**Final**

**Exercice n°1 : Machines thermiques**

Un fluide décrit le cycle réversible ci-contre dans le sens (1, 2, 3, 4, 1) ou dans le sens (1, 4, 3, 2, 1). Les transformations 12 et 34 sont des isochores et les transformations 23 et 41 sont des isothermes. Les pressions, volumes, températures sont notés respectivement P, V , T.

Toute grandeur affectée d’un indice i {1, 2, 3, 4} se rapportera respectivement aux points 1,2,3,4 du diagramme.

1. Donner la signification de l’aire intérieure du cycle dans le diagramme de Clapeyron. Tracer ce cycle en sachant que V4 = 2 V1, T1 = 300 K, T2 = 400 K. Dans quel sens sera parcouru le cycle s’il est moteur ?
2. On note Qij et Wij les chaleur et travail échangés par le fluide lors d’une transformation ij. Le fluide se comportant comme un gaz parfait, exprimer Q23 et W23, Q41 et W41, W12 et W34, Q12 et Q34.
3. On étudie le cycle dans le sens moteur. En raison de la technologie du moteur, la seule chaleur réellement dépensée est celle qu’on fournit au fluide sur l’isotherme T2. Écrire le rendement du moteur en fonction des Qij.
4. Le coefficient isentropique du gaz parfait est  = 7/5. Le cycle est parcouru par une mole de gaz parfait. Calculer Q12, Q23 et Q41.
5. Exprimer le rendement en fonction de T1 et T2 et le calculer numériquement. R = 8, 314 J.K−1.mol−1.

**Exercice n ° 2 : Turbomoteur**

Un turbomoteur est constitué d’un compresseur, d’une chambre de combustion, d’une turbine à gaz et d’un échangeur thermique. Dans l’état initial A, l’air considéré comme un gaz parfait est pris sous la température T0 = 290 K et à la pression P0 = 1 bar (M = 29 g.mol−1 ;  = 1, 4).

On fait subir à une masse m = 1 kg un cycle dont on suppose toutes les transformations réversibles et qui se compose de différentes étapes :

- L’air est initialement comprimé isentropiquement de A à B où sa pression est P1. On note le taux de compression :  = P1/P0 = 5.

- Le carburant est alors injecté dans l’air comprimé et la combustion se fait à pression constante dans la chambre de combustion ; le carburant introduit ne modifie pas sensiblement le nombre de moles du fluide qui décrit le cycle. BC est une détente isobare.

- Les gaz à température élevée pénètrent dans la turbine où ils subissent une détente isentropique jusqu’à un état D caractérisé par P0.

- Enfin, ils sont soumis à un refroidissement isobare réversible dans un échangeur thermique jusqu’à retrouver leurs conditions physiques initiales.

1. Représenter les évolutions du gaz dans le diagramme de Clapeyron (P, V) et le diagramme (T, S).
2. Déterminer les relations entre les températures et pressions sur les transformations isentropiques.
3. Déterminer les expressions des quantités de chaleur sur les 4 phases du cycle en fonction des températures.
4. Définir le rendement de ce cycle en fonction des températures puis en fonction de  et de .
5. Calculer ce rendement.
6. Calculer la température T1 du gaz dans l’état B.
7. Calculer la température maximale atteinte par les gaz de combustion sachant que m1 = 50 g de carburant ont été injectés dans l’air et que le pouvoir calorifique de ce carburant est q = 50 000kJ.kg−1.

Données : R = 8, 314 J.K−1.mol−1., Cp = 1 kJ/kg.K

**Exercice n ° 3 : Pompe à chaleur**

Une pompe à chaleur fait décrire des cycles réversibles à un fluide qui est le siège de transferts thermiques avec l’air extérieur considérée comme source froide et de température constante Te et avec la pièce de capacité thermique C considérée comme une source chaude de température évolutive que l’on note T. Le moteur affecté à cette pompe lui fournit une puissance moyenne P. La pièce est supposée être parfaitement isolée thermiquement et initialement aérée donc à température de l’air extérieur ; on met en marche la pompe à chaleur à une date prise comme origine t = 0.

1. Schématiser les différents échanges de chaleur (Qc et Qf) et de travail (W) entre le système pompe à chaleur et les deux sources et préciser les signes des échanges.
2. Exprimer la quantité de chaleur Qc lorsque la température varie de Te à T.
3. A l’aide du deuxième principe de la thermodynamique, trouver alors l’expression de Qf.
4. À l’aide du premier principe de la thermodynamique, montrer que la loi donnant l’évolution de la température de la pièce au cours du temps est :



AN : Te = 275 K, P = 300 W, C = 4 272 kJ.K−1.

1. Calculer la quantité de chaleur fournie à la source chaude, le travail et la durée de fonctionnement de la pompe pour élever la température de la pièce de Te à Ti = 291 K.
2. Définir le coefficient de performance d’une pompe à chaleur.

En réalité, la machine n’est pas parfaite et les causes d’irréversibilité font que son rendement

comparé à une machine idéale est r = 0, 6.

1. En déduire, dans le cadre de l’application numérique précédente, le pourcentage de gain entre le chauffage par pompe à chaleur et le chauffage direct par résistance chauffante de même puissance P = 300 W.

Il est évident que le modèle précédent a ses limites et que l’isolation thermique de la pièce ne peut pas être parfaite. On considère alors que la pièce est le siège d’un transfert thermique vers l’extérieur caractérisé par la puissance de fuite : Pf = = −aC (T − Te), où a est une constante positive qui caractérise la déperdition. La température de la pièce étant Ti = 291 K et la pompe étant arrêtée, on constate que la température baisse de 0, 4 K en une heure.

1. Exprimer le coefficient a et le calculer.