Thermodynamique

exercices - CCINP

On considère un récipient à fond bombé en demi-sphère, rempli d'un liquide de masse volumique μ sur une hauteur 2R. Il est placé dans le champ de pesanteur uniforme $\vec{g}$.

1. Calculer la pression Ps(M) en un point à la surface de la demi-sphère. En déduire la différence de pression ΔP(M) entre M et la surface.
2. Donner l'expression de la force $d\vec{F}$ appliquée par le liquide sur la demi-sphère en M.
3. En déduire la force de pression totale $\vec{F}$ exercée par le liquide sur la demi-sphère.
4. Comparer à la force de pression $\vec{F}'$ qu'exercerait le liquide si le fond était plat.

On modélise une baguette de pain par un cylindre de longueur L=20cm, de rayon R=5cm. On la place dans un four à micro-ondes. On se place en régime stationnaire. Le four a une puissance P=800W et la température finale est T=300K.

1. La baguette reçoit 60% de P. Calculer la puissance volumique reçue en un point de la baguette.
2. Faire un bilan énergétique sur une tranche de pain comprise entre r et r+dr avec $r<R$
3. En déduire T(r).
4. Le pain est-il mangeable ? Conductivité thermique du pain : λ=0,6W/(K.m)

1. On considère le système de la figure 1 ci-dessous, à symétrie sphérique. La surface S_1 de rayon R_1 est à la température θ_1. Elle est entourée d'un matériau de conductivité thermique λ entre R_1 et R_2. La surface de rayon R_2 est maintenue à la température $\theta_2 < \theta_1$. On note ϕ le flux thermique et on définit $R_\theta = (\theta_1 - \theta_2)/\phi$. Que vaut R_θ
2. On considère le système de la figure 2 ci-dessous, entièrement calorifugé. La tige a une capacité calorifique négligeable, les solides Si ont une capacité calorifique μ très grande. Les températures θi(t) sont considérées comme uniformes et valent initialement θ_{1o} et $\theta_{2o} < \theta_{1o}$. On note $R_\theta = (\theta_1 - \theta_2)/\phi$.
   2.1 Déterminer θ_1(t) et θ_2(t).
   2.2 Déterminer la variation d'entropie du système S_1 + barre + S_2 . Discuter de son signe.

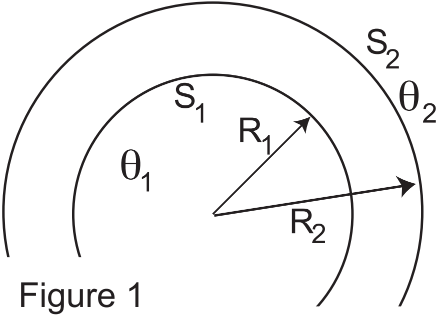


Figure 1

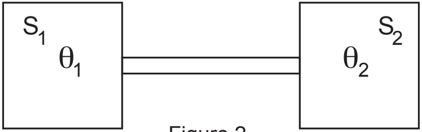
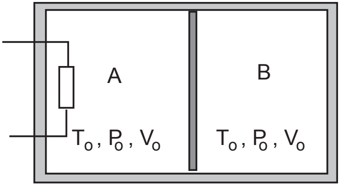


Figure 2

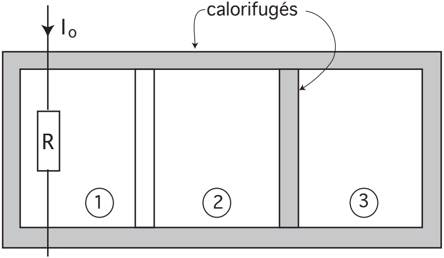
On considère le système ci-dessous. Les parois des deux compartiments sont calorifugées. Initialement, on a 1 mol de gaz parfait à (To, Po, Vo) dans chaque compartiment. La paroi centrale, calorifugée, se déplace très lentement sans frottement. On fait passer du courant dans la résistance jusqu'à avoir une pression 5Po dans le compartiment de gauche à l'équilibre. On note γ=Cp/Cv.

1. Déterminer V_A, V_B, P_B, T_A et T_B.
2. Déterminer ΔU_B, W_B, Q_B, ΔU_A, W_A et Q_A.


A
B
T o , P o , V o
T o , P o , V o

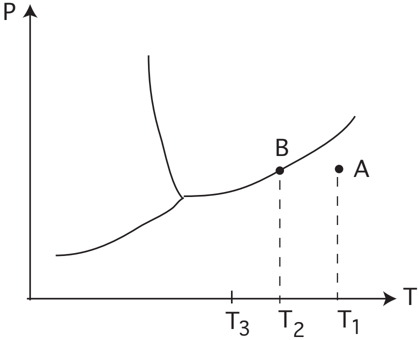
A l'état initial, les trois compartiments contiennent chacun n moles de gaz parfait à (To, Po, Vo).
Le système subit une transformation lente. Dans le compartiment 3, la température finale est T3=aTo.

1. Quelle est la pression finale P1 dans le compartiment 1 ?
2. Déterminer V3 final dans 3.
3. Déterminer V1 final dans 1.
4. Déterminer le travail électrique We fourni.
5. Déterminer ΔS du système puis l'entropie créée.


calorifugés
I_o
R
1
2
3

On veut sécher son linge en extérieur. On considère une masse m d'eau liquide dans le linge, en contact avec l'air extérieur.

1. Repérer sur le diagramme la position des différents états de l'eau.
2. On considère que l'air est à la position A. L'eau liquide dans le linge est-elle à l'équilibre thermodynamique ? Le linge sèche-t-il ? Donner la différence d'enthalpie entre les deux états.
3. Le soir, l'air se refroidit et on passe en B. L'eau est-elle à l'équilibre thermodynamique ? Le linge sèche-t-il ?
4. La nuit, la température diminue encore et passe à la température T3. Quelle est la pression maximale de la vapeur d'eau atmosphérique ? Le linge va-t-il sécher ?
5. Le matin, l'air se réchauffe et repasse à la température T1, mais le linge reste à la température T2, le linge sèche-t-il ?


