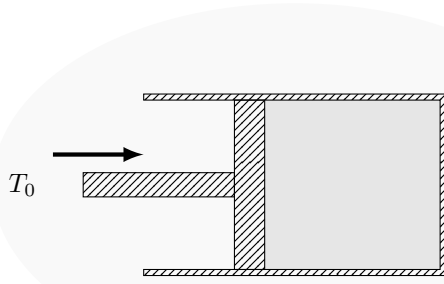


# Programme de la semaine du 19 mai 2025

## Cours

### Chapitre 21 : Premier principe de la thermodynamique.

- Savoir définir la notion d'énergie interne d'un système thermodynamique. Savoir que l'énergie interne est une fonction d'état extensive. Savoir que l'énergie interne d'un GP ne dépend que de la température. Savoir définir la capacité thermique à volume constant d'un gaz parfait et donner l'expression de la capacité thermique à volume constant pour un GP monoatomique et un GP diatomique. Savoir que l'énergie interne d'une phase condensée incompressible et indilatable ne dépend que de la température. Généralisation pour un corps pur réel : savoir écrire la variation infinitésimale de l'énergie interne et définir la capacité thermique à volume constant.
- Savoir définir la notion d'enthalpie d'un système thermodynamique. Savoir que l'enthalpie est une fonction d'état extensive. Savoir que l'enthalpie d'un GP ne dépend que de la température. Savoir définir la capacité thermique à pression constante d'un gaz parfait et donner l'expression de la capacité thermique à pression constante pour un GP monoatomique et un GP diatomique. Savoir citer et démontrer la relation de Meyer pour un gaz parfait, définir le coefficient isentropique et l'utiliser pour écrire les capacités thermiques à volume ou pression constante du GP. Généralisation pour un corps pur réel : savoir écrire la variation infinitésimale de l'enthalpie et définir la capacité thermique à pression constante.
- Savoir définir la notion de **transformation thermodynamique**.
- Savoir décrire les trois modes du transfert thermique. Savoir donner la définition d'un thermostat, d'une transformation monotherme, isotherme ou adiabatique.
- **Travail des forces de pression**. Savoir exprimer le travail élémentaire de la force de pression exercée par le milieu extérieur au cours d'une déformation infinitésimale de la frontière du système. On s'appuiera sur un schéma clair pour démontrer la formule dans le cas unidimensionnel, en précisant les hypothèses et les notations. En intégrant, savoir écrire le travail correspondant à une transformation du système entre le volume  $V_1$  et le volume  $V_2$ .
- **Travail des forces de pression, cas d'une transformation « très lente », « quasi-stationnaire » ou « quasi-statique »** : la pression à l'intérieur du système est uniforme et se confond avec la pression exercée sur la frontière déformable. Interpréter graphiquement le travail dans ce cas à l'aide d'un diagramme  $(P, V)$ . Toujours dans le cas d'une transformation « quasi-statique » savoir calculer le travail pour une transformation isochore, isobare ou pour la transformation isotherme d'un gaz parfait. Cas d'une transformation cyclique : interpréter graphiquement le travail dans un diagramme  $(P, V)$ , savoir distinguer graphiquement un cycle moteur d'un cycle récepteur.
- **Travail des forces de pression**. Enfin, savoir exprimer le travail dans le cas d'une transformation « monobare ». On ne fait aucune hypothèse sur la pression « à l'intérieur » du système, c'est-à-dire que la transformation subie n'est pas nécessairement « quasi-statique ».
- Savoir énoncer le **premier principe de la thermodynamique**. Savoir aussi l'énoncer sous forme infinitésimale.
- Exercices traités en cours :

**Exercice 1 (Compression isotherme d'un gaz parfait)**

Un cylindre fermé par un piston mobile renferme 20 L d'air à la pression 2 bar. L'ensemble est placé dans un thermostat à la température  $T_0 = 20^\circ\text{C}$  et les parois du cylindre sont diathermanes.

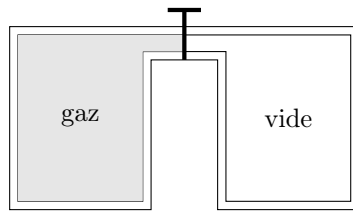
Un dispositif déplace très lentement le piston jusqu'à ce que le volume du gaz ait été divisé par deux. On suppose que la transformation est isotherme et que l'air se comporte comme un gaz parfait. On donne la masse molaire de l'air :  $M_{\text{air}} = 29 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ .

✎ Calculer le travail et le transfert thermique reçus par le gaz pendant la transformation.

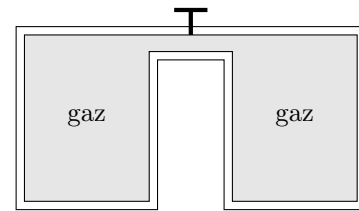
**Exercice 2 (La détente de Joule Gay-Lussac)**

On dispose d'un récipient aux parois calorifugées constitué de deux compartiments de volume  $V$  séparés par un robinet. Initialement, seul le compartiment de gauche contient  $n$  moles d'un gaz à la température  $T_i$ . Le compartiment de droite est vide. On ouvre le robinet : une partie du gaz passe alors dans le compartiment de droite. On suppose la transformation suffisamment rapide pour négliger tout transfert thermique avec l'extérieur.

