

**BREVET DE TECHNICIEN**

**SUPÉRIEUR**

**DOMOTIQUE**

**ÉPREUVE : SCIENCES PHYSIQUES**

**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

**IMPORTANT : Ce sujet comporte 4 pages numérotées de 1/4 à 4/4 + 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.**

## I – COGÉNÉRATION ET MOTEUR DE STIRLING (8,5 points)

Le moteur de Stirling fait aujourd'hui l'objet de nombreux programmes de recherche et de développement aux Etats-Unis, au Japon et en Europe du Nord, où ont déjà lieu quelques opérations de démonstration en vraie grandeur, notamment en Allemagne et aux Pays-Bas.

Le moteur présente des avantages significatifs par rapport au moteur à explosion, Diesel ou essence :

- peu de maintenance et une longue durée de vie ;
- moteur peu bruyant ;
- la combustion externe et continue, à basse pression, peut être parfaitement contrôlée pour émettre peu de gaz polluants ;
- enfin, dans les installations de cogénération, la quasi-totalité de la chaleur non dépensée peut être récupérée et exploitée, ce qui conduit à un rendement global potentiel très élevé, de l'ordre de 95%.

Dans ce qui suit, les températures sont notées  $T$  et exprimées en K.

On rappelle la valeur de  $R$ , constante des gaz parfaits :  $R = 8,31 \text{ J.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$ .

### I-1. Généralités sur les moteurs thermiques.

Un moteur thermique est un système fermé échangeant un travail  $W$  avec l'extérieur, une quantité de chaleur  $Q_f$  avec une source froide à la température  $T_f$ , et une quantité de chaleur  $Q_c$  avec une source chaude à la température  $T_c$ .

**I-1.1.** Indiquer les signes de  $W$ ,  $Q_f$  et  $Q_c$ , en justifiant la réponse.

**I-1.2.** Donner la définition du rendement d'un moteur.

Par ailleurs, on rappelle qu'un moteur de Carnot, dont le cycle comporte deux transformations réversibles isothermes (aux températures  $T_f$  et  $T_c$ ) et deux transformations réversibles adiabatiques, présente le meilleur rendement possible pour un moteur thermique, ce rendement ayant pour expression :  $\eta_{\text{Carnot}} = 1 - T_f / T_c$ .

### I-2. Étude du moteur de Stirling.

Le moteur de Stirling est modélisé ainsi :

C'est un moteur ditherme à combustion externe, dans lequel de l'air chaud (considéré comme un gaz parfait) est soumis à un cycle de quatre transformations :

- 1 → 2 : compression isotherme où le gaz échange de la chaleur avec la source froide, la température  $T_f$  ;
- 2 → 3 : transformation isochore ;
- 3 → 4 : détente isotherme où le gaz échange de la chaleur avec une source chaude, la température  $T_c$  ;
- 4 → 1 : transformation isochore.

Ce moteur est utilisé pour une installation individuelle de cogénération. Il est placé au foyer d'une parabole : la source chaude est maintenue à  $T_c = 770 \text{ K}$  par concentration du rayonnement solaire. Le travail obtenu est transformé en électricité par un alternateur, et la chaleur restante sert au chauffage de la maison.

BTS DOMOTIQUE	SUJET	Session 2006
Épreuve U32 Sciences Physiques	Durée : 2 heures	Coefficient : 2
CODE : DOPHY		Page 1/4

Le tableau suivant donne les valeurs des variables P, V, T dans les quatre états du système :

	État 1	État 2	État 3	État 4
P (Pa)	$1,0 \cdot 10^5$	$5,0 \cdot 10^5$	$14,3 \cdot 10^5$	$2,9 \cdot 10^5$
V (m <sup>3</sup> )	$1,0 \cdot 10^{-3}$	$2,0 \cdot 10^{-4}$	$2,0 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-3}$
T (K)	$T_f = 270$	$T_f = 270$	$T_c = 770$	$T_c = 770$

**I-2.1.** Donner l'allure du cycle de transformations relatif à ce moteur en coordonnées de Clapeyron (P, V), on précisera le sens de parcours de ce cycle.

**I-2.2.** Calculer n, le nombre de moles du gaz parfait mis en jeu.

**I-2.3.** Donner l'expression du travail élémentaire dW reçu par un gaz parfait à la pression P, quand son volume subit une variation élémentaire dV.

En déduire que lors de la transformation isotherme 1 → 2, le travail reçu par une quantité n de gaz parfait s'écrit sous la forme :

$$W_{12} = nRT_f \ln \left| \frac{V_1}{V_2} \right| = nRT_f \ln \left| \frac{P_2}{P_1} \right|$$

**I-2.4.** Calculer les travaux  $W_{12}$ ,  $W_{23}$ ,  $W_{34}$  et  $W_{41}$  échangés au cours des différentes transformations du gaz, ainsi que le travail total W échangé au cours du cycle.

On rappelle que l'énergie interne d'un gaz parfait ne dépend que de la température, en déduire les variations d'énergie interne  $\Delta U_{12}$  et  $\Delta U_{34}$ , ainsi que les quantités de chaleur  $Q_{12}$  et  $Q_{34}$ .

**I-2.5.** Calculer le rendement  $\eta$  du moteur et le comparer au rendement d'une machine de Carnot fonctionnant entre deux sources de chaleur aux mêmes températures que ce moteur de Stirling ; ce moteur a-t-il un rendement intéressant ? Pourquoi ?

