

## Thermodynamique série n°1 : Le premier principe

### Exercice 1 : Refroidissement d'une chambre à coucher

Une chambre à coucher typique contient 2500 moles d'air.

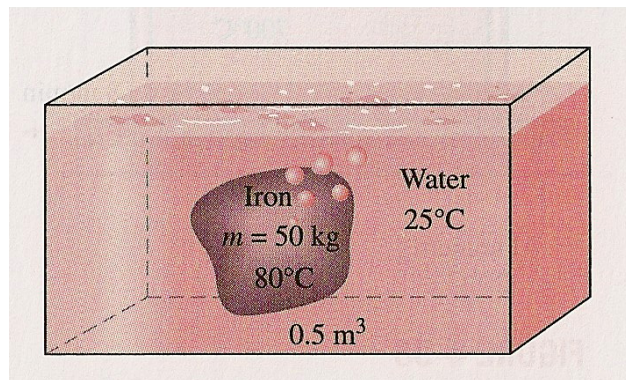
Déterminer le changement de l'énergie interne de l'air de la chambre lorsque cette dernière est refroidie de 23,9°C à 11,6°C à volume constant.

L'air est assimilé à un gaz parfait avec  $\gamma = 1,40$ .

### Exercice 2 : Refroidissement d'un bloc de fer dans de l'eau

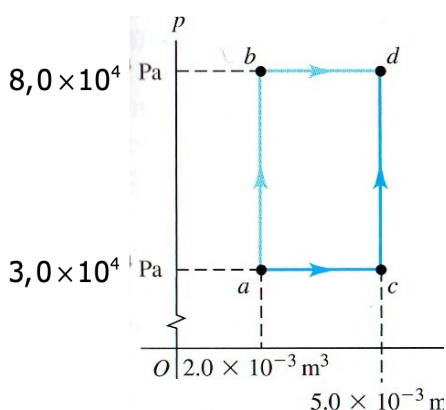
Un bloc d'acier de 50 kg initialement à 80°C est plongé dans un réservoir isolé de 0,5 m<sup>3</sup> d'eau initialement à 25°C. Déterminer la température finale d'équilibre.

Données :  $c_{eau} = 4,18 \text{ kJ.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$  et  $c_{Fer} = 0,45 \text{ kJ.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$ .



### Exercice 3 : Comparaison de transformations thermodynamiques

Le diagramme  $PV$  ci-dessous montre une série de transformations thermodynamiques pour un système.



Dans la transformation  $ab$ , 150 J de chaleur est ajouté au système et dans la transformation  $bd$ , 600 J.

**a)** Déterminer la variation d'énergie interne pour la transformation  $ab$ .

**b)** Déterminer la variation d'énergie interne pour la transformation  $abd$ .

**c)** Déterminer la quantité de chaleur reçue pour la transformation  $acd$ .

**d)** Comparer la variation d'énergie interne, la chaleur échangée et le travail échangé pour les transformations  $abd$  et  $acd$ . Conclusion.

#### Exercice 4 : Cycle de transformations pour un gaz

---

Un kg de gaz parfait diatomique ( $\gamma = 1,4$ ) subit le cycle de transformations suivant :

- i) état A :  $P_0 = 1 \text{ bar}$  ,  $T_0 = 273 \text{ K}$  vers état B :  $T_1$ , volume triple par un chauffage isobare.
- ii) état B vers état C : retour au volume initial mais à  $P_1$  par une compression isotherme.
- iii) état C vers état A : refroidissement isochore.

**a)** Avec le volume massique  $v$ , l'équation d'état s'écrit :  $Pv = rT$ . Préciser  $r$ .

**b)** Représenter ce cycle dans le diagramme de Clapeyron  $Pv$  et exprimer, en fonction de  $r$  et  $T_0$ , pour chaque étape, les variations d'énergie interne et d'enthalpie du gaz, ainsi que le travail et la chaleur échangés par le gaz.

Même calcul pour le cycle complet.

**c)** On envisage une nouvelle transformation  $B \Rightarrow C$  représentée par un segment dans le diagramme  $Pv$ . Evaluer travail et chaleur échangés. Comparer avec la compression isotherme.

#### Exercice 5 : Loi de Laplace (exercice assez délicat !)

---

On considère un **gaz parfait** enfermé dans une enceinte **adiabatique** (les parois sont calorifugées) surmontée d'un piston aussi calorifugé.

A l'état initial, les  $n$  moles de ce gaz se trouvent à la température  $T_0$  sous la pression  $P_0$ .

Un opérateur agit très lentement sur le piston et amène le gaz dans un état final  $(T_1, P_1)$ . On peut donc considérer que la transformation est **quasi-statique** et qu'ainsi  $P$  et  $T$  sont définies à chaque instant dans le gaz et sont uniformes.

**a)** On suppose que les capacités thermiques molaires  $C_{P,\text{mol}}$  et  $C_{V,\text{mol}}$  sont indépendantes de la température. Montrer qu'il existe une relation  $f(T, P) = \text{cste}$ ,  $T$  et  $P$  étant la température et la pression du gaz à un instant quelconque de la transformation. On introduira  $\gamma = \frac{C_P}{C_V}$

(réponse:  $T^\gamma P^{1-\gamma} = \text{cste}$ ).

**b)** Exprimer alors la relation liant  $T_0, P_0, T_1, P_1$  et  $\gamma$  ; puis  $P_0, V_0, P_1, V_1$  et  $\gamma$  enfin  $T_0, V_0, T_1, V_1$  et  $\gamma$ .

**c)** Exprimer, par un calcul direct, le travail échangé entre le gaz et le milieu extérieur. Retrouver ce résultat grâce à un bilan énergétique.

**Remarque:** La loi de Laplace sera très utilisée en particulier dans le cours de thermodynamique industrielle de PT. Nous allons les justifier de nouveau de façon plus directe en utilisant le second principe (cf. cours sur le second principe).