

CONCOURS COMMUN 2006
DES ÉCOLES DES MINES D'ALBI, ALÈS, DOUAI, NANTES

Épreuve de Physique-Chimie
(toutes filières)

Jeudi 11 mai 2006 de 8h00 à 12h00

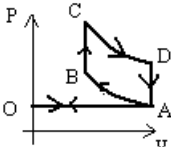
Corrigé

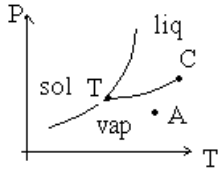
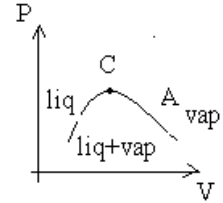
Auteur du Sujet : Mme KERGOAT – Lycée Baggio - LILLE

Corrigé et barème

Physique

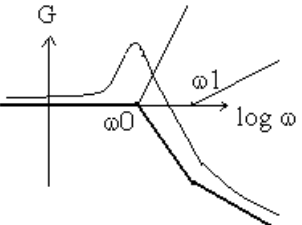
Problème N°1 : Etude d'un moteur à essence

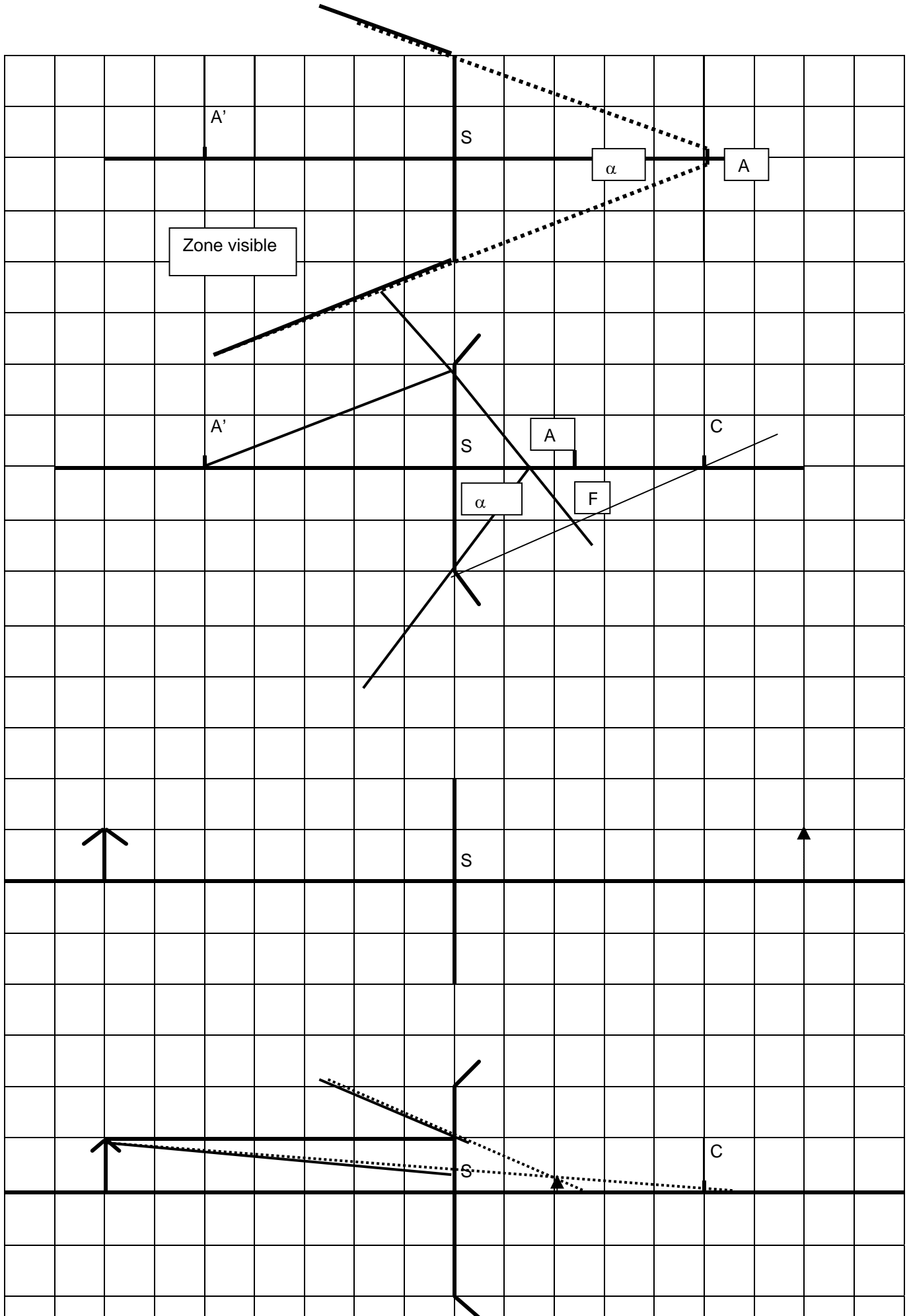
Partie A : Quelques questions préliminaires sur les moteurs thermiques	
1- $W + Q = 0$; $\Delta S = 0 = Q/T + \text{Scrée}$ Scrée > 0 donc $Q < 0$ et donc $W > 0$: le cycle est récepteur	
2- a- $\eta = -W / Q_1$ max si réversible ... $W + Q_1 + Q_2 = 0$; $\Delta S = 0 = Q_1/T_1 + Q_2/T_2$... $\eta_{\text{max}} = 1 - T_2/T_1$ b- $W + Q_1 + Q_2 = 0$; $\Delta S = 0 = Q_1/T_1 + Q_2/T_2$ donc $Q_1 = -Q_2 T_1/T_2$ $W + Q_2(1 - T_1/T_2) = 0$, $W < 0$, $(1 - T_1/T_2) < 0$ donc $Q_2 < 0$ et $Q_1 > 0$ Le moteur reçoit de la chaleur de la source chaude et en donne à la source froide	
3- a- Scrée = $-(Q_1/T_1 + Q_2/T_2)$ b- $Q_2 = -T_2 \text{Scrée} - Q_1 T_2/T_1$; $\eta = 1 + Q_2/Q_1 = 1 - T_2/T_1 - T_2 \text{Scrée}/Q_1$	
Partie B : Le moteur à explosion	
1-  sens horaire donc moteur	
2- La combustion se fait à l'intérieur du cylindre	
3- Phase 1 : admission ; Phase 2 : compression (ou compression+combustion) ; Phase 3 combustion + détente (ou détente) ; Phase 4 : refroidissement + refoulement	
