

TD1 – Gaz parfaits

1 Capacité calorifique de l'air

L'air sec, assimilé à un gaz parfait, contient, en pourcentage molaire, 21 % de dioxygène (O_2), 78 % de diazote (N_2) et 1 % d'argon (Ar). Pour ces trois constituants, les tables thermodynamiques donnent les renseignements suivants pour une pression de 1 bar :

Constituant	Masse molaire (g mol^{-1})	$c_{p,i}$ ($\text{J mol}^{-1} \text{K}^{-1}$)
Dioxygène	32.000	$28.093 + 0.0042 T$
Diazote	28.013	$28.948 + 0.00065 T$
Argon	39.948	20.786

- Pour le mélange de gaz parfaits que constitue l'air, calculer :
 - sa masse molaire ;
 - la valeur de sa constante massique r ;
 - l'expression de sa capacité calorifique massique à pression constante.
- Quelle doit être la puissance théorique d'un radiateur électrique soufflant pour porter, à pression constante, une masse d'air de 100 kg de 15 °C à 20 °C en 10 min.

2 Étude de divers modes de compression d'un gaz parfait non idéal

Pour comprimer, jusqu'à la pression $P_1 = 2.5$ bar, un système thermoélastique physique fermé constitué de 10 kg de méthane initialement à la pression $P_0 = 1$ bar et à la température $T_0 = 18$ °C, on envisage successivement les divers chemins suivants :

- la compression est isotherme ;
- la compression est adiabatique et réversible ;
- la compression est réalisée au moyen d'une pression extérieure constante égale à 2.5 bar :
 - de façon adiabatique ;
 - de façon monotherme.

Déterminer pour chacun de ces modes de compression :

- la température T_1 et le volume V_1 du système dans l'état final ;
- la variation d'énergie interne du méthane ;
- le travail et la chaleur échangés.

Données :

- le méthane est un gaz parfait de masse molaire $M = 16.043 \text{ g mol}^{-1}$;
- la capacité calorifique molaire à pression constante du méthane exprimée en fonction de la température T (en K) :

$$c_p(T) = a + bT$$

où $a = 22 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ et $b = 4.53 \times 10^{-2} \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-2}$.

3 Calcul de la variation d'enthalpie d'un système

Un cylindre horizontal est muni d'un piston qui peut se déplacer sans frottements. Les parois du cylindre et le piston sont parfaitement isolants. Initialement le cylindre contient 10 L de gaz parfait diatomique idéal ($c_p = 7/2R$) en équilibre thermique et mécanique avec le milieu ambiant. Ce dernier est à la température constante T_e de 300 K et à la pression constante P_e de 1 bar. À l'aide d'une résistance placée dans le cylindre on chauffe lentement le gaz jusqu'à la température T_1 de 400 K. Calculer la chaleur apportée par la résistance.

4 Détente polytropique d'un gaz parfait

On considère la détente polytropique réversible d'un gaz parfait le menant d'un état 1 à un état 2. Cette détente se caractérise par la relation $pV^k = \text{constante}$, où k est une constante positive. On considère que le coefficient est constant dans le domaine de température considéré.

Pour quelles valeurs du coefficient k la détente s'accompagne t'elle :

- a. d'absorption de chaleur et d'un échauffement du gaz ?
- b. d'absorption de chaleur et d'un refroidissement du gaz ?
- c. d'un dégagement de chaleur ?