

E – THERMODYNAMIQUE

<u>Date</u>	<u>Chapitre I : Qu'est ce que la thermodynamique</u>
	<p><u>I – L'historique de la thermodynamique</u></p> <ul style="list-style-type: none">I-1) Les trois concepts primordiauxI-2) De l'antiquité à Lavoisier<ul style="list-style-type: none"><i>I-2-1 Repérage de la température</i><i>I-2-2 Théories de la chaleur</i>I-3) La science des machines<ul style="list-style-type: none"><i>I-3-1 La machine à vapeur</i><i>I-3-2 Sadi Carnot</i><i>I-3-3 Equivalence entre travail et chaleur</i>I-4) De Boltzmann à nos jours <p><u>II – Expériences courantes de thermodynamique</u></p> <ul style="list-style-type: none">II-1) Chauffage d'un bloc de glaceII-2) Machine à vapeur simplisteII-3) Compression d'un gazII-4) Conclusion des expériences <p><u>III – Quelques définitions</u></p> <ul style="list-style-type: none">III-1) Paramètres (ou variables) d'étatIII-2) Paramètres externes ou internesIII-3) Etat d'équilibreIII-4) La températureIII-5) Paramètres extensifs et intensifs

<u>Date</u>	<u>Chapitre II : Le Gaz Parfait</u>
	<p><u>I – Le modèle du gaz parfait monoatomique</u></p> <ul style="list-style-type: none">I-1) Sphères dures de diamètre négligeableI-2) Forces intermoléculaires négligéesI-3) Hypothèses de la théorie cinétique<ul style="list-style-type: none"><i>I-3-1 Le chaos moléculaire</i><i>I-3-2 Homogénéité de la densité moléculaire</i><i>I-3-3 Homogénéité de la distribution des vitesses</i><i>I-3-4 Isotropie de la distribution des vitesses</i><i>I-3-5 Loi de distribution de Maxwell-Boltzmann</i> <p><u>II – Pression et température cinétiques</u></p> <ul style="list-style-type: none">II-1) Vitesse quadratique moyenneII-2) Pression cinétique<ul style="list-style-type: none"><i>II-2-1 Origine physique de la pression</i><i>II-2-2 Calcul de la force exercée par un GPM sur un élément de la paroi</i><i>II-2-3 Définition cinétique de la pression</i>II-3) La température cinétique<ul style="list-style-type: none"><i>II-3-1 Définition</i><i>II-3-2 Vitesse quadratique moyenne</i><i>II-3-3 Equation d'état du GPM</i>II-4) Energies d'un GPM

- II-4-1 Energie cinétique des molécules*
- II-4-2 Energie potentielle d'interaction*
- II-4-3 Energie interne du GPM*
- II-4-4 Première loi de Joule*
- II-4-5 Capacité thermique à volume constant*

III – Gaz parfaits et réels

- III-1) Limites du modèle du GPM**
- III-2) Les gaz parfaits polyatomiques**
 - III-2-1 Pression*
 - III-2-2 Thermomètre à gaz parfait*
 - III-2-3 Energie interne*
- III-3) Les gaz réels**
 - III-3-1 L'équation d'état de Van der Waals*
 - III-3-2 Les coefficients thermoélastiques*
 - III-3-3 Energie interne du gaz de Van der Waals*

Date

Chapitre III : Statique des Fluides

I – Relation fondamentale de la statique de fluides

- I-1) L'approximation des milieux continus**
- I-2) Actions mécaniques dans un fluide**
 - I-2-1 Forces surfaciques*
 - I-2-2 Forces volumiques*
 - I-2-3 Force de pression sur un élément de fluide*
- I-3) Relation fondamentale pour un fluide**
 - I-3-1 Expression générale pour un fluide au repos*
 - I-3-2 Dans le champ de pesanteur*
 - I-3-3 Conditions aux limites*

II – Etude de l'atmosphère isotherme

- II-1) Hypothèses de l'étude**
 - II-1-1 Champ de pesanteur uniforme*
 - II-1-2 Température atmosphérique*
 - II-1-3 Atmosphère parfaite*
- II-2) Champ de pression**
- II-3) Facteur de Boltzmann**
- II-4) Autre modèle d'atmosphère**

