

| | | |
|--------------------------------|---|-------------------------------------|
| DOMAINE SCIENCE ET TECHNOLOGIE | PROGRAMME "Thermodynamique" Code: F213 Volume horaire semestriel 67h30 min Volume horaire hebdomadaire 4h30 min (3H00 min cours et 1h30 min TD) Semestre 1 -15 semaines- | 1 ^{ère} ANNEE SOCLE COMMUN |
| | | Coef : 03 Crédits : 06 |

| Programme | Nombre de semaines |
|--|--------------------|
| CHAPITRE I : Généralités sur la thermodynamique Introduction I/Propriétés fondamentales des fonctions d'état <ol style="list-style-type: none"> 1) Rappel de définitions mathématiques 2) Différentielle d'une fonction d'état (1^{ère} dérivée et 2^{ème} dérivée croisée) 3) Condition mathématique d'une fonction d'état (D.T.E) II/ Définitions des systèmes thermodynamiques et le milieu extérieur <ol style="list-style-type: none"> 1) Les constituants ou la composition d'un système 2) Les différents types de systèmes (ouvert, fermé, isolé) III/ Description d'un système thermodynamique <ol style="list-style-type: none"> 1) Etat d'un système thermodynamique 2) Variables (paramètres ou grandeurs) d'état 3) Fonctions d'état 4) Grandeurs extensives et intensives 5) Équation d'état des gaz parfaits 6) Équation d'état des gaz réels (Vander Waals, Berthelot,) IV/ Evolution et états d'équilibre thermodynamique d'un système <ol style="list-style-type: none"> 1) Etat d'équilibre mécanique 2) Etat d'équilibre thermique 3) Etat d'équilibre chimique V/ Transferts possibles entre le système et le milieu extérieur <ol style="list-style-type: none"> 1) Transferts ou échanges d'énergie (travail, chaleur) 2) Transferts ou échanges de matière VI/ Transformations de l'état d'un système (opération, évolution) VI-I/ Transformations d'un gaz parfait <ol style="list-style-type: none"> 1) Transformation isochore d'un gaz parfait 2) Transformation isobare d'un gaz parfait 3) Transformation isotherme d'un gaz parfait 4) Transformations adiabatiques d'un gaz parfait | 02 |

| | |
|--|-------------|
| <p>5) Transformations (ouvertes, fermées ou cycliques)</p> <p>6) Transformations monothermes</p> <p>7) Transformations infinitésimales</p> <p>8) Transformations quasistatiques</p> <p>9) Les transformations réversibles et irréversibles</p> <p>VI– II/ Transformations physiques ou Transformations de changement d'état physique(Fusion, vaporisation, sublimation, condensation,...)</p> <p>VI– III/ Transformations chimiques ou réactions chimiques (Combustion, estérification, explosion, corrosion, décoloration,...)</p> <p>VI–IV/ Représentation graphique des Transformations des gaz parfaits</p> <p>a) Diagramme de Clapeyron : $p=f(V)$ dans le plan (p,V)</p> <p>b) Diagramme d'Amagat : $pV=f(p)$ dans le plan (pV,p)</p> <p>VII/ Rappel des lois des gaz parfaits</p> <p>1) Loi de Boyle-Mariotte : $pV=cste$ à T cste</p> <p>2) loi de Gay-Lussac : $V/T=cste$ à $p=cste$</p> <p>3) loi de Charles : $P/T =cste$ à $V =cst$</p> <p>4) loi de Dalton ; les pressions partielles : $p_i = x_i .P_T$</p> | |
| <p>CHAPITRE II (02 semaines et demi)</p> <p>I/ Notion de température</p> <p>1) La thermométrie</p> <p>2) Le principe zéro de la thermodynamique</p> <p>3) Echelles de température : centésimales, absolues et Fahrenheit</p> <p>4) Conception d'un thermomètre à mercure</p> <p>5) Les différents types de Thermomètres</p> <p>II/ Notion de chaleur ou de quantité de chaleur Q</p> <p>1) Expression générale de la quantité de chaleur Q</p> <p>2) Différentes expressions de la chaleur pour les systèmes $f(P,V,T)=0$</p> <p>3) La capacité calorifique thermique C (j/K ou cal/K)</p> <p>4) Les différents types de capacité calorifique thermique</p> <p>i) capacité calorifique thermique massique (j/Kg.K)</p> <p>ii) capacité calorifique thermique molaire (j/mol.K)</p> <p>iii) capacité calorifique thermique molaire ou massique isobare C_P</p> <p>iv) capacité calorifique thermique molaire ou massique isochore C_V</p> <p>4. I. capacité calorifique thermique pour les gaz parfaits</p> <p>i. gaz parfaits monoatomiques</p> <p>ii. gaz parfaits diatomiques</p> <p>iii. relation entre C_P et C_V pour un gaz parfait, relation de Mayer</p> <p>iv. C_P et C_V pour un mélange de gaz parfaits</p> <p>4.II. capacité calorifique thermique pour les liquides et les solides</p> <p>5. capacité calorifique thermique pour les solides</p> | <p>02.5</p> |