**I-2.6.** Sachant que le cycle est répété 500 fois par minute, calculer :

**I-2.6.1.** La puissance mécanique fournie par ce moteur à l'alternateur.

**I-2.6.2.** La puissance thermique fournie au système de chauffage de la maison.

## II - ACOUSTIQUE (5,5 points)

Un moteur est situé dans un local de surface au sol  $2 \times 2,5 \text{ m}^2$  et de hauteur 2,5 m. Toutes les parois de ce local sont en béton (coefficient d'absorption :  $\alpha_1 = 0,02$ ).

On mesure, quand ce moteur fonctionne, le niveau de pression acoustique  $L_p$  à l'aide d'un sonomètre équipé d'un analyseur muni de filtres d'octaves de fréquences centrales  $f_0$ . Les résultats sont regroupés dans le tableau suivant :

$f_0$ (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
$L_p$ (dB)	36	50	52	52	60	61

**II-1.** Calculer le niveau de pression acoustique total noté  $L_1$ .

**II-2.** Calculer la durée de réverbération  $T_1$ .

BTS DOMOTIQUE	SUJET	Session 2006
Épreuve U32 Sciences Physiques	Durée : 2 heures	Coefficient : 2
CODE : DOPHY		Page 2/4

On traite, par flocage, le plafond de ce local, le coefficient d'absorption moyen de ce flocage étant  $\alpha_2 = 0,8$ .

**II-3.** Calculer alors la durée de réverbération  $T_2$ .

**II-4.** Calculer la nouvelle valeur du niveau de pression acoustique dans le local  $L_2$ .

Données :

1) Formule de Sabine pour la durée de réverbération d'un local :  $T = a \left[ \frac{V}{A} \right]$

avec :  $a = 0,16 \text{ s.m}^{-1}$ ,  $V$  : volume du local et  $A$  : aire absorbante équivalente

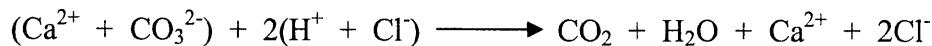
2) Variation  $\Delta L$  du niveau acoustique résultant d'une variation de la durée de réverbération :  
 $\Delta L = 10 \log \left[ \frac{T_2}{T_1} \right]$

### III - CHIMIE (6 points)

On souhaite dissoudre le dépôt de calcaire ou carbonate de calcium  $\text{CaCO}_3$ , existant dans une canalisation en cuivre. Pour cela on utilise de l'acide chlorhydrique du commerce.

#### III-1. Étude de la réaction.

L'équation de la réaction mise en jeu est :



Quelle masse de carbonate de calcium peut-on dissoudre en utilisant 1L de solution commerciale d'acide chlorhydrique de concentration annoncée  $C = 11 \text{ mol.L}^{-1}$  ?

#### III-2. Dilution de la solution commerciale d'acide chlorhydrique.

On veut vérifier la valeur de la concentration portée sur l'étiquette de cette solution commerciale. Pour cela on prépare une solution diluée :

On prélève un volume  $v_1 = 5,0 \text{ mL}$  de la solution commerciale, que l'on dilue jusqu'à un volume  $v_2 = 500 \text{ mL}$  avec de l'eau distillée.

##### III-2.1. Évaluation rapide de la concentration.

On évalue le pH de la solution diluée en utilisant du papier pH : on trouve  $\text{pH} \approx 1$ . En déduire une valeur approchée de la concentration  $c$  de la solution diluée et de la concentration  $C$  de la solution commerciale.

##### III-2.2. Détermination plus précise de la concentration.

On prélève un volume  $v_a = 10 \text{ mL}$  de la solution diluée d'acide chlorhydrique. On y ajoute quelques gouttes de bleu de bromothymol.

**III-2.2.1.** Préciser le rôle de cet indicateur.

BTS DOMOTIQUE	SUJET	Session 2006
Épreuve U32 Sciences Physiques	Durée : 2 heures	Coefficient : 2
CODE : DOPHY		Page 3/4

La solution titrante est une solution d'hydroxyde de sodium de concentration  $c_b = 1,0 \cdot 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$ .

**III-2.2.2.** Sachant que le volume de la solution titrante nécessaire pour atteindre l'équivalence est 10,8 mL, déterminer la concentration  $c$  de la solution dosée et la concentration  $C$  de la solution commerciale.

**III-2.2.3.** Que penser de l'indication portée sur l'étiquette ?

### **III-3. Réaction entre les solutions d'acide chlorhydrique et différents métaux et alliages.**

**III-3.1.** Indiquer sur un axe selon le pouvoir oxydant croissant, les couples oxydo-réducteur dont les potentiels normaux sont donnés ci-après.

**III-3.2.** Pourquoi est-il possible d'utiliser une solution d'acide chlorhydrique pour détartre une canalisation en cuivre ?

**III-3.3.** Pourrait-on faire de même pour une canalisation en fonte ? En plomb ? Justifier les réponses.

Données :

Masses molaires atomiques :  $M_{Ca} = 40 \text{ g.mol}^{-1}$  ;  $M_C = 12 \text{ g.mol}^{-1}$  ;  $M_O = 16 \text{ g.mol}^{-1}$ .

Potentils normaux :

$H_3O^+/H_2$  : 0,00V ;

$Fe^{2+}/Fe$  : - 0,44 V ;

$Cu^{2+}/Cu$  : + 0,34 V ;

$Pb^{2+}/Pb$  : - 0,13V.

BTS DOMOTIQUE	SUJET	Session 2006
Épreuve U32 Sciences Physiques	Durée : 2 heures	Coefficient : 2
CODE : DOPHY		Page 4/4