

## **3.7 Le silicium pour cellules solaires et puces électroniques**

L'importance du soleil en tant que source d'énergie ne cesse de croître. Afin de capter cette énergie, l'homme construit des panneaux solaires de haute technologie composés de cellules en silicium très pur.

Le silicium (Si) est un élément chimique, préparé le plus souvent sous forme de poudre gris bleu. A l'état pur, le silicium est un semi-conducteur intrinsèque. Le silicium est fabriqué à partir de sable mais pour obtenir du silicium ultra pur, il faut également recourir au chlore.

L'industrie électronique en pleine expansion utilise, elle aussi, du silicium très pur pour la fabrication des puces électroniques.

### **3.7.1 Le soleil comme source d'énergie**

L'attention portée aux sources d'énergie alternatives grandit de jour en jour. Différents facteurs en sont la cause : les crises énergétiques qui se sont succédé, la raréfaction progressive des réserves de pétrole et de gaz, les incertitudes liées à l'élimination des déchets radioactifs. Dès lors, les scientifiques et les industriels s'orientent vers d'autres sources d'énergie. Celles-ci seront nécessaires si l'on désire répondre à la demande toujours plus grande. L'humanité croît sans cesse et désire toujours plus de confort.

Le soleil offre des possibilités illimitées. Cette gigantesque usine d'énergie nucléaire nous envoie 8000 fois plus d'énergie que l'ensemble de la consommation de la planète. Celle-ci nous étant encore fournie pour le moment par la combustion du charbon, pétrole, gaz, l'énergie nucléaire, hydraulique et éolienne. Toutes sont des sources d'énergies soit pratiquement épuisées, soit problématiques sur le plan environnemental. La question est de trouver comment exploiter utilement cette source d'énergie inépuisable qu'est le soleil.

### **3.7.2 Cellules solaires**

La conversion de la lumière solaire en énergie directement utilisable existe déjà depuis longtemps via les semi-conducteurs placés dans les satellites et les vaisseaux spatiaux. Sur Terre aussi, cette nouvelle forme d'énergie acquiert progressivement son droit de cité.

Les cellules solaires captent l'énergie nécessaire à actionner des calculatrices de poche, des montres et des jouets respectueux de l'environnement. Et cela s'effectue à l'aide d'un moteur déjà fonctionnel à partir de 0,2 Volts. Il existe des tuiles où sont incorporées des cellules solaires qui convertissent directement la lumière en électricité. Des bornes téléphoniques, des refuges de montagne, des abribus, des réverbères et des balises de bateaux qui s'auto-alimentent en énergie -

tout cela est une réalité actuelle. Seul le coût de production empêche encore leur utilisation à grande échelle.

Les cellules solaires qui sont employées pour capter la lumière et la convertir en énergie sont de petits disques en silicium fabriqués à partir de sable. Le sable est présent en quantité illimitée et le silicium est le deuxième élément le plus répandu sur Terre après l'oxygène. L'utilisation de ces cellules à grande échelle est donc en principe parfaitement possible.

“Sable + Soleil = Energie” fait un bon slogan. Néanmoins, la fabrication de ces cellules solaires relève de la haute technologie. En effet, les petits disques en silicium sont faits de 99,999% de silicium pur. Une technologie chimique de pointe est indispensable afin d'atteindre un tel degré élevé de pureté. Celle-ci fait appel à l'acide chlorhydrique (esprit-de-sel). Le procédé de production sera décrit ci-après.

### **3.7.3 Les puces électroniques**

Grâce à leur haute conductivité, les cristaux de silicium conviennent particulièrement à la fabrication de matériel micro-électronique. Des puces électroniques de la taille d'un ongle assurent la bonne réception des émissions de radio et de TV, de même que la reproduction parfaite de cassettes et d'enregistrements vidéo. Elles jouent le rôle de copilote dans les trains à grande vitesse et les avions à réaction.

Elles règlent les gaz d'échappement des moteurs et les senseurs des airbags. Dans l'industrie, elles dirigent les machines et les robots les plus sophistiqués ou contrôlent la production et sa qualité.

