Exercice 1 :

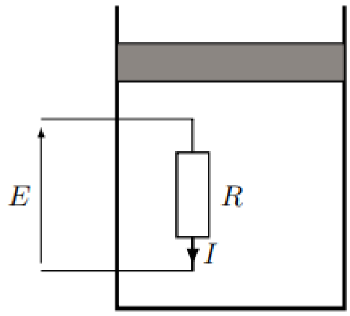
L'état initial d'une mole de gaz parfait est caractérisé par $P_0 = 2.10^5$ Pa , $V_0 = 14$ L .
On fait subir successivement à ce gaz les transformations réversibles suivantes :
· une détente isobare qui double son volume ;
· une compression isotherme qui le ramène à son volume initial ;
· un refroidissement isochore qui le ramène à l'état initial.
1. A quelle température s'effectue la compression isotherme ? En déduire la pression maximale atteinte.
2. Représenter le cycle de transformations dans le diagramme (P ,V) .
3. Calculer les travaux et transferts thermiques échangés par le système au cours du cycle, soient W_1 , W_2 , W_3 , Q_1 , Q_2 et Q_3 en fonction de P_0 , V_0 et $\gamma = C_p / C_v = 1{,}4$ (supposé constant dans le domaine de températures étudié).

Exercice 2 :

Un des premiers moteurs à combustion interne fonctionne de la manière suivante :
· l'air et le carburant sont admis dans le cylindre ; à la fin de la phase d'admission, l'air se trouve dans l'état A (P_1 , V_1 , T_1) ;
· la combustion du carburant (phase d'explosion) provoque une augmentation brutale de la pression à volume constant et fournit un transfert thermique Q_1 ; à la fin de la phase, les gaz résiduels sont dans l'état B (P_2 , V_1 , T_2) ;
· ils se détendent ensuite de manière adiabatique jusqu'à l'état C (P_1 , V_2 , T_3) , les paramètres étant en permanence connus (état d'équilibre thermodynamique interne) ;
· enfin, les gaz s'échappent du cylindre à la pression constante P1 et un nouveau cycle recommence. En négligeant la quantité de matière de carburant liquide, on assimilera l'air et les gaz brûlés à un gaz parfait dont le coefficient γ (rapport des capacités thermiques à pression constante et à volume constant) vaut $\gamma = 1{,}4$.
1. Représenter, dans le diagramme de Clapeyron, le cycle de transformations A B C A des gaz (air ou gaz brûlés) dans le cylindre.
2. Calculer le travail W échangé par une mole de gaz au cours du cycle en fonction de γ et des températures T_1 , T_2 et T_3.
3. Le rendement r de ce moteur est par définition :
r = Travail fourni par le moteur / Transfert thermique reçu par le gaz pendant la combustion du carburant .
Calculer ce rendement, d'abord en fonction de γ , T_1 , T_2 et T_3 , puis en fonction de γ et du rapport des volumes $a = V_2/V_1$. Calculer r pour a = 4.

Exercice 3 :

Un cylindre est fermé par un piston. Le piston de masse négligeable, initialement à l'équilibre, peut coulisser sans frottement. Le cylindre contient $V_1 = 0{,}5$ m^3 de diazote à la pression $P_1 = 400$ kPa et à la température $T_1 = 27$°C.
L'élément chauffant est allumé à t = 0 et un courant d'intensité I = 2A y circule durant une durée $\Delta t = 5$ min sous la tension E = 120 V. Au cours de cette transformation, l'ensemble {cylindre, diazote, piston} cède à l'extérieur un transfert thermique $Q_{cédé} = 2800$ J.
Déterminer la température finale du diazote.
On donne la masse molaire de l'azote $M_N = 14$ g.mol^{-1} et la capacité thermique massique à pression constante $c_p = 1{,}039$ kJ.kg^{-1}.K^{-1}.
Déterminer la température finale du diazote.