P
B
A
T
T_3
T_2
T_1

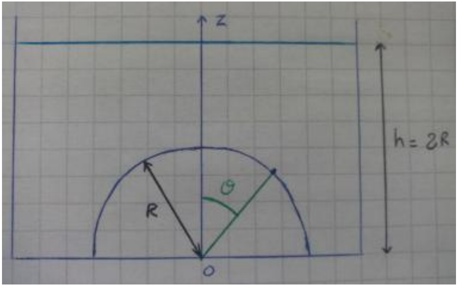
Soit un ballon-sonde remplit de dihydrogène assimilé à une sphère incompressible de diamètre D. La structure du ballon est de masse mb et de volume négligeable face au volume total du ballon, de même que le volume de la sonde. Dans tout l'exercice, l'air est assimilé à un gaz parfait de masse molaire Ma. La température de l'atmosphère suit la loi T(z)=T0(1-αz) et l'accélération de la pesanteur g est supposée indépendante de l'altitude. La vitesse du ballon est très faible, on le suppose donc en équilibre thermique permanent. Enfin, on pose mc la masse utile du ballon.

1. 1.1 En considérant un volume d'air de hauteur dz , exprimer la loi de pression sous la forme $P(z)=P0(1-\alpha z)^{\beta}$ où P0 est la pression au sol et β une constante à expliciter en fonction de g, Ma, T0, α et R la constante des gaz parfaits.
   1.2 En déduire la loi suivie par la masse volumique de l'air ρa . Le dihydrogène dans le ballon est à la pression $P(H_2)$ constante et a pour masse molaire $M(H_2)$.
2. 2.1 Expliciter l'intensité de la poussée d'Archimède exercée sur le ballon.
   2.2 En déduire la masse maximale mc,max que peut soulever le ballon à l'altitude h .
   2.3 Exprimer la masse maximale mc0 que peut soulever le ballon au sol (z=0) .
   2.4 AN sur mc,max et mc0 (valeurs données non retenues).

Une sphère radioactive de rayon α de puissance volumique créée p et de conductivité thermique $\lambda 1$ est plongée dans un volume supposé infiniment grand, de conductivité thermique $\lambda 2$. Le coefficient de transfert conducto-convectif entre la sphère et le liquide est noté h. La température du liquide infiniment loin de la boule est supposée constante et égale à T0.
Déterminer la température en tout point de la sphère en régime stationnaire, en particulier Tc la température au centre de celle-ci.

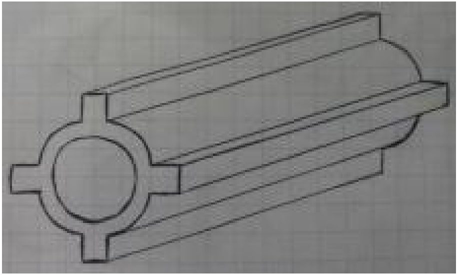
On considère une demi-sphère de rayon R au fond d'un bassin de profondeur h=2R dans lequel se trouve un fluide de masse volumique ρ (voir le premier schéma). L'air dans la demi-sphère est le même que celui de l'atmosphère. Un point M sera repéré par son angle $\theta=(\vec{OM}, \vec{e_z})$.

1. Trouver la pression ps(M) exercée en un point de la demi-sphère par le fluide au dessus de lui. (Il fallait considérer les contributions du fluide ainsi que de l'air au-dessus.)
2. Donner la différence Δp(M) entre les pressions exercées par le fluide et par l'air (celui à l'intérieur) en un point M. En déduire la force $\vec{dF}$(M) exercée sur une surface élémentaire autour de M.
3. Calculer la résultante des forces de pression sur la sphère.
4. Comparer le résultat précédent avec celui obtenu dans le cas d'un fond plat.


z
h = 2R
θ
R
O

On étudie un échangeur de chaleur entre deux fluides ayant la forme d'un cylindre doté de plusieurs ailettes (voir le second schéma). Cet échangeur possède un rayon intérieur R1=1 cm et un rayon extérieur R2=1,3 cm. Le fluide à l'intérieur est à une température T1 et celui à l'extérieur à une température T2. On connaît les coefficient de conducto-convection interne et externe donnés respectivement par h1=3000 $W/(m^2K)$ et h2=500 $W/(m^2K)$. On connaît également la constante de conductivité thermique du matériau de l'échangeur : λ=15 W/(mK).

1. On considère tout d'abord l'échangeur nu (sans ailette). Calculer les résistances thermiques en jeu, en déduire la résistance thermique totale Rs puis identifier la résistance sur laquelle on doit chercher à intervenir en priorité. Que peut on faire pour agir sur cette résistance ?
2. On s'intéresse maintenant au cas avec une ailette. On la prend de largeur e et on la modélise comme semi-infinie selon sa longueur. Calculer l'apport de l'ailette par rapport au cas précédent.



On s'interesse à une pompe à chaleur, censée chauffer une piscine d'une température TF à une température TC. La source chaude sera l'eau de la piscine, de masse m, de capacité thermique massique c et de température T variable, et la source froide sera l'air extérieur à la température TF .

1. Représenter le cycle et les signes des transferts d'énergie.
2. 2.1 Calculer, à l'aide du second principe sous sa forme différentielle, QF et QC .
   2.2 Déterminer le travail W fourni.
   2.3 Définir et calculer l'efficacité e de le pompe à chaleur
3. AN. Quel est l'intérêt d'une telle pompe à chaleur ?

On a une piscine à Tf=Text qu'on réchauffe avec une pompe à chaleur jusqu'à Tc. Signe des transferts énergétiques, application des premiers et seconds principes, expression de Wtotal et de l'efficacité e . On a : masse de l'eau dans la piscine, capacité thermique massique de l'eau, Tf , Tc.

On veut chauffer l'eau d'une piscine jusqu'à là température T. On utilise une pompe à chaleur, supposée réversible, travaillant sur des cycles, dont la source chaude est la piscine à la température T variable, et la source froide l'atmosphère supposée isotherme à TF. On considère que l'eau de la piscine est de masse m et de capacité thermique massique m.