III – Statique des fluides incompressibles et homogènes

- III-1) Loi fondamentale de l'hydrostatique**
- III-2) Théorème de Pascal**
- III-3) Interface entre deux fluides non miscibles**
- III-4) Expérience du tube en U**

IV – Poussée d'Archimède et applications

- IV-1) Poussée sur une paroi**
 - IV-1-1 Poussée exercée sur une paroi plane*
 - IV-1-2 Poussée sur une paroi hémi-cylindrique*
 - IV-1-3 Centre de poussée*
- IV-2) Théorème d'Archimède**
- IV-3) Applications de la poussée d'Archimède**

Date	Chapitre IV : Le premier principe de la Thermodynamique
	<p><u>I – L'énergie interne</u></p> <ul style="list-style-type: none">I-1) L'énergie totale<ul style="list-style-type: none">I-1-1 L'énergie mécanique : grandeur non conservativeI-1-2 A la recherche d'une grandeur conservativeI-2) L'énergie interne<ul style="list-style-type: none">I-2-1 Notion d'énergie interneI-2-2 Définition de l'énergie interneI-3) Enoncé historique de Mayer <p><u>II – Les transferts d'énergie</u></p> <ul style="list-style-type: none">II-1) Exemple thermodynamiqueII-2) Le travail des forces de pression<ul style="list-style-type: none">II-2-1 Evolution élémentaireII-2-2 Evolution non élémentaireII-2-3 Evolution Quasi-statiqueII-2-4 Evolution RéversibleII-2-5 Exemples de transformationsII-2-6 Diagramme de ClapeyronII-2-7 Evolutions classiquesII-3) Le transfert thermique<ul style="list-style-type: none">II-3-1 Notion de chaleurII-3-2 Distinction entre Q et ΔTII-3-3 Transformation adiabatique <p><u>III – Le premier principe de la thermodynamique</u></p> <ul style="list-style-type: none">III-1) Enoncé du premier principe<ul style="list-style-type: none">III-1-1 Formulation généraleIII-1-2 Formulation sympathiqueIII-2) Exemples de transformations<ul style="list-style-type: none">III-2-1 Transformation isochoreIII-2-2 Transformation isobareIII-2-3 Transformation adiabatique quasi-statiqueIII-3) Applications aux détente de gaz<ul style="list-style-type: none">III-3-1 Détente de Joule/Gay-LussacIII-3-2 Détente de Joule/ThomsonIII-3-3 Intérêt des détenteIII-4) La calorimétrie<ul style="list-style-type: none">III-4-1 Méthode des mélangesIII-4-2 Méthode électriqueIII-4-3 Résultats expérimentaux

Date	Chapitre V : Le second principe de la thermodynamique
	<p><u>I – Evolutions irréversibles</u></p> <ul style="list-style-type: none">I-1) Transfert thermiqueI-2) Transfert de particulesI-3) L'inversion du tempsI-4) Exemple de critère d'évolution

