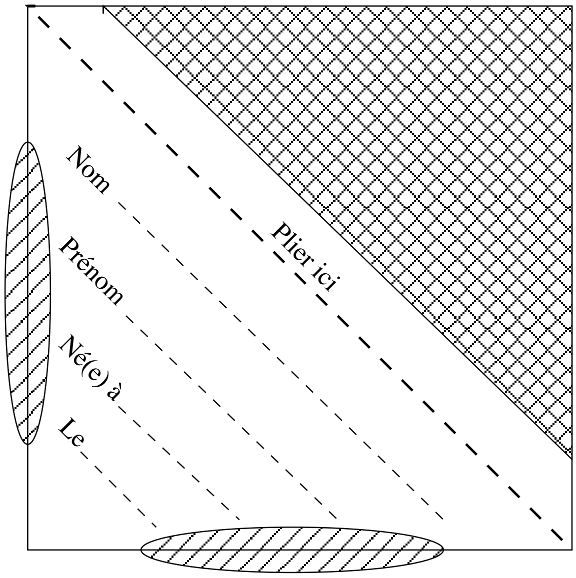
UNIVERSITE DE
NICE SOPHIA-ANTIPOLIS

FACULTE DES SCIENCES



L2 SM Premier semestre

Thermodynamique

18 décembre 2008 Durée 2h

Note

/20

Cacheter cette feuille au moyen de colle, agrafes ou ruban adhésif après avoir rabattu le triangle noirci. **Afin de faciliter le décachetage, n'opérer de fixation qu'à l'intérieur des ellipses hachurées.**
Aucune feuille supplémentaire ne sera acceptée. Répondre impérativement dans les espaces laissés entre les énoncés.
Il sera tenu compte du soin apporté à la présentation et de la qualité de la rédaction qui doit être précise et concise.

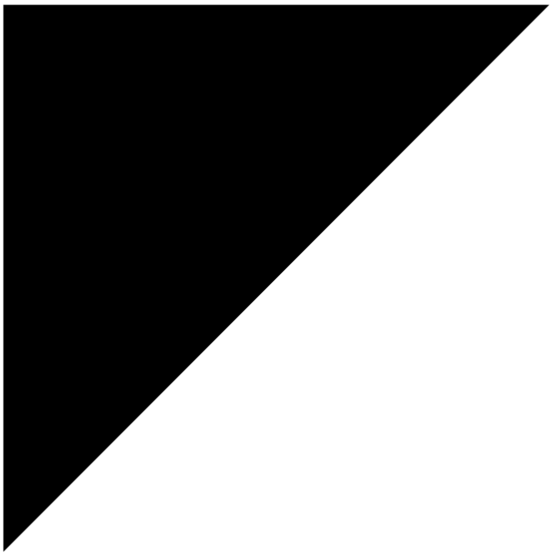
Aucun document n'est autorisé

Réfrigérateur

On suppose que le fluide frigorifique d'un réfrigérateur effectue des cycles de Carnot entre la température T de la cuisine et la température $T_0 = 0^{\circ}C$ du réfrigérateur. On note W le travail fournit par le moteur du réfrigérateur.

1. Dessinez un schéma conceptuel représentant le système "*cuisine – fluide réfrigérant – moteur – armoire du réfrigérateur*". Indiquer les transferts thermiques entre ces appareils en précisant leur signe (On notera Q_C l'échange thermique du fluide avec la cuisine et Q_F celui avec le réfrigérateur).

2. Démontrez que pour cette machine ditherme réversible, l'efficacité frigorifique est donnée par $\eta = T_0/(T - T_0)$.



3. On place une masse M d'eau à température ambiante T à l'intérieur du réfrigérateur. Etablir l'expression du travail W nécessaire à la solidification de M en fonction de T, T_0, M, L, C, où C la capacité calorifique de l'eau et L sa chaleur latente massique.

4. Déterminer la chaleur dégagée par le réfrigérateur dans la cuisine pendant la solidification.

Moteur à combustion interne à 4 temps

Le cycle réversible qui décrit le mieux le moteur à 4 temps est le cycle de Otto-Beau de Rochas. Il fait intervenir les différentes transformations réversibles suivantes pour du mélange air-essence, considéré ici comme un gaz parfait ($\gamma = 1.4$) :

A $\rightarrow$ **B** Compression isentropique du mélange

B $\rightarrow$ **C** Combustion (détonante) isochore du mélange

C $\rightarrow$ **D** Détente isentropique du gaz chaud

D $\rightarrow$ **A** Refroidissement isochore (remplacement du gaz chaud par du gaz frais)

1. Représenter le cycle ABCDA dans le diagramme de Clapeyron. Dessiner également en traits pointillés l'isotherme qui passe par le points A et celui qui passe par le point B. Attention, dessiner un graphe suffisamment clair et précis qui sera complété dans la suite des autres questions.

2. Quelle est la partie du cycle qui représente l'apport d'énergie thermique fournie au système ? Quelle est la partie du cycle qui produit du travail moteur sur le piston ? **Justifier**.

3. Déterminer les transferts thermiques le long des quatre branches du cycle. **Justifier**.

4. Calculer le rendement η de ce moteur en fonction des températures T_A, T_B, T_C, T_D.

5. En considérant les propriétés des isentropiques AB et CD, exprimer les quotients T_B/T_A et T_C/T_D en fonction du paramètre $a = V_{max}/V_{min}$ et du coefficient adiabatique γ.

6. Montrer que η peut s'écrire $1 - T_A/T_B$. En déduire le rendement du cycle de Otto-Beau de Rochas en fonction du rapport des volumes a et de γ. Dessiner et commenter le graphe de $\eta(a)$.

7. Dessiner sur le graphe de la question 1 ci-dessus le cycle ABEFA qui est tel que les arcs de courbe BE et AF sont isothermes. Quel est le rendement de ce dernier cycle ? (justifier).

8. Calculer l'entropie $S(T, V_A)$ d'une mole de gaz parfait le long de l'isochore qui passe par A (on notera S_A l'entropie au point A).

9. Représenter les cycles ABCDA et ABEFA dans le diagramme entropique $T(S)$.

La capacité calorifique d'un G.P. du point de vue de la physique statistique

Une enceinte contient N particules monoatomiques de masse m formant un gaz parfait qui est maintenu à la température T. L'énergie de ce système est donnée par $E = 1/2 \sum_{i=1}^{N} m\vec{v}_i^2$, où $\vec{v}_i^2 = v_{ix}^2 + v_{iy}^2 + v_{iz}^2$ représente le carré de la vitesse de la particule d'indice i.

1. Donner l'expression du facteur de Boltzmann qui décrit la probabilité $P(\vec{V})$ qu'une particule donnée possède la vitesse $\vec{V} = (V_x, V_y, V_z)$.

2. D'après le théorème d'équipartition de l'énergie (qui s'applique lorsque l'énergie s'écrit sous forme quadratique des coordonnées) que vaut l'énergie moyenne d'une particule donnée ? En déduire l'énergie moyenne totale $U(T) =< E >$.

3. Du point précédent déduisez que pour un gaz parfait monoatomique on retrouve un résultat de la thermodynamique, à savoir que $U(T) = C_V T$ avec $C_V = \frac{3}{2} nR$, où n est le nombre de moles du gaz et R est la constante des gaz parfait ($R = N_A k_B$).