1. à l'aide d'un schéma, représenter la source froide, la source chaude, la pompe à chaleur, les échanges énergétiques et leurs signes.
2. 2.1 à l'aide du deuxième principe sous forme différentielle, calculer les expressions littérales de QC et QF.
   2.2 à l'aide du premier principe, exprimer le travail de la pompe à chaleur Wp.
3. Calculer l'efficacité énergétique de la pompe, pour des valeurs de températures: TF=291K et TC=299K. Comment qualifier cette pompe ?

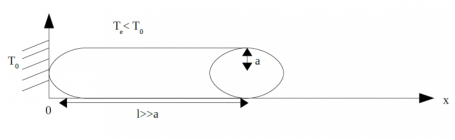
On a un système à deux niveaux d'énergie $E1 = 0$ et $E2 = E$ dans un thermostat à la température T.

1. Calculer l'énergie moyenne d'une particule.
2. Représenter l'énergie moyenne en fonction de la température. Commenter.
3. Calculer l'écart quadratique moyen.
4. Tracer l'écart quadratique moyen en fonction de la température. Commenter.
5. Calculer la capacité thermique.

On a un barreau de section s composé de deux parties:
- une première en cuivre de conductibilité K1 et de longueur L1
-une seconde en aluminium de conductibilité K2 et de longueur L2
La surface latérale du barreau est isolée. On maintient les bouts libres à la température T1 pour le cuivre et T2 pour l'aluminium. Déterminer : la température de la jonction des deux parties et le gradient de température dans la partie en cuivre et dans la partie en aluminium.

On donne dans le tableau ci-dessous les capacités thermique molaire à volume constant de quelques solides à une température T=293 K (en J/mol/K) .
Les valeurs sont-elles en accord avec la loi de Dulong et Petit ?
Aluminium : 24,2
Diamant : 6,1
Fer : 25,1
Cuivre : 24,4
Argent : 25,4

1. Dans cette tige de cuivre (cylindre), on suppose que T(x) est uniforme dans une section de la tige.
   1.1 Exprimer le vecteur densité thermique $\vec{j}$Q en fonction de λ, et du gradient de température.
   1.2 Donner le sens et la direction de $\vec{j}$Q.
2. On note h le coefficient de convection.
   2.1 Exprimer le vecteur de densité thermique de convection $\vec{j}$Qe entre x et x+dx en fonction de T(x), Te et h.
   2.2 Faire le bilan d'énergie entre x et x+dx.
3. 3.1 Déterminer l'évolution de T et donner son allure graphique.
   3.2 En déduire l'expression de l pourvu que le refroidissement de la tige soit optimale.
4. 4.1 Déterminer la puissance thermique Pth.
   4.2 A.N. de Pth et l avec T0=600 K et Te=300 K.


$T_e < T_0$
T_0
a
0
l>>a
x

On considère un cycle proche du cycle Diesel:
1-2: compression isentropique
2-3: Combustion isochore
3-4: Combustion isobare
4-5 Détente isochore
5-1: Détente isentropique.
On pose γ=Cp/Cv , α=V2/V1, β=V4/V3, δ=p3/p2

1. Donner le diagramme de Clapeyron de ce cyle (p=f(V))
2. Donner p2 en fonction de p1, γ, α
3. Donner les Ti en fonction de T1, α, β, γ, δ
4. Donner les expressions et signes des Qi
5. Donner le rendement η de la machine thermique

On considère une ailette de refroidissement parallélépipédique le long de l'axe Oz, de coté a et de longueur c. Le matériau possède un coefficient de conduction thermique λ .
La base de l'ailette est en contact avec un matériau de température plus élevée θ_0 , le reste baigne dans de l'air à la température θ_1. Le coefficient de transfert conducto-convectif est noté h .
On admet que la température ne dépend que de z.

1. Déterminer l'équation vérifiée par T(z) . Repérer une constante δ homogène à une longueur.
2. Déterminer l'expression de T(z) en supposant c$\gg \delta$.
3. Définir et calculer l'efficacité de l'ailette
4. En appliquant le second principe, déterminer l'entropie créé. Commenter .

On se propose d'étudier diverses transformations d'un gaz parfait entre un état A caractérisé par une pression P_A et un état B caractérisé par une pression P_B . Les deux états sont à une même température T .

1. On considère deux transformations réversibles successives. La première est adiabatique entre l'état A et un état intermédiaire C. La seconde est isobare entre l'état C et l'état B .
    1.1 Déterminer une relation entre les capacités thermiques du gaz parfait et R la constante des gaz parfaits.
    1.2 Calculer les variations d'entropie pour les sous-transformations décrites ci-dessus.
    1.3 Déterminer S1 variation totale d'entropie pour ce premier chemin en fonction de n, R, P_A et P_B .
2. Déterminer une tranformation réversible que l'on caractérisera entre l'état A et l'état B. Exprimer S2 variation d'entropie sur ce second chemin.
3. On considère une transformation irréversible de A à B. Que vaut S3 dans ce cas ?
4. 4.1 Applications numériques pour S1 , S2 et S3 avec P_A=5bar, P_B=1bar, n=1mol, R=8,32J/(K.mol).
    4.2 Représenter les états A , B et C dans un diagramme de Clapeyron.

1. On considère un cylindre de longueur l, de rayon a placé dans l'air ambiant à T0 Exprimer le vecteur $\vec{j}$Q.
2. Faire un bilan énergétique entre r et r+dr .
3. Pour quelle r est atteinte la température maximale Tmax ?
4. Expression et calcul de Tmax . Discuter pour un métal.

On considère le sol comme étant un demi plan homogène de conductivité thermique ρ. Oz est un axe orthogonal au sol orienté vers le bas. La température T(z,t) vérifie $T(0,t) = T0 + \theta_0 \cos(\omega t)$

1. Démontrer l'équation de la chaleur.
2. Donner la différence de température entre le jour et la nuit.

On considère un cylindre séparé en 2 compartiments A et B par un piston mobile. Le cylindre est isolé thermiquement de l'extérieur. Initialement les 2 s sont à la température T1, pression P1 et volume V1. Le piston se déplace réversiblement jusqu'à ce que le compartiment B soit à la température T_B. Le cylindre contient un gaz parfait (g) Le compartiment A est chauffé par une résistance jusqu'à T_A.

