

PROGRAMME DE COLLE 5

Semaine du 2 novembre 2026

Chapitre C1 - Thermochimie du premier principe

Exercices uniquement.

Ce qu'il faut savoir faire en exercice :

- Déterminer $\Delta_r H^\circ$ pour une réaction donnée, à l'aide des tables thermodynamiques.
- Interpréter le signe de $\Delta_r H^\circ$.
- Introduire un chemin fictif judicieux pour effectuer un bilan d'enthalpie.
- Pour une réaction chimique monobare, calculer le transfert thermique cédé au milieu extérieur dans le cas où toute la chaleur produite par la réaction est cédée à l'extérieur assimilé à un thermostat (cas monobare monotherme).
- Toujours pour une réaction chimique monobare, exprimer la température finale du milieu réactionnel (parfois appelée « température de flamme ») dans le cas où toute la chaleur produite par la réaction reste dans le milieu réactionnel (cas monobare adiabatique).
- Pour les calculs de température finale, exprimer correctement la capacité thermique à pression constante du milieu réactionnel **en fin de réaction**, sans oublier d'espèces chimiques et avec les bonnes quantités de matière. Le tableau d'avancement est indispensable.

Chapitre T1 - Conduction électrique

Questions de cours et exercices.

Questions de cours :

- Définir l'échelle mésoscopique, expliquer son intérêt et l'utiliser pour définir les densités volumiques de charge ρ et de courant $\vec{j}$.
- Établir, en coordonnées cartésiennes (raisonnement sur élément mésoscopique), l'équation locale traduisant la conservation de la charge électrique, et interpréter chacun des termes.
- Définir une ligne de courant et un tube de courant. Exploiter la notion de tube de courant pour démontrer la loi des nœuds en régime stationnaire.
- Citer les hypothèses du modèle de Drude, et établir dans ce cadre la loi d'Ohm locale dans un conducteur ohmique. Donner l'ordre de grandeur de la conductivité électrique du cuivre, de l'eau de mer, d'un semi-conducteur (germanium ou silicium), d'un bon isolant (verre, diamant ou air sec).
- Établir l'expression de la résistance d'un câble cylindrique parcouru par un courant axial uniforme et permanent, la relation $\vec{E} = -\overrightarrow{\text{grad}} V$ en régime permanent étant admise.
- Établir l'expression de la puissance volumique reçue par un conducteur ohmique traversé par un courant, et interpréter l'effet Joule.

Ce qu'il faut savoir faire en exercice :

- Exprimer la densité volumique de courant en fonction des grandeurs relatives aux porteurs de charges en présence (nombre de porteurs par unité de volume, charge d'un porteur, vitesse moyenne des porteurs).
- Calculer le flux de la densité volumique de courant à travers une surface.
- Exploiter la conservation de l'intensité électrique le long d'un tube de courant en régime permanent.
- Déterminer la résistance électrique pour des conducteurs de formes géométriques simples, la relation $\vec{E} = -\overrightarrow{\text{grad}} V$ en régime permanent étant admise.
- Adapter le raisonnement du modèle de Drude, et donc la loi d'Ohm locale, en présence d'un champ magnétique permanent uniforme.

Chapitre T2 - Diffusion de particules

Questions de cours et exercices.

Questions de cours :

- Définir la densité particulaire n^* , ainsi que le flux de particules Φ à travers une surface orientée.
- Énoncer la loi de Fick, caractère phénoménologique, préciser l'unité de D ainsi que les ordres de grandeur typiques de D pour la diffusion : de molécules dans un gaz, de molécules dans un liquide, d'atomes dans un solide.
- Effectuer un bilan local de particules dans le cas unidimensionnel axial avec terme source, puis injecter la loi de Fick dans l'équation obtenue.
- Effectuer un bilan local de particules dans le cas radial cylindrique avec terme source, puis injecter la loi de Fick dans l'équation obtenue.
- Effectuer un bilan local de particules dans le cas radial sphérique avec terme source, puis injecter la loi de Fick dans l'équation obtenue.
- Effectuer un bilan global de particules sur un volume V quelconque avec terme source, et en déduire la forme la plus générale de l'équation de diffusion pour les particules.

