

# BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR DOMOTIQUE

## ÉPREUVE : SCIENCES PHYSIQUES

### Thème : Générateur expérimental solaire PROMES

- Partie I : Le récepteur solaire
- Partie II : Le moteur Stirling
- Partie III : Acoustique
- Partie IV : Chimie

Toutes les parties I, II, III et IV sont indépendantes et peuvent être traitées séparément.

**Durée : 2 heures**

**Coefficient : 2**

La calculatrice (conforme à la circulaire N°99-186 du 16-11-99) est autorisée.

La clarté des raisonnements et la qualité de la rédaction interviendront dans l'appréciation des copies.

Ce sujet comporte 7 pages numérotées de 1 / 7 à 7 / 7 y compris la page de présentation. Assurez-vous qu'il est complet ; s'il est incomplet, veuillez le signaler au surveillant de la salle qui vous en remettra un autre exemplaire.

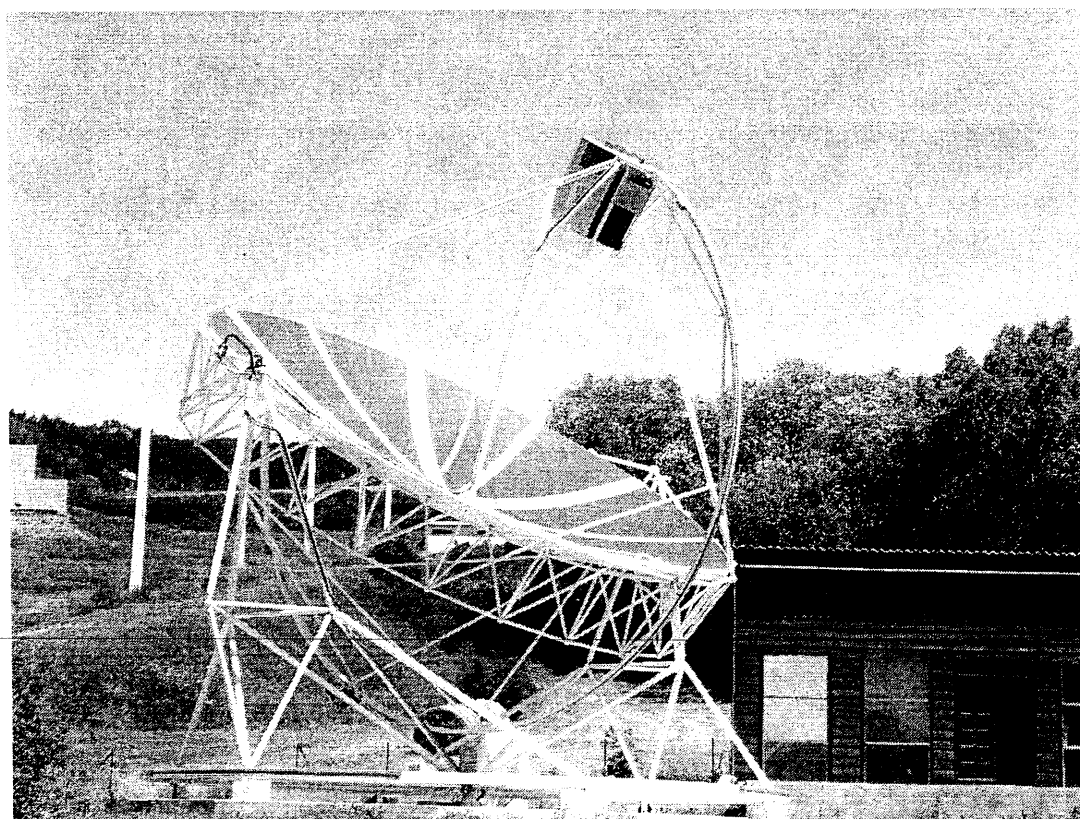
BTS DOMOTIQUE	SUJET	Session 2010
Épreuve U32 Sciences Physiques	Durée : 2 heures	Coefficient : 2
CODE : 10DOPHY1		Page 1/7

## Le moteur Stirling PROMES de 11 kW à Odeillo

Les systèmes 'parabole-moteur' sont destinés à l'électrification décentralisée car leur puissance varie de quelques centaines de Watts à quelques dizaines de kW. Ils sont destinés, par exemple, à l'électrification de villages isolés.

