Royaume du Maroc
Université Mohamed 1er
Faculté Pluridisciplinaire
Nador

المملكة المغربية
جامعة محمد الأول
الكلية المتعددة التخصصات
الناظور

Cours Thermodynamique I

Filières SMP/C-S1

2014- 2021

Professeur Doudou Abdelkader
Département de Physique

PLAN DU COURS

INTRODUCTION GÉNÉRALE

CHAPITRE I : OUTILS MATHÉMATIQUES.

CHAPITRE II : DÉFINITIONS ET CONCEPTS DE BASES.

CHAPITRE III : TRAVAIL ET CHALEUR.

CHAPITRE IV : 1ER PRINCIPE ET APPLICATIONS.

CHAPITRE V : COEFFICIENTS CALORIMETRIQUES.

CHAPITRE VI : 2ÉME PRINCIPE ET APPLICATIONS.

CHAPITRE VII : MACHINES THERMIQUES.

CHAPITRE VIII : CHANGEMENT D'ETAT.

CHAPITRE IX : FONCTIONS CARACTERISTIQUES.

CHAPITRE X : THEORIE CINETIQUE DES GAZ PARFAITS.

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Thermodynamique I

INTRODUCTION GENERALE

-Introduction

-Historique

-Branches de la thermodynamique

-Quelques applications

-Résumé

-Bibliographie

Introduction :

- Au début, comme son nom l'indique, **la thermodynamique** fut tout d'abord la science physique qui traite **des relations entre la mécanique (le travail W) et la chaleur (Q).**

- Depuis, **le domaine de la thermodynamique** s'est élargi. Actuellement, **la thermodynamique** est définie comme **l'étude des relations d'échanges entre les différentes types d'énergies (mécanique, thermique, lumineuse, électrique, magnétique, nucléaire, ...etc.)**, et concerne **toutes les modifications/changements possibles qui peuvent se produire dans la matières (solide, liquide, vapeur et plasma)**.

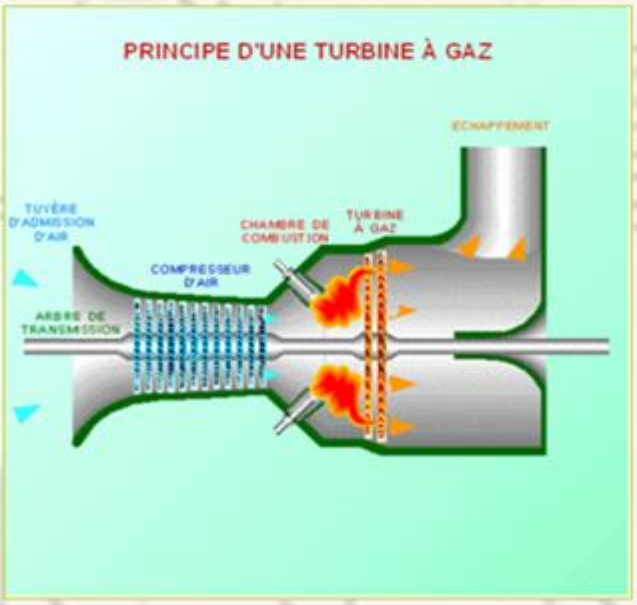
- Entre autre, **la thermodynamique** nous permet aussi de déterminer **si un processus physique/chimique** est **possible ou non** (**fonction d'Entropie S**).

- Depuis 1820, **la thermodynamique** nous a permis de comprendre le **fonctionnement des machines thermiques :**

- Moteur thermique:
moteur à combustion externe : machine à vapeur et turbine à vapeur
moteur à combustion interne: moteur à essence, moteur Diesel, moteur à réaction et turbine à gaz).
- Réfrigérateur .
- Pompes à chaleur.

Exemple Turbine à Gaz :

L'**éolipyle**



Fonctionnement d'une turbine à combustion à compresseur axial.

* L'**éolipyle** (boule d'Éole, sphère de vent) est une machine à vapeur et à réaction conçue par Héron d'Alexandrie (Ier siècle ap. J.-C.).

Historique :

C'est **entre le 19ième siècle (révolution industrielle) et le 20ième siècle** que **la thermodynamique** s'est développée, donc c'est **une science physique récente et moderne**.

Nicolas Léonard Sadi Carnot
physicien et ingénieur français
(1796-1832)

Benoît Paul Émile Clapeyron
physicien et ingénieur français
(1799-1864)

Carnot est **l'inventeur de la thermodynamique classique et le fondateur de ses bases.** Son unique ouvrage/livre ***«Réflexions sur la puissance motrice du feu et sur les machines propres à développer cette puissance»*** **(1824),** même si ignoré au début, a permis après à **Clapeyron (1843), Clausius (1850) et Thomson (1852)** de formuler **le 2ième principe/loi de la thermodynamique ou le principe de Carnot** sous sa forme **actuelle.**

Rudolf Julius Emmanuel Clausius

physicien allemand
(1822-1888)

Clausius est connu pour ses grandes contributions à la **thermodynamique.**

En découvrant par hasard l'ouvrage/livre de **Carnot**, il en a compris immédiatement la portée/l'importance) et il en a assuré la promotion auprès des physiciens de son temps.

Il **compléta le 2ième loi de la thermodynamique (1850)**, et inventa **le concept d'entropie S (1865)**.

