

## PLAN DU COURS :

## I DEUXIEME PRINCIPE : BILANS D'ENTROPIE

1. Insuffisance du premier principe. Exemple de l'expérience de Joule, de la détente de Joule et Gay-Lussac
2. Le second principe : introduction qualitative, formule de Boltzmann. Transformations réelles irréversibles et modèle de la transformation réversible. Entropie et désordre dans un système.
  - 2.1 Enoncé classique :  $\Delta S = S_e + S_c$ . *Conformément au programme, l'équivalence entre température absolue et température thermodynamique est ici simplement affirmée.*
    - 2.1 Second principe pour des systèmes isolés, entropie de l'univers.
    - 2.2 Création d'entropie dans un échange thermique. Variation d'entropie pour une source de chaleur monotherme.

**Questions de cours :**

**Enoncer le second principe en expliquant précisément la signification de chacun des termes qui interviennent.**

3. Problématique du calcul de variation d'entropie. Cas des transformations réversible, cas des transformations irréversible, bilan entropique. Cas de transformations adiabatiques.
4. Entropie d'un corps pur monophasé.
  - 1.1 Cas d'une phase condensée, indilatable et incompressible.

**Questions de cours :**

**Etablir l'expression de la variation d'entropie pour un fluide incompressible.**

- 1.2 Entropie du gaz parfait.
- 1.3 Transformations isentropiques. Retour sur la Loi de Laplace.
2. Exemples de bilans entropiques : *(Ces exemples n'ont évidemment pas à être mémorisés).*
  - 2.1 Contact thermique avec un thermostat. Cas d'un solide. Chauffage monobare d'un gaz parfait.
  - 2.2 Compression monotherme et monobare d'un gaz parfait.
  - 2.3 Détente de Joule Gay-Lussac.
3. Variation d'entropie dans les changements d'état.
  - 3.1 Entropie de transition de phase.
  - 3.2 Entropie d'un système diphasé, théorème des moments.
  - 3.3 Application. Exploitation d'un diagramme entropique.

## J MACHINES THERMIQUES

1. Introduction.
 

Des convertisseurs d'énergie. Les deux types de machines : machines à piston et machines à écoulement de fluide.
2. Ecriture du Premier Principe pour un fluide en écoulement stationnaire.
  - 2.1 Bilan énergétique, relation générale. On se restreint au cas où les variations d'énergie cinétique et d'énergie potentielle sont négligeables. Conservation de la masse en système fermé, tranche d'entrée, tranche de sortie, volume de contrôle. Bilan énergétique : travaux de poussée,  $\Delta h = w_u + q$ , expression en puissance.
  - 2.2 Un cas particulier : la détente de Joule Thomson.
 

Un écoulement isenthalpique. Examen du diagramme enthalpique  $\log(P) = f(h)$ .

Cas d'un gaz parfait : une détente isenthalpique qui est alors isotherme.

**Questions de cours :**

**Etablir l'expression du bilan énergétique pour un système avec écoulement :  $\Delta h = w_u + q$ ,**

3. Application des deux principes à une machine di-therme.
  - 3.1 Ecriture du Premier Principe sur un processus cyclique.
  - 3.2 Variation d'entropie dans les processus irréversibles : cas des transformations cycliques, inégalité de Carnot Clausius.
  - 3.3 Démonstration de l'énoncé de Kelvin à partir du second principe.
4. Moteurs thermiques di-thermes.
  - 4.1 Schéma énergétique.
  - 4.2 Rendement, théorème de Carnot.
 

*L'étude du moteur à explosion (cycle de Beau de Rochas), traitée dans un chapitre précédent, est à nouveau à l'ordre du jour...*
  - 4.3 Exemple : centrale nucléaire.

**Questions de cours :**  
**Démontrer le théorème de Carnot, pour un moteur thermique ditherme.**

4.4 Cogénération. (principe très général).

5. Machines frigorifiques : réfrigérateurs et climatiseurs.  
 1.1 Schéma énergétique.  
 1.2 Coefficient de performance ou efficacité.

**Questions de cours :**  
**Définir l'efficacité pour une machine frigorifique. Exprimer cette efficacité en fonction de la température des sources.**

2. Pompe à chaleur : schéma énergétique, coefficient de performance ou efficacité. Calcul de l'efficacité pour un fonctionnement réversible. Discussion.

**Questions de cours :**  
**Définir l'efficacité pour une pompe à chaleur. Exprimer cette efficacité en fonction de la température des sources.**

3. Exemple : étude du cycle réel d'un réfrigérateur. (cet exemple sera traité le lundi 18 mai)

**En exercices, toute application du premier principe et du second principe est envisageable, y compris aux machines thermiques.**

*Programme de référence.*

<b>3.4. Deuxième principe. Bilans d'entropie</b>	
Fonction d'état entropie	Interpréter qualitativement l'entropie en termes de désordre statistique à l'aide de la formule de Boltzmann fournie.
Deuxième principe de la thermodynamique : entropie créée, entropie échangée. $\Delta S = S_{ech} + S_{créée}$ avec $S_{ech} = \sum Q_i/T_i$ .	Définir un système fermé et établir pour ce système un bilan entropique.  Relier la création d'entropie à une ou plusieurs causes physiques de l'irréversibilité.  Analyser le cas particulier d'un système en évolution adiabatique.
Variation d'entropie d'un système.	Utiliser l'expression fournie de la fonction d'état entropie.  Exploiter l'extensivité de l'entropie.
Loi de Laplace.	Citer et utiliser la loi de Laplace et ses conditions d'application.
Cas particulier d'une transition de phase.	Citer et utiliser la relation entre les variations d'entropie et d'enthalpie associées à une transition  de phase : $\Delta h_{12}(T) = T\Delta s_{12}(T)$ .
<b>3.5. Machines thermiques</b>	
Application du premier principe et du deuxième principe aux machines thermiques cycliques dithermes : rendement,	Donner le sens des échanges énergétiques pour un moteur ou un récepteur thermique ditherme.

efficacité, théorème de Carnot.

Analyser un dispositif concret et le modéliser par une machine cyclique ditherme.

Définir un rendement ou une efficacité et la 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.