

# Programme de khôlle semaine n°17

Physique-chimie MPI/MPI\*

Du 19 au 23 janvier 2026

## Thermodynamique :

- Révisions de MP2I : changement d'état, machine thermique
- 1. Notion de transfert thermique : *cours seulement*
- 2. Conduction thermique : tout exercice
  - Transfert thermique de conduction, flux thermique, vecteur densité de flux thermique, loi de Fourier
  - Équation de la chaleur (cas cartésien unidimensionnel, sans terme source), conditions aux limites et prescriptions de raccordement (continuité de la température sauf conducto-convection, continuité du flux thermique)
  - Équation de la chaleur avec terme source homogène à une puissance volumique

Exemple traité en cours et à connaître : équation de la chaleur pour un matériau traversé par un flux thermique et un courant électrique.

- Régime statique : loi des nœuds pour le flux thermique, loi d'Ohm thermique, résistance thermique d'un conducteur rectiligne, associations série et parallèle

Exemples traités en cours et à connaître :

- Comparaison du simple et du double vitrage (résistances en série).
- Ailettes d'un radiateur de processeur (résistances en parallèle).

- ARQS thermique : limitations en fréquence, extension des lois du régime statique

Exemple traité en cours et à connaître : transitoire dans un barreau isolant séparant deux matériaux bons conducteurs.

- Onde thermique

Exemple traité en cours et à connaître : effet cave, propagation avec atténuation d'une onde thermique dans le sol sous l'effet de l'alternance jour-nuit ou été-hiver, vitesse de propagation, profondeur de pénétration

- Géométries non cartésiennes : équation de la chaleur et résistance thermique en géométrie cylindrique ou sphérique dans le cas radial
- 3. Conducto-convection : tout exercice
  - Écoulement d'un fluide le long d'un solide, loi de Newton
  - Résistance thermique de l'interface de conducto-convection

Exemples traités en cours et à connaître, en régime statique :

- Champ de température dans une dalle chauffée par le dessous et soumise à la conducto-convection au-dessus : résolution par résistances thermiques, résolution par équation de la chaleur
- Ailette de refroidissement soumise à la conducto-convection sur toute sa longueur

## Traitement du signal :

- 4. Portes logiques : tout exercice
  - Représentation d'une tension par une valeur logique
  - Transistors MOS, représentation avec une logique d'interrupteurs
  - Porte NOT avec 2 transistors, table de vérité
  - Porte NAND avec 4 transistors, complétude fonctionnelle, réalisation d'une NOT ou d'une AND avec des NAND
  - Porte NOR avec 4 transistors, complétude fonctionnelle
  - Porte XOR, utilisation de XOR en cascade pour calculer un bit de parité
- 5. Cellules mémoires : tout exercice
  - Notion de mémoire, phénomène d'hystérésis
  - Cellule DRAM : condensateur commandé par un transistor, mode lecture et mode écriture, chronogramme montrant l'effet mémoire, limitation en fréquence liée au temps de charge et décharge du condensateur
  - Cellule SRAM : bascule à portes NOR, modes écriture (set et reset), mode lecture (effet mémoire), état interdit, chronogramme
  - Variante : bascule RSH pour protéger le mode lecture

### Ondes électromagnétiques :

- 1. Énergétique des équations de Maxwell : tout exercice
  - Théorème de Poynting : densité volumique d'énergie électromagnétique, vecteur de Poynting et densité volumique de puissance cédée par le champ à la matière, loi de conservation locale, interprétation de chaque terme
  - Notion de grandeur quadratique, cas des trois grandeurs intervenant dans le théorème de Poynting, moyenne temporelle d'une grandeur quadratique périodique
  - Calcul d'une valeur énergétique moyenne avec l'astuce  $\langle xy \rangle = \frac{1}{2} \text{Re}(\underline{x} \underline{y}^*)$ ,  $x$  et  $y$  pouvant être scalaires ou vectorielles, le produit pouvant être numérique, scalaire ou vectoriel

Exemple traité en cours et à connaître : chauffage par induction d'un cylindre métallique dans un solénoïde, calcul des grandeurs énergétiques moyennes et interprétation.

- 2. OPPM dans le vide illimité : tout exercice
  - Équation de d'Alembert dans un espace vide de charge et de courant pour  $\vec{E}$  et  $\vec{B}$ , projections cartésiennes
  - Notion de vide illimité, ansatz de la forme  $s(M, t) = S_0 \cos(\omega t - \vec{k} \cdot \vec{r} + \varphi)$  : pulsations spatiale et temporelle, vecteur d'onde, plans d'onde, relation de dispersion, vitesse de phase
  - Écriture en cartésiennes de  $\vec{E}$  et  $\vec{B}$  pour une OPPM
  - Écriture complexe pour une OPPM, action des dérivées et des opérateurs différentiels, nabla en complexe
  - Équations de Maxwell-Gauss et Maxwell-Thomson pour une OPPM, transversalité des champs
  - Équation de Maxwell-Faraday, relation de structure pour calculer  $\vec{B}$
  - Équation de Maxwell-Ampère, relation de structure pour calculer  $\vec{E}$
  - $(\vec{E}, \vec{B}, \vec{k})$  forme un trièdre direct
  - Équation de d'Alembert, relation de dispersion
- 3. Énergie d'une OPPM : tout exercice
  - Intensité lumineuse
  - Calcul du vecteur de Poynting moyen par  $\langle \vec{\Pi} \rangle = \frac{1}{2} \text{Re} \left( \frac{\vec{E} \wedge \vec{B}^*}{\mu_0} \right)$
  - Calcul de la densité volumique d'énergie moyenne par  $\langle u \rangle = \frac{1}{2} \varepsilon_0 \frac{1}{2} \text{Re}(\vec{E} \cdot \vec{E}^*) + \frac{1}{2\mu_0} \frac{1}{2} \text{Re}(\vec{B} \cdot \vec{B}^*)$

Exemple traité en cours et à connaître : calculs de  $\langle \vec{\Pi} \rangle$  et  $\langle u \rangle$  pour une OPPM de champ électrique  $\vec{E} = E_0 e^{i(\omega t - kx)} \vec{u}_z$ .