Cette réalisation s'inscrit dans le cadre du projet international « EnviroDish » financé par le Ministère allemand de l'Environnement et plusieurs industriels de ce pays.

Il a pour objectif d'implanter sur différents sites (Espagne, Italie, Allemagne, France, Inde) des systèmes « Parabole-Stirling » afin d'en mesurer l'efficacité dans différentes conditions d'ensoleillement.

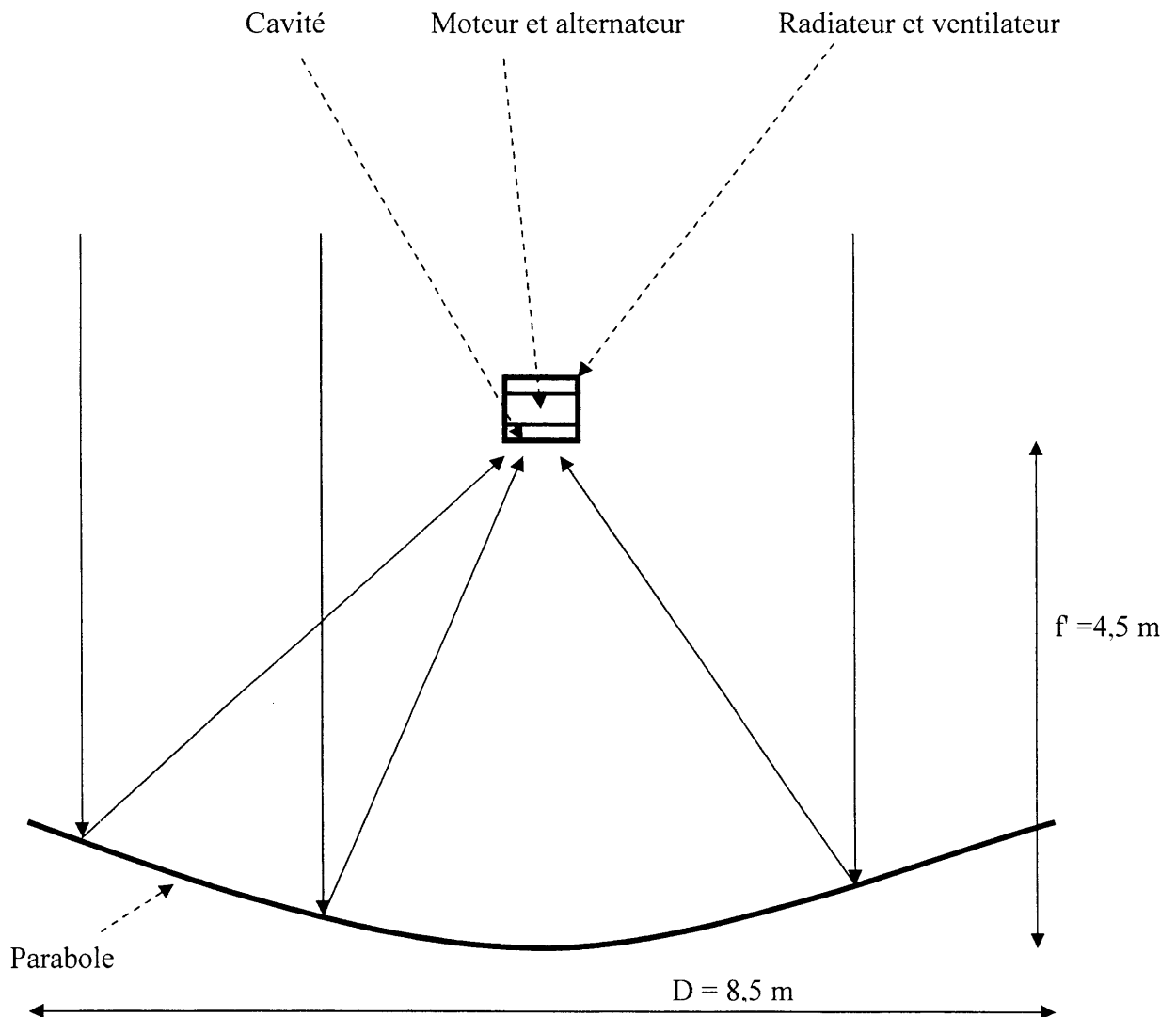


On distingue sur cette photographie :

- la parabole servant à concentrer le rayonnement solaire ;
- le bloc « moteur Stirling et alternateur » permettant de transformer l'énergie solaire en énergie électrique.

BTS DOMOTIQUE	Épreuve U32 Sciences Physiques	Session 2010
CODE : 10DOPHY1	SUJET	Page 2/7

## Schéma de principe de l'ensemble



### I Le concentrateur solaire

Les caractéristiques du concentrateur (réflecteur parabolique ou "parabole") sont :  
diamètre, 8,5 m ;  
surface projetée (collectrice), 56,7 m<sup>2</sup> ;  
distance focale, 4,5 m ;  
réflectivité, 94%.

On supposera que l'ensoleillement  $E$  est de  $1000 \text{ W.m}^{-2}$  ("ensoleillement standard optimal").

- I.1 Quelle est alors la puissance du rayonnement solaire reçue par la parabole ?
- I.2 Quelle est alors la puissance transmise au capteur ?

BTS DOMOTIQUE	Épreuve U32 Sciences Physiques	Session 2010
CODE : 10DOPHY1	SUJET	Page 3/7

