

1 Thermodynamique.

1.1 Systèmes ouverts en régime stationnaire.

- Premier principe de la thermodynamique pour un système ouvert en régime stationnaire, dans le seul cas d'un écoulement unidimensionnel dans la section d'entrée et la section de sortie : $\Delta h + \Delta e = w_u + q$.
- Exemples : détenteur (détente de Joule–Thomson), pompe ou compresseur, turbine, tuyère, évaporateur, condenseur.
- Diagramme (P, h) pour un corps pur. Courbe de saturation, point critique. Les différents réseaux de courbes (isentropes, isochores, isothermes, isotitres). Lecture et exploitation.
- Second principe pour un système ouvert.
- Diagramme (T, s) pour un corps pur.
- Exemple détaillé : un congélateur.

1.2 Rayonnement thermique.

- Approche descriptive du rayonnement du corps noir.
- Loi de Planck (hors-programme). Densité spectrale en fréquence, densité spectrale en longueur d'onde (le passage de l'une à l'autre a été vu en exercice).
- Loi de Wien (doit être fournie).
- Loi de Stefan (doit être fournie).
- Explication de l'effet de serre.

1.3 Diffusion thermique.

- Brève présentation des trois modes de transfert thermique.
- Vecteur densité de flux thermique \vec{j}_Q . Flux thermique à travers une surface.
- Bilan énergétique local (avec terme de source algébrique) : démonstration en 1D en géométrie cartésienne ; expression 3D admise.
- Loi de Fourier.
- Conductivité thermique ; ordres de grandeur pour différents matériaux (air, eau, béton, acier). Loi de Wiedemann-Franz pour les métaux (hors-programme).
- Équation de la diffusion thermique. Propriétés (non-invariance par renversement du temps liée à l'irréversibilité du processus ; analyse en ordres de grandeur : distance en \sqrt{t}).
- Nécessité pour toute résolution de connaître les conditions initiales et aux limites.
- Quelques exemples de résolution numérique (python).
- Cas particulier des régimes stationnaires. Notion de résistance/conductance thermique par analogie avec l'électrocinétique continue. Associations de résistances en série ou en parallèle.
- Relation de Newton (doit être fournie) comme condition aux limites à une interface solide-fluide.

1.4 Diffusion de particules.

- Densité particulaire.
- Vecteur densité de flux de particules \vec{j}_N . Flux de particules.
- Bilan de particules (avec terme de source algébrique) : démonstration à 1D en géométrie cartésienne, expression générale admise.
- Loi de Fick. Coefficient de diffusion ; ordres de grandeur (dans un gaz, dans un liquide, dans un solide).
- Équation de la diffusion. Propriétés (voir diffusion thermique).
- Résolution : nécessité de disposer de conditions initiales et aux limites.
- Cas particulier des régimes stationnaires.
- Un exemple de régime non stationnaire : particules toutes placées en $x = 0$ à $t = 0$.
- Approche microscopique du phénomène de diffusion : modèle probabiliste discret (marche au hasard 1D). Coefficient de diffusion en fonction du libre parcours moyen et de la vitesse quadratique moyenne.
- Quelques exemples où la diffusion de particules intervient :
 - dopage des semi-conducteurs (méthode ancienne de la diffusion dans le substrat de silicium solide à haute température ; méthode plus récente d'implantation ionique à froid et diffusion subséquente).

- paliers de diffusion dans les courbes intensité/potentiel

2 Phénomènes de propagation linéaires : ondes électromagnétiques dans les plasmas et dans les métaux.

- Définition d'un plasma. Densité ionique, densité électronique. Pulsation plasma.
- Exemples de plasmas ; ordres de grandeur des densités électroniques.
- Réaction d'un plasma à un champ électromagnétique harmonique ; les diverses approximations effectuées. Conductivité imaginaire pure d'un plasma neutre peu dense. Absence de puissance moyenne échangée en moyenne temporelle entre le champ et les porteurs de charge.
- Conductivité complexe d'un conducteur ohmique.
- Propagation d'une onde électromagnétique plane harmonique dans un milieu neutre à conductivité complexe. Relation de dispersion. Indice complexe. Transversalité de l'onde. Relation de structure.
- Relation de dispersion complexe : phénomène d'absorption (ou d'amplification) ; distance caractéristique. Pseudo-OPPH, pseudo-longueur d'onde.
- Vitesse de phase. Phénomène de dispersion.
- Cas particulier où k est imaginaire pur : onde évanescence.
- Déformation d'une OPP non H par le phénomène de dispersion.
- Paquet d'ondes : définition. Vitesse de groupe.
- Application au plasma neutre peu dense : domaine réactif (onde évanescence, absence de propagation de l'énergie en moyenne temporelle), domaine de transparence (vitesse de phase, vitesse de groupe).
- Réflexion/Transmission d'une OPPH incidente depuis le vide sur une interface vide/plasma peu dense sous incidence normale : mise en équation, coefficients complexes de réflexion et de transmission pour l'amplitude du champ électrique, coefficients de réflexion et de transmission en puissance (la continuité du champ électromagnétique est admise). Application au comportement de l'ionosphère vis-à-vis des ondes électromagnétiques en fonction de leur fréquence et de la densité électronique (variations jour/nuit).

3 Polarisation de la lumière.

- Polarisation des OPPH (rectiligne, circulaire, elliptique) : lien entre polarisation et expression du champ électrique.
- Polariseur rectiligne parfait. Effet sur une lumière non polarisée, sur une lumière polarisée rectilignement (loi de Malus).
- Polarisation par réflexion vitreuse sous incidence oblique. Angle de Brewster. Repérage de la direction passante d'un polariseur.
- Lames biréfringentes. Lignes neutres. Lame quart d'onde, lame demi-onde.
- Analyse d'une lumière soit totalement polarisée, soit non polarisée.
- Polarisation rotatoire. Loi de Biot.