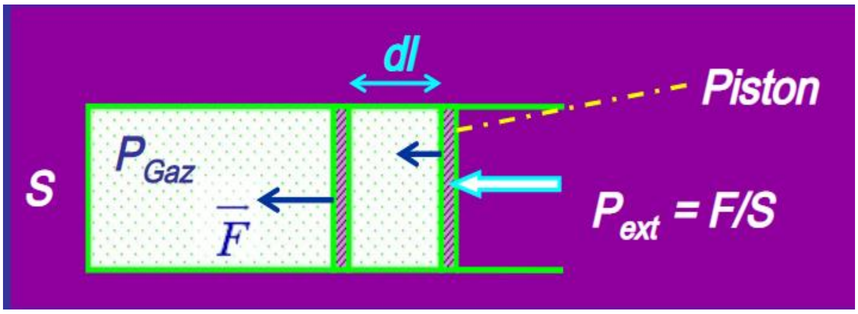
**Travail en thermodynamique**

Le travail induit par les forces de pression correspond à la forme de travail la plus courante rencontrée en thermodynamique classique, discipline qui s'est développée avec l'avènement de l'ère industrielle basée essentiellement sur la machine à vapeur.

Le travail mécanique mis en jeu dans un moteur thermique par l'intermédiaire d'un ensemble cylindre-piston, correspond au travail du piston contre la pression extérieure, .

Soit F, la force exercée par le milieu extérieur sur le piston de surface S.




Si le piston se déplace d'une petite longueur élémentaire, le travail élémentaire induit par les forces de pression correspond à la forme de travail la plus courante rencontrée en thermodynamique classique, discipline qui s'est développée avec l'avènement de l'ère industrielle basée essentiellement sur la machine à vapeur.

Le travail mécanique mis en jeu dans un moteur thermique par l'intermédiaire d'un ensemble cylindre-piston, correspond au travail du piston contre la pression extérieure, P{ext}.

Soit F{ext}, la force exercée par le milieu extérieur sur le piston de surface S.

Si le piston se déplace d'une petite longueur élémentaire dl, le travail élémentaire effectué par celui-ci devient:

$\delta W$ {fp} = force ext × distance = Fext × dl,

or F ext = pression $_{ext}$ × surface = P $_{ext}$× S, entraine W effectué par celui-ci devient:

$\delta W$ {fp} = P $_{ext}$ × S× dl = P $_{ext}$ × dV or dV = S × dl

Pour une transformation réelle définie par la trajectoire AB, le travail dépend de cette trajectoire et n'est donc pas indépendant du chemin suivi:

W {AB}=-∫P{ext} dV (W =∫δW)

**Remarques**

Si le piston travaille contre le vide, le travail est nul. Cela est évident si l'on prend l'exemple d'une plaquette de beurre dans laquelle on enfonce un couteau. Le travail fourni est moins important à température ambiante qu'à la température d'un réfrigérateur d'où le beurre vient d'être sorti et qui est donc plus dur.

Dans le cas d'une transformation isobare (p = Cte); cas rencontré fréquemment, d'un moteur travaillant contre la pression atmosphérique:

Dans ce cas le travail ne dépend plus du chemin suivi mais des états d'équilibre A et B.

On considère un système fermé évoluant d'un état d'équilibre 1 vers un état d'équilibre 2.

$(P1, V1, T1) \longrightarrow (P2, V2, T2)$

• Expression générale du travail des forces de pression :

$$W = -\int_{V1}^{V2} Pext\, dV$$

avec P ext la pression extérieure s'exerçant sur les parois du système.

**Convention de signe**

$|\delta W| = Pext\, dV$

Quand le système recoit du travail de l'extérieur : $\delta W > 0$

Or $dV < 0$ et $Pext > 0 \Rightarrow \delta W = - Pext\, dV$

Quand le système fournit du travail à l'extérieur : $\delta W < 0$

Or $dV > 0$ et $Pext > 0 \Rightarrow \delta W = - Pext\, dV$

**Vérification à effectuer :**

si $\Delta V > 0$ détente $W < 0$ le gaz fournit de l'énergie

si $\Delta V < 0$ compression $W > 0$ le gaz reçoit de l'énergie

1\ **Les transformations d'un gaz parfait**

**a) Transformations réversibles :**

Une transformation est dit réversible s'il est composé d'une succession d'états d'équilibre, et si partant d'un état initial pour un état final on peut y retourner à l'état initial sans perturbation du milieu extérieur ou autrement dit sans intervention du milieu extérieur.

**Exemple :**

Une balle, supposée parfaitement élastique, lâchée d'un certain niveau du sol. Si on fait abstraction de l'intervention du milieu extérieur à savoir le frottement entre la surface de la balle et l'air, elle rebondirait et atteindrait le même niveau.

Cet exemple illustre bien la virtualité d'un tel processus. Cependant, son intérêt réside dans le calcul des variations des fonctions d'état (qui dépendent uniquement de l'état initial et final du système, et non du chemin suivi) lors des transformations réelles (non réversibles) ou irréversibles.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Transformation isochore | V= cst ⇒ dV = 0 | W = 0 | $\frac{P}{T}$ =cst⇒ $\frac{P1}{T1} = \frac{P2}{T2}$ |
| Transformation isobare | P= cste⇒ dP= 0 | W = - P ΔV =-$P_f$(V2 – V1 ) | $\frac{V}{T}$ =cst⇒ $\frac{V1}{T1} = \frac{V2}{T2}$ |
| Transformation isotherme | T = cste⇒ dT = 0 | W =-$\int_{Vi}^{Vf} PdV$= -$\int_{Vi}^{Vf} nRT\ dV/V$=-nRT $ln\frac{V2}{V1}$ = nRT $ln\frac{V1}{V2}$ =nRT $ln\frac{P2}{P1}$ | PV=cst ⇒ $P_1V_1 = P_2V_2$ |
| Transformation adiabatique | Q = 0 | W = ΔU = $nc_v$ΔT = $\frac{nR\ (T2-T1)}{\gamma-1}$ =$\frac{P2V2-P1V1}{\gamma-1}$ | $PV^{\gamma}$ =cst ⇒ $P1V1^{\gamma} = P2V2^{\gamma}$ |

**b) Transformations irréversibles :**

Le travail d’une transformation irréversible (réel) est donné par l’expression suivante :

$$\mathbf{W = -\int_{V1}^{V2} Pext\ dV = -\int_{V1}^{V2} Pf\ dV = -Pf(Vf - Vi)}$$