Programme de Colle PSI

Semaine 4 : du 2 au 6 octobre

La diffusion thermique et la diffusion de particules peuvent faire l'objet d'exercices. L'usage de la notion de résistance thermique ne sera vu en exercice qu'à partir de mercredi. Pas de résolution en régime sinusoïdal (sera abordé en fin d'année avec la propagation d'ondes).

Notions et contenus	Capacités exigibles
2.3. Diffusion de particules	
Les différents modes de transfert de particules : diffusion et convection.	Citer les deux modes de transfert de particules.
Vecteur densité de courant de particules $\mathbf{j}_N$.	Exprimer le débit de particules comme le flux du vecteur $\mathbf{j}_N$ à travers une surface orientée.
Loi de Fick.	Énoncer et utiliser la loi de Fick.
Bilan de particules.	Établir l'équation locale de bilan de particules avec ou sans terme source.
Équation de diffusion.	Établir l'équation de diffusion. Relier l'équation de diffusion à l'irréversibilité temporelle du phénomène.

Notions et contenus	Capacités exigibles
2.2. Transfert thermique par conduction	
2.2.1. Formulation infinitésimale des principes de la thermodynamique	
Premier principe. Deuxième principe : $dS = \delta S_e + \delta S_c$ avec $\delta S_e = \delta Q/T_0$ pour une évolution monotherme.	Énoncer et exploiter les principes de la thermodynamique pour une transformation élémentaire. Utiliser avec rigueur les notations d et δ en leur attachant une signification.
2.2.2. Équation de la diffusion thermique	
Les différents modes de transfert thermique : diffusion, convection et rayonnement.	Décrire les trois modes de transfert thermique.
Flux thermique. Vecteur densité de courant thermique $\mathbf{j}_Q$.	Exprimer le flux thermique comme le flux du vecteur $\mathbf{j}_Q$ à travers une surface orientée.
Équilibre thermodynamique local.	Énoncer l'hypothèse de l'équilibre thermodynamique local. Utiliser les champs scalaires intensifs (volumiques ou massiques) associés à des grandeurs extensives de la thermodynamique.
Loi de Fourier.	Énoncer et utiliser la loi de Fourier. Citer quelques ordres de grandeur de conductivité thermique dans les conditions usuelles : air, eau, béton, acier.

Bilan d'énergie.	Établir, pour un milieu évoluant à volume constant, l'équation locale traduisant le premier principe dans le cas d'un problème ne dépendant que d'une seule coordonnée d'espace en coordonnées cartésiennes, cylindriques ou sphériques. Utiliser une généralisation admise en géométrie quelconque à l'aide de l'opérateur divergence et son expression fournie.
Équation de la diffusion thermique.	Établir l'équation de diffusion thermique avec ou sans terme source. Analyser une équation de diffusion en ordre de grandeur pour relier des échelles caractéristiques spatiale et temporelle. Relier l'équation de diffusion à l'irréversibilité temporelle du phénomène. <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.
Conditions aux limites.	Exploiter la continuité du flux thermique. Exploiter la continuité de la température pour un contact thermique parfait. Utiliser la relation de Newton (fournie) à l'interface solide-fluide.
2.2.3. Régime stationnaire, ARQS	
Résistance ou conductance thermique.	Définir la notion de résistance thermique par analogie avec l'électrocinétique et énoncer les conditions d'application de l'analogie. Établir l'expression de la résistance thermique d'un cylindre calorifugé latéralement. Exploiter des associations de résistances thermiques en série ou en parallèle.

I Questions de cours à choisir parmi celles-ci

1. Définir la densité de particules n, le vecteur densité de courant de particules $\overrightarrow{j}$, le débit de particules à travers une surface S. Donner ensuite la loi de Fick en explicitant ses limites de validité. Définir « loi phénoménologique ».
2. Savoir déterminer l'équation de diffusion de particules cartésienne 1D selon x avec terme source. En déduire la généralisation 3D quelconque de l'équation de conservation et de l'équation de diffusion à l'aide de l'opérateur divergence et laplacien.
3. Savoir déterminer l'équation de diffusion de particules cylindrique 1D radiale avec terme source.
4. Savoir déterminer l'équation de diffusion de particules sphérique 1D radiale avec terme source.
5. Savoir déterminer l'équation de la chaleur cartésienne 1D selon x avec terme source. En déduire la généralisation 3D quelconque de l'équation de conservation et de l'équation de la chaleur à l'aide de l'opérateur divergence et laplacien.

