

TD 3 : Premier principe de la thermodynamique

Exercice 1 : Température d'équilibre de deux corps indéformables

Un corps de masse m_1 , chaleur massique c_1 et température t_1 est mis en contact avec un corps de masse m_2 , chaleur massique c_2 et température t_2 . On suppose ici que les volumes des deux corps restent constants. Calculer la température finale t_F des deux corps (supposés globalement isolés) à l'équilibre thermique.

Exercice 2 : Calorimétrie

Un calorimètre (figure 1) est un outil de mesure de transfert de quantité d'énergie thermique. Il sert notamment à quantifier des transferts thermiques, des capacités calorifiques, des grandeurs chimiques, ... Ces transferts peuvent avoir lieu entre différents corps, durant des réactions chimiques ou lors de changements d'état. Le calorimètre constitue un système thermodynamique isolé. Il n'y a donc des échanges que entre les différentes parties de l'ensemble calorimétrique (objets de l'étude, parois du calorimètre, ...).

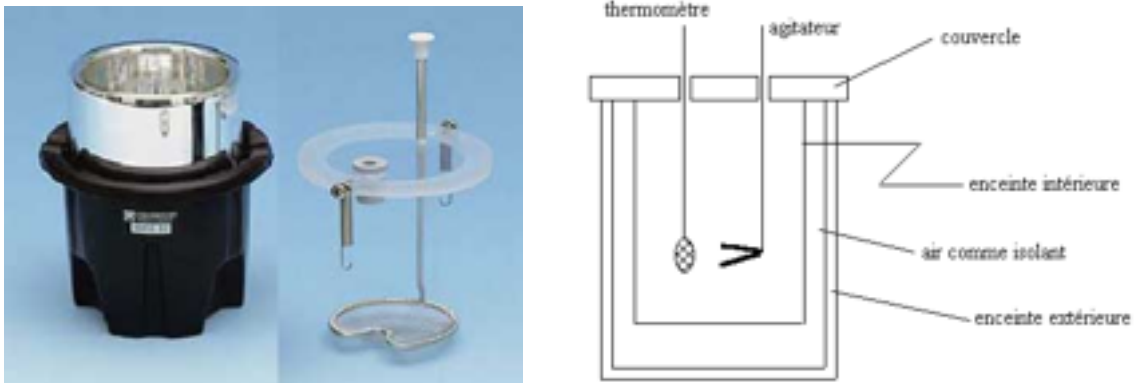


FIGURE 1 – À gauche : photo d'un calorimètre (source ENSC) ; à droite : schéma d'un calorimètre.

(1) En négligeant les pertes entre un calorimètre et l'extérieur pendant l'opération, montrer que les conditions opératoires conduisent à la conservation de l'enthalpie du système.

(2) Un calorimètre contient une masse $m_0 = 200\text{ g}$ d'eau à la température $T_0 = 20^\circ\text{C}$. On introduit ensuite dans ce calorimètre une masse $m_1 = 300\text{ g}$ d'eau à la température $T_1 = 40^\circ\text{C}$. À l'équilibre thermique la température a pour valeur $T_f = 31,5^\circ\text{C}$. On donne $c = 4,18\text{ kJ}/(\text{kg K})$ pour la capacité thermique massique de l'eau. Déterminer la capacité thermique C du calorimètre, et déduire sa valeur en eau μ .

(3) À partir de l'équilibre précédent, on introduit ensuite dans le calorimètre une pièce en aluminium de masse $m_2 = 50\text{ g}$ et de température $T_2 = 90^\circ\text{C}$. La température atteinte à l'équilibre thermique a pour valeur $T'_f = 32,7^\circ\text{C}$. Déterminer la capacité thermique massique C_{Al} de l'aluminium.

Exercice 3 : Loi de Laplace

Un gaz parfait subit une transformation adiabatique quasi-statique et sans frottement solide.

(a) Montrer que cette transformation est a priori réversible.

(b) Montrer que $PV^\gamma = \text{const}$ (où P est la pression et V le volume) avec $\gamma = C_p/C_v$, où C_p et C_v sont les chaleurs massiques à pression constante et à volume constant, respectivement.

Exercice 4 : Étude d'une pompe à vide

On considère la pompe représentée sur la figure 2 et destinée à vider l'air contenu dans le compartiment B de volume V constant égal à 10^3 l . Le corps de la pompe A a un volume maximal V_0 de 10 l . Le piston P est mobile sans frottement et sa masse est négligeable. Lors de chaque coup de pompe le piston effectue un aller-retour complet : à l'aller, le volume du compartiment A passe de V_0 à 0, puis au retour, de 0 à V_0 .

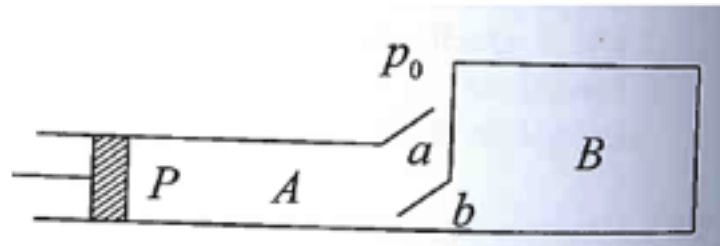


FIGURE 2 – Schéma de la pompe à vide.

La soupape a ne laisse passer que l'air du compartiment A vers l'extérieur, et la soupape b ne le laisse passer que du compartiment B vers le compartiment A . L'air est considéré comme un gaz parfait et l'opération de vidage est, dans les conditions de l'expérience, isotherme, quasi-statique et mécaniquement réversible. Au début de l'opération, la température de l'air et sa pression sont égales à $T_0 = 298 \text{ K}$ et $P_0 = 10^5 \text{ Pa}$ dans tous les compartiments et à l'extérieur du dispositif. La constante (massique) des gaz parfaits vaut $r = 287 \text{ J}/(\text{kg K})$.

(1) Calculer numériquement la pression P_1 dans le compartiment B après le premier aller-retour du piston.

(2) Donner la valeur du travail reçu par le gaz enfermé initialement dans le compartiment B à l'issue du premier retour du piston. Peut-on en déduire le travail du moteur qui actionne le piston pendant ce premier retour ?

(3) Établir la relation entre P_k , P_0 , V , V_0 et k , où P_k est la pression du gaz restant dans le compartiment B après k coups de pompe.

AN : Déterminer la valeur numérique de k pour que $P_k = P_0/100$.