1. déterminer V_A en fonction de V1, P1, P_B, g
2. déterminer T_A en fonction de T1, P_B, V1, P1, T_A
3. déterminer ΔU_A en fonction de T_A, T1, g, P1, V1
4. déterminer ΔU_B en fonction de ΔU_A, T_B, T1, T_A
5. déterminer l'énergie électrique fournie par le circuit réchauffant A
6. déterminer le travail des forces de pression

On considère une machine frigorifique utilisant un fluide frigorifique fonctionnant sur le cycle de Carnot. La source froide de température Tf est une masse m d'eau de capacité thermique massique ce . La source chaude est à la température Tc .

1. 1.1 Expliquer le principe d'une machine thermique.
   1.2 Dans le diagramme de Clapeyron, tracer le cycle de Carnot.
2. Exprimer le rendement η en fonction de Tf et Tc On appelle P la puissance de compression du fluide.
3. Exprimer la puissance thermique Φ reçue par la source froide en fonction de P, Tf et Tc .
4. Entre deux instants, calculer le transfert thermique δQf en fonction de la masse m, ce, Tf et Tc .
   4.1 Exprimer le rendement η en fonction du temps t .
   4.2 Si η=5 , que vaut t ?

On considère une barre cylindrique de conductivité électrique γ et de conductivité thermique K, parcourue par un courant I. On note L sa longueur et S sa surface. On se place en régime permanent. On impose T(0)=T0 et T(L)=T1.

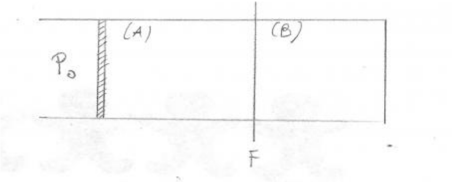
1. Établir l'expression de la puissance volumique dissipée par effet Joule.
2. À l'aide d'un bilan énergétique, et en négligeant les transferts thermiques en surface de la barre, établir l'expression de T(x).
3. Que devient cette expression lorsque T1=T0 ? Dans ce cas, calculer la température maximale atteinte par la barre.
4. On note Tf la température de fusion de la barre. Quelle est la valeur que I ne doit pas dépasser?

On considère un fil métallique cylindrique de longueur l, de rayon a et d'axe (Oz). Ce fil est parcouru par un courant I constant, de densité de courant uniforme $\vec{j}$ =j$\vec{e_z}$. On note ρ sa résistivité électrique et λ sa conductivité thermique. Ce fil est entouré par une gaine isolante d'épaisseur e et de conductivité thermique λ'. On note $\vec{j}$Q la densité volumique de courant thermique. On se place en régime permanent et on suppose que la température ne dépend que de la coordonnée radiale r. On suppose que l'extérieur de la gaine est à la température ambiante Te.

1. 1.1 Rappeler l'expression de la puissance volumique dissipée par effet Joule. En déduire la puissance dissipée dans le fil.
   1.2 En effectuant un bilan de puissance sur un cylindre de rayon r>a, déterminer l'expression de la densité de courant thermique dans la gaine en fonction de I,a,r,λ' et ρ.
2. Déterminer le profil de température T(r) dans la gaine.
3. En effectuant un bilan de puissance sur un élément de volume du fil, déterminer le profil de température dans le fil.

On dispose d'une paroi cylindrique adiabatique et d'un piston également adiabatique. Une paroi solide F sépare deux compartiments. A l'état initial, le système est à l'équilibre, le compartiment (A) contient n moles d'un gaz parfait de coefficient adiabatique γ et le compartiment (B) est vide. On perce un trou dans F .

1. Étude qualitative : que se passe-t-il ? Distinguer le cas V_B "grand" du cas V_B "petit".
2. Déterminer l'état du système (A)+(B) à l'équilibre thermodynamique dans chaque cas.


(A)
(B)
P_0
F

Étude d'un moteur thermique, 4 étapes : deux isothermes et deux isenthalpes. Les températures et pressions à l'état i sont notées Ti et Pi. On note γ le rapport des concentrations massiques et volumiques. On note a=T1/T3

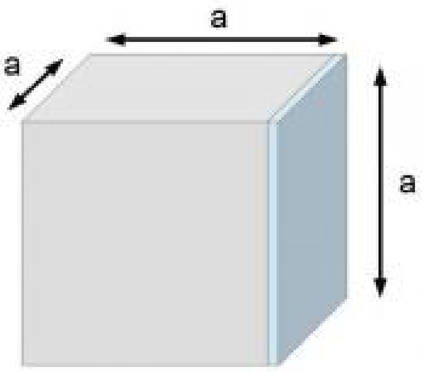
1. décrire sommairement à l'aide d'un schéma le fonctionnement d'un moteur thermique
2. dessiner dans un diagramme P,V le cycle décrit par le fluide
3. déterminer T2 et T4 en fonction de a
4. 4.1 déterminer l'expression du rendement du moteur en fonction de a
   4.2 à l'aide d'une valeur de a donnée, calculer la valeur numérique du rendement et commenter

On considère un ballon sonde dans l'atmosphère. La masse du ballon est mB , celle de la charge utile transportée est mC et on considère que le ballon est une sphère de rayon R lors de toute l'ascension. La température dépend de l'altitude z selon la loi T(z)=T0(1-αz), avec α le gradient de température.

1. On suppose que l'atmosphère est un gaz parfait de masse molaire Ma .
   1.1 Montrer que la pression atmosphérique dépend de l'altitude z selon la loi P(z)=P0(1-αz)$^{\beta}$. On exprimera β en fonction de α, Ma, T0, g la constante de gravitation et R la constante des gaz parfaits.
   1.2 En déduire l'expression de la masse volumique ρ de l'atmosphère en fonction de l'altitude z .
2. On gonfle le ballon avec de l'hélium de masse molaire M(He) à la pression P(He) .
   2.1 Donner la norme de la poussée d'Archimède en fonction de l'altitude z .
   2.2 Donner la masse utile maximale (mC)max,h à l'altitude h .
   2.3 Donner la masse utile maximale (mC)max,0 permettant le décollage.
   2.4 Applications numériques : calcul de (mC)max,h et (mC)max,0.