6. Savoir déterminer l'équation de la chaleur cylindrique 1D radiale avec terme source.
7. Savoir déterminer l'équation de la chaleur sphérique 1D radiale avec terme source.
8. Définir la notion de ligne et de tube de courant. En repartant de l'équation de conservation de l'énergie thermique, montrer que, en régime stationnaire et en l'absence de terme source, le flux du vecteur densité de courant thermique se conserve le long d'un tube de courant.
9. Dans le cas stationnaire sans terme source, faire l'analogie électrocinétique du transfert thermique. On précisera soigneusement les grandeurs analogues. Ecrire l'équivalent thermique de la loi d'Ohm en l'accompagnant d'un schéma **orienté** de la situation.
10. Déterminer, dans le cas cartésien 1D, en régime stationnaire et en l'absence de terme source, l'expression de la résistance thermique dans ce cas. On supposera pour les calculs que $T(0) = T_1$ et $T(L) = T_2$.
11. Déterminer, dans le cas cylindrique 1D radial, en régime stationnaire et en l'absence de terme source, l'expression de la résistance thermique dans ce cas. On supposera pour les calculs que $T(R_1) = T_1$ et $T(R_2) = T_2$.
12. Déterminer, dans le cas sphérique 1D radial, en régime stationnaire et en l'absence de terme source, l'expression de la résistance thermique dans ce cas. On supposera pour les calculs que $T(R_1) = T_1$ et $T(R_2) = T_2$.
13. Déterminer la résistance thermique d'une façade composée

    — d'un mur de surface S composé d'une épaisseur e_b de béton (conductivité thermique λ_b) et d'une épaisseur e_ℓ de laine de verre (λ_ℓ)

    — d'une surface vitrée S' en simple vitrage d'épaisseur e_v (λ_v)

    On supposera que toutes les surfaces solides au contact de l'air amène à une résistance conducto-convective additionnelle R_{cc} que l'on exprimera en fonction du coefficient conducto-convectif h. Sur demande de l'étudiant, la formule de Newton sera rappelée par le colleur.
14. Une maison de capacité thermique totale C est isolée de l'extérieur, de température T_0 par une résistance thermique totale R_{th}. Elle est chauffée par un radiateur de puissance φ_{ch}. Déterminer le modèle électrique du système considéré. En déduire une équation différentielle sur $T(t)$, température à l'intérieur de l'habitation. La résoudre et expliquer comment déterminer la puissance de chauffage nécessaire pour maintenir une température T_1 dans l'habitation.

Programme spécifique 5/2

Optique géométrique de SUP : réfraction et réflexion en cours et en exercices. (semaine prochaine lentilles minces en plus).

Questions de cours possibles :

1. Enoncer les lois de Descartes pour la réflexion sur un miroir et pour la réfraction.
2. Savoir établir la condition de réflexion totale.
3. Montrer que l'image de A par un miroir plan est un point A' symétrique de A par le plan du miroir.
4. Construire, sans démonstration, l'image par un miroir plan d'un objet proposé par le colleur.
5. Définir la notion de stigmatisme et d'aplanétisme. Préciser les conditions de Gauss et leur conséquence. Montrer qualitativement, par un schéma clair, qu'une lentille demi-boule peut-être rendue quasi-stigmatique si la lumière est diaphragmée.
6. Savoir décrire une fibre optique et expliquer le principe général de son fonctionnement. Déterminer le cône d'acceptance à partir de la condition de réflexion totale à l'interface cœur/gaine.
7. Déterminer l'expression de δt, écart entre le trajet le plus long et le trajet le plus court que parcourt la lumière dans une fibre (dispersion intermodale). Expliquer l'effet de la dispersion intermodale sur la limitation de la fréquence de transmission de l'information.
8. Proposer un modèle simple permettant de rendre compte de l'inertie thermique d'un bâtiment.