En informatique, les possibilités d'utilisation ne connaissent pas de limites. La puce en silicium pur constitue le cœur de chaque ordinateur et fournit une capacité de mémoire énorme aux PC et aux portables. A l'heure actuelle, un circuit intégré, de la taille d'une carte à jouer, a une capacité supérieure à l'ancêtre de tous les ordinateurs: *l'ENIAC*. En 1945, *l'ENIAC* faisait 30 tonnes, 24 m de long, 5,5 m de haut, possédait quelque 18.000 lampes et effectuait 100.000 opérations par seconde. Aujourd'hui, les ordinateurs “ordinaires” en effectuent des millions par seconde, et les ‘grands modèles’, des milliards.

### **3.7.4 Comment fabrique-t-on du silicium pur, des puces et des cellules solaires?**

#### **3.7.4.1 Le silicium**

Le silicium est fabriqué à partir de sable quartzéux (dioxyde de silicium). Celui-ci est chauffé dans un four électrique à une température de 1700 °C. Ce procédé génère du silicium ayant un taux de pureté de 96-99%.

Une plus grande pureté est exigée en matière de composants électroniques (diodes et transistors) qui ne tolèrent qu'un seul atome étranger pour  $10^{12}$  atomes de silicium. Pour y arriver, le silicium est dissous dans de l'acide chlorhydrique et purifié par distillations successives. Le trichlorosilane ainsi obtenu, dont le point d'ébullition se situe à 33 °C seulement, est réduit à l'aide d'hydrogène jusqu'à atteindre l'état de silicium liquide. Un cristal de forme cylindrique, le monocristal (jusqu'à environ 20 cm de diamètre), est extrait de cette masse liquide. On en scie ensuite de petites plaques extrêmement fines de 0,5 mm (« wafers »).

### **3.7.4.2 Cellule solaire**

La conversion directe de la lumière solaire en courant à l'aide de semi-conducteurs en silicium produit le courant photovoltaïque.

Dans une cellule solaire, la lumière solaire génère des électrons ou trous dans les couches de silicium n et p. Il y a plusieurs couches de silicium n et p, séparées les unes des autres par ce que l'on appelle la couche de déplétion. Les électrons et les trous sont séparés sous l'influence du champ électrique interne qui se crée entre les couches n et p. Une différence de potentiel est ainsi générée entre les électrodes. Le rendement des cellules solaires a été fortement accru durant ces dernières années. Il s'élève à environ 24% pour le silicium cristallin et à 14% pour le silicium amorphe. Le silicium amorphe est, par évaporation, beaucoup plus facile à déposer sur des films, toits transparents de voitures, etc. Par ailleurs, il est nettement meilleur marché, ce qui permet de rendre bon nombre d'applications économiquement rentables.

### **3.7.4.3 Puce électronique**

Le silicium possède, dans sa forme cristalline, la même structure que le diamant. Dans la structure cristallographique, les atomes de silicium peuvent être remplacés par, entre autres, des atomes de phosphore ou des atomes de bore. Dans le premier cas, il est question d'un surplus d'électrons. Dans le second cas, on a un déficit d'électrons, un 'trou'. On parle alors respectivement de silicium n et de silicium p. Dans les deux cas de figure, les propriétés électriques du matériau sont fortement modifiées.

Lorsque des silicium n et p sont reliés, il semble que les électrons se déplacent beaucoup plus aisément de n vers p qu'inversement. Cette propriété est utilisée dans la fabrication de toutes sortes de composants électroniques. Tels que par exemple les diodes (comme redresseurs de courant) et les transistors (comme amplificateurs).

Lorsqu'on fabrique une puce, il est indispensable de placer un grand nombre de tels éléments sur un très petit morceau de silicium. D'abord, il faut scier un cristal de silicium extrêmement pur en très fines plaquettes. De très petits éléments sont assemblés sur ces plaquettes extra-fines à l'aide de procédés physiques et chimiques. Avec une longueur d'onde de 193 nanomètres (nm), il est possible de tracer de petites lignes larges d'à peine 0,1 micromètre ( $\mu\text{m}$ ) ou  $1/100.000^{\text{ème}}$  de centimètre. C'est ainsi qu'apparaît un appareil complet à l'échelle microscopique.