000 et 2007, entre 2000 et 2012, et entre 2000 et 2018.

2000 → 2007 ~ 10

2000 → 2012 ~ 100

2000 → 2018 ~ 500

2. Comment qualifier une telle progression ? (linéaire, affine, exponentielle, constante)

Cette progression ressemble a une progression exponentielle. Les capacités installées semblent être multipliées par un facteur chaque année.

3. Écrire l'équation de réaction modélisant la production de silicium à partir de silice.



4. À l'aide du document 4, expliquer la différence de conductivité électrique entre un matériau semi-conducteur, un matériau isolant et un matériau conducteur.

Dans un matériau **conducteur**, les électrons présents sur la bande de valence sont dans la bande de conduction. Ils sont donc mobiles dans le métal.

Dans un **isolant**, les électrons de valence sont séparés de la bande de conduction par une bande interdite large. Ils restent donc liés à leur atome.

Dans un **semi-conducteur**, les électrons de valence ne peuvent rejoindre la bande de conduction qu'en recevant suffisamment d'énergie pour franchir la bande interdite étroite qui les sépare de la bande de conduction.

5. Dans quelle bande se situe les électrons en tant normal ? Quel phénomène permet à un électron de changer de bande ? Préciser où va cet électron.

En tant normal, les électrons disponibles se situent sur la bande de valence. En recevant un rayonnement, les électrons reçoivent suffisamment d'énergie pour aller dans la bande de conduction.

On rappelle que les électrons circulent de la borne - vers la borne +.

6. Quelle borne de la cellule PV est exposée au rayonnement solaire ?

La borne négative est exposée au Soleil. Les électrons libérés vont donc aller dans le circuit jusqu'à la borne positive.

7. En exploitant les documents 3, 5 et 6, exposer pourquoi le silicium est le semi-conducteur préférentiellement utilisé pour fabriquer des cellules photovoltaïques.

Le germanium intercepte plus de rayonnement solaire que le silicium mais son rendement est très faible. Le silicium et l'arséniure de gallium intercepte autant de rayonnement solaire. Ce dernier a en plus un très bon rendement, mais son coût élevé, fait que l'on préfère le silicium qui est 10 fois moins cher.

8. Déterminer le TRC du panneau fabriqué en Chine décrit dans le document 7, en considérant qu'il est utilisé en France. Commenter.

Il faut calculer le temps nécessaire pour que l'utilisation du panneau évite l'émission de 255 kg de CO_{2e} qui correspondent aux émissions de fabrication de ce panneau.

Chaque année, le panneau pourra produire 323 kWh. Ce qui évitera $323 \times 25 = 8\,125$ g par an. Soit 8,125 kg CO_{2e}. Il faudra donc $255 / 8,125 = 31,4$ années. Ce qui est supérieur à la durée de vie du panneau.

9. À quoi faut-il faire attention si l'on veut installer des panneaux PV sans augmenter les émissions de CO_{2e} globales ?

Il est important d'acheter un panneau produit en France, ou dans un pays où l'énergie est fortement décarbonée.

10. Que pensez-vous de la phrase « La plus grande partie de l'énergie radiative solaire est contenue dans le domaine du visible » ?

Sur le graphique l'énergie émise par le soleil dans le visible semble correspondre à une petite moitié de l'énergie totale. On trouve la valeur de 43 % sur Wikipédia.