

Chapitre

Travail des forces de pression

2.1 Cas du cylindre indéformable avec piston mobile



Convention de signe

L'énergie reçue par le système (le fluide) est comptée positivement ($W > 0$). Si le système fournit du travail, $W < 0$.

$$W = \int_{t_i}^{t_f} \int_{S_p} \vec{\tau}(t) \cdot \vec{v}_p(t) dS dt$$

$$= \int_{t_i}^{t_f} \vec{F}_{P/\Omega} \cdot \vec{v}_p(t) dt$$

Seule la surface du piston S_p se déplace ($\vec{v}_m \neq \vec{0}$). Sur les parois fixes, le produit scalaire est nul.

2.1.1 Expression de la force $F_{P/\Omega}$ (via le PFD)

On étudie le piston (masse m_p) pour trouver la force qu'il exerce sur le fluide :

$$\vec{F}_{P/\Omega} = \vec{F}_{vol} + \vec{F}_{atm} + \vec{F}_{op} - m_p \frac{d\vec{v}_p}{dt}$$

L'énergie cinétique du piston est négligée entre l'état initial et final (vitesses nulles), ou la masse du piston est considérée comme constante sans apport d'énergie cinétique externe.

$$W = \int_i^f -\left(P_{atm} + \frac{m_p g}{S_p} + \frac{F_{op}}{S_p}\right) dV$$

$$W = \int_i^f -P_{ext} dV$$

P_{ext} est une pression fictive "extérieure" qui modélise toutes les forces s'opposant à l'expansion du gaz (poids, atmosphère, opérateur).

**Théorème 1.1 : Travail pour un piston**

$$W = \int_{V_i}^{V_f} -P_{ext} dV$$

**Remarque**

Même si $V_i = V_f$, le travail n'est pas forcément nul si le chemin parcouru implique des variations de volume intermédiaires (le travail dépend du chemin suivi).

2.2 Applications classiques

2.2.1 Compression monotherme brusque (Ir-réversible)

On impose brutalement une pression finale P_f . La pression extérieure P_{ext} est constante et égale à P_f pendant toute la transformation.

$$W_{brutal} = -P_f \int_{V_i}^{V_f} dV = -P_f (V_f - V_i)$$

2.2.2 Transformation Quasi-statique (Réversible)

Le système est à l'équilibre à chaque instant.

$$W_{qs} = \int_i^f -P dV$$

À chaque étape infinitésimale, la pression du gaz P est égale à la pression extérieure P_{ext} .

Pour un GP isotherme : $W_{qs} = - \int_i^f \frac{nRT}{V} dV = nRT \ln \left(\frac{V_i}{V_f} \right)$

2.2.3 Difficultés

- **P vs P_{ext}** : On utilise toujours P_{ext} pour le travail. On ne remplace par P (pression du gaz) que si la transformation est quasi-statique.

- **Signe** : Si V diminue ($dV < 0$), alors $-P_{ext}dV > 0$, le travail est bien reçu.
- **Calcul numérique** : Toujours convertir les cm en m et les P en Pascal (Pa) avant de calculer W en Joules (J).