

# Thermodynamique Sup

## 1 Transformation polytropique

On considère  $n$  moles de gaz parfait que l'on fait passer de manière quasistatique d'un volume initial  $V_i$  à un volume final  $V_f < V_i$ . La compression se fait à  $PV^a = cste$  avec  $a \geq 0$  constant.

1 / Donner  $W_a$  et  $\Delta T_a$  en fonction de  $R$ ,  $T_i$ ,  $V_i/V_f$  et  $a$ , puis exprimer  $W_a$  en fonction de  $\Delta T_a$ .

2 / En déduire que l'on peut écrire  $Q_a = nC_a\Delta T_a$ . Que représente  $C_a$ ? Ce résultat semble-t-il paradoxal? Aurait-on pu le prévoir qualitativement?

3 / Donner les expressions de  $C_a$  dans les 4 cas suivants :  $a = 0$ ,  $a = 1$ ,  $a = \gamma$ ,  $a = \infty$ , et interpréter les résultats obtenus.

## 2 Expérience de Jean Perrin

On considère des petites billes en suspension dans l'eau d'un bocal. Les billes sont suffisamment petites pour être soumises à l'agitation thermique.

1 / Quelle est la répartition des particules?

2 / En déduire le nombre d'Avogadro.

## 3 Récipient troué

Calculer  $T$  en fonction de  $T_0$ ,  $P_0$ ,  $P_1$ ,  $\gamma$ .

## 4 Cycle de moteur ditherme

Le système est un gaz parfait. On part de  $A(P_0, V_0, T_0)$  par une détente isotherme jusqu'en  $B$  où le volume est  $\alpha V_0$  ( $\alpha$  est appelé rapport volumétrique). Entre  $B$  et  $C$  le gaz subit une transformation isobare amenant la température à  $\beta T_0$ . De  $C$  on revient à  $A$  par une transformation adiabatique réversible.

1/ Tracer le cycle dans un diagramme de Clapeyron. Relation entre  $\alpha$  et  $\beta$ ?

Sur quel tronçon intervient la source chaude? Trouver sa température  $T_1$ .

Sur quel tronçon intervient la source froide? Trouver sa température  $T_2$ .

2/ Exprimer le rendement du cycle en fonction de  $\alpha$  et de  $\gamma = C_P/C_V$ . Application numérique :  $\gamma = 1.4$ ,  $\alpha = 10$ . Vérifier qu'il est inférieur au rendement théorique maximal de Carnot.

3 / Quelle est la variation d'entropie du gaz dans chacune des trois transformations?

Quel est l'accroissement d'entropie des sources? Cas  $\beta = 1 - \varepsilon$ , avec  $\varepsilon \ll 1$ .

## 5 Thermodynamique du rayonnement

Un rayonnement électromagnétique est en équilibre thermodynamique dans une enceinte de volume  $V$  dont les parois sont à la température absolue  $T$ . Dans cette situation, la densité volumique d'énergie du rayonnement  $u(T)$  ne dépend que de la température. Une étude en théorie cinétique de ce gaz de photons conduit à y associer une pression  $P = u(T)/3$ .

1 / Exprimer l'énergie interne  $U$  à l'aide de  $u(T)$ , puis sa différentielle  $dU$  en fonction de  $dV$  et de  $dT$ .

En déduire la différentielle  $dS$  de l'entropie de ce gaz en fonction des mêmes variables.

2 / Déterminer la dépendance de  $u$  en fonction de  $T$ .

3 / Déterminer la dépendance de l'entropie  $S$  de ce gaz en fonction de  $V$  et de  $T$ .  
Pour l'univers en expansion, le rayonnement inclus dans un volume  $V$  subit une détente adiabatique et réversible ; comment évolue sa température ?

## 6 Machine thermique

Le fluide d'une machine thermique, fonctionnant de manière cyclique, échange de l'énergie avec deux corps de mêmes capacités thermiques  $C$  et de températures initiales  $T_1^0$  (chaud) et  $T_2^0$  (froid).

1 / Montrer que pour récupérer un travail, il fait nécessairement  $dT_1 < 0$  et  $dT_2 > 0$ .

2 / Comment s'y prendre pour récupérer un travail maximal ? Déterminer alors la température finale du système, le travail récupéré, le rendement initial, final et moyen.