UNIVERSITE DE LILLE
Méca 4 Polytech

# Devoir surveillé de Thermodynamique

Jeudi 10 novembre 2022

**Durée : 2 h. Sans documents.**

## Exercice 1

Une masse $m$ d'hélium, un gaz monoatomique qu'on modélisera avec un gaz parfait, subit deux transformations réversibles. La première est une transformation isotherme de l'état $A$ à l'état $B$, à la fin de laqeulle le volume occupé par le gaz a doublé. La deuxième est une transformation adiabatique, de l'état $B$ à l'état $C$, pour lequel la pression $p_C$ est égale à la pression initiale $p_A$.

Q1) Sachant que pour un gaz monoatomique $c_v = 3r/2$, calculer l'indice adiabatique $\gamma = c_p/c_v$, où $c_p$ et $c_v$ sont les chaleurs massiques à pression constante et à volume constant, respectivement, et $r$ est la constante massique de ce gaz.

Q2) Déterminer les expressions des variables thermodynamiques caractérisant l'état $B$ en fonction de celles de l'état $A$.

Q3) Déterminer les expressions des variables thermodynamiques caractérisant l'état $C$ en fonction de celles de l'état $A$. Tracer schématiquement ensuite les deux transformations ($A \to B$ et $B \to C$) dans le plan $(p, V)$.

Q4) Déterminer les expressions du travail total $W_{tot}$ et de la quantité de chaleur totale $Q_{tot}$ échangés par le gaz au cours des deux transformations. Montrer qu'elles ne dépendent que de $T_A$ (ainsi que, bien sûr, de $m$ et $r$).

Q5) En prenant $V_A = 1l$, $T_A = 27^oC$, $m = 4g$, $r = 2077J/(K\,kg)$, calculer les valeurs numériques de $P_C$, $T_C$, $V_C$, $W_{tot}$, $Q_{tot}$.

## Exercice 2

Un gaz parfait, de masse $m$, subit quatre transformations réversibles, connues sous le nom de cycle de Diesel :
- $1 \to 2$ : adiabatique,
- $2 \to 3$ : isobare (combustion),
- $3 \to 4$ : adiabatique,
- $4 \to 1$ : isochore.

Ce cycle est caractérisé par deux quantités importantes : le taux de compression volumique $\alpha = V_{max}/V_{min}$ (avec $V_{max}$ et $V_{min}$ les volumes maximal et minimal occupés par le gaz, respectivement), et le rapport de détente préalable $\beta$ entre les volumes à la fin et au début de la combustion isobare.

Dans cet exercice on se propose de calculer l'expression du rendement de ce cycle. Seulement à la fin, en utilisant des valeurs typiques, on calculera sa valeur numérique.

Q1) Tracer schématiquement le cycle dans le plan $(p, V)$. Dans quelle sens doit-il tourner ? Justifier la réponse.

Q2) Déterminer les expressions des quantités de chaleur échangées au cours des différentes transformations, en fonction des températures correspondantes. Identifier la quantité de chaleur reçue $Q_C$ et la quantité de chaleur cédée $Q_F$, en précisant leurs signes.
Ici on suppose de connaître la chaleur massique à pression constante $(c_p)$ et la chaleur massique à volume constant $(c_v)$.

Q3) A partir du premier principe de la thermodynamique, exprimer le travail total en fonction des quantités de chaleur $Q_C$ et $Q_F$. Sans faire de calculs supplémentaires, préciser le signe de ce travail.

Q4) Montrer que le rendement peut s'écrire comme :

$$\eta = 1 + \frac{c_v(T_1 - T_4)}{c_p(T_3 - T_2)}\,.$$

Q5) A partir de la loi de Laplace, déterminer les rapports des températures $T_1/T_2$ et $T_3/T_4$ en fonction des rapports $\alpha$ et $\beta$ (ainsi que de $\gamma = c_p/c_v$, bien sûr).

Q6) Exprimer la température à la fin de la transformation isobare en fonction de celle au début de la même transformation, et de $\beta$.

Q7) Exprimer le rendement $\eta$ en fonction de $\alpha$, $\beta$, $\gamma$.

Q8) Calculer la valeur numérique du rendement pour $\gamma = 1,4$, $\alpha = 16$, $\beta = 1,5$.