Ce qu'il faut savoir faire en exercice :

- Effectuer un bilan local de particules adapté au problème considéré : choix des coordonnées, présence ou non d'un terme source, simplification en régime stationnaire ou quasi stationnaire.
- Exploiter l'équation de la diffusion pour déterminer un temps caractéristique de diffusion.
- Injecter une forme proposée de $n(P, t)$ dans l'équation de diffusion afin de la résoudre. Bien exploiter les conditions initiales (fournies par l'énoncé) et/ou aux limites (celles fournies par l'énoncé + la continuité du flux).
- Vérifier *a posteriori* la validité d'une hypothèse de régime quasi stationnaire.

Chapitre T3 - Diffusion thermique

Questions de cours uniquement.

Questions de cours :

- Énoncer la loi de Fourier, caractère phénoménologique, préciser l'unité de λ ainsi que quelques ordres de grandeur de λ : air, eau, béton, acier.
- Effectuer un bilan local d'énergie interne ou d'enthalpie dans le cas unidimensionnel axial avec terme source, puis injecter la loi de Fourier dans l'équation obtenue.
- Effectuer un bilan local d'énergie interne ou d'enthalpie dans le cas radial cylindrique avec terme source, puis injecter la loi de Fourier dans l'équation obtenue.
- Effectuer un bilan local d'énergie interne ou d'enthalpie dans le cas radial sphérique avec terme source, puis injecter la loi de Fourier dans l'équation obtenue.
- Équation de la diffusion thermique : définition et unité de D , ordre de grandeur de D pour l'eau, l'air et le cuivre, irréversibilité de la diffusion, ordre de grandeur du temps typique de diffusion.
- Conditions aux limites. Donner celle imposée par la continuité du flux thermique puis celles associées aux modèles suivants : contact thermique parfait, transfert conducto-convectif, parois calorifugées.
- Résistances thermiques : conditions d'utilisation et définition.
- Établir l'expression de la résistance thermique d'un barreau cylindrique (longueur L , section S , conductivité thermique λ) calorifugé latéralement.
- Associations de résistances thermiques : expliquer dans quel cas on les associe en série et dans quel cas on les associe en parallèle. Exprimer la résistance thermique équivalente dans les deux cas.
- ARQP (ou ARQS) thermique : préciser quel temps doit être négligeable devant quel temps. Soient un thermostat à T_1 et un système Σ de capacité thermique C_Σ et de température supposée uniforme $T_2(t)$, échangeant de la chaleur uniquement entre eux, *via* une résistance thermique R_{th} . Établir l'équation différentielle satisfaite par $T_2(t)$ et faire l'analogie avec un circuit RC.
- Ondes thermiques. On considère un milieu semi-infini (occupant les $z \geq 0$, caractérisé par λ, ρ, c , sans termes sources) auquel on impose $T(z = 0, t) = T_0 + T_1 \cos(\omega t)$. On cherche $T(z, t) = T_0 + \text{Re}(\underline{f}(z, t))$ avec $\underline{f}(z, t) = A \exp(\omega t - \underline{k}z)$. Établir la relation entre $\underline{k}^2$ et ω (relation de dispersion), expliquer quelle

expression de $\underline{k}$ on conserve, et en déduire $T(z, t)$. Commenter l'atténuation et le déphasage.

Chapitre EM1 - Propriétés du champ électromagnétique

Questions de cours uniquement (pas de TD spécifique associé à ce chapitre).

Questions de cours :

- Soit une distribution de charges et courants admettant un plan de symétrie Π_S . Expliquer ce que cela signifie, et donner (la démonstration a été faite en classe mais n'est pas exigible) les conséquences pour les champs $\vec{E}$ et $\vec{B}$ créés par la distribution. Même question si la distribution de charges et courants admet un plan d'antisymétrie Π_A .
- Soit un champ vectoriel $\vec{U}$ admettant un plan de symétrie Π_S : montrer qu'en tout point M **appartenant au plan** Π_S , $\vec{U}(M)$ est inclus dans le plan Π_S . Soit un champ vectoriel $\vec{U}$ admettant un plan d'antisymétrie Π_A : montrer qu'en tout point M **appartenant au plan** Π_A , $\vec{U}(M)$ est orthogonal au plan Π_A .
- Citer les quatre équations de Maxwell, les nommer, et donner leur simplification dans le cas particulier du régime stationnaire.

Chapitre EM2 - Électrostatique

Questions de cours uniquement.

Questions de cours :

- À partir de l'équation de Maxwell-Gauss, établir le théorème de Gauss.
- À partir de l'équation de Maxwell-Faraday en régime stationnaire, montrer que le champ électrostatique $\vec{E}$ est à circulation conservative. Justifier également l'existence du potentiel électrique V et donner la relation entre $\vec{E}$ et V .