

T1. Le gaz parfait monoatomique.

1. Etat gazeux.

- 1.1. Ordre de grandeur. Forces intermoléculaires.
- 1.2. Distribution des vitesses.
 - i) Décomposition du mouvement.
 - ii) Chaos moléculaire. Isotropie de la distribution des vitesses.
 - iii) Vitesse moyenne. Vitesse quadratique.
- 1.3. Pression dans un gaz.
 - i) Définition.
 - ii) Interprétation microscopique.

2. Théorie cinétique du gaz parfait monoatomique.

- 2.1. Le modèle du gaz parfait monoatomique (GPM).
- 2.2. Calcul de la force exercée par un GPM sur un élément de paroi.
 - i) Hypothèses.
 - ii) Détermination de l'expression de la force.
- 2.3. Définition cinétique de la pression dans un GPM.
- 2.4. Définition cinétique de la température d'un GPM.
- 2.5. Equation d'état du GPM.
- 2.6. Energie interne.
 - i) Introduction générale.
 - a) Energie cinétique des molécules.
 - b) Energie potentielle.
 - c) Energie totale et énergie interne.
 - ii) Energie interne du GPM.
- 2.7. Grandeurs extensives et intensives. Variance.

3. Gaz parfaits et gaz réels.

- 3.1. Température absolue.
 - i) Propriété des gaz aux faibles pressions.
 - ii) Thermomètre à gaz parfait.
 - iii) Echelle légale de température.
- 3.2. Pression.
- 3.3. Gaz réels.
 - i) Equation d'état. Modèle de Van der Waals.
 - ii) Aspect expérimental : coefficients thermoélastiques.
 - a) Définition.
 - b) Reconstruction de l'équation d'état.
- 3.4. Energie interne.
 - i) Capacités thermiques.
 - ii) Gaz parfait monoatomique.
 - iii) Gaz parfait diatomique.
 - iv) Gaz parfait quelconque.
 - v) Gaz de Van der Waals.

1. L'état fluide.

- 1.1. Définitions.
- 1.2. Densité particulaire. Masse volumique.
- 1.3. Compressibilité.
- 1.4. Champs de forces dans un fluide.
 - i) Forces volumiques.
 - ii) Forces surfaciques.

2. Pression et forces de pression dans un fluide au repos.

- 2.1. Pression.
 - i) Définition.
 - ii) Condition aux limites.
- 2.2. Principe fondamental de la statique des fluides.
 - i) Formulation générale.
 - ii) Statique d'un fluide dans le champ de pesanteur.
- 2.3. Surfaces isobares d'un fluide dans le champ de pesanteur.

3. Statique des fluides homogènes compressibles : cas de l'atmosphère isotherme.

- 3.1. Description du modèle d'atmosphère.
- 3.2. Calcul du champ de pression.
- 3.3. Ordres de grandeurs et conséquences.
- 3.4. Facteur de Boltzmann.

4. Statique des fluides homogènes incompressibles dans le champ de pesanteur uniforme.

- 4.1. Champ de pression.
- 4.2. Ordres de grandeurs. Validité du modèle.
- 4.3. Conséquences et applications.
 - i) Hypothèses.
 - ii) Vases communicants.
 - iii) Interface entre deux fluides.
 - iv) Variations de la pression avec l'altitude.
 - v) Théorème de Pascal.

5. Forces exercées par les fluides au repos.

- 5.1. Pression subie par une paroi.
- 5.2. Poussée d'Archimède.
 - i) Expression.
 - ii) Applications.
 - a) Aérostat.
 - b) Montgolfière.

T3. Premier principe de la thermodynamique.