## II Le moteur Stirling

Cette machine thermique utilise un gaz qui reçoit de la chaleur d'une source chaude (la cavité) et qui fournit de la chaleur à une source froide (le radiateur à refroidissement à eau) et du travail à l'alternateur.

La cavité assure le transfert thermique vers le gaz de l'énergie de rayonnement solaire qu'elle reçoit.

Les caractéristiques du moteur Stirling (SOLO 161) sont :

- gaz utilisé : dihydrogène ;
- pression de fonctionnement : 20-150 bar ;
- température de fonctionnement : 650 °C.

Pour un éclairement de  $1000 \text{ W.m}^{-2}$ , l'alternateur triphasé 400V-50Hz fournit une puissance électrique utile de 9,8 kW.

### II.A Rendement, puissance et énergie

II.A.1.a Dans ces conditions d'éclairement ( $1000 \text{ W.m}^{-2}$ ), la puissance du rayonnement solaire reçue est de 53 kW. Calculer le rendement  $\eta_T$  du dispositif. Le comparer à celui d'une installation photovoltaïque sachant que le rendement des meilleures photopiles (au silicium monocristallin) est de l'ordre de 15 à 22 % dans ces mêmes conditions d'éclairement.

II.A.1.b En supposant que le rendement de l'alternateur  $\eta_A$  est de l'ordre de 92%, estimer le rendement  $\eta_S$  du moteur Stirling.

II.A.2 La puissance fournie au gaz par la source chaude est de 53 kW. La puissance mécanique fournie à l'alternateur est de 10,5 kW. Quelle puissance le gaz cède-t-il à la source froide ?

II.A.3 La vitesse de rotation du moteur est de 1500 tours par minute.

II.A.3.a Sachant qu'un tour du moteur correspond à un cycle thermodynamique, calculer la durée d'un cycle.