| | |
|---|------|
| <p>6. Calcul de la quantité de chaleur pour différentes transformations</p> <p>III/ Calorimétrie</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Le calorimètre 2) Les différents types de calorimètres 3) La valeur ou la masse en eau du calorimètre μ 4) Calcul de la température d'équilibre T_e 5) Calcul de la chaleur de combustion à pression constante Q_P 6) Calcul de la chaleur de combustion à volume constant Q_V 7) Chaleurs latentes de changement d'état physique (L_{fus}, L_{vap}, L_{sub}, \dots) <p>IV/ L e travail</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Expression générale du travail des forces de pression 2) Travail réversible $W_{rév}$ 3) Travail irréversible $W_{irrév}$ 4) Application de calcul du travail pour les différentes transformations | |
| <p>CHAPITRE III : Le premier principe de la thermodynamique</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Equivalence entre chaleur et travail 2) Enoncé du premier principe 3) Expression générale du premier principe 4) Définition de l'énergie interne U 5) Expression différentielle de l'énergie interne 6) Expression différentielle du premier principe 7) Calcul de la variation de l'énergie interne ΔU <ol style="list-style-type: none"> a) 1^{ère} loi de Joule ; la variation de l'énergie interne d'un gaz parfait b) Transformation isochore c) Transformation isobare d) Relation entre Q_P et Q_V <ol style="list-style-type: none"> i) pour un gaz parfait (relation de Mayer) ii) pour les réactions chimiques e) Travail adiabatique réversible $W_{rév}$. Equation de Laplace f) Travail adiabatique irréversible $W_{irrév}$ 8) Notion de l'enthalpie H <ol style="list-style-type: none"> a) La fonction enthalpie b) Expression différentielle de l'enthalpie c) 2^{ème} loi de Joule ; la variation de l'enthalpie des gaz parfaits | 02.5 |
| <p>CHAPITRE IV : Applications du premier principe de la thermodynamique à la thermochimie</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Chaleurs de réaction : Q_R ; Q_P ; Q_V 2) L'état standard 3) L'enthalpie standard de formation ΔH_f^0 4) L'enthalpie de dissociation | 01.5 |

- 5) L'enthalpie de changement d'état physique (ΔH_{fus} , ΔH_{vaP} , ΔH_{sub} ,...)
- 6) L'enthalpie d'une réaction chimique ΔH_R
 - a) Loi de Hess
 - b) Energie de liaison ou enthalpie de liaison
 - c) Energie réticulaire (cycle de Born-Haber)
 - d) L'enthalpie de formation des atomes gazeux ΔH_f (atomes, gazeux)
 - e) Loi de Kirchoff.
 - f) Variation des chaleurs de réactions en fonction de la température
 - g) Température de flamme et pression d'explosion

CHAPITRE V : 2^{ème} principe de la thermodynamique

03

I/ Introduction

- 1) Irréversibilité et évolution des phénomènes naturels
- 2) Enoncés du second principe de la thermodynamique

II/ Notion d'entropie

- 1) Introduction de la fonction entropie S d'un système
- 2) Expression générale du second principe de la thermodynamique
- 3) la fonction entropie S dépend de p et de T ; $S = f(p, T)$
- 4) L'entropie d'un solide
- 5) L'entropie d'un liquide
- 6) L'entropie d'un gaz parfait
- 7) L'entropie d'un mélange de gaz parfaits
- 8) L'entropie de changement d'état physique (ΔS_{fus} , ΔS_{vaP} , ΔS_{sub} ,...)
- 9) L'entropie des transformations adiabatiques réversibles et irréversibles
- 10) Création d'entropie due aux transformations irréversibles
- 11) Bilan entropique
- 12) Critères d'évolution d'un système isolé ($dS_{\text{créé}} \geq 0$)

III/ Machines thermiques

1. Applications du cycle de Carnot : moteurs thermiques ; machines frigorifiques, Le rendement thermique d'une machine
2. Application à quelques cycles moteurs
 - a. Cycle de Joule (ou cycle de Brayton)
 - b. Cycle d'Otto (ou cycle de Beau de Rochas)
 - c. Cycle Diesel
 - d. Cycle de Stirling

| | |
|---|------|
| <p>CHAPITRE VI : 3^{ème} Principe et entropie absolue</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Enoncé du 3^{ème} Principe, l'entropie absolue à zéro Kelvin (0K) 2) L'entropie absolue molaire standard d'un corps pur S_{298K}^0 3) L'entropie absolue molaire standard à T Kelvin (TK) 4) L'entropie absolue molaire standard S_T d'un (solide, liquide, gaz) pur 5) La variation d'entropie d'une réaction chimique ΔS_R 6) La variation d'entropie d'une réaction chimique à une température T ; $\Delta S_R(T)$ | 01 |
| <p>CHAPITRE VII : Energie et enthalpie libres – Critères d'évolution d'un système</p> <p><i>I/ Introduction</i></p> <p><i>II/ Energie et enthalpie libre</i></p> <p><i>III/ Les équilibres chimiques</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <i>i)</i> Lois d'action de masse et les constantes d'équilibre <i>ii)</i> Relation de Guldberg et Waage pour des équilibres homogènes <i>iii)</i> Influence de la température sur les constantes d'équilibre : relation de VANT'HOFF <i>iv)</i> Lois de déplacement de l'équilibre <i>v)</i> Aspect complémentaire de l'étude des équilibres <ol style="list-style-type: none"> 1) Coefficient de dissociation ou degré de dissociation α 2) Degré d'avancement d'une réaction chimique ξ 3) Le rendement d'une réaction chimique ρ 4) Variance d'un système en équilibre et règles des phases. | 02.5 |