1. Transformations.

- 1.1. Système. Milieu extérieur.
- 1.2. Définition d'une transformation.
 - i) Définition générale.
 - ii) Transformations particulières

2. Travail des forces de pression.

- 2.1. Pression extérieure et pression dans le fluide.
- 2.2. Travail des forces de pression au cours d'une évolution élémentaire.
- 2.3. Travail au cours d'une évolution non élémentaire.
 - i) Expression générale.
 - ii) Cas des évolutions quasi-statiques et mécaniquement réversibles.
 - iii) Représentation graphique du travail des forces de pression.
 - iv) Quelques travaux classiques.
 - a. Transformation isochore.
 - b. Transformation monobare.
 - c. Transformation isobare.
 - d. Transformation isotherme d'un gaz parfait.
 - e. Transformation polytropique d'un gaz parfait.

3. Premier principe de la thermodynamique.

- 3.1. Exemple de non conservation de l'énergie mécanique.
- 3.2. L'énergie d'un système en thermodynamique.
 - i) Energie totale. Hypothèse fondamentale.
 - ii) Energie interne. Energie totale.
 - iii) Echanges d'énergie en thermodynamique.
- 3.3. Enoncé du premier principe.
- 3.4. Commentaires et remarques.

4. Application du premier principe à quelques transformations particulières de fluides.

- 4.1. Cas d'une transformation isochore. Capacité thermique à volume constant.
- 4.2. Cas d'une transformation monobare. Enthalpie.
 - i) Introduction de l'enthalpie.
 - ii) Enthalpie et capacité thermique à pression constante de quelques fluides modèles.
 - a. Capacité thermique à pression constante.
 - b. Gaz parfait. Relation de Mayer.
 - c. Gaz parfait monoatomique.
 - d. Fluides réels.
- 4.3. Cas d'une transformation adiabatique.

5. Détentes de gaz.

- 5.1. Détente de Joule – Gay-Lussac.
- 5.2. Détente de Joule – Thomson.
- 5.3. Intérêt des détente.

6. Calorimétrie.

- 6.1. Méthode des mélanges.
- 6.2. Méthode électrique.
- 6.3. Quelques résultats.

T4. Second principe de la thermodynamique.

1. Irréversibilité en thermodynamique.

- 1.1. Causes d'irréversibilité.
- 1.2. Modélisation d'une transformation réversible.

2. Second principe de la thermodynamique.

- 2.1. Second principe pour un système fermé.
 - i) Énoncé.
 - ii) Commentaires et conséquences.
- 2.2. Identité thermodynamique.
- 2.3. Source de chaleur ou thermostat.
 - i) Définition.
 - ii) Variation d'entropie du thermostat.
- 2.4. Entropie échangée. Entropie créée. Bilan entropique. Méthode de calcul de la production d'entropie.

3. Fonction entropie.

- 3.1. Entropie du gaz parfait.
 - i) Expression différentielle de l'entropie. Variation d'entropie.
 - ii) Étude d'une évolution isentropique. Loi de Laplace.
 - iii) Comparaison d'une évolution isentropique et d'une évolution isotherme.
- 3.2. Entropie d'une phase condensée incompressible.

4. Bilans entropiques. Exemples.

- 4.1. Bilan entropique. Méthode de calcul de la production d'entropie.
- 4.2. Exemples de transferts thermiques.
 - i) Cas d'un système de taille finie et d'une source de chaleur.
 - ii) Cas d'un système de taille finie et de plusieurs sources de chaleur.
Suite quelconque d'évolution entre N sources.
Cas limite de l'évolution réversible.
- 4.3. Exemple de transfert de volume.
 - i) Détente de Joule-Gay Lussac.
 - ii) Détente isotherme.
 - iii) Évolution monotherme brutale.

T5. Machines thermiques.

1. Etude théorique des machines cycliques dithermes.

- 1.1. Caractéristiques d'une machine thermique.
- 1.2. Moteurs et récepteurs.
- 1.3. Bilans énergétique et entropique.
 - i) Bilans. Inégalité de Clausius.
 - ii) Diagramme de Raveau.
- 1.4. Cas particulier des machines monothermes.
- 1.5. Théorème de Carnot.
 - i) Moteur ditherme.
 - a) Théorème de Carnot
 - b) Cycle de Carnot
 - ii) Machine frigorifique ditherme.
 - iii) Pompe à chaleur ditherme.

