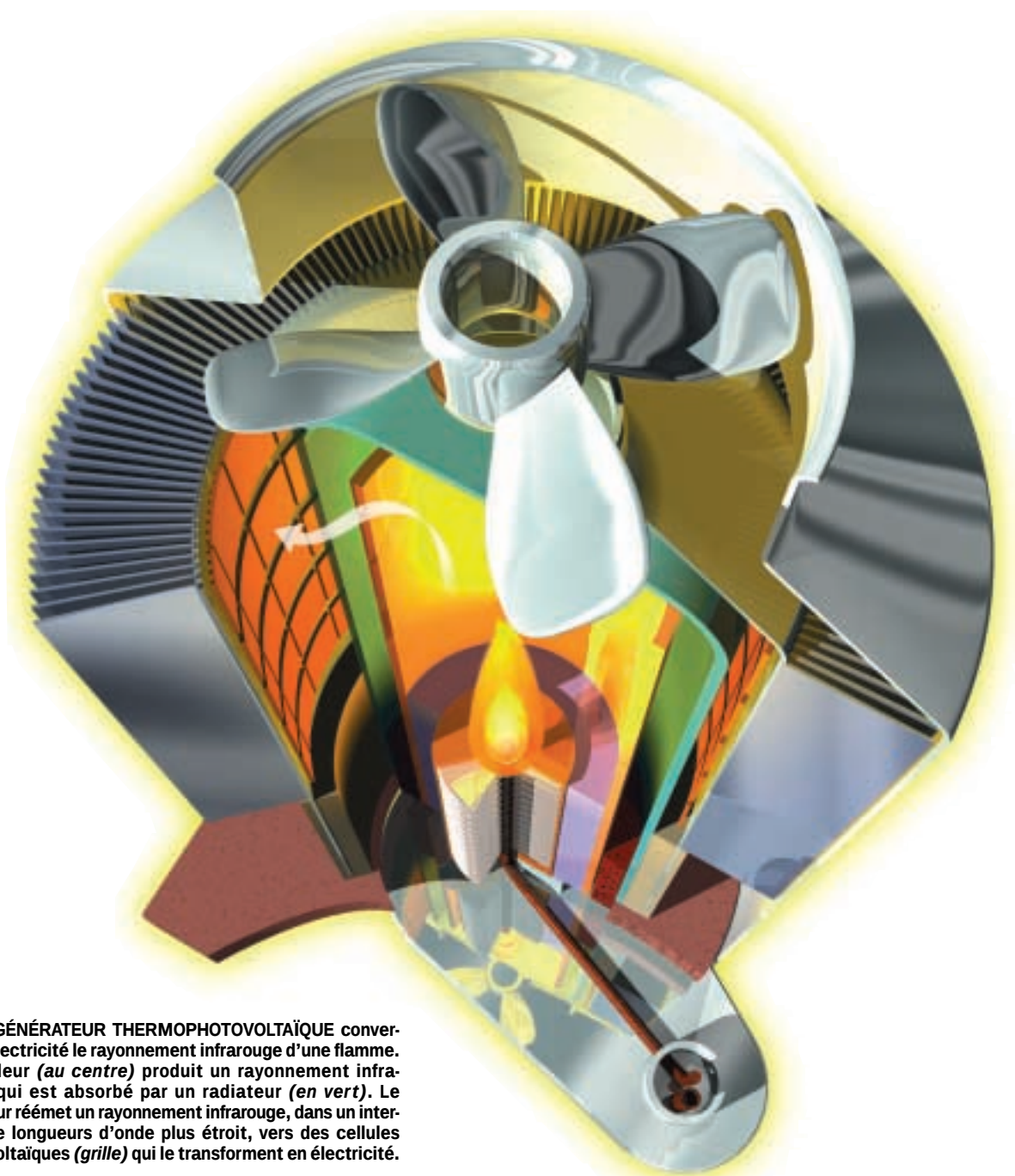
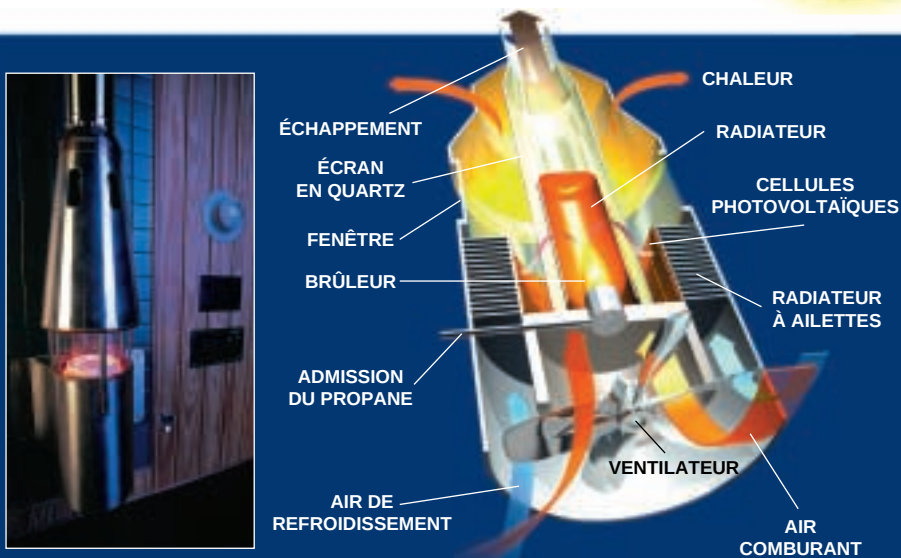




