

# Programme de khôlle semaine n°17

Physique-chimie MPI/MPI\*

Du 3 au 7 février 2025

**Thermodynamique** : révisions générales (première et deuxième années)

**Ondes électromagnétiques** :

- 1. Retour aux équations de Maxwell : tout exercice
  - Conservation locale de la charge électrique
  - Conservation locale de l'énergie électromagnétique : théorème de Poynting, densité volumique d'énergie électromagnétique, vecteur de Poynting, puissance volumique cédée à la matière
  - Équation de d'Alembert dans un espace vide de charges et de courants
- 2. Solutions en OPPM dans le vide : tout exercice
  - Onde scalaire solution de l'équation de d'Alembert
  - Onde plane, plans d'onde
  - OPPM, double-périodicité spatiale et temporelle, vecteur d'onde, caractère non physique
  - Vitesse de phase
- 3. Formalisme complexe pour les OPPM : tout exercice
  - Action des dérivées partielles sur un ansatz d'OPPM écrit en complexe
  - Action de nabla (et gradient, divergence, rotationnel et laplacien)
- 4. Structure d'une OPPM dans le vide : tout exercice
  - Équations de Maxwell-Gauss et Thomson en complexe : structure transverse d'une OPPM
  - Équation de Maxwell-Faraday : relation de structure
  - Équation de d'Alembert : relation de dispersion
  - Intensité lumineuse, calcul en complexe pour une OPPM
- 5. Polarisation d'une onde électromagnétique : *cours seulement*
  - Polarisation rectiligne, caractérisation
  - Polarisation circulaire, caractérisation, détermination du sens de la rotation
  - Caractère non polarisé de la lumière naturelle
  - Polariseur, direction privilégiée, loi de Malus, expérience de Malus
- 6. Paquets d'ondes — Milieux dispersifs : *cours seulement*
  - Caractère non physique d'une OPPM, paquet d'ondes, non-additivité des grandeurs énergétiques
  - Onde stationnaire obtenue par superposition de deux OPPM se propageant en sens inverse, nœuds espacés d'une demi-longueur d'onde, nullité du vecteur de Poynting et non-nullité de la densité volumique d'énergie
  - Milieux transparents : indice optique et vitesse de phase, loi de Cauchy, caractère dispersif
  - Vitesse de groupe
  - Définition généralisée de l'indice optique  $n = kc/\omega$
- 7. Ondes électromagnétiques dans un plasma dilué : *cours seulement*
  - Hypothèses : basse pression pour négliger les interactions entre particules, électroneutralité locale, propriétés proches du vide pour garder  $\epsilon_0$  et  $\mu_0$ , un électron libre par atome
  - Loi d'Ohm locale, négligeabilité du terme cationique, interprétation de la conductivité complexe, absence d'effet Joule
  - Équation d'onde, relation de dispersion et pulsation plasma, vecteur d'onde complexe, relation de structure valable en complexe
  - Régime haute fréquence : solutions en OPPM, indice optique réel, vitesse de phase et vitesse de groupe
  - Régime basse fréquence : solutions en ondes évanescentes, indice optique imaginaire pur lié à l'atténuation
  - Vecteur de Poynting dans les deux régimes, nécessité d'une réflexion à la surface du plasma dans le cas basse fréquence
  - Exemple de l'ionosphère, contraintes sur la fréquence pour les télécommunications terrestres ou satellitaires