On se place en géométrie plane, la température évolue selon les z .

1. Exprimez Pth , la puissance thermique diffusée en fonction de jQ, puis en fonction de T. Comment s'appelle cette loi ? Déterminer un coefficient liant $\partial T/\partial t$ et $\partial^2 T/\partial x^2$ et donner le nom de ce coefficient.
2. On considère un moteur modélisé par un cube d'arête a . Celui-ci possède une face avec une épaisseur ev de verre, les autres faces possèdent une épaisseur em de métal recouverte d'une épaisseur ei d'un isolant. Avec λv, λm, λi comme conductivités thermiques.
   2.1 Déterminer R'th la résistance thermique de la surface de verre, et R''th , celle des autres surfaces.
   2.2 Exprimer Rtot , la résistance totale et en déduire Pth.


a
a
a

On considère un cylindre parcouru par un courant de densité de courant $\vec{j}$, de conductivité électrique σ . Il y a un dégagement d'énergie par effet Joule.

1. Énoncer la loi de Fourier et discuter son signe.
2. Établir l'équation du champ de température T(x,t) .
3. En se plaçant en régime permanent, résoudre l'équation (les températures des extrémités du cylindre T(0) et T(L) sont fixées).
4. Est-ce que le flux thermique dépend de x ?
5. Quel est le point de fusion de la barre ?

On considère une mole d'un gaz parfait initialement à la température T0=300 K et à la pression p0=10^5 Pa contenue dans un volume V0 . Il subit deux transformations :
La première est une compression isotherme réversible durant laquelle le gaz est porté à une pression p1=2p0
(le piston qui comprime le gaz applique une pression constante p1 durant toute la transformation) et un volume V1 . La seconde est une détente adiabatique irréversible durant laquelle le gaz est porté à une pression p2=p0 (le piston qui comprime le gaz applique une pression constante p2 durant toute la transformation), à un volume V2 et à une température T2

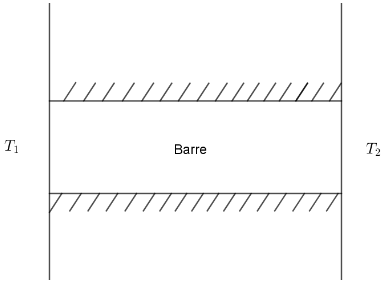
.

On donne γ=Cp/CV=1,4 et R=8,314 J/(mol K) .

1. Représenter ces transformations sur un diagramme (p,t)
   .
2. Calculer le transfert thermique et le travail du gaz lors de la première transformation.
3. Donner deux expressions du travail du gaz lors de la seconde transformation, et en déduire l'expression de T2 en fonction de p0,p1,γ,T1 .
4. Faire l'application numérique et en déduire V2 .
5. Calculer le travail et le transfert thermique du gaz lors de la seconde transformation.

Une barre de masse volumique ρ, de capacité thermique volumique CB et de résistance thermique λ est placée entre un corps à la température initiale T1 et un autre corps à la température initiale T2. Les parois latérales de la barre sont d'ailleurs calorifugées et nous supposons T=T(x;t) .

1. Les corps sont des thermostats.
   Que vaut T(x) en régime établi ?
2. Avec des corps à températures changeantes.
   Soient τb, la durée caractéristique d'évolution de température dans la barre et τ, celle d'évolution de la température dans les corps. Nous considérons que le régime est semi-permanent ; le régime établi est atteint à chaque instant.
   2.1 Quelle est la condition sur $\tau b/\tau$ pour que l'hypothèse soit valable ?
   2.2 Calculez le temps t tel que $T1_0$-$T2_0$=1/2(T1-T2) avec $T1_0$ et $T2_0$ les températures respectives du corps 1 et 2 à ce temps t.


T_1
Barre
T_2

Un moteur cyclique ditherme en contact avec deux thermostats (Tchaud, Tfroid), contient 1 kg d'air que l'on assimilera à un gaz parfait.

1. Donner le signe de Qf, Qc et W.
2. Quel est le rendement de la machine?
3. Enoncer les 1er et 2nd principes de la thermodynamique.
4. Démontrer que le meilleur rendement est atteint lorsque le cycle est réversible et le calculer.

On donne maintenant les transformations suivantes :
A vers B, on n'a pas d'hypothèses lors de la transformation mais $T_a = T_b = T_{froid}$ et on passe de P_o à P_1 ($P_o < P_1$).
B vers C, échauffement monobare.
C vers D, transformation adiabatique réversible.
D vers A, refroidisssment monobare.

1. Donner l'expression numérique de Va, Vb, Vc.
2. Donner l'expression de Vd et Td.
3. Dessiner le cycle de cette machine dans le diagramme de Clapeyron.
4. En supposant que Qf n'est présent que lors de la transformation B vers C, exprimer Qf en fonction de C, gamma, M, m, R, G, Tchaud, Tfroid.

On considère n moles de gaz considéré parfait qui va subir diverses transformations pour partir d'un état A de pression pA et de température T0 pour arriver à un état final B de pression pB et de température T0 également. On étudie alors 3 chemins différents.

1. CHEMIN 1

   On considère un état intermédiaire C tel que la transformation $A \rightarrow C$ soit adiabatique réversible et $C \rightarrow B$ isobare réversible.

   1.1 Déterminer la relation liant R la constante des gaz parfaits ainsi que Cv et Cp .
   1.2 Calculer l'entropie $\Delta S1$ du chemin 1.

2. CHEMIN 2

   On considère une transformation réversible.

   Donner cette transformation et calculer $\Delta S2$.

3. CHEMIN 3

   On considère maintenant une transformation irréversible.

   Donner cette transformation en justifiant son choix puis calculer $\Delta S3$.