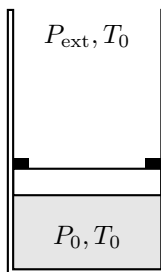
✎ Dans le cas d'un gaz parfait, déterminer la température  $T_f$  dans l'enceinte une fois l'équilibre thermodynamique atteint.



État initial



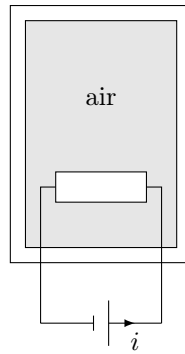
État final

**Exercice 3 (Détente adiabatique d'un gaz parfait)**

On considère un cylindre vertical contenant de l'air à la pression  $P_0 = 2 \text{ bar}$  et à la température  $T_0 = 25^\circ\text{C}$ , fermé par un piston mobile dont on négligera la masse. Le milieu extérieur est à la pression  $P_{\text{ext}} = 1 \text{ bar}$  et à la température  $25^\circ\text{C}$ . Les parois du cylindre et le piston sont parfaitement calorifugées. Au début de l'expérience le piston est bloqué par des cales et le volume du gaz est de 200 L. On retire brusquement les cales. Le piston se soulève puis s'immobilise. On suppose que le système  $\Sigma = \{\text{air} + \text{piston} + \text{cylindre}\}$  atteint un nouvel état d'équilibre thermodynamique.

On pourra négliger les variations d'énergie interne du cylindre et du piston pendant la transformation et assimiler l'air à un gaz parfait.

✎ Déterminer l'état d'équilibre final du système  $\Sigma$ . On précisera toutes les hypothèses utilisées.

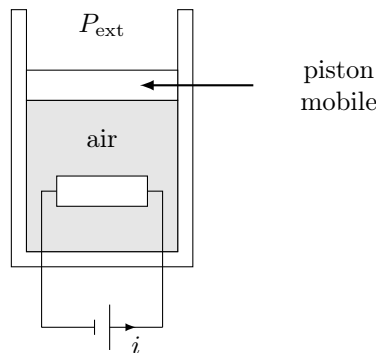
**Exercice 4 (Chauffage d'un gaz à volume constant)**

Une enceinte calorifugée dont le volume ne peut pas varier contient 20 L d'air à la température  $20^\circ\text{C}$  et à la pression 1 bar .

Une résistance chauffante est placée dans l'enceinte. Le générateur de tension délivre un courant d'intensité 2 A sous une tension de 15 V pendant 20 secondes.

L'air est assimilé à un gaz parfait et on négligera les variations d'énergie interne de la résistance chauffante et de l'enceinte.

- 1) Calculer le travail électrique  $W_e$  fournit par le générateur de tension.
- 2) Calculer la température dans l'enceinte une fois l'équilibre thermodynamique atteint.

**Exercice 5 (Chauffage d'un gaz à pression constante)**

Une enceinte calorifugée fermée par un piston mobile contient 20 L d'air à la température  $20^\circ\text{C}$  et à la pression 1 bar . L'atmosphère extérieure est la pression  $P_{\text{ext}} = 1$  bar et le piston est de masse négligeable.

Une résistance chauffante est placée dans l'enceinte. Le générateur de tension délivre un courant d'intensité 2 A sous une tension de 15 V.

L'air est assimilé à un gaz parfait et on négligera les variations d'énergie interne de la résistance chauffante, de l'enceinte et du piston.

On suppose que le générateur fonctionne pendant la durée  $\Delta t$  (à déterminer) nécessaire pour amener le gaz à la température finale de l'exercice précédent (on avait trouvé  $56^\circ\text{C}$ ) .

- 1) Calculer le volume final du gaz une fois l'équilibre thermodynamique atteint.
- 2) Calculer le travail électrique nécessaire pour réaliser cette transformation puis la durée  $\Delta t$  pendant laquelle le générateur doit fonctionner.

- Calorimétrie : savoir décrire un calorimètre, et réaliser un bilan d'enthalpie. Les exemples suivants ont été

traités et pourront faire l'objet d'exercices : mesure de la valeur en eau du calorimètre, mesure de la capacité thermique d'un liquide, d'un solide.

- Savoir exprimer l'enthalpie d'un corps pur dans un état d'équilibre diphasé et définir l'enthalpie de changement d'état. Calorimétrie : exemple de la mesure de l'enthalpie de fusion de l'eau. Détermination de l'état d'équilibre final lors d'une transformation impliquant un changement d'état (faire une hypothèse sur l'état final et la vérifier).

## Exercices

Exercices sur le **Chapitre 20 (systèmes thermodynamiques à l'équilibre)** et sur le **Chapitre 21**.