4- $n_{\text{air}} + n_{\text{essence}} = 4.10^{-2}$	
5- a- $P_A V_A^\gamma = P_B V_B^\gamma$ $P_B = 18,38 \text{ bar}$ b- $T_B/P_B V_B = T_A/P_A V_A$ $T_B = 673 \text{ K}$ c- $\gamma = 1,4$ pour un gaz diatomique mais il y a de l'essence d- $\tau = V_A/V_B = (T_B/T_A)^{1/\gamma-1}$ $\tau_{\text{max}} = 8,35$	
6- $P_C = T_C P_B / T_B = 57,35 \text{ bar}$; pression en réalité plus basse car combustion non instantanée	
7- $P_C V_B^\gamma = P_D V_A^\gamma$ $P_D = 3,12 \text{ bar}$; $T_D = 914 \text{ K}$	
8-a- $W = n C_{v,m} (T_B - T_A) + n C_{v,m} (T_D - T_C)$, avec $C_{v,m} = R/(\gamma-1)$; pas de travail lors des deux isochores ; $W = -671,5$ (ou $687,6$) J ; $W_{\text{fourni}} = 671,5 \text{ J}$ b- $\eta = -W / Q_{BC} = -W / n C_{v,m} (T_C - T_B) = 1 - (T_D - T_A / T_C - T_B) = 0,565$	

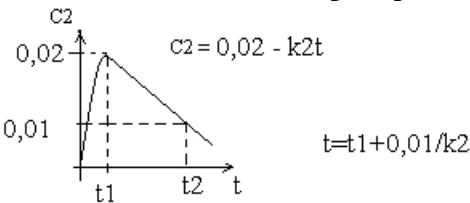
<p>9- $P = W_{total}/t = 2500 \text{ W cycle} / 60 = 27,75 \text{ kW} (28,65)$; Le piston effectue alors 5000 allers-retours</p>	
<p>Partie C : bilan entropique</p>	
<p>1- $\Delta S = nC_{V,m} \ln(T_A/T_D)$; $S_{éch} = Q_{DA}/T_A$ $\Delta S = S_{éch} + S_{créée}$ $S_{créée} = 0,8 \text{ J.K}^{-1}$ $S_{créée} > 0$, irréversibilité due à la différence de température entre le système et la source</p>	
<p>2- évolutions AB et CD adiabatiques réversibles d'où $S_{créée} = 0$ Lors de l'évolution BC il y a irréversibilité de la réaction chimique</p>	
<p>Partie D : Changements d'états d'un corps pur</p>	
<p>1- </p>	
<p>3- </p>	