4. Faire une application numérique des entropies pour $pB{=}5pA{=}5bar, n{=}1mol, T0{=}300K$.

5. Tracer les 3 chemins dans un diagramme de Clapeyron. Commenter.

On considère un cylindre calorifugé contenant n moles de gaz parfait, de constante de Laplace gamma. Initialement, le gaz occupe un volume V0 à une pression p0, et la pression extérieure est de p1, telle que p0$<$p1.

1. On pousse le piston lentement de façon réversible jusqu'à atteindre une pression p1 à l'intérieur du cylindre. Le gaz occupe alors un volume V2. Exprimer V2 en fonction de V0, p0, p1 et γ.
2. En repartant de l'état initial, on pousse brusquement le piston jusqu'à atteindre p1 à l'intérieur du cylindre. Le gaz occupe alors un volume V1 tel que V1=(V0/γ)*f(p0,p1,γ), où f est une fonction de paramètres p0, p1 et γ.
   - 2.1 Déterminer le lien entre les capacités thermiques massiques d'un gaz à pression et volume constants, et la constante des gaz parfaits R.
   - 2.2 A l'aide du premier principe, déterminer f.
3.
   - 3.1 A l'aide d'un bilan entropique, déterminer lequel des volumes V1 et V2 est le plus grand.
   - 3.2 Placer ces équilibres sur un diagramme de Clapeyron.

La température d'une pomme, lors de son pourrissement, devient plus élevée que la température extérieure Te.

1. On cherche à déterminer la température au cœur de la pomme lors de son pourrissement.

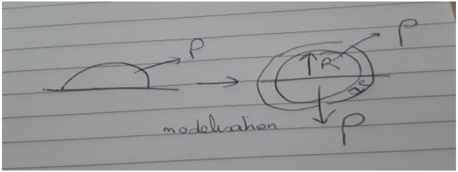
Données : La pomme sera modélisée par une sphère de rayon 4 cm. Pour simplifier le problème, se placer en régime permanent. Plusieurs valeurs numériques étaient données notamment la masse volumique de la pomme, sa conductivité thermique, la puissance volumique créée par la réaction liée au pourrissement de la pomme...

On considère une atmosphère isotherme à T0 . Etaient données en annexe la masse et le rayon de la Terre.

1. Déterminer P(z) et H tel que P(H)=P(z=0)e^{-1} .
2. On suppose désormais que T suit une évolution différente : T(z)=(1-az)T0 , a une constante donnée dans l'énoncé. Déterminer la nouvelle loi de P.

On étudie un ours en hybernation $\lambda = 0.01$ W/K/m de sa fourrure e = 5 cm épaisseur de sa fourrure R = 0.7 m rayon de la boule qui le modèlise Ours a un température de 37 °C et l'extérieur de 2 °C On modélise l'ours par une demi-sphère de rayon R puis par une boule de rayon R comme suit :
P étant la puissance thermique perdue par l'ours pendant son hibernation

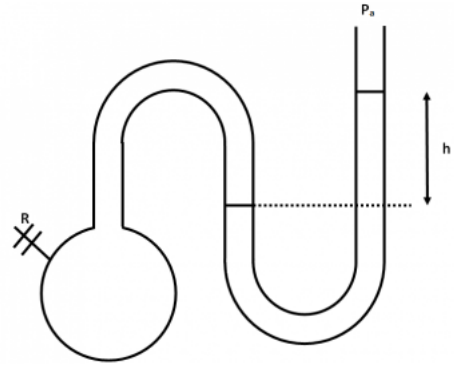
1. Déterminer l'ordre de grandeur de la puissance perdue par l'ours en prannt en compte la résistance thermique
2. Evaluer le flux sortant. application numérique
3. On a un phenomène de conducto-convection avec un coefficient h = 10 W/(m^2K)
   La résistance thermique en est elle modifiée ?
4. L'ours prend sur ses réserves pour garder son corps à 37 °C , 1g de lipide correspond à 32 kJ absorbé, l'ours hibernant 4 mois, quel est sa perte relative de masse ?
5. Ecrire l'équation différent de T à partir du moment où il a épuisé toutes ses réserves.


P
R
P
modelisation
P

On effectue une dilatation d'un gaz parfait à pression initiale P0 et température initiale T0 de deux manières différentes :
1 - Transformation adiabatique réversible (γ constant) ;
2 - Transformation isotherme.

1. Dessiner les deux transformations dans le plan de Clapeyron P=f(V) .
2. Montrer qu'il existe un point du diagramme où le rapport des pentes de l'isotherme et de l'adiabatique réversible est égale à γ .

1. On prend à présent un ballon rempli d'un gaz parfait à la pression P et la température T0. Ce ballon est relié par un robinet (R) à un tuyau (voir schéma) dans lequel réside un liquide dont on peut mesurer la différence de hauteur $h = h0 > 0$ avant d'ouvrir le robinet. À l'extérieur, la pression est celle de l'atmosphère Pa. On définit $\Delta P = P - Pa$ strictement positif avant d'ouvrir le robinet.
   À $t=0$ on ouvre rapidement le robinet (perte de masse négligeable). Il se produit une transformation adiabatique réversible et la hauteur h devient $h1=0$.
   Enfin la température du gaz parfait revient à la température initiale T0 .
   1.1 Dessiner les transformations subies par le gaz parfait.
   1.2 On considère que les variations de pression et de volume sont faibles. Relier h0 et h2 à γ .
   1.3 Application numérique. Calculer γ sachant que h0=2,6cm et que h2=1,6cm.


P$_a$
h
R

On considère une gaine de combustible nucléaire de diamètre D et de longueur considérée comme infinie. La fission nucléaire provoquée à l'intérieur de la gaine fournie une puissance thermique par unité de volume PN. La gaine a une conductivité thermique constante λ. La face externe de la gaine est en contact avec un fluide à la température TS constante. On est en régime permanent.

