

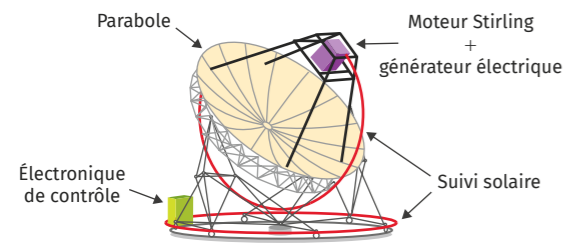
A Unité de production électrique solaire *dish-stirling*

Dans le cadre du développement durable, la création de petites unités de production électrique à partir d'énergies renouvelables est encouragée. On étudie ici un dispositif de moyenne puissance, destiné à alimenter des sites isolés.

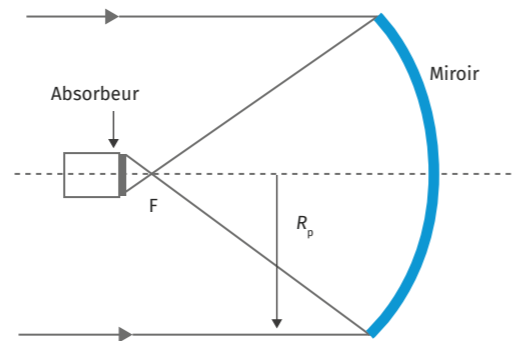
Doc. 1 Composition d'une unité *dish-stirling*

Une unité de production standard *dish-stirling* se compose :

- d'un miroir parabolique qui concentre le rayonnement solaire sur un absorbeur que l'on représentera par un disque circulaire placé perpendiculairement à l'axe optique du miroir ;
- d'un moteur Stirling dont la source chaude est l'absorbeur (le moteur est refroidi à l'air ou à l'eau) ;
- d'un générateur entraîné par le moteur ;
- d'un système de poursuite pour orienter l'axe du miroir vers le Soleil en permanence.



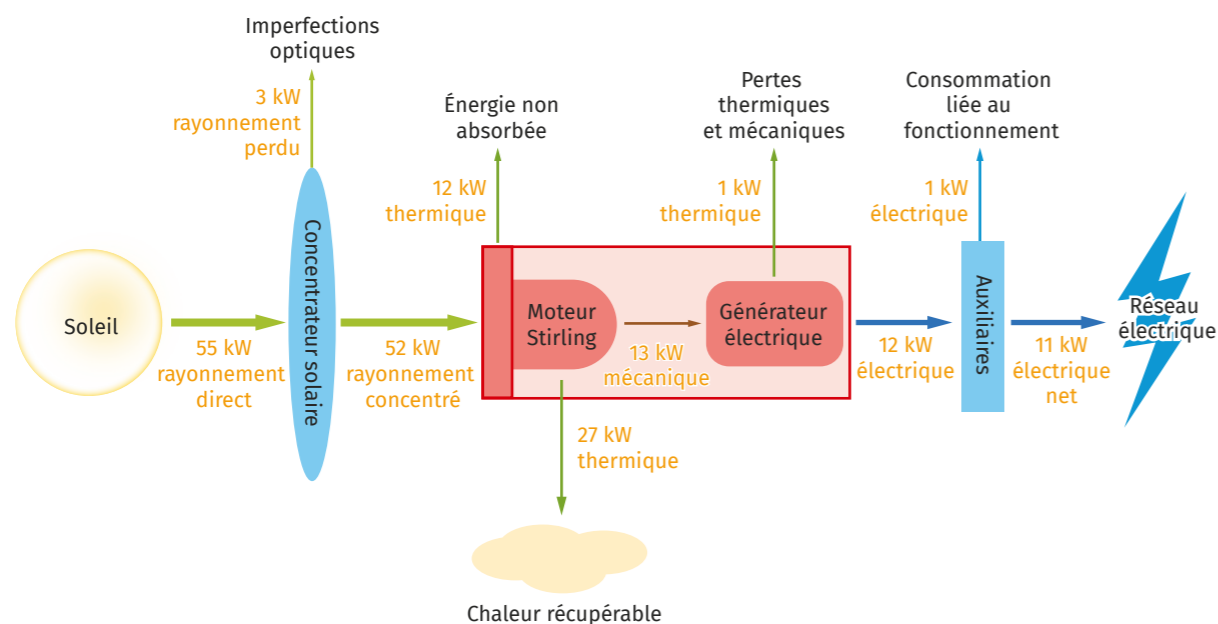
Doc. 2 Absorbeur et miroir



Données

- Surface d'un disque de rayon R : $S = \pi \cdot R^2$
- Expression de la loi de Stefan-Boltzmann : $\phi = \sigma \cdot T^4$
- Constante de Stefan-Boltzmann : $\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4}$