Problème N°2 : La sécurité

Partie A : Etude de la suspension	
I- 1- $0 = -mg - k(z_{G,eq} - z_0 - l_0)$ avec ici $z_0 = R$	
<p>2- $E_{pp} = mgz_G + cste = mgz + cste$; $E_{pe} = 1/2k(z_G - z_0 - l_0)^2 + cste = 1/2k(z + z_{G,eq} - z_0 - l_0)^2 + cste$</p> <p>$d(E_c + E_p)/dt = P_{NC}$ (puissance de la force non conservative) $= -\lambda(dz_G/dt)^2 = -\lambda(dz/dt)^2$ $\dots d^2z/dt^2 + \lambda/m dz/dt + k/m z = 0$</p> <p>dessin des régimes pseudo-périodique, apériodique et critique</p>	
II- 1- λ en $N.m^{-1}.s$ ou $kg.s^{-1}$	
2- $\omega = 2\pi v/L$ en s^{-1}	
<p>3- $m d^2z_G/dt^2 = -mg - k(z_G - z_0 - l_0) - \lambda(dz_G/dt - dz_0/dt)$ en posant $z = z_G - z_{G,eq}$ $d^2z/dt^2 + \lambda/m dz/dt + k/m z = k/m (z_0 - R) + \lambda/m (dz_0/dt)$ $= k/m.A \cos \omega t - \lambda \omega / m.A \sin \omega t$</p>	
4- $z(t) =$ sol équation homogène + sol part ; le régime transitoire est rapidement négligeable, il ne reste donc que la solution particulière : le régime forcé.	
<p>5- a- $\frac{Z}{A} = \frac{(\frac{k}{m} + j\frac{\omega\lambda}{m})}{(-\omega^2 + j\omega\frac{\lambda}{m} + \frac{k}{m})}$;</p> <p>$\omega_0 = \sqrt{k/m} = 10 s^{-1}$ et $\omega_1 = k/\lambda = 25 s^{-1}$; $Q = (\sqrt{m*k})/\lambda = 2,5$</p> <p>b- $\left \frac{Z}{A} \right = \frac{\sqrt{1 + \left(\frac{\omega}{\omega_1}\right)^2}}{\sqrt{\left(1 - \frac{\omega^2}{\omega_0^2}\right)^2 + \left(\frac{\omega}{Q\omega_0}\right)^2}}$</p>	
<p>6- a- $G_1 = 20 \log \left(\sqrt{1 + \left(\frac{\omega}{\omega_1}\right)^2} \right)$; $G_2 = 20 \log \left(\sqrt{\left(1 - \frac{\omega^2}{\omega_0^2}\right)^2 + \left(\frac{\omega}{Q\omega_0}\right)^2} \right)$;</p> <p>$\omega \rightarrow 0$ $G_1 \rightarrow 0$; $\omega \rightarrow \infty$ $G_1 \rightarrow \infty$ avec une pente de 20db/decade ; intersection des asymptôtes : ω_1 $\omega \rightarrow 0$ $G_2 \rightarrow 0$ $\omega \rightarrow \infty$ $G_2 \rightarrow \infty$ avec une pente de 40db/decade ; intersection des asymptôtes : ω_0</p>	

 <p>avec</p> <p>b- $v=1,59 \text{ ms}^{-1}=5,7\text{km.h}^{-1}$; $Z_{\text{max}} = 29 \text{ cm}$</p>	
<p>7- A un même gain (>1) correspondent deux valeurs de ω, encadrant ω_0. Si le camion explose dès que l'amplitude devient supérieure à une certaine valeur, pour se situer dans la zone où $G < G_{\text{lim}}$ il faut que v soit supérieure à une limite ou inférieure à une autre.</p>	
<p>Partie B : les rétroviseurs</p>	
<p>I-1 A et A' symétriques 2 « construction » 3- $\tan(\alpha/2) = L/2D$ 4- $\alpha = 22,6^\circ = 0,395 \text{ rad}$</p>	
<p>II-1 construction de A 2 « construction » 3- $\tan(\alpha/2) = L/2SA$ et $1/\overline{SA} + 1/\overline{SA}' = 2/\overline{SC}$ d'où $\tan(\alpha/2) = L/2(2/R+1/D)=L/2D + L/R$ 4- $\alpha = 62^\circ = 1,08 \text{ rad}$</p>	
<p>III-1- le champ est considérablement augmenté avec un miroir convexe 2 – miroir plan $\gamma = 1$; $A'B' = 1\text{m}$; miroir convexe $\gamma = -SA'/SA = 0,02$; $A'B' = 2 \text{ cm}$ miroir plan $\alpha = 0,1 \text{ rad}$ miroir convexe $\alpha = 2,4/(50+24) = 0,033 \text{ rad}$ commentaire : légère perte mais champ de vision beaucoup plus grand impression de voir les voiture un peu plus loin</p>	
<p>IV</p>	



