Bac 2026 Antilles Guyane https://labolycee.org

Sciences physiques pour les sciences de l'ingénieur.e

Exercice B – Centrale solaire

La plus grande centrale solaire d'Amérique du Sud se situe dans le désert d'Atacama au Chili. Elle combine deux infrastructures : une centrale solaire photovoltaïque et une centrale solaire thermodynamique (**figure 1**).



Figure 1 – Centrale solaire « Cerro Dominador » dans le désert d'Atacama.
Source : https://www.ingesco.com/fr/case-studies/cerro-dominador

L'objectif de cet exercice est d'étudier l'intérêt d'associer une centrale solaire photovoltaïque à une centrale solaire thermodynamique.

Données

- Le désert d'Atacama, est l'endroit le plus ensoleillé de la planète. Pour une surface de 1 m², il reçoit une énergie lumineuse journalière moyenne E_{lum} = 8,2 kW·h·m^{-2}.
- Masse des sels fondus m = 4,6 ×10^{7} kg.
- Capacité thermique massique des sels fondus c_{sels} = 1,4 × 10^{3} J·kg^{-1}·K^{-1}.

Centrale solaire photovoltaïque

1. Expliquer la notion de rendement d'une cellule photovoltaïque.

Le rendement est défini par $\eta = \frac{E_{utile}}{E_{dépensée}}$, adapté à cette centrale on a $\eta = \frac{E_{électrique}}{E_{lum}}$.

Lorsque la centrale reçoit 100 joules d'énergie lumineuse fournie par le Soleil, elle produit 20 joules d'énergie électrique.

On estime le rendement énergétique de la centrale solaire photovoltaïque de «Cerro Dominador» à 20 %.

2. Calculer l'énergie produite par m² et par jour par cette centrale solaire photovoltaïque.

$\eta = \frac{E_{électrique}}{E_{lum}}$ donc $E_{électrique} = \eta \cdot E_{lum}$

$E_{électrique} = \frac{20}{100} \times 8{,}2 \text{ kW·h·m}^{-2} = 1{,}6 \text{ kW·h·m}^{-2}$

Centrale solaire thermodynamique

La centrale solaire thermodynamique fonctionne grâce à la concentration des rayons du Soleil à l'aide de miroirs dans le but de chauffer un fluide caloporteur qui, à son tour, permet de faire fondre des sels et ainsi de produire de la vapeur d'eau à l'origine de la production de l'électricité. Cette installation permet, en stockant le fluide caloporteur dans un réservoir, de prolonger le fonctionnement de la centrale plusieurs heures au-delà du coucher du Soleil.

Source : d'après Wikipédia

En première approximation, on considère que l'énergie solaire est stockée dans les sels fondus chauds pendant la journée, pour être ensuite utilisée afin de générer de l'électricité pendant la nuit.

Le schéma de la **figure 2** présente le principe de fonctionnement de la centrale thermodynamique.

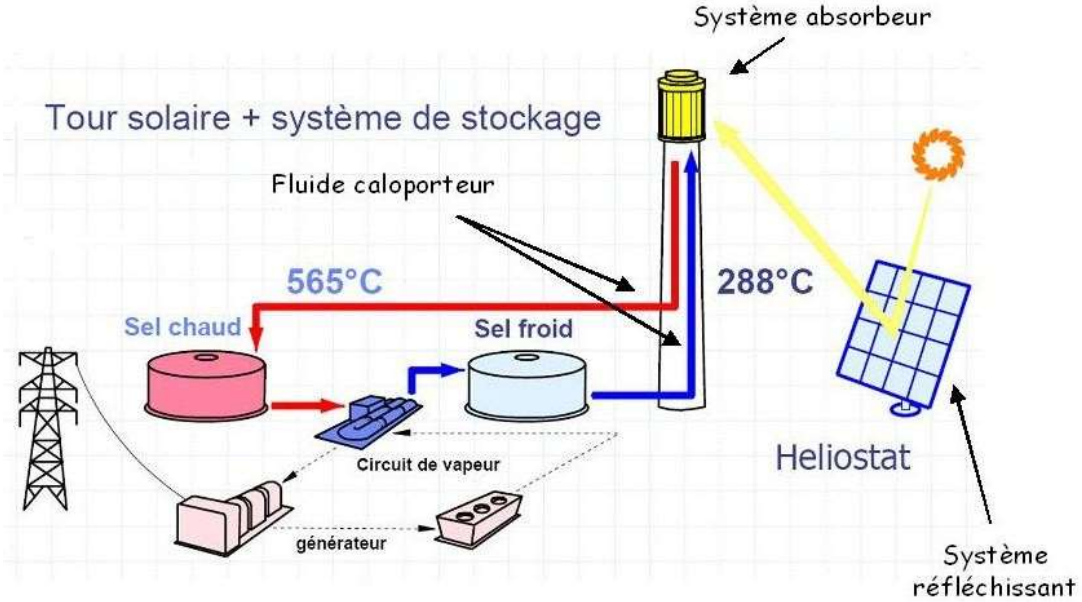


Figure 2 – Schématisation du principe de fonctionnement de la centrale thermodynamique.
Source : https://chroniques-du-temps.over-blog.fr/pages/Le_solaire_thermique-2226650.html

Pour produire la vapeur d'eau pendant une journée, les sels fondus voient leur température diminuer de 565 °C à 288 °C.

3. Montrer que l'énergie *Q* libérée par les sels fondus pour produire la vapeur d'eau est environ égale à 1,8 × 10^{13} J.

```
4.6E7*1.4E3*(288-565)
                -1.78388E13
```

$Q = m \cdot c_{sels} \cdot (\theta_f - \theta_i)$
$Q = 4{,}6\times10^{7} \times 1{,}4 \times 10^{3} \times (288 - 565) = -1{,}8\times10^{13}$ J < 0 car cédée par le système {sels}
Les sels cèdent bien $1{,}8\times10^{13}$ J.
Rappel : inutile de convertir les températures en kelvin lors d'une différence.

Grâce à l'énergie libérée par les sels fondus, la centrale thermodynamique peut produire de l'énergie électrique pendant 17,5 heures par jour.
4. Sachant que la puissance de la centrale thermodynamique est de 110 MW, calculer l'énergie électrique correspondante. Commenter l'écart de la valeur obtenue avec celle de l'énergie libérée *Q* donnée à la question 3.

$E_{élec} = P \cdot \Delta t$
$E_{élec} = 110$ MW × 17,5 h = 1925 MW·h = $1{,}93\times10^{3}$ MW·h
1 J = 1 W × 1s
$E_{élec}$ (J) = 1925×10^{6} W ×3600 s
$E_{élec}$ (J) = $6{,}93\times10^{12}$ J = $0{,}693\times10^{13}$ J

```
1925*1E6*3600
                6.93E12
```

La centrale produit $0{,}693\times10^{13}$ J d'énergie électrique alors que les sels lui ont fourni davantage d'énergie avec $1{,}8\times10^{13}$ J d'énergie thermique. La conversion d'énergie thermique en énergie électrique s'accompagne de dissipation d'énergie vers le milieu extérieur.
Non demandé : rendement de la centrale η = 0,693/1,78 = 0,388 = 38,8%

5. Commenter l'intérêt d'ajouter une centrale solaire thermodynamique à une centrale solaire photovoltaïque.
La production d'énergie électrique par la centrale solaire photovoltaïque s'arrête au coucher du Soleil, on dit que cette production est intermittente.
La centrale thermodynamique peut donc prendre le relais et produire de l'énergie électrique même la nuit. C'est très intéressant.