1. A l'aide d'un raisonnement sur les symétries et les invariances, déterminer la direction du vecteur densité de courant thermique $\vec{j}$Q .
2. 2.1 Déterminer le vecteur $\vec{j}$Q à l'intérieur de la gaine.
   2.2 Déterminer T(r)
3. Déterminer la température maximum Tmax atteinte au sein de la gaine.
4. Application numérique (PN , D, TS, λ étaient fournies)

On considère un mammifère comme une sphère de muscle de rayon R, de puissance volumique p, et de température $T0$. On plonge l'animal dans un milieu de conductivité K et assez loin de l'animal la température est $T\infty$.

1. Trouver une relation entre R,K,p,$T0$ et $T\infty$.
2. Sachant que l'on a $Keau = 500Kair$, expliquer pourquoi il n'existe pas de petits mammifères marins.

On étudie un climatiseur de voiture: l'air rentre dans le climatiseur à une température θ_A=20 °C et à la pression PA=1bar, puis il est compressé adiabatiquement jusqu'à P_B, θ_B. Puis, il subit une détente isobare en échangeant thermiquement avec l'extérieur à la température θext=35 °C. Il est alors à la température θ_C puis il subit une détente adiabatique jusqu'à θ_D et $P_D=P_A$=1bar .

1. Représenter les transformations successives dans un diagramme (P,V).
2. Quelle est la température minimale possible pour θ_C si le climatiseur échange parfaitement avec l'extérieur ?
3. Donner alors la pression P_B si $\theta_C=\theta_{C,mini}$.
4. La puissance du climatiseur est P=120W . Quel est le débit massique du compresseur nécessaire pour que l'air rejeté soit à une température de 5 °C ?
5. Quelle est la puissance fournie en entrée de l'arbre moteur et à la sortie du compresseur (Pméca) ?
6. Calculer alors l'efficacité totale du climatiseur.

Soit une piscine de 50m*20m de surface chauffée à Teau $= 27\ ^\circ$C. Pour faire des économies, on place une bâche d'épaisseur e $=$ 15mm avec un coefficient de transfert thermique $\lambda = 50$ USI.

1. Déterminer la résistance thermique de la couverture Rcouv
2. Sans la bâche, déterminer la résistance thermique Rconv avec le coefficient de transfert conducto convectif entre l'eau et l'air h $= 50$ USI puis comparer.
3. La piscine est ouverte toute l'année du lundi au vendredi de 7h à 21h et le week-end de 9h à 19h. Calculer les gains énergétiques annuels en sachant que la température moyenne annuelle locale est de T$=$11,8 $^\circ$C

On cherche à retrouver la formule de Boltzmann (p=A.exp($-Ej/kBT$)).

1. 1.1 Retrouver la formule de la pression dans l'atmosphère isotherme en considérant l'air comme un gaz parfait p(z) en fonction z l'altitude, p0 la pression au niveau du sol, M la masse volumique de l'air, R la constante des gaz parfait, T la température.
   1.2 Retrouver le facteur de Boltzmann à partir de cette expression.
2. On étudie maintenant un système à deux niveaux d'énergie où les particules peuvent avoir une énergie +E et -E .
   2.1 Donner un exemple concret dans cette situation.
   2.2 Calculer l'énergie moyenne d'une particule <E> .
   2.3 Etudier la valeur de <E>/E à très haute et à très basse température.
   2.4 Tracer le graphe de <E>/E
   2.5 Interpréter physiquement ces résultats.

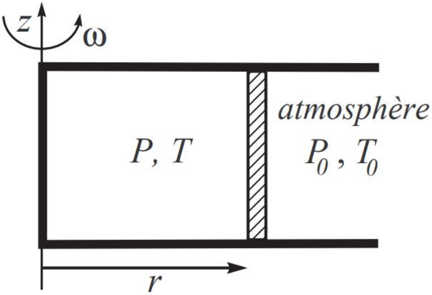
Une centrale électrique est une machine ditherme fonctionnant entre une source chaude T1$=$ 593K (coeur du réacteur)et une source froide constituée par l'eau d'un fleuve à la température T2$=$ 293K. On considère une centrale fournissant à l'alternateur une puissance utile P$=$ 1GW.

1. Dessiner le cycle de Carnot correspondant en indiquant le nom des différentes transformations. Est-ce un cyclemoteur ou récepteur?
2. Déteminer l'expression du rendement maximal atteignable pour une centrale fonctionnant avec ces deux sources.En déduire le rendement effectif η qui est égal à 60% du rendement maximal.
3. Déterminer alors q1 la chaleur par unité de temps reçue de la source chaude.
4. En déduire q2 la chaleur par unité de temps fournie à la source froide.
5. Le débit volumique du fleuve est Dv$=$ 300 m^3/s. En déduire l'élévation de température $\Delta\theta$ du fleuve due au rejet de chaleur de la part de la centrale. Commenter la valeur obtenue. Capacité calorifique massique de l'eau liquide cl$=$ 4180J/(kg.K) Masse volumique de l'eau liquide $\mu=$ 1000kg/(m^3)

1. Rappeler le principe de fonctionnement d'un moteur thermique. On pourra s'aider d'un schéma. On considère maintenant un moteur à explosion, où un gaz considéré parfait décrit le cycle de Beau-Rochas ci-dessous:
   1. Transformation isentropique de (P1,V1)
   à (P2,V2)
   2.Transformation isochore de (P2,V2) à (P3,V3)
   3. Transformation isentropique de (P3,V3) à (P4,V4)
   4. Retour à l'état initial par transformation isochore.
   On pose γ le rapport des capacités thermiques, et on a $a =$ $V2/V1 > 1$.
2. 2.1 Tracer le diagramme de Clapeyron. Le commenter.
   2.2 Exprimer les rapports $T1/T2$ et $T3/T4$ en fonction de a et γ .
   2.3 Exprimer le rendement du moteur en fonction de a et de γ . (il y avait une application numérique mais je ne me souviens pas des valeurs).

Un cylindre calorifugé est mis en rotation de manière progressive à partir de la vitesse nulle jusqu'à la vitesse angulaire ω (qui restera constante) autour d'un axe vertical. Un piston mobile de masse m et de section S glisse sans frottement à l'intérieur du cylindre ; il emprisonne une quantité d'air initialement caractérisée par les conditions P0, T0, V0. L'air sera considéré comme un gaz parfait.

