

EXERCICE 3 - DES ROUTES QUI GENERENT DE L'ELECTRICITE (5 points)

Fixer sur le bitume un revêtement photovoltaïque résistant au passage des poids lourds et ainsi transformer le réseau routier en centrale électrique : ce rêve d'ingénieur n'en est plus un. Relevant tous les défis, un prototype de dalle solaire a été mis au point en France, et dans un premier temps 1000 km de routes devraient en être équipés avant l'année 2020.



D'après *Science et Vie* - Mai 2016

Le but de cet exercice est d'estimer la surface de routes ou parkings qu'il conviendrait de munir de cette technologie pour couvrir la totalité des besoins de notre pays en électricité.

Questions préalables

1. Indiquer pourquoi, selon vous, des panneaux photovoltaïques fixés sur les routes bénéficieront a priori d'un éclairage moindre que ceux fixés sur les toits d'habitation.
2. Pour mieux comprendre les rendements relativement modestes des cellules à base de silicium, calculer la valeur de la longueur d'onde maximale λ_{max} au-delà de laquelle les photons absorbés ne peuvent plus générer d'électricité. À quel domaine des ondes électromagnétiques appartient cette longueur d'onde ?

Problème

3. Évaluer la surface de bitume à équiper de revêtement photovoltaïque, si l'objectif fixé est de couvrir par ce moyen la totalité des besoins de notre pays en électricité. S'appuyer sur le résultat obtenu pour dire si un tel objectif semble réalisable.

Hypothèse de travail : sur une voie à trafic moyen, la route bénéficie de près de 90% du temps d'éclairément.

La qualité de la rédaction, la structuration de l'argumentation, la rigueur des calculs, ainsi que toute initiative prise pour mener à bien la résolution du problème seront valorisées. Il est aussi nécessaire d'apporter un regard critique sur le résultat obtenu et de se demander si un objectif de ce type est accessible.

Définition

Le rendement d'une cellule photovoltaïque correspond au rapport entre l'énergie électrique fournie par cette cellule et l'énergie lumineuse reçue sur la surface correspondante :

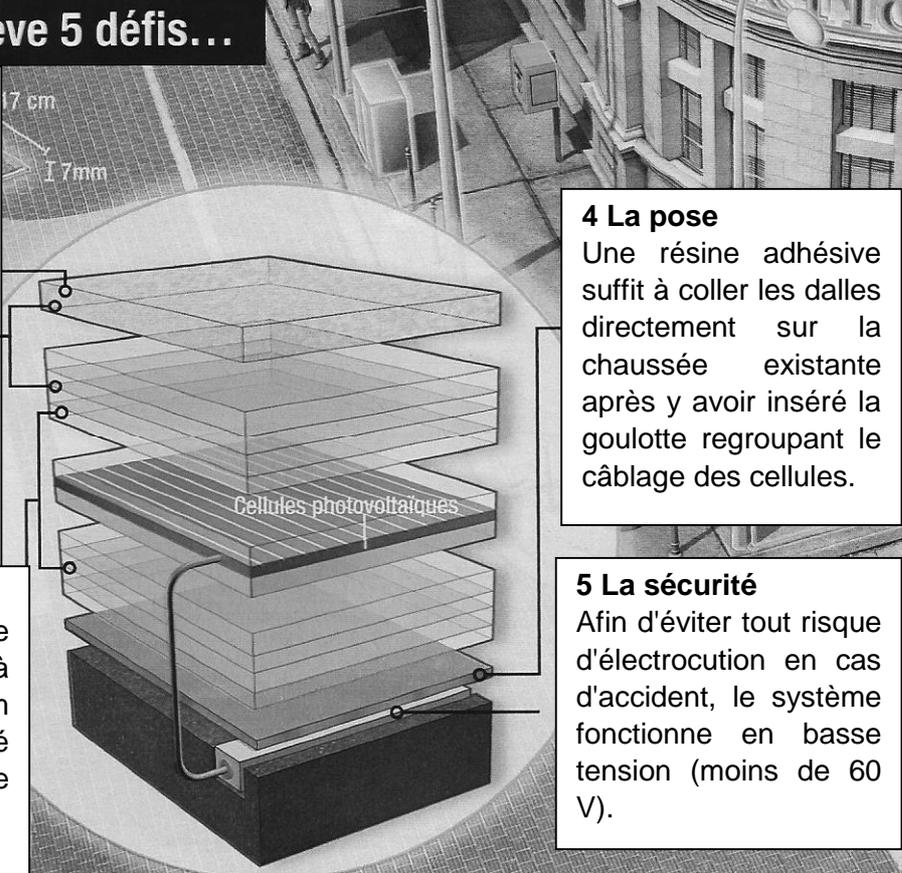
$$R(\%) = \frac{E_{\text{électrique}}}{E_{\text{lumineuse}}} \times 100$$

