

Thermodynamique II. SMP. Année 2016/2017.

Semestre 3. TD n°1.

Exercice 1. Gaz parfait. Grandeurs massiques.

Soit M la masse molaire d'un gaz parfait et soit γ le rapport de ses capacités thermiques ou calorifiques à pression constante C_P et à volume constant C_V .

1. Exprimer les *chaleurs spécifiques* ou *capacités thermiques massiques* c_P et c_V en fonction de γ et de R . Préciser leurs unités sachant que R est en kJ/kmol. K.
2. Donner les expressions de l'*équation d'état*, des variations de l'*énergie interne massique* et de l'*enthalpie massique* d'un gaz parfait à l'aide des *grandeurs massiques* du gaz.
3. Calculer les capacités thermiques massiques c_P et c_V ainsi que le volume massique du gaz sachant que $R = 8,314$ kJ/kmol.K, $P = 10^5$ Pa, $T = 300$ K, $M = 29$ g/mol et $\gamma = 1,4$.

Exercice 2. Gaz parfait. Travail et Chaleur.

Un gaz parfait enfermé dans un cylindre muni d'un piston mobile effectue une transformation réversible entre les états (1) et (2) au cours de laquelle la pression du gaz et son volume sont liés par :

$$PV^a = \text{const.} \quad (a \text{ réel positif})$$

1. Exprimer le travail δW échangé par le gaz en fonction de la variation de température dT dans le cas où $a \neq 1$.
2. En déduire l'expression de la chaleur δQ échangée par le gaz en fonction de dT .
3. On définit la capacité thermique à "*a constant*" par $\delta Q = C_a dT$. Exprimer cette capacité en fonction de la capacité thermique à volume constant C_V .

Exercice 3. Application du premier principe et du second principe.

Un *système monophasé* est un *système homogène* qui peut être décrit par deux variables uniquement choisies parmi les variables température, volume et pression.

1. Rappeler les expressions des différentielles de l'énergie interne, de l'enthalpie et de l'entropie lorsqu'un système monophasé effectue une transformation infinitésimale réversible.
2. En écrivant que ces différentielles sont des différentielles totales exactes, exprimer les coefficients calorimétriques l et h ainsi que la différence $C_P - C_V$ des capacités thermiques uniquement en fonction de T et des dérivées partielles $(\partial P/\partial T)_V$ et $(\partial V/\partial T)_P$.
3. *Application au gaz parfait.* Déterminer les expressions des grandeurs précédentes dans le cas d'un gaz parfait. Que peut-on en déduire quant à l'énergie interne et à l'enthalpie d'un gaz parfait ?

4. *Application au gaz de van der Waals.* Un gaz de van der Waals caractérisé par les constantes a et b est un gaz réel dont l'équation d'état est :

$$\left(P + \frac{n^2 a}{V^2}\right)(V - nb) = nRT$$

4.1. Donner les unités des constantes a et b .

4.2. Déterminer l'expression du coefficient l de ce gaz. En déduire l'expression de la variation de l'énergie interne de ce gaz. Commenter.

Exercice 4. Transformations réversibles et irréversibles d'un gaz parfait. Entropie créée.

1. Rappeler les signes de la variation d'entropie et de l'entropie créée lors d'une transformation d'un système qui échange de la chaleur avec son milieu extérieur. Indiquer deux cas où l'entropie échangée peut être facilement évaluée.

2. *Transformation adiabatique.* Un gaz parfait initialement à la température T_1 sous la pression P_1 et occupant un volume V_1 évolue lors d'une transformation adiabatique vers un état où la pression est P_2 .

2.1. *Transformation réversible.* Déterminer la température finale T_2 , le volume final V_2 , le travail W échangé et l'entropie créée S_C dans ce cas.

2.2. *Transformation irréversible.* La transformation se fait rapidement à *pression extérieure constante*. Déterminer la pression extérieure, la température finale T'_2 , le volume final V'_2 , le travail échangé W' et l'entropie créée S'_C .

3. *Contact avec une source de chaleur à la température T_0 .* Un gaz parfait initialement sous la pression P_1 et occupant un volume V_1 en contact avec une source de chaleur à la température T_0 évolue vers un état où la pression est P_2 .

3.1. Déterminer les températures initiale T_1 et finale T_2 ainsi que le volume final V_2 .

3.2. *Transformation réversible.* Déterminer le travail W échangé, la chaleur Q échangée et l'entropie créée S_C .

3.3. *Transformation irréversible.* La transformation se fait rapidement à *pression extérieure constante*. Déterminer la pression extérieure, le travail W' échangé, la chaleur Q' échangée et l'entropie créée S'_C .
