

Machines thermiques

« *Thermodynamics is a funny subject. The first time you go through it, you don't understand it at all. The second time you go through it, you think you understand it, except for one or two small points. The third time you go through it, you know you don't understand it, but by that time you are so used to it, it doesn't bother you anymore.* »










Arnold SOMMERFELD, 1950

Sommaire

I Introduction	3
I/A Définition	3
I/B Fonctionnement général	3
I/C Machines monothermes	4

Capacités exigibles

- ☐ Donner le sens des échanges énergétiques pour un moteur ou un récepteur thermique ditherme.
- ☐ Analyser un dispositif concret et le modéliser par une machine cyclique ditherme.
- ☐ Définir un rendement ou une efficacité et les relier aux énergies échangées au cours d'un cycle.
- ☐ Justifier et utiliser le théorème de Carnot.
- ☐ Citer quelques ordres de grandeur des rendements des machines thermiques réelles actuelles.
- ☐ Expliquer le principe de la cogénération.

 L'essentiel	
<div> Définitions</div> <div> <input type="checkbox"/> Machines thermiques et performance 3 </div> <div> <input type="checkbox"/> Machine monotherme 4 </div>	<div> Implications</div>
<div> Propriétés</div> <div> <input type="checkbox"/> Fonctionnement des machines thermiques 3 </div>	<div> Applications</div>
<div> Démonstrations</div> <div> <input type="checkbox"/> Fonctionnement des machines thermiques 4 </div>	<div> Points importants</div>
<div> Interprétations</div>	<div> Erreurs communes</div> <div> <input type="checkbox"/> Échanges algébriques 4 </div>

I Introduction

I/A Définition

♥ Définition 5.1 : Machines thermiques et performance

Une machine thermique est un dispositif qui fait subir à un fluide un **cycle thermodynamique**, dans le but d'**extraire du travail** mécanique W ou un **transfert thermique** Q .

Coeff. performance

$$\text{COP} = \left| \frac{\text{production}}{\text{coût}} \right|$$

Machine motrice

Elle fournit un travail :

- ◇ **Production** : $W < 0$
- ◇ **Coût** : $Q > 0$
- ◇ **Rendement**¹ : $\eta = \left| \frac{W}{Q} \right|$

Machine réceptrice

Elle reçoit un travail :

- ◇ **Coût** : $W > 0$
- ◇ **Production** : $Q \leq 0$
- ◇ **Efficacité**² : $e = \left| \frac{Q}{W} \right|$

Exemple 5.1 : Machines thermiques

- ◇ Une locomotive à vapeur convertit la chaleur extraite de la cheminée en mouvement des roues : c'est un moteur.
- ◇ Un radiateur électrique convertit un travail électrique (effet JOULE) en chaleur : c'est un récepteur.
- ◇ Un réfrigérateur récupère un travail électrique et s'en sert pour capter l'énergie thermique des aliments : c'est un récepteur.

I/B Fonctionnement général

♥ Propriété 5.1 : Fonctionnement des machines thermiques

Pour une machine en contact avec n sources de chaleurs, son fonctionnement est régi par les **deux principes** de la thermodynamique :

- ◇ **Premier principe** :

$$W + \sum_{i=1}^n Q_i = 0$$

- ◇ **Second principe (inégalité de CLAUSIUS)** :

$$\sum_{i=1}^n \frac{Q_i}{T_i} \leq 0$$

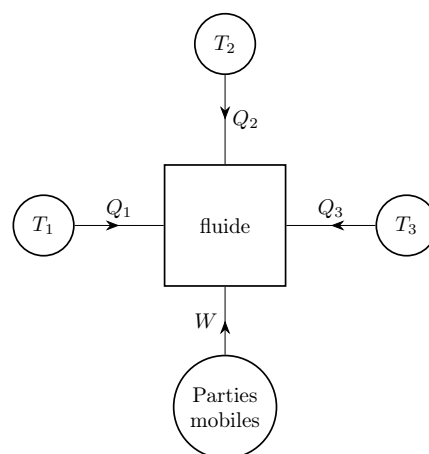


FIGURE 5.1 – Représentation des échanges

1. On parle de **rendement** pour un **moteur**, car il décrit une conversion d'énergie. On a donc $\eta < 1$.

2. On parle d'**efficacité** pour un **récepteur** puisqu'elle quantifie un transfert thermique, pas une conversion. On peut donc avoir $e > 1$.

♥ Attention 5.1 : Échanges algébriques

Pour rappel, les énergies échangées sont **algébriques**, et dans le premier principe W et Q sont des énergies **reçues** : les flèches sont donc dirigées **vers le fluide**, même si les échanges sont négatifs. On indiquera explicitement le signe des échanges pour lever la confusion selon le type de machine.

♥ Démonstration 5.1 : Fonctionnement des machines thermiques

Premier principe

$$\begin{aligned}\Delta U_{\text{cycle}} &= 0 \\ \Leftrightarrow W + \sum_i Q_i &= 0 \\ \Leftrightarrow \sum_i Q_i &= -W\end{aligned}$$

■

Inégalité de CLAUSIUS

$$\begin{aligned}\Delta S_{\text{cycle}} &= 0 \\ \Leftrightarrow \sum_i S_{\text{ech},i} + \underbrace{S_{\text{cr}}}_{\geq 0} &= 0 \\ \Leftrightarrow \sum_{i=1}^n \frac{Q_i}{T_i} &\leq 0\end{aligned}$$

■

I/C

Machines monothermes

♥ Définition 5.2 : Machine monotherme

Une machine thermique monotherme est composée d'un fluide en contact avec un **unique thermostat**.