Données

- En 2015, la production d'origine photovoltaïque s'est élevée en France à 6,7 milliards de kilowattheures, soit 1,4 % de la consommation électrique nationale. (D'après *Science et Vie* - Mai 2016).
- La superficie totale des routes et parkings de France vaut environ 17000 km² (D'après *Science et Vie* - Mai 2016).
- Constante de Planck : $h = 6,626 \times 10^{-34}$ J.s.
- Célérité de la lumière dans le vide : $c = 3,00 \times 10^8$ m.s⁻¹.
- Électronvolt : $1 \text{ eV} = 1,602 \times 10^{-19}$ J.

Document 1 : la Wattway

La dalle solaire relève 5 défis...



The diagram illustrates the Wattway solar panel structure, which is a thin, rectangular panel (7 mm thick) designed to be installed on a road surface. It consists of several layers: a top layer with granules for contact with pneumatic tires, a middle section with photovoltaic cells sandwiched between resin layers, and a bottom layer. The panel is shown being installed on a road surface, with a 7 cm depth and 7 mm thickness indicated. The diagram also shows the electrical wiring and the resin adhesive used for installation.

1 L'adhérence
La surface supérieure de la dalle contient des granulats qui assurent le contact avec les pneumatiques.

2 La transparence
Toutes les couches supérieures, posées sur les cellules photovoltaïques, laissent passer la lumière.

3 La résistance
Pour supporter le passage de véhicules pesant jusqu'à 45 tonnes, le silicium polycristallin est entouré d'une dizaine de couches de résines.

4 La pose
Une résine adhésive suffit à coller les dalles directement sur la chaussée existante après y avoir inséré la goulotte regroupant le câblage des cellules.

5 La sécurité
Afin d'éviter tout risque d'électrocution en cas d'accident, le système fonctionne en basse tension (moins de 60 V).

La cellule (à base de silicium polycristallin) est "prise en sandwich" entre une douzaine de couches de résines polymères aux caractéristiques variées, dont la "recette" reste bien-sûr jalousement gardée. Le résultat est une dalle rectangulaire de seulement 7 mm d'épaisseur, appelée Wattway, présentant un rendement moyen d'environ 15 %, proche de celui des toitures qui avoisine les 18 %.