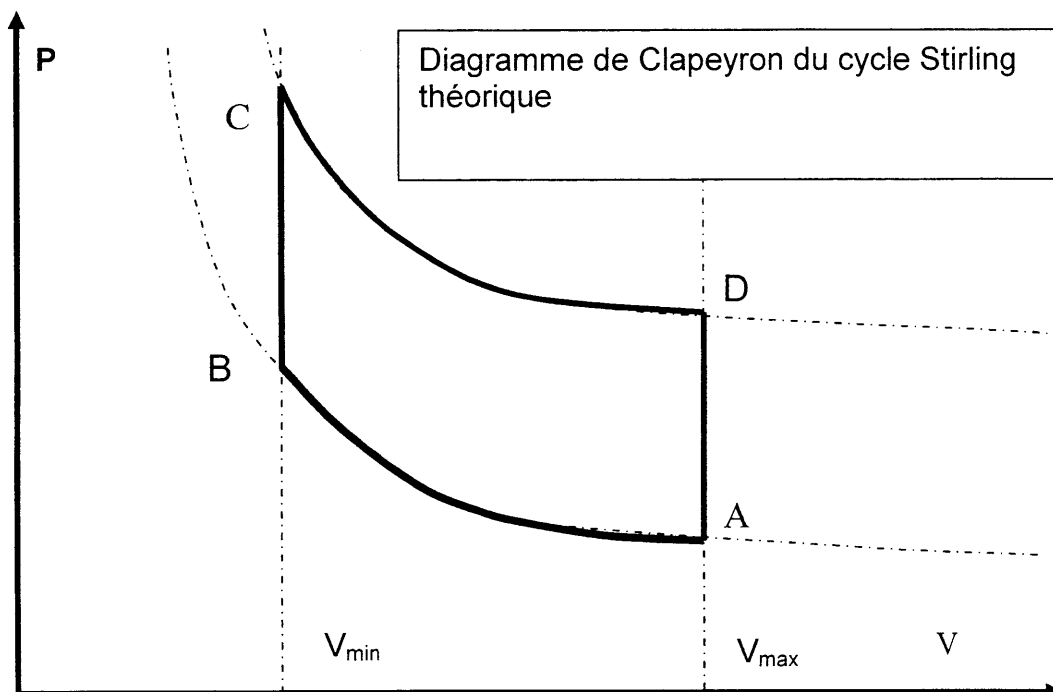
II.A.3.b Calculer, pour un cycle, le travail  $W$  fourni par le moteur Stirling.

### II.B Étude du cycle théorique de Stirling

On se propose dans cette partie de calculer le rendement théorique d'un cycle de Stirling. On rappelle que le cycle **théorique** du moteur Stirling est constitué de quatre transformations réversibles (dont deux sont isothermes). Le dihydrogène est considéré comme un gaz parfait.

Sur le diagramme de Clapeyron ci-dessous, une des transformations isothermes a lieu à la température  $\theta_f = 70 \text{ °C}$  et l'autre à la température  $\theta_c = 650 \text{ °C}$ .

BTS DOMOTIQUE	Épreuve U32 Sciences Physiques	Session 2010
CODE : 10DOPHY1	SUJET	Page 4/7



Au point C la pression est de  $15 \cdot 10^6$  Pa et la température de  $650$  °C

Le volume de gaz évolue entre les valeurs  $V_{\min} = 184,5$  cm<sup>3</sup> et  $V_{\max} = 344,5$  cm<sup>3</sup>.

On donne :

- constante de gaz parfaits :  $R = 8,32$  J.mol<sup>-1</sup>.K<sup>-1</sup>
- travail de compression isotherme d'un gaz parfait :  $W_{12} = nRT \ln(V_1/V_2)$
- relation  $T(K) = 273 + \theta(^{\circ}C)$ .

II.B.1 Donner le nom de chacune des transformations AB, BC, CD, DA, en indiquant s'il s'agit de détente ou de compressions.  
Préciser la transformation au cours de laquelle le gaz fournit du travail.

