

EXERCICE 4 – B : Dormir en refuge, un mode d'hébergement écologique ?

Mots clés : énergie électrique, combustion, groupes caractéristiques.

Dans le cadre d'une démarche de développement durable, la rénovation énergétique du refuge de Bostan (Samoëns, Haute-Savoie) en 2016 s'est concrétisée par l'installation de panneaux solaires hybrides photovoltaïque/thermique. Un poêle à bois assure toujours le chauffage tandis que les 12 panneaux solaires hybrides photovoltaïque/thermique (8 panneaux au sud-est et 4 panneaux à l'ouest) produisent de l'électricité et de l'eau chaude pour le refuge. L'installation sud-est est active de 8 h du matin jusqu'à midi. De midi jusqu'à 15h les deux installations sont actives. Enfin, après 15h c'est l'installation orientée ouest qui prend le relais jusqu'à 18 h.

Informations techniques de l'installation :

Caractéristiques de l'installation	Refuge de montagne (capacité 70 personnes)
Nombre de panneaux	12 panneaux hybrides
Puissance électrique	3,00 kW
Puissance thermique	4,49 kW

<https://dualsun.com/fr/realisations/samoens-fr-2016-12pvt/>

Caractéristiques physiques des panneaux pour un ensoleillement de 1000 W.m^{-2} :

Longueurs	1677 mm
Largeur	990 mm
Tension à puissance maximale	30,7 V
Intensité à puissance maximale	8,15 A

https://www.alaska-energies.com/wp-content/uploads/2016/08/Dualsun_FR_FT_Wave_0816.pdf

1. Étude des panneaux photovoltaïques

Informations sur les panneaux photovoltaïques

Pour convertir l'énergie des photons en énergie électrique, on utilise des cellules solaires constituées de semi-conducteurs. Ces matériaux sont caractérisés par une bande d'énergie interdite nommée « gap ». La valeur de ce gap dépend de la nature chimique et de la structure du matériau ; sa valeur est de 1,1 eV pour le silicium monocristallin.

Un photon est absorbé par un semi-conducteur quand son énergie est supérieure au gap, sinon il le traverse. Ainsi, tous les photons d'énergie supérieure au gap peuvent être absorbés. Cependant, l'énergie en excès est vite perdue sous forme de chaleur et l'énergie électrique maximale que l'on peut récupérer est égale à celle du gap.

D'après Pour La Science, juillet/octobre 2010

Données :

- $1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19} \text{ J}$
- Constante de Planck $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J.s}$
- Célérité de la lumière dans le vide $c = 3,0 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$
- 1 Wh : énergie associée à une puissance d'un watt pendant une heure
- $1 \text{ Wh} = 3600 \text{ J}$; $1 \text{ kWh} = 1000 \text{ Wh}$; $1 \text{ MWh} = 1000 \text{ kWh}$

- 1.1. Donner l'expression de la fréquence f d'un photon susceptible de provoquer une variation d'énergie ΔE .

Calculer alors la longueur d'onde d'un photon qui fournit, par absorption, une énergie ΔE égale à la valeur du gap de silicium (1,1 eV) et préciser si cette radiation se situe dans le domaine visible.

1.2. L'installation du refuge de Bostan

- 1.2.1. À l'aide des caractéristiques physiques des panneaux, données en début d'exercice, montrer que la valeur de la puissance électrique maximale d'un panneau solaire est de 250 W pour un ensoleillement de 1000 W.m^{-2} .

- 1.2.2. Calculer la valeur du rendement énergétique d'un tel panneau solaire.

- 1.2.3. Évaluer l'énergie électrique en kWh que l'on peut récupérer par une belle journée d'été (pour un ensoleillement de 1000 W.m^{-2}) en prenant en compte les durées de fonctionnement respectives de chacune des deux installations Sud-Est et Ouest.

- 1.2.4. À partir des informations suivantes, discuter de la nécessité de la présence d'un poêle à bois pour le chauffage.

Type de refuge	Nombre de lits	Consommation moyenne journalière	Usage type
Refuge moyen	<30	2000 à 5000 Wh/j	Éclairage, réfrigérateur, petit électroménager, traitement UV de l'eau potable.
Refuge important	>30	5000 à 15000 Wh/j au minimum	Éclairage, réfrigérateur, congélateur, traitement UV de l'eau potable, cuisine, petit et gros électroménager.

https://www.researchgate.net/publication/269915723_Energie_en_site_isole_d'altitude

2. Étude du poêle à bois

Informations sur la combustion du bois

Lors de sa combustion, le bois ne fait que libérer le dioxyde de carbone utilisé pour la croissance de l'arbre dont il est tiré. Selon les règles de l'ADEME, les chauffages au gaz, au fioul et à l'électricité émettent respectivement 222 kg, 480 kg et environ 180 kg de CO_2 par MWh. Le bilan net pour le chauffage au bois est de 40 kg de CO_2 émis par MWh.

Ainsi l'utilisation du bois permet de diviser les émissions de CO_2 par 12 par rapport au fioul et par 6 par rapport au gaz.

<https://presse.ademe.fr/wp-content/uploads/2014/11/guide-pratique-se-chauffer-au-bois.pdf>

Données :

- Bois : assimilé ici à de la cellulose de formule brute $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$;
- Énergie libérée par la combustion, par kilogramme de bois (pouvoir calorifique) : $\text{PC} = 4,0 \text{ kWh.kg}^{-1}$;
- Masses molaires : $M(\text{C}) = 12,0 \text{ g.mol}^{-1}$; $M(\text{H}) = 1,0 \text{ g.mol}^{-1}$; $M(\text{O}) = 16,0 \text{ g.mol}^{-1}$.

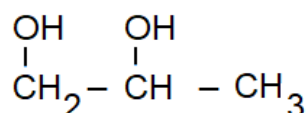
- 2.1. Montrer que la quantité de matière de bois nécessaire à l'obtention d'une d'énergie de valeur 1 MWh est proche de $1,5 \times 10^3$ mol.
- 2.2. Calculer alors la masse de dioxyde de carbone libérée lors de la combustion du bois afin d'obtenir 1MWh d'énergie.
- 2.3. Expliquer pourquoi la valeur trouvée est très supérieure à celle donnée par l'ADEME.
Expliquer l'intérêt écologique d'avoir installé un poêle à bois au refuge plutôt qu'un autre système de chauffage (fioul ou gaz).

3. Aspect « thermique » des panneaux

Les panneaux solaires thermiques fonctionnent grâce à un fluide caloporteur (mélange eau-propylène glycol) qui y circule et est chauffé par le rayonnement solaire. Cette énergie thermique est ensuite fournie au ballon d'eau chaude.

Données :

- Formule semi-développée de la molécule de propylène glycol :



Propriétés du propylène glycol	
Température de fusion	-59 °C
Température d'ébullition	188,2 °C
Miscibilité	Miscible à l'eau, l'acétone et l'éthanol
Masse volumique	1036 kg·m ⁻³

- 3.1. Recopier la formule semi-développée de la molécule de propylène glycol et entourer les groupes caractéristiques. Nommer ce(s) groupe(s).
- 3.2. Expliquer pourquoi on ne peut pas utiliser l'eau pure comme fluide caloporteur, notamment dans le cas d'un refuge de montagne et préciser l'intérêt d'employer le propylène glycol.