

---

# Travaux dirigés de Thermodynamique 3 :

## Bilans d'énergie

École Centrale Pékin

2019-2020

---

### APPLICATION DU COURS

#### Exercice 1 : Calculs de travaux élémentaires

On considère  $n = 2$  moles de gaz parfait que l'on fait passer de façon quasi-statique de l'état initial  $A(P_A, V_A, T_A)$  à l'état final  $B(P_B = 3P_A, T_B, V_B)$  par trois chemins différents.

- Chemin 1 : Transformation isotherme.
- Chemin 2 : Transformation composée d'une évolution isochore et d'une évolution isobare.
- Chemin 3 : Transformation représentée par une droite dans le diagramme  $(P, V)$ .

1. Représenter les trois chemins dans le diagramme  $(P, V)$ .
2. Calculer dans chacun des cas, le travail reçu par le système en fonction de  $n$ ,  $R$  et  $T_A$ .

#### Exercice 2 : Énergie macroscopique et microscopique

1. On tire une balle de  $m = 2$  g à  $v_0 = 2.10^2 \text{m.s}^{-1}$  horizontalement vers un mur. On suppose à l'état initial que la balle et le mur sont à la température  $T_0$ . La balle est incompressible et lorsqu'elle s'enfonce dans le mur, on suppose que toute l'énergie cinétique se transforme en énergie thermique dans la balle. Quelle est la température de la balle juste après s'être arrêtée ? Quelle est la température de la balle si on attend suffisamment longtemps ?

Donnée : Capacité thermique massique de la balle  $c = 234 \text{J.K}^{-1}.\text{kg}^{-1}$ .

2. Une personne aime boire son thé (de capacité thermique  $C = 836 \text{J.K}^{-1}$ ) exactement à  $T_1 = 72^\circ\text{C}$ . Le problème est que lors de l'ajout du sucre de masse  $m = 10\text{g}$  et de capacité massique  $c = 1.25 \text{kJ.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$  et de température  $T_0 = 22^\circ$ , la température de la boisson diminue légèrement. La personne envisage alors 3 solutions pour boire son thé sucré exactement à  $T_1$  :
  - a) Elle fait chauffer son thé à  $T_1$  puis elle lâche le sucre d'une certaine hauteur  $h$ , avec vitesse initiale nulle.

- b) Elle fait chauffer son thé à  $T_1$  puis elle jette son sucre dans la tasse avec une vitesse  $v_0$  et hauteur initiale nulle.
- c) Elle fait chauffer le thé à une température  $T_2 > T_1$ .

Déterminer dans chaque cas le paramètre  $h$ ,  $v_0$  ou  $T_2$  pour répondre au problème posé. Quelle solution vous semble la plus adaptée ?

## S'ENTRAÎNER

### Exercice 3 : Pompe à vide

Le schéma suivant, (figure 1), représente un réservoir R, un cylindre C (leurs parois sont diathermanes, c'est-à-dire qu'elles permettent les échanges de chaleur) et un piston P dont le mouvement est limité entre les points A et B.

Quand le piston est en A, le volume du cylindre est  $V_A$  (dans la première partie, on considère que  $V_A = 0$ ). Quand le piston est en B, on note le volume  $V_B$ .

Le système est de plus, muni de deux soupapes (阀门) :  $S_1$  permettant le passage du gaz uniquement de C vers l'extérieur et  $S_2$  uniquement du réservoir R vers C. Une soupape s'ouvre dès que la pression en dessous de la soupape est supérieure à la pression au dessus de la soupape. Le cylindre est relié, par un tube de volume négligeable devant les autres volumes du système, au réservoir R de volume  $V_0$ , très supérieur à  $V_B$ , contenant de l'air, supposé gaz parfait, dans lequel on souhaite "faire le vide".

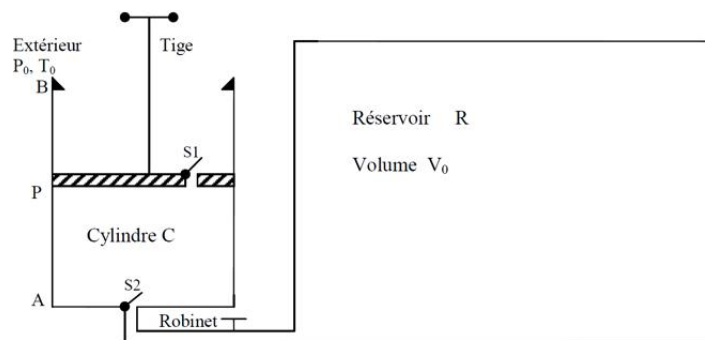


FIGURE 1 – Schéma d'une pompe à vide

1. Dans l'état initial, le piston est en B, le cylindre et le réservoir contiennent de l'air à la pression atmosphérique  $P_0$  et à la température  $T_0$ . On pousse le piston jusqu'en A (on considère qu'ici  $V_A = 0$ ). Puis on le ramène en B assez lentement pour que la température reste constante égale à  $T_0$  pendant la remontée. Expliquer les différents transferts de gaz au cours de cet aller-retour. Montrer que, quand le piston revient en B, la pression  $P_1$  dans R vaut

$$P_1 = P_0 \frac{V_0}{V_0 + V_B}$$

2. Si les transferts de gaz s'effectuent encore de la même façon, exprimer littéralement la pression  $P_2$  après un deuxième aller-retour du piston.
3. Donner, dans ce cas, la forme générale de  $P_n$  après le nième aller-retour. Quelle est la limite de  $P_n$  quand  $n \rightarrow +\infty$  ?

4. En réalité, quand le piston est en A, le volume  $V_A$  entre le piston et le fond n'est pas nul. Déterminer alors la nouvelle limite de la pompe à vide. Pourquoi appelle-t-on  $V_A$  le "volume nuisible" ?
5. On reprend  $V_A = 0$ . Quel est le travail reçu par le gaz du réservoir lors du retour numéro  $n$  ? Le gaz fournit-il du travail à l'extérieur ?

## POUR ALLER PLUS LOIN

### **Exercice 4 : Chauffage des mains**

Une personne décide de se réchauffer les mains en les frottant l'une contre l'autre.

Proposer une démarche pour calculer l'augmentation de température des mains et faire l'application numérique. Vous pouvez chercher sur internet tous les ordres de grandeurs et valeurs de constantes qui vous semblent nécessaires et pertinents !