

Programme de colle MP semaine 9 :

du 24/11 au 28/11/2025

Cours 14 : Systèmes ouverts en régime stationnaire

Définitions : régime stationnaire, système fermé, bilan de masse.

Principes de la thermodynamique pour un système ouvert : bilan énergétique, bilan d'entropie.

Utilisation des diagrammes (p,h) : application à l'étude des machines thermiques réelles : diagrammes de Mollier ; application à une turbine ; application à une pompe à chaleur.

Cours 15 : Transferts thermiques

Les 3 modes de transfert thermique.

Etude du phénomène de diffusion : flux et vecteur densité de flux, lien avec l'énergie thermique transférée ; loi de Fourier ; équation de conservation : démonstration à 1D et généralisation (admise) à 3D ; équation de la diffusion : prise en compte d'un terme source.

Solution de l'équation en régime stationnaire : application à une barre homogène : résistances thermiques et association. Transferts thermiques convecto-conductifs : loi de Newton ; exemple du banc Koffler.

Solutions de l'équation de la chaleur en régime variable : grandeurs caractéristiques ; résolution par la méthode de séparation des variables.

Cours 1C : Application du premier principe à la transformation chimique

Grandeurs standard : état standard, état standard de référence, conditions standard, grandeur molaire partielle, variation de l'enthalpie molaire standard en fonction de la température.

Grandeurs de réaction : enthalpie standard de formation, loi de Hess, enthalpie standard de changement d'état.

Application du premier principe et effets thermiques : interprétation de l'enthalpie standard de réaction (son signe indique si la réaction est endo- ou exothermique), calcul de la température de flamme.

Questions de cours :

1. Faire un bilan de masse à un système ouvert dans une conduite en régime stationnaire. Démontrer l'expression du débit massique. Montrer qu'il se conserve en régime stationnaire.
2. Démontrer le premier principe de la thermodynamique pour un système ouvert en régime stationnaire.
3. Démontrer le second principe de la thermodynamique pour un système ouvert en régime stationnaire. L'appliquer à la détente de Joule-Thomson.
4. Démontrer l'équation de la chaleur à 1D.
5. Effectuer un bilan d'énergie dans le cas 1D avec apport de chaleur (où p est la densité volumique de puissance associée).
6. Calculer, en régime stationnaire, la température en tout point d'une barre cylindrique de longueur L dont les températures aux 2 extrémités sont maintenues à T_1 et T_2 . A l'aide d'une analogie avec l'électrostatique et à partir du calcul du flux thermique, trouver la formule de la résistance thermique. Démontrer les lois d'associations (en série et en parallèle) de résistances thermiques.
7. Calculer, en régime stationnaire, la température en fonction de la position x sur un banc Koffler infini en prenant en compte la conduction et la conducto-convection avec l'air extérieur à la température T_e . La température à l'origine valant T_1 .
8. Définir l'enthalpie standard de réaction et donner son interprétation. Expliquer la méthode de calcul de la température de flamme.

Eléments du programme en rapport avec la colle :

5.2. Transferts thermiques	
Conduction, convection et rayonnement.	Identifier un mode de transfert thermique. Mettre en œuvre un dispositif expérimental utilisant une caméra thermique ou un capteur dans le domaine des infrarouges.
Flux thermique. Vecteur densité de flux thermique.	Calculer un flux thermique à travers une surface orientée et interpréter son signe.
Premier principe de la thermodynamique.	Effectuer un bilan local d'énergie interne pour un solide dans le cas d'une situation à une variable d'espace en géométrie cartésienne, cylindrique ou sphérique.
Loi de Fourier.	Interpréter et utiliser la loi de Fourier. Citer quelques ordres de grandeur de conductivité thermique dans les conditions usuelles : air, eau, verre, acier. Mesurer la conductivité thermique d'un matériau.
Équation de la diffusion thermique.	Établir l'équation de la diffusion thermique sans terme de source au sein d'un solide dans le cas d'une situation à une variable d'espace en géométrie cartésienne, cylindrique ou sphérique. Utiliser une généralisation de l'équation de la diffusion en présence d'un terme de source. Utiliser une généralisation en géométrie quelconque en utilisant l'opérateur Laplacien et son expression fournie. Analyser une équation de diffusion thermique en ordre de grandeur pour relier des échelles caractéristiques spatiale et temporelle. <u>Capacité numérique</u> : à l'aide d'un langage de programmation, résoudre l'équation de la diffusion thermique à une dimension par une méthode des différences finies dérivée de la méthode d'Euler explicite de résolution des équations différentielles ordinaires.
Régime stationnaire. Résistance thermique.	Définir la notion de résistance thermique par analogie avec l'électrocinétique. Déterminer l'expression de la résistance thermique d'un solide dans le cas d'un problème unidimensionnel en géométrie cartésienne. Exploiter les lois d'association de résistances thermiques.
Coefficient de transfert thermique de surface ; loi de Newton.	Utiliser la loi de Newton comme condition aux limites à une interface solide-fluide.

8.1. Premier principe de la thermodynamique appliqué aux transformations physico-chimiques

État standard. Enthalpie standard de réaction. Loi de Hess. Enthalpie standard de formation, état standard de référence d'un élément.

Déterminer l'enthalpie standard de réaction à l'aide de tables de données thermodynamiques. Associer le signe de l'enthalpie standard de réaction au caractère endothermique ou exothermique de la réaction.

Effets thermiques pour une transformation monobare :

- transfert thermique associé à la transformation chimique en réacteur monobare, isotherme ;
- variation de température en réacteur adiabatique, monobare.

Prévoir, à partir de données thermodynamiques, le sens et une estimation de la valeur du transfert thermique entre un système, siège d'une transformation physico-chimique et le milieu extérieur. Évaluer la température atteinte par un système siège d'une transformation chimique supposée monobare et réalisée dans un réacteur adiabatique.

Capacité numérique : simuler, à l'aide d'un langage de programmation, l'évolution temporelle de la température pour un système siège d'une transformation adiabatique modélisée par une seule réaction chimique dont les caractéristiques cinétiques et l'enthalpie standard de réaction sont données.

Déterminer une enthalpie standard de réaction.

8.2. Deuxième principe de la thermodynamique appliqué aux transformations physico-chimiques

Potentiel chimique ; enthalpie libre d'un système chimique. Activité.

Définir le potentiel chimique à l'aide de la fonction enthalpie libre et donner l'expression (admise) du potentiel chimique d'un constituant en fonction de son activité. Exprimer l'enthalpie libre d'un système chimique en fonction des potentiels chimiques.

Enthalpie de réaction, entropie de réaction, enthalpie libre de réaction et grandeurs standard associées. Relation entre enthalpie libre de réaction et quotient de réaction ; évolution d'un système chimique.

Justifier qualitativement ou prévoir le signe de l'entropie standard de réaction. Relier création d'entropie et enthalpie libre de réaction lors d'une transformation d'un système physico-chimique à pression et température fixées. Prévoir le sens d'évolution à pression et température fixées d'un système physico-chimique dans un état donné à l'aide de l'enthalpie libre de réaction. Déterminer les grandeurs standard de réaction à partir des tables de données thermodynamiques et de la loi de Hess. Déterminer les grandeurs standard de réaction d'une réaction dont l'équation est combinaison linéaire d'autres équations de réaction.