1. UN GÉNÉRATEUR THERMOPHOTOVOLTAÏQUE convertit en électricité le rayonnement infrarouge d'une flamme. Un brûleur (au centre) produit un rayonnement infrarouge qui est absorbé par un radiateur (en vert). Le radiateur réémet un rayonnement infrarouge, dans un intervalle de longueurs d'onde plus étroit, vers des cellules photovoltaïques (grille) qui le transforment en électricité.

Slim Films



2. CE GÉNÉRATEUR DE BATEAU (à gauche) contient un brûleur, où des hydrocarbures brûlent dans l'air ; cette combustion chauffe un radiateur infrarouge jusqu'à une température supérieure à 1 250 °C ; il rayonne vers des cellules photovoltaïques. Dans ce modèle, 48 cellules d'antimoniure de gallium montées en série transforment en électricité le rayonnement infrarouge émis par le radiateur. Une partie du courant électrique actionne le ventilateur qui refroidit les cellules photovoltaïques. Le reste de l'énergie électrique est stocké dans une batterie. À sa température optimale de fonctionnement, ce circuit produit une puissance de 30 watts. La chaleur excédentaire peut chauffer une pièce.

Photographie : Patrick Bennett. Dessin : Slim Films

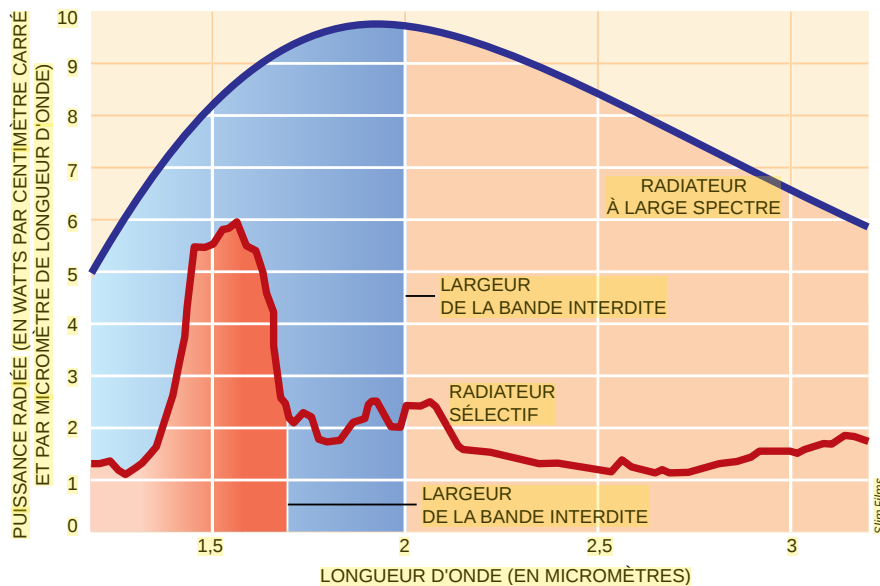
interdite du semi-conducteur : tous les photons seraient ainsi absorbés, et ils n'échaufferaient pas le semi-conducteur (un électron du semi-conducteur qui reçoit une énergie supérieure à la largeur de la bande interdite cède rapi-

dement la différence au cristal sous forme de chaleur).

Les premiers générateurs thermophotovoltaïques associaient des radiateurs à spectre d'émission étroit, en oxyde d'ytterbium par exemple,

à des photopiles en silicium (dont l'énergie de bande interdite est de 1,14 électronvolt). Ils n'ont toutefois jamais été très puissants, car les radiateurs émettent trop peu de photons à l'énergie utile pour la conversion par le silicium (voir la figure 3) : il faut chauffer jusqu'à des températures de 2 000 °C pour que l'intensité de l'émission soit suffisante, ce qui endommage le matériau du radiateur et les autres éléments du système, réduisant leur durée de vie. Enfin, à ces températures élevées, le brûleur risque aussi d'émettre des oxydes d'azote, qui polluent l'atmosphère.