1. Déterminer la pression finale Pf du gaz si l'on admet qu'il a subi une transformation quasi-statique réversible lorsque le piston s'est déplacé de sa position initiale caractérisée par r0 jusqu'à sa position d'équilibre caractérisée par rf .
2. En déduire la vitesse angulaire ω et la température finale Tf du gaz.
3. Données : $\mathrm{P0} = 1\ 013$ hPa ; $\mathrm{S} = 10\ \mathrm{cm}^2$; $\mathrm{r0} = 10$ cm ; $\mathrm{rf} = 12$ cm ; $\mathrm{m} = 1$ kg ; $\mathrm{T0} = 293$ K et $\gamma = 1,4$. Calculer numériquement Pf , Tf et ω.


z
ω
P, T
atmosphère
P0 , T0
r

Une piscine initialement à température ambiante Tf est chauffée à l'aide d'une pompe à chaleur réversible reliée à l'air ambiant (température Tf) jusqu'à la température Tc. On note T la température de la piscine. La pompe à chaleur fonctionne par cycles infinitésimaux. On note c la capacité thermique massique de l'eau et m la masse d'eau contenue dans la piscine.

1. Représentez la situation sous la forme d'un schéma faisant apparaître clairement le sens des transferts thermiques et énergétiques, Qc, Qf et W.
2. 2.1 En utilisant le 2nd principe de la thermodynamique sous forme différentielle, exprimer Qc et Qf en fonction des données de l'énoncé.
   2.2 En utilisant le premier principe, exprimer le travail W fourni par la PAC.
   2.3 Exprimer le coefficient de performance e de la PAC.
3. Réaliser l'application numérique pour Tf=291K et Tc=299K. Conclure.

On considère une mole de gaz parfait subissant le cycle de Beau de Rochas qui se présente comme suit:

A $\rightarrow$ B : Compression adiabatique réversible amenant le système du volume V1 au volume V2

B $\rightarrow$ C : Compression isochore réversible

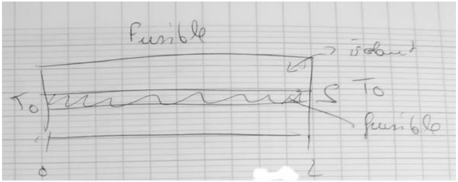
C $\rightarrow$ D : Détente adiabatique réversible

D $\rightarrow$ A : Détente isochore réversible

1. Enoncer le premier principe de la thermodynamique
2. Donner la loi de Laplace. A quelles conditions peut-on l'appliquer ?
3. Tracer le cycle de Beau de Rochas dans le diagramme de Watt.
4. Définir le rendement d'un cycle. Calculer le rendement r de ce cycle en fonction des températures aux états A, B, C et D et des autres paramètres du problème (formulée tel quel dans l'énoncé)

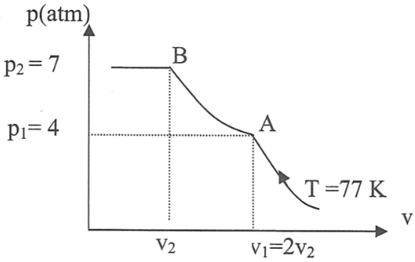
On considère un fusible comme représenté dans le schéma ci-dessous. On donne $R=L/(\gamma S)$, la résistance électrique du fusible. Il est parcouru par un courant I.

1. Rappeler la loi de Fourier.
2. Donner l'unité de λ .
3. Déterminer dP_J la puissance Joule reçue par la portion de fusible comprise entre x et x+dx .
4. En effectuant un bilan énergétique pour cette même portion de fusible, entre les instants t et t+dt , établir l'équation suivante : $d^2T/dx^2+I^2/(\gamma\lambda S^2)=0$.
5. Exprimer T(x) et dessiner son graphe. En quelle abscisse le fusible fond-il en premier ?
6. On désire faire un fusible qui fond à Tfus=505 K pour Im=10 A. Déterminer la section S adaptée. On donne λ=66,6 SI, γ=6.106 SI et T0=291 K.


Fusible
isolant
T_0
S
T_0
fusible
0
L

Un mélange gazeux de dioxygène et de diazote est comprimé de façon isotherme à la température T=77K. La pression de vapeur saturante du diazote est supérieure à celle du dioxygène.

1. Commenter l'allure de la courbe d'évolution de la pression totale en fonction du volume.
2. Déterminer les pressions de vapeur saturante Ps1 et Ps2, respectivement du dioxygène et du diazote, à la température T=77K.


p(atm)
$p_2 = 7$
B
$p_1 = 4$
A
T =77 K
v
v_2
$v_1=2v_2$

On étudie un laser : un photon incident vient stimuler un photon d'émission qui à son tour va stimuler un autre photon. (Résumé approximatif)

Système à 2 niveaux d'énergies E1=-E et E2=+E et à N particules.

1. Calculer le rapport de probabilité du système à l'équilibre thermodynamique.
2. Calculer ensuite le rapport N1/N2 où N1 et N2 représentent le nombre de particules associées aux niveaux E1 et E2. Application numérique pour une condition usuelle de température.
3. Que se passe-t-il en haute température ?
4. Le laser utilise les principes d'émission et d'absorption de photon. On parle de changement de population pour le principe de fonctionnement du laser. Expliquez.
5. Energie du système et capacité thermique du système.

On considère un cylindre d'axe Ox, de rayon r et de longueur L calorifugé sur sa surface latérale. L'extrémité en x=0 est plongée dans un four à la température TF tandis que l'autre extrémité en x=L est à la température T0 . On se place en régime stationnaire.

1. 1.1 Déterminer l'expression de Rth de la barre.
   1.2 En effectuant un bilan d'entropie, déterminer l'entropie créée par unité de temps.
2. On suppose maintenant un échange convectif avec le fluide extérieur sur la surface latérale du cylindre ; l'extérieur est à la température T0 . Déterminer l'équation différentielle vérifiée par T(x) .
   Indication écrite sur le sujet : on rappelle que l'échange convectif est proportionnel à un coefficient d'échange h et à la différence de température entre le fluide et le matériau