D'après *Sciences et Vie* - Mai 2016

Document 2 : l'énergie de gap d'un semi-conducteur

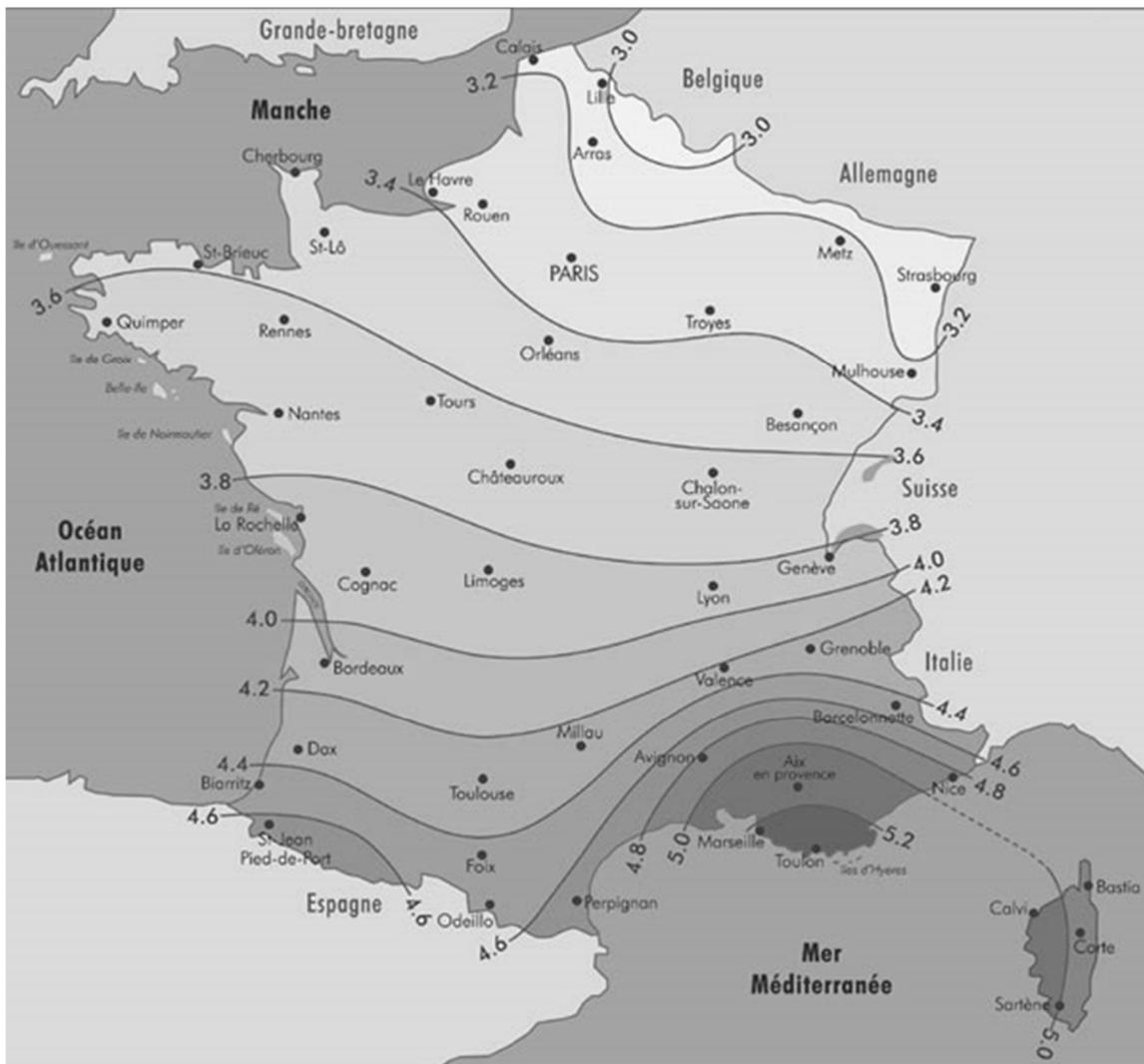
La cellule photovoltaïque, élément de base du capteur, est composée d'un matériau semi-conducteur qui permet de capter l'énergie des photons.

Dans un semi-conducteur à base de silicium, « l'énergie de gap » E_g est égale à 1,12 électronvolt à une température de 300 kelvins. Cela implique que seuls les photons ayant une énergie supérieure à E_g seront en mesure de déloger un électron de la bande de valence pour le faire passer dans la bande de conduction, contribuant ainsi à l'apparition d'un courant électrique.

D'après <http://ines.solaire.free.fr/solpv/page3.html>

Document 3 : l'ensoleillement en France

Voici la carte des moyennes annuelles de l'énergie solaire reçue sur une surface orientée au sud et inclinée d'un angle égal à la latitude (en kWh/m²/jour), valeurs qu'il convient de minorer d'environ 20 % lorsque la surface est horizontale.



D'après *Atlas européen du rayonnement solaire*