

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 :

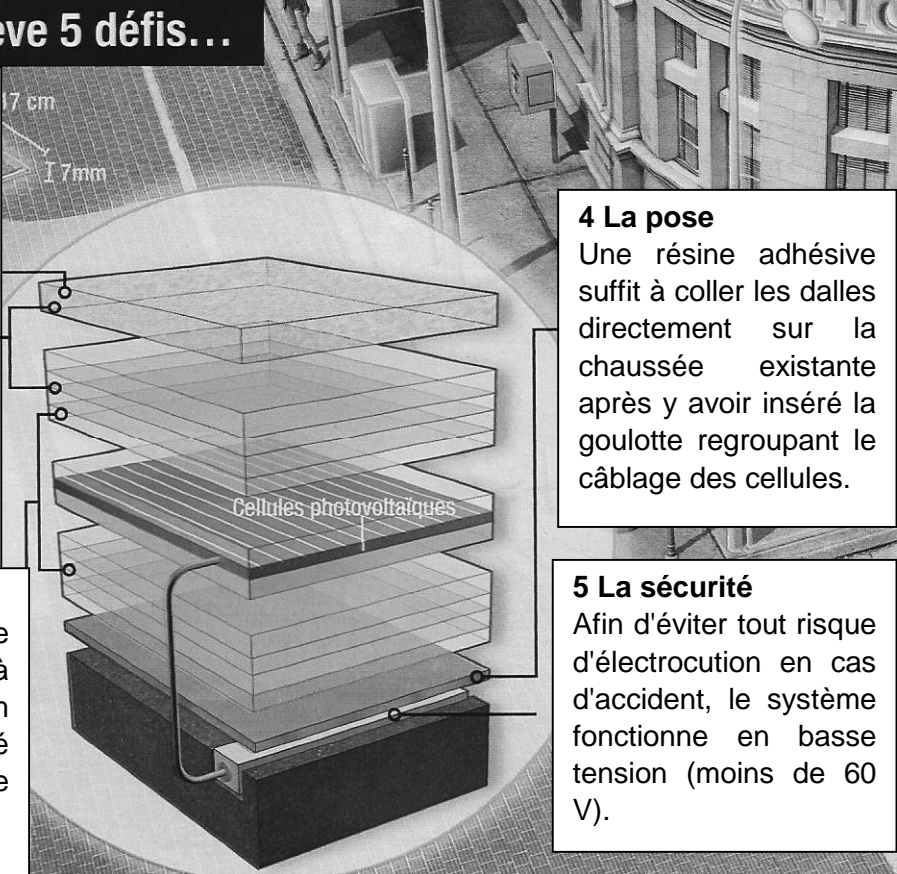
$$R(\%) = \frac{E_{\text{électrique}}}{E_{\text{lumineuse}}} \times 100$$

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. It shows a cross-section of the panel with various layers. The top layer is a concrete surface with a depth of 7 cm and a width of 7 mm. Below this is a layer of granules. The main body of the panel consists of a stack of layers: a top layer of resin, followed by a layer of photovoltaic cells (labeled 'Cellules photovoltaïques'), and then a stack of resin layers. The bottom layer is a silicon polycrystalline layer. The entire structure is supported by a base. The diagram also shows the electrical connections between the cells and the base.

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*