Exercice 4 :

Un récipient contenant une quantité de matière n d'un gaz parfait monoatomique est fermé par un piston mobile de masse nulle. A l'extérieur, se trouve l'atmosphère à pression $P_0 = 1$ bar et $T_0 = 298$ K.
Les parois sont supposées diathermes.

1. Donner un exemple de gaz monoatomique.
   Une personne pousse le piston de manière réversible jusqu'à atteindre $P_1 = 2P_0$.
2. Rappeler la définition d'une transformation réversible.
3. Quelle est la température finale T_1 du gaz au terme de la transformation ?
4. Exprimer le travail W_1 reçu par le gaz en fonction de T_0 et n.
5. En déduire le transfert thermique Q_1 reçu par le gaz. Le gaz cède-t-il ou reçoit-il de l'énergie thermique ?
6. Calculer alors la variation d'entropie ΔS reçu par le système.

On reprend la même expérience (même état initial et même pression finale) mais cette fois l'augmentation de pression se fait brusquement.

7. Quelle valeur prend la température T_2 dans le nouvel état final ?
8. Calculer le travail W_2 et le transfert thermique Q_2.
9. En déduire la variation d'entropie ΔS reçu par le système ainsi que l'entropie échangée et l'entropie créée.
10. La transformation est-elle réversible ?

Exercice 5 :

On comprime de manière réversible une masse m = 8 g d'argon (M = 40 g.mol^{-1}), supposé être un gaz parfait monoatomique, de la pression P_1 = 1 bar à la pression P_2 = 10 bar, à la température constante T = 298 K.

1. Calculer les volumes V_1 et V_2 d'argon à l'état initial puis à l'état final.
2. Exprimer puis calculer numériquement le travail W et le transfert thermique Q reçus par le gaz lors de cette compression. Discuter du signe de W.

Exercice 6 :

Un gaz supposé parfait décrit un cycle moteur composé de deux isothermes (source chaude de température T_1 et source froide de température T_2) et de deux isochores.

1. Tracer l'allure du cycle dans le diagramme (P,V).
2. Montrer que les transferts thermiques au cours des deux évolutions isochores sont opposés.
3. On admet que ces échanges de chaleur se font avec un régénérateur interne à la machine et que seuls les échanges thermiques avec l'extérieur ont lieu durant les phases isothermes. Déterminer le rendement du cycle. Commenter.

Exercice 7 :

On dispose de deux récipients calorifugés contenant chacun une masse m = 10^3 kg d'eau liquide. L'un est à la température T_{10} = 360 K, l'autre à la température T_{20} = 280 K. Chacun de ces récipients sert de pseudo-source à un moteur thermique. Au cours d'un cycle de la machine, la variation de température de l'eau de ces récipients est supposée négligeable. Déterminer le travail maximal que l'on peut espérer retirer de ce dispositif.

Exercice 8 :

On souhaite chauffer l'eau d'une piscine avec une pompe à chaleur. Le volume de la piscine est de 100 m^3 et sa température est T_p = 20°C. La température de l'air est T_a = 18°C. La pompe fonctionne réversiblement entre ces deux sources, de sorte que l'eau se réchauffe lorsque la pompe reçoit un travail W sous forme d'énergie électrique.
Capacité thermique massique de l'eau c = 4 180 J.K^{-1}.kg^{-1}

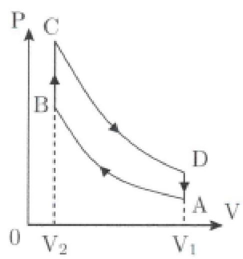
1. Préciser quelles sont les sources chaude (1) et froide (2) et indiquer le signe des transferts thermiques reçus par le fluide de la pompe à chaleur.
2. Calculer W le travail fourni à la pompe à chaleur lorsque l'eau atteint une température de 30°C.
3. Exprimer le coefficient d'efficacité de la pompe.
4. Quelle est la durée de chauffe de la pompe de puissance P = 6 kW.
5. Quelle aurait été la durée de chauffe si le propriétaire avait utilisé une résistance chauffante traversée par une intensité de 50 A sous 230 V ?