II – Le second principe de la thermodynamique

II-1) Énoncé du second principe

II-1-1 Énoncé général

II-1-2 Évolution irréversible

II-1-3 Évolution réversible

II-2) Pression et température thermodynamiques

II-2-1 Définitions

II-2-2 Grandeurs thermodynamiques et cinétiques

II-2-3 Autre identité thermodynamique

II-2-4 Transfert thermique

II-3) Évolution élémentaire réversible

II-3-1 Lien entre transfert thermique et entropie

II-3-2 Discussion sur la réversibilité du transfert thermique

III – Entropie de quelques systèmes

III-1) Entropie du gaz parfait

III-1-1 Expression de dS

III-1-2 Évolution isentropique

III-1-3 Diagramme de Clapeyron

III-2) Entropie d'un fluide quelconque

III-3) Entropie d'une phase condensée

III-4) Diagrammes entropiques

IV – Bilans entropiques

IV-1) Échange thermique avec un thermostat

IV-1-1 Modèle du thermostat

IV-1-2 Variation d'entropie dS_{th} du thermostat

IV-1-3 Variation d'entropie du système dS

IV-1-4 Généralisation

IV-2 Le contact thermique

IV-2-1 Cas d'une source de chaleur

IV-2-2 Cas de deux sources de chaleur

IV-2-3 Cas de N sources de chaleur

IV-3 Compression monotherme d'un gaz parfait

IV-4 Détente de Joule/Gay-Lussac

IV-4-1 Détente isotherme

IV-4-2 Cas d'une transformation QS

IV-5 Détente de Joule/Thomson

IV-6 Les causes d'irréversibilité

V – Interprétation statistique de l'entropie

V-1 Description de l'état en thermodynamique statistique

V-1-1 Distinction entre microétats et macroétats

V-1-2 Nombre de microétats accessibles pour un macroétat donné

V-1-3 Hypothèse microcanonique

V-1-4 Probabilité d'un macroétat

V-1-5 Équilibre expérimental et probabilité

V-2 Entropie statistique

V-2-1 Entropie et nombre de complexion

V-2-2 Définition de l'entropie statistique

V-3 Changement d'état

V-4 Le troisième principe de la thermodynamique

<u>Date</u>	<u>Chapitre VI : Les Machines thermiques</u>
	<p><u>I – Les différents types de machines thermiques</u></p> <p>I-1) Application des deux premiers principes I-1-1 Machine monotherme I-1-2 Machines dithermes</p> <p>I-2) Diagramme de Raveau</p> <p>I-3) Rendement d'un moteur ditherme</p> <p>I-4) Efficacité d'une machine réfrigérante I-4-1 Machine frigorifique I-4-2 Pompe à chaleur</p> <p>I-5) Cycle de Carnot</p> <p><u>II – Modélisation de machines réelles</u></p> <p>II-1) Le moteur à explosions II-1-1 Les quatre temps du moteur à explosion II-1-2 Le cycle réel II-1-3 Le cycle modélisé II-1-4 Rendement du cycle d'Otto</p> <p>II-2) Machine frigorifique (à air) II-2-1 Principe II-2-2 Modélisation du cycle II-2-3 Calcul de l'efficacité II-2-4 Réfrigérateur à fréon</p>

<u>Date</u>	<u>Chapitre VII : Etude descriptive d'un corps pur diphasé en équilibre</u>
	<p><u>I – Introduction aux transitions de phase</u></p> <p>I-1) Les différentes transitions I-2) Description d'une phase homogène I-3) Discontinuité des grandeurs massiques I-4) Palier de transition de phase</p> <p><u>II – Diagramme (p,T)</u></p> <p>II-1) Description II-2) Le point triple II-3) Le point critique II-4) Diagramme (P_s, T) de l'eau II-5) Interprétation du palier de transition</p> <p><u>III – Enthalpie et entropie de changement d'état</u></p> <p>III-1) Chaleur latente de changement d'état III-1-1 Définition III-1-2 Propriétés III-1-3 Enthalpie massique de vaporisation de l'azote</p> <p>III-2) Entropie de changement d'état</p> <p><u>IV – Diagramme (p,v) de l'équilibre liquide-vapeur</u></p> <p>IV-1) Le diagramme (p,v) IV-1-1 Isothermes d'Andrews IV-1-2 Courbe de saturation IV-1-3 Palier de liquéfaction et point critique</p>

IV-1-4 Diagramme (p,v) d'un fluide de Van der Waals
IV-2) Théorème des moments
IV-2-1 Titres massiques
IV-2-2 Relation entre les volumes massiques du palier
IV-2-3 Théorème des moments

V – Bilans d'enthalpie et d'entropie d'un mélange liquide-vapeur

V-1) Utilisation de tables thermodynamiques

V-2) Utilisation du diagramme (p,v)

V-2-1 Hypothèses

V-2-2 Calcul de Δh et Δs sur les paliers isothermes

V-2-3 Calcul de Δh et Δs pour une phase condensée incompressible

V-2-4 Bilan

VI – Machine à vapeur

VI-1) Machine réelle

VI-2) Le cycle de Rankine

VI-3) Rendement

<u>Date</u>	<u>Chapitre VIII : Bilan d'énergie en système ouvert</u>
	<p><u>I – Bilan d'énergie en système ouvert</u></p> <p>I-1) Premier principe en système fermé I-2) Fluide en écoulement I-3) Premier principe de la thermodynamique en système ouvert I-4) Premier principe en régime stationnaire</p> <p><u>II – Exemples de bilans énergétiques</u></p> <p>II-1) Détente de Joule-Thomson II-2) Exemple d'une tuyère II-3) Réfrigérant à eau II-4) Le turbopropulseur <i>II-4-1 Le système réel</i> <i>II-4-2 Bilan énergétique</i> <i>II-4-3 Rendement</i></p>