Aujourd'hui, on sait fabriquer des semi-conducteurs à bande interdite plus étroite, de 0,5 à 0,7 électronvolt (voir la figure 4), que l'on associe à des radiateurs à large spectre d'émission. Ces derniers, en carbure de silicium par exemple, fonctionnent efficacement à des températures inférieures à 1 000 °C.

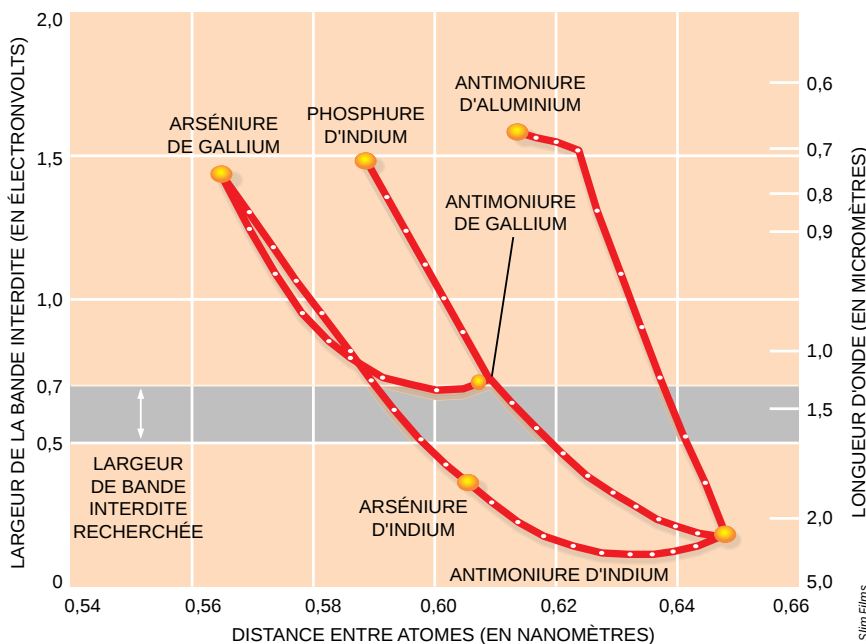


3. LES RADIATEURS émettent soit dans une bande étroite de longueurs d'onde (radiateurs sélectifs), soit dans un spectre plus large (radiateurs à large spectre). Les radiateurs sélectifs, fabriqués avec des éléments chimiques de la famille des terres rares, produisent moins de photons d'énergie égale ou supérieure à celle de la bande interdite du convertisseur semi-conducteur, ceux dont l'énergie est transformée en électricité (zone rouge). Au contraire, les radiateurs à bande large émettent plus d'énergie récupérable par le convertisseur photovoltaïque (en bleu). Les photons dont l'énergie est inférieure (à droite de la bande interdite) perdent leur énergie sous forme de chaleur.

La récupération des photons

Aucun générateur thermophotovoltaïque ne convertit toutefois toute l'énergie infrarouge en électricité : les photons dont l'énergie est inférieure à la largeur de la bande interdite ne sont pas absorbés par le semi-conducteur. Leur énergie, transformée en chaleur, serait perdue si on ne les récupérait pas. On ajoute donc un réflecteur qui renvoie ces photons vers le radiateur, qu'ils contribuent à maintenir à la bonne température.

Plusieurs types de réflecteurs ont été proposés. Ainsi, une grille métallique placée devant le semi-conducteur ne laisserait passer que les photons d'énergie suffisante et réfléchirait les autres. On peut aussi placer une couche d'or à l'arrière du semi-conducteur : elle réfléchit les photons qui n'ont pas été absorbés. Pour éviter l'absorption de photons de faible énergie par le semi-conducteur, Scott Ward et Mark Wanlass, du Laboratoire américain des énergies renouvelables, ont construit une photopile en couche mince sur un substrat de phosphore d'indium semi-isolant, qui contient très peu d'électrons capables d'absorber. Les photons d'énergie inférieure à la largeur de la bande interdite de la photopile traversent ainsi le substrat avec un faible risque d'être absorbés, et la plupart atteignent la couche d'or, qui les réfléchit vers le radiateur.



4. DES ALLIAGES en diverses proportions (points sur les lignes rouges) de différents éléments des troisième et cinquième colonnes du tableau périodique des éléments ont des largeurs de bande interdite très différentes (la largeur de bande interdite est la quantité d'énergie qu'il faut fournir à un électron pour qu'il participe au courant électrique). Des largeurs de bande interdite comprises entre 0,5 et 0,7 électronvolt (en gris) sont idéales pour les générateurs thermophotovoltaïques et correspondent à des longueurs d'ondes infrarouges de plus en plus courtes du radiateur. Le calcul de la distance entre les atomes voisins (en abscisse) permet aux chimistes de mélanger des matériaux de structures cristallines différentes.