II.B.2 Montrer que le nombre de moles de gaz mises en jeu est  $n = 0,36$  mol.

II.B.3 Calculer la pression correspondant au point D du diagramme.

II.B.4 Calculer le travail  $W_{AB}$  et le travail  $W_{CD}$  reçus par le gaz lors des transformations AB et CD.

II.B.5 Justifier que la variation de l'énergie interne du gaz lors des transformations AB et CD est nulle.

II.B.6 En déduire les chaleurs  $Q_{AB}$  et  $Q_{CD}$  reçues par le gaz durant ces mêmes transformations.

II.B.7 Calculer le travail reçu par le gaz lors d'un cycle.  
( $W = W_{AB} + W_{BC} + W_{CD} + W_{DA}$ )

BTS DOMOTIQUE	Épreuve U32 Sciences Physiques	Session 2010
CODE : 10DOPHY1	SUJET	Page 5/7

II.B.8 On suppose que la chaleur n'est fournie au gaz que lors de la transformation CD.

Définir et calculer alors le rendement thermodynamique théorique  $\eta_{Th}$  de ce moteur (ce rendement théorique est, pour des raisons de modélisation, très supérieur au rendement réel mesuré).

### III Étude acoustique du moteur Stirling

Le moteur utilisé produit un bruit de niveau  $L_1 = 60$  dB à une distance de 1m. On considère que l'émission sonore est la même dans toutes les directions.

On rappelle l'expression du niveau sonore en fonction de l'intensité :

$$L = 10 \cdot \log \frac{I}{I_0} \quad \text{avec } I_0 = 1,0 \cdot 10^{-12} \text{ W.m}^{-2}$$

- III.1 Calculer l'intensité acoustique  $I_1$  à 1 mètre du moteur.
- III.2 En déduire la puissance acoustique du moteur.
- III.3 Calculer l'intensité sonore  $I_{20}$  à 20 mètres du moteur.
- III.4 En déduire le niveau d'intensité sonore  $L_{20}$  à cette même distance. Peut-on considérer que le moteur Stirling est nuisant d'un point de vue sonore ?

### IV Intérêt de la solution d'un point de vue environnemental

On se propose d'évaluer la réduction des rejets de dioxyde de carbone obtenue par ce type d'installation solaire. On cherchera donc à calculer la quantité de  $\text{CO}_2$  produite par une installation de puissance identique utilisant le méthane comme combustible.

Données :

L'énergie thermique produite par la combustion d'une mole de méthane ( $\text{CH}_4$ ) est de 810 kJ, l'eau formée restant sous forme de vapeur.

Les masses molaires :

$M(\text{C}) = 12 \text{ g.mol}^{-1}$     $M(\text{O}) = 16 \text{ g.mol}^{-1}$     $M(\text{H}) = 1 \text{ g.mol}^{-1}$     $M(\text{N}) = 14 \text{ g.mol}^{-1}$

Le volume molaire à 20 °C :  $V_M = 24 \text{ L.mol}^{-1}$

- IV.1 La puissance thermique fournie est de 53 kW. Calculer en joule l'énergie produite pendant une heure de fonctionnement.

BTS DOMOTIQUE	Épreuve U32 Sciences Physiques	Session 2010
CODE : 10DOPHY1	SUJET	Page 6/7

- IV.2 Calculer le nombre de moles de méthane consommé pendant cette durée.
- IV.3 En déduire le volume, en mètre cube, de méthane consommé en une heure de fonctionnement. Le gaz est stocké à une température de 20 °C.
- IV.4 Écrire l'équation de la combustion complète du méthane.
- IV.5 En déduire la masse de dioxyde de carbone produite par la combustion d'une mole de méthane.
- IV.6 Le brûleur fournissant une puissance thermique de 53 kW, calculer la masse de dioxyde de carbone formée pendant une heure de fonctionnement.