Branches de la thermodynamique :

En **thermodynamique**, on distingue **deux branches**;

- **Thermodynamique des processus réversibles (en équilibres).**
- **Thermodynamique des processus irréversibles (hors équilibres).**

➢ **Dans la 1ière branche**, il y a 2 manières d'aborder **les échanges énergétiques :**

a) **La thermodynamique classique (macroscopique)** étudie **les relations logiques** rendant compte **des évolutions possibles des systèmes**. Elle est basée sur deux principes très généraux :

- *le 1ier principe de la thermodynamique.*
- *le 2ième principe de la thermodynamique.*

Cette partie sera étudiée dans ce cours en SMPC S1 et **le cours de thermodynamique II SMP S3**.

b) **La thermodynamique statistique (microscopique)** évite les études empiriques de la thermodynamique classique. Elle est basée sur la construction de modèles à l'échelle microscopique par **une théorie mathématique statistique**.

Elle sera traitée dans **le cours de physique statistique** après le DEUG.

➢ **La 2ième branche** se charge de l'étude des échanges énergétiques dans **des systèmes hors équilibres** qui sont **en évolution dans le temps.**

Pour schématiser :

a) Branche 1 :
La thermodynamique des des processus réversibles (en équilibres).

➢ Thermodynamique classique (macroscopique : matière continue)

➢ Thermodynamique statistique (microscopique : matière est un ensemble de particules (molécules, atomes ...etc.)

b) Branche 2 :
La thermodynamique des processus irréversibles (hors équilibre).

Système hors équilibre
↓
Évolution $f(t)$

Quelques applications :

- Stockage des gaz liquéfiés (hydrogène, propane, butane, oxygène, hélium, ...etc.).
- Chauffage, climatisation et isolation thermique des locaux (efficacité énergétique dans le bâtiment).
- Conception et choix des échangeurs de chaleur pour les transferts thermiques industriels ou non industriels .
- Refroidissement industriel pour la conservation des aliments, des médicaments et des organes en médecine.
- Propulsion des fusés et des avions militaires ou civiles (Industrie aérospatiale).
- Moteurs à combustion interne diesel et essence (Industrie automobile, production électrique (ONEE)).
- Turbines à vapeur pour la production de l'électricité avec l'énergie solaire thermodynamique et chaudière à fioul (ONEE).

Résumé :

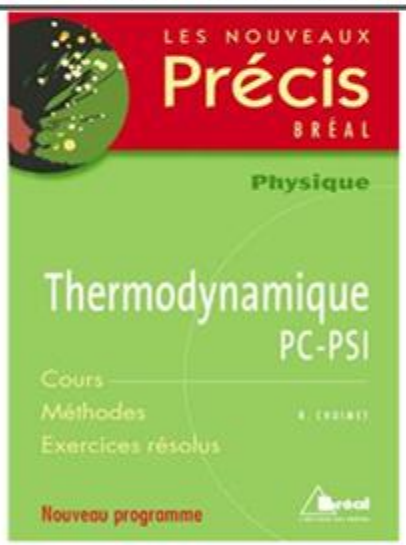
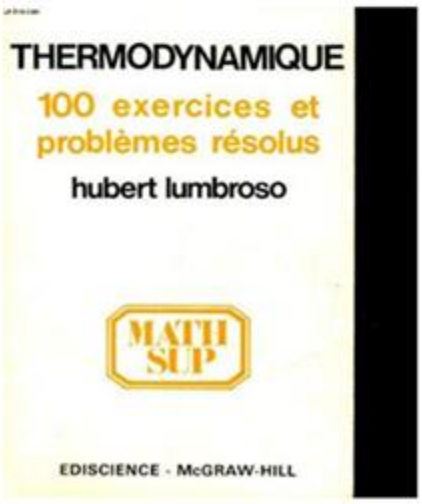
Définition:

La thermodynamique est la partie de la physique qui étudie les relations entre **les phénomènes thermiques** et **mécaniques**. **Elle** décrit **le comportement** et **la transformation de la matière** ou **des systèmes** en fonction de **la température T**, de **la pression P** et de **l'énergie (W:** travail, **Q:** chaleur , ...etc.).

La thermodynamique classique est basée sur **2 principes :**

- **Le 1er principe (ou principe de conservation de l'énergie)** : l'énergie stockée par un système sous forme **d'énergie interne (U)** (notamment en **énergie cinétique moléculaire Ec)**, peut être échangée avec l'extérieur sous forme **de travail (W)** ou **de chaleur (Q)**.
- **Le 2ième principe (ou la 2ième loi de la thermodynamique)** traite de **l'évolution des systèmes**, en introduisant **la notion essentielle d'entropie S qui schématise l'irréversibilité des phénomènes physiques.**

La somme des 2 principes permet de définir rigoureusement l'état vers lequel le système évoluera en fonction des conditions imposées.

Bibliographie :

- Georges Faverjon, Thermodynamique MPSI, **Les Nouveaux Précis de Physique, Ed. Breal.**
- J.L. Queyrel, J. Mesplède, Thermodynamique, Cours et exercices résolus, Précis de Physique, **Ed. Bréal**.
- M. Bertin, J.P. Faroux et J. Renault, Thermodynamique, **Dunod.**
- José-Philippe Perez, Thermodynamique: Fondements et applications -Exercices et problèmes résolus, **Dunod.**
- R. Mseddi, F. Berrada, Cours, exercices et Problèmes résolus de thermodynamique, **Diffusion Sochepress**.
- H. Lumbroso, Thermodynamique problèmes résolus, **McGRAW-HILL.**
- B. Gendreau, Thermodynamique Physique, Rappels de cours Exercices et Problèmes Corrigés, **Ed. Ellipses**.
- P. Grécias, Exercices et problèmes de thermodynamique physique, **Ed. Lavoisier -Tec & Doc.**
- M. Abbot, H. C. Van Ness, Théorie et Applications de la thermodynamique, **Série Schaum.**
- G. Bruhat, Cours de Physique générale, Thermodynamique, **Ed. Masson&Cie.**
- P. Perrot, Dictionnaire de thermodynamique, **InterEditions.**