Exercice 9 :

Une mole d'un gaz parfait de coefficient γ décrit le cycle (ABCDA). Les transformations A$\rightarrow$B et C$\rightarrow$D sont adiabatiques et réversibles.

On note a =V_1/V_2 le rapport volumétrique de compression. On donne a = 1 0 et γ = 1,4.

1. A quel type de machine correspond ce cycle ? Justifier.
2. Définir puis exprimer le rendement de cette machine en fonction des températures puis en fonction de a et γ uniquement. Calculer le rendement.



Exercice 10 :

Dans un moteur à explosion, le fluide, de masse m = 2,9 g, assimilé à un gaz parfait diatomique de masse molaire M = 29 g.mol^{-1} suit une évolution cyclique réversible ABCD, constituée de deux portions isentropiques, AB et CD séparées par deux portions isochores, BC et DA.

Les températures et les pressions aux points A et C sont respectivement :

T_A = 290 K ; p_A = 1 bar ; T_C = 1450 K ; p_C = 40 bar

En outre, le taux de compression $a = V_A/V_C$ est égal à 8.

1. Quelle équation relie la pression et le volume le long des courbes AB et CD ? Calculer les pressions, en bar, P_B et p_D en B et D, ainsi que les volumes en litre en ces points.
2. Représenter avec soin le cycle ABCD dans le diagramme de Clapeyron (p, V). Justifier le sens de description du cycle.
3. Calculer, en kJ, le travail et la chaleur reçus (algébriquement) par le gaz sur chaque portion du cycle. Vérifier l'existence d'une relation simple entre toutes les grandeurs calculées.
4. Quelle est l'efficacité r de ce cycle moteur, c'est-à-dire le rapport du travail fourni au milieu extérieur sur la chaleur reçue de la part des sources chaudes représentées sur la portion BC du diagramme ? Comparer cette efficacité à l'efficacité r_C d'un cycle moteur ditherme de Carnot fonctionnant entre les températures T_A et T_C. Commenter.

Exercice 11 :

Une pompe à chaleur effectue le cycle de Joule inversé suivant. L'air pris dans l'état A de température T_0 et de pression P_0 est comprimé suivant une adiabatique quasistatique jusqu'au point B où il atteint la pression P_1. L'air est ensuite refroidi à pression constante et atteint la température finale de la source chaude T_1 correspondant à l'état C. L'air est encore refroidi dans une turbine suivant une détente adiabatique réversible pour atteindre l'état D de pression P_0. Il se réchauffe enfin à pression constante au contact de la source froide et retrouve son état initial.

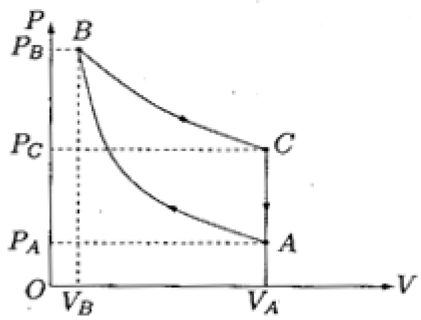
L'air est considéré comme un gaz parfait de coefficient isentropique $\gamma = 1,4$. On pose $a = P_1/P_0$.

On prendra $T_0 = 283K$, $T_1 = 298K$, $a = 5$.

1. Représenter l'allure du cycle parcouru par le gaz dans le diagramme (P, V).
2. Rappeler les conditions nécessaires pour assurer la validité des formules de Laplace. Donner la formule relative à la pression et la température.
3. En déduire l'expression des températures T_B et T_D des états B et D en fonction de T_0, T_1, a et γ. Calculer T_B et T_D.
4. Exprimer l'efficacité e de la pompe à chaleur en fonction des transferts thermiques. En déduire e en fonction de a et γ. Donner sa valeur numérique.
5. Etablir l'efficacité de Carnot et donner sa valeur numérique.
6. Comparer les deux efficacités et donner une explication à ce résultat.