<p>4-a- combustion adiabatique</p> <p>b- initialement C_8H_{18} : $2 \cdot 10^{-4}$ mol et air 0,04 mol (en large excès) total : 0,0402 à la fin : $O_2 + N_2$: $0,04 - (25/2)2 \cdot 10^{-4}$; CO_2 : $16 \cdot 10^{-4}$ et H_2O : $18 \cdot 10^{-4}$</p> <p>c- soit au total 0,0409 mol . Le nombre total n'a quasiment pas varié</p> <p>d- isobare \rightarrow Q libérée = - n essence $\Delta_r H^\circ$ adiabatique Q libérée = n total $C_{p,m} (T_C - T_B)$ AN : $T_C = 1530$ K</p>	
Problème II : Boire ou conduire...	
Partie I	
1- $v_1 = - dC_1/dt$	
2- si la réaction est d'ordre 1 alors $\ln(C_1/C_0) = -k_1t$ On trace $\ln C_1 = f(t)$, régression linéaire $r = 0,9999$, c'est une droite de pente $k = 0,167 \text{ min}^{-1}$	
3- $n_{\text{sang}} = (n_0 - n)V_1 = (4 - 0,2)V_1$; $C_{\text{sang}} = 3,8 \cdot V_1/V_2 = 0,02375 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$	
4- $C_2 = x V_1/V_2$; $v = dC_2/dt = V_1/V_2 dx/dt$	
Partie II	
1- $v_2 = - dC_2/dt$	
2- $v_2 = k_2 C_2$ d'où $C_2 = C_{20} - k_2t$; on trace $C_2 = f(t)$; $k_2 = 7,25 \cdot 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$	
Partie III	
1- $c = 0,5/46 = 0,01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$	
2- $dC_2/dt = v - v_2 = V_1/V_2 \cdot k_1 C - k_2 = C_0 k_1 V_1/V_2 e^{-k_1 t} - k_2$	
3- par intégration $C_2 = C_0 V_1/V_2 (1 - e^{-k_1 t}) - k_2 t$	
4-a- $dC_2/dt = 0$ pour $t_{\text{max}} = -1/k_1 \ln(k_2 V_2 / C_0 k_1 V_1)$; $C_0 = 0,9/0,66 = 1,36 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$; $t_{\text{max}} = 18$ min	
b- $C_{\text{max}} = 0,02 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$; il ne peut pas conduire	
 <p>c- $t = 2\text{h}42\text{min}$</p>	
Partie IV	
1- $2 Cr_2O_7^{2-} + 16 H^+ + 3 CH_3CH_2OH \rightarrow 4 Cr^{3+} + 11 H_2O + 3 CH_3COOH$ avec des H_3O^+ ok	
2- espèce réduite $Cr_2O_7^{2-}$; espèce oxydée CH_3CH_2OH	
3- $\log K^\circ = 12 (E^\circ Cr_2O_7^{2-} - E^\circ CH_3COOH) / 0,06 = 228$ quantitative	
4- 0,5g/L équivaut à $2,38 \cdot 10^{-4}$ g par L d'air expiré soit $5,176 \cdot 10^{-6}$ mol $n_{Cr_2O_7^{2-}} = 3,45 \cdot 10^{-6}$ mol soit 1 mg	

<p>5-a-$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$: VI Cr^{3+} : III</p> <p>b-$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1 3d^5$ accepter $4s^2 3d^4$; 6 e- de valence</p> <p>c- $\begin{array}{c} \text{O}^- \qquad \qquad \text{O}^- \\ \qquad \qquad \\ \text{O} = \text{Cr} - \text{O} - \text{Cr} = \text{O} \end{array}$ avec bien sûr des doublets sur les « O » ; d- 2 Cr tétraédriques</p> <p>$\begin{array}{c} \parallel \qquad \qquad \parallel \\ \text{O} \qquad \qquad \text{O} \end{array}$</p>	