2. Le moteur à explosions.

- 2.1. Description.
- 2.2. Modélisation.
- 2.3. Rendement.

T6. Etude descriptive du corps pur diphase en équilibre.

1. Equilibre d'un corps pur sous deux phases.

- 1.1. Hypothèses d'étude et définitions.
- 1.2. Variance.

2. Diagramme (p, T).

- 2.1. Allure générale du diagramme.
- 2.2. Point triple.
- 2.3. Point critique.
- 2.4. Etude de $p_S(T)$ dans le cas de l'eau.

3. Diagramme (p, v) pour l'équilibre liquide-vapeur.

- 3.1. Isothermes dans le diagramme de Clapeyron.
- 3.2. Description d'une évolution isotherme.
- 3.3. Cas particulier du point critique. Isotherme critique.
- 3.4. Expression du volume massique d'un mélange diphase liquide-vapeur. Titre en vapeur.

4. Fonctions d'état d'un corps pur sous deux phases.

- 4.1. Expressions générales.
- 4.2. Enthalpie et entropie de transition de phase.
 - i) Définitions.
 - ii) Interprétation de l'enthalpie de transition de phase.
 - iii) Relation entre l'entropie de transition de phase et l'enthalpie de transition de phase.
- 4.3. Variations des fonctions d'état d'un mélange diphase liquide-vapeur.
 - i) Généralités.
 - ii) Exemple : Détente d'une vapeur d'eau dans une machine à vapeur.

T7. Etude descriptive du corps pur diphase en équilibre.

1. Equilibre d'un corps pur sous deux phases.

- 1.1. Hypothèses d'étude et définitions.
- 1.2. Variance.

2. Diagramme (p, T).

- 2.1. Allure générale du diagramme.
- 2.2. Point critique.
- 2.3. Point triple.
- 2.4. Etude de $p_S(T)$ dans le cas de l'eau.

3. Diagramme (p, v) pour l'équilibre liquide-vapeur.

- 3.1. Isothermes dans le diagramme de Clapeyron.
- 3.2. Description d'une évolution isotherme.
- 3.3. Cas particulier du point critique. Isotherme critique.
- 3.4. Expression du volume massique d'un mélange diphasé liquide-vapeur. Titre en vapeur.

4. Diagramme (T, s) pour l'équilibre liquide-vapeur.

- 4.1. Isobares dans le diagramme entropique.
- 4.2. Description d'une évolution isobare.
- 4.3. Titre en vapeur.

5. Fonctions d'état d'un corps pur sous deux phases.

- 5.1. Expressions générales.
- 5.2. Enthalpie et entropie de transition de phase.
 - i) Définitions.
 - ii) Interprétation de l'enthalpie de transition de phase.
 - iii) Relation entre l'entropie de transition de phase et l'enthalpie de transition de phase.
- 5.3. Variations des fonctions d'état d'un mélange diphasé liquide-vapeur.
 - i) Généralités.
 - ii) Exemple : Détente d'une vapeur d'eau dans une machine à vapeur.

T7. Interprétation statistique de l'entropie.

- 1. Passage du macroscopique au microscopique. Mécanique statistique.**
- 2. Etat macroscopique. Etat microscopique.**
- 3. Entropie statistique.**
 - 3.1. Définition de l'entropie statistique.
 - 3.2. Principales propriétés de l'entropie statistique.
- 4. Système isolé à l'équilibre. Distribution microcanonique.**
 - 4.1. Postulat fondamental de la mécanique statistique.
 - 4.2. Entropie microcanonique : formule de Boltzmann.
 - 4.3. Evolution spontanée d'un système isolé après modification des contraintes extérieures.
 - i) Détente de Joule - Gay Lussac.
 - ii) Généralisation.
- 5. Exemples.**
 - 5.1. Gaz parfait sur réseau. Détermination de l'équation d'état.
 - 5.2. Modèle de solide ferromagnétique.
- 6. Le troisième principe de la thermodynamique.**