Doc. 3 Bilan d'énergie du dispositif



Questions

1. Miroir parabolique et absorbeur

Pour assurer un bon rendement du moteur Stirling, il est nécessaire d'obtenir une température de la source chaude (absorbeur) élevée. Pour cela, on concentre le rayonnement solaire incident à l'aide d'un miroir parabolique dont le rayon d'ouverture vaut $R_p = 4,5 \text{ m}$. Tous les rayons incidents convergent, après réflexion, en un point appelé foyer du miroir situé à 5 m du miroir.

1.1 Déterminer le flux ϕ de rayonnement solaire capté par le miroir pour un flux surfacique $\phi = 800 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$.

Grâce à la forme du miroir, l'éclairement reçu par l'absorbeur est 2500 fois plus grand que celui reçu par le

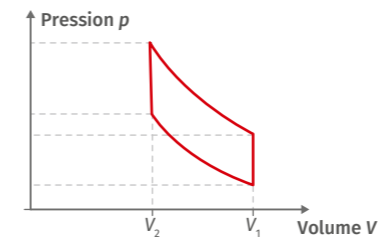
miroir, sa surface étant 2500 fois plus petite que le faisceau de lumière qui arrive sur le miroir.

1.2 Vérifier que le rayon R_a de l'absorbeur est voisin de 9 cm si on considère l'absorbeur comme étant un disque circulaire.

D'une part, l'absorbeur réfléchit 18 % du rayonnement qu'il reçoit et, d'autre part, il se comporte comme un corps noir du point de vue de l'émission, c'est-à-dire qu'il vérifie la loi de Stefan-Boltzmann. En dernier lieu, il transmet une puissance P_t au moteur Stirling. La température de fonctionnement du système est $T_a = 1040 \text{ K}$.

1.3 Calculer la puissance P_t transmise au moteur.

Doc. 4 Diagramme de Watt du moteur Stirling



Données

- Constante des gaz parfaits : $R = 8,314 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$
- Pression maximale du moteur : $p_{\text{max}} = 180 \text{ bar}$
- Volume des cylindres : $V = 160 \text{ cm}^3$
- Taux de compression : $\alpha = 2,2$

Questions

2. Moteur Stirling

Le moteur Stirling est un moteur étanche à gaz interne et à source de chaleur externe. $0,25 \text{ mol}$ de gaz interne (air, hélium ou hydrogène) subit un cycle de transformations :

- de A à B : détente isotherme à $T_{\text{chaud}} = 900 \text{ K}$;
- de B à C : refroidissement à volume constant $V = V_1 = 320 \text{ mL}$ dans un régénérateur qui stocke la chaleur échangée ;
- de C à D : compression isotherme à $T_{\text{froid}} = 300 \text{ K}$;
- de D à A : échauffement à volume constant $V_2 = 145 \text{ mL}$ dans le régénérateur qui lui restitue l'énergie stockée pendant la transformation $B \rightarrow C$.

Le gaz est assimilé à un gaz parfait.

- 1.1 Écrire l'équation d'état des gaz parfaits.
- 1.2 Rappeler les conditions nécessaires pour considérer le gaz comme parfait.
- 1.3 Préciser comment se traduit l'élévation de température et de pression du gaz au niveau microscopique lors de l'étape de D à A.

2.4 En prenant la pression en A égale à la pression maximale du constructeur, déterminer la quantité de matière du gaz dans le cycle.

2.5 Reproduire le diagramme de Watt représentant la pression en fonction du volume de gaz et placer les points A, B, C et D en justifiant brièvement.

Lors de la transformation de A à B, le gaz à température constante est en contact thermique avec l'absorbeur (source chaude), mais n'a pas de variation d'énergie interne.

2.6 Préciser s'il s'agit d'un gain ou d'une perte d'énergie.

2.7 En utilisant le premier principe de la thermodynamique, proposer une explication du fait que l'énergie interne peut rester constante durant cette étape malgré un apport d'énergie sous forme de chaleur.

2.8 Le diagramme de Watt du moteur Stirling réel donne $W = -790 \text{ J}$ et $Q_{\text{AB}} = 2180 \text{ J}$. Calculer le rendement de conversion de ce moteur.