Exercice 12 :

Une masse m de gaz parfait, de rapport $\gamma = 1,4$, parcourt le cycle représenté.
Le gaz est initialement dans l'état A caractérisé par une pression $P_A = 10^5$ Pa, une température $T_A = 144,4$ K et un volume $V_A = 4,14.10^{-4}$ m^3.
Il subit une évolution isentropique qui l'amène à la température $T_B = 278,8$ K.



1. Calculer la pression P_B et le volume V_B dans l'état B.
2. Le gaz est mis en contact avec une source à la température T_B et subit une détente isotherme réversible qui ramène son volume à sa valeur initiale V_A.
3. Calculer la pression P_C dans l'état C.
4. Calculer la variation d'entropie ΔS_{BC} au cours de son évolution isotherme BC.
5. Le gaz dans l'équilibre C est mis alors en contact avec une source à la température T_A tandis que son volume est maintenu constant à la valeur initiale V_A.
6. Calculer la variation d'entropie ΔS_{CA} au cours de son évolution isochore.
7. Calculer le transfert thermique Q_{CA} échangée avec la source.
8. En déduire la valeur de l'entropie créée $S_{cr,CA}$ au cours de l'évolution isochore. Quelle est la cause de la création d'entropie ?

Exercice 13 :

Un calorimètre est une enceinte calorifugée. Il contient une masse d'eau m_1 à la température T_1. On y ajoute une masse d'eau m_2 à la température T_2. On note c la capacité thermique massique de l'eau.

1. En notant T_f la température finale du mélange et en appliquant le premier principe à l'ensemble m_1 et m_2, exprimer T_f.

Données:

$m_1 = 95$ g; $m_2 = 71$ g; $T_1 = 20,0$ °C; $T_2 = 50,0$ °C; capacité thermique massique de l'eau $c = 4,18$ J.g^{-1}.K^{-1}.

2. La température mesurée en réalité est inférieure à T_f parce que la paroi du calorimètre initialement à la température T_1 se réchauffe aussi. En exprimant la variation d'énergie interne de chaque constituant du système (m_1, m_2 et le calorimètre) puis en appliquant le premier principe à ce système, en déduire la capacité thermique C du calorimètre.

Données: T_f = 31,3°C.

3. On procède à une seconde expérience. Le même calorimètre contient maintenant une masse d'eau m_3 à la température T_3. La température initiale du calorimètre vaut T_3. On y plonge un échantillon métallique de masse m_4 sortant d'une étuve à la température T_4. La température observée est T_f'. Connaissant la capacité thermique de l'eau et celle du calorimètre, déterminer celle du métal.

Données: m_3 = 100 g; T_3 = 15,0°C; m_4 = 25 g; T_4 = 95,0°C; T_f' = 16,7°C.

Exercice 14 :

Un calorimètre de capacité thermique C = 209 $J.K^{-1}$ contient une masse d'eau m = 300 g à la température T = 18°C en équilibre thermique avec le vase intérieur. On introduit alors les masses :

- m_1 = 50 g de cuivre à T_1 = 30°C
- m_2 = 30 g de plomb à T_2 = 80°C
- m_3 = 80 g de fer à T_3 = 50°C

Quelle est la température finale T_f d'équilibre ?

Données : capacités thermiques massiques :

c_{Pb} = 129,5 $J.kg^{-1}.K^{-1}$

c_{Cu} = 452 $J.kg^{-1}.K^{-1}$

c_{Fe} = 385 $J.kg^{-1}.K^{-1}$

c_{eau} = 4185